



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ,
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Александар Д. Алексић

**ДЕКАРБЕНИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА
ПРОИЗВОДЊЕ И ПРЕРАДЕ ХРАНЕ**

Докторска дисертација

Крагујевац, 2025. године



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF ENGINEERING

Aleksandar D. Aleksić

**DECARBONIZATION OF FOOD PRODUCTION AND
PROCESSING**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2025

Аутор	
Име и презиме: Александар Д. Алексић	
Датум и место рођења: 08.04.1972. године, Јагодина, Србија	
Садашње запослење: Пуратос д.о.о.	
Докторска дисертација	
Наслов: Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране	
Број страница: 223	
Број слика: 80	
Број табела: 98	
Број библиографских података: 140	
Установа и место где је рад израђен: Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац	
Научна област: 664:504.5(043.3)	
Ментор: Проф. др Душан Гордић, редовни професор Факултета инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу	
Број одлуке и датум одлуке Већа универзитета о прихватању теме докторске дисертације: 01-1/3070-21, 22.09.2022. године	

*Најлепше се захваљујем свом ментору проф. др. Душану Гордићу на предлогу теме,
несебичној и свесрдној помоћи као и свим саветима приликом израде докторске
дисертације.*

*Топло се захваљујем доц. др. Владимиру Вукашиновићу, доц. др. Младену Јосијевићу и Јелени
Николић, мастер инж. маш. на несебичној помоћи и корисним предлозима приликом израде
докторске дисертације.*

*Бескрајну захвалност дугујем својој породици на неизмерној подршци, разумевању и љубави
коју ми свакодневно пружају у животу и раду.*

У Крагујевцу, 25.02.2025. године

Александар Алексић

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ	VI
ABSTRACT	VII
СПИСАК СЛИКА	VIII
СПИСАК ТАБЕЛА	XI
СПИСАК ПРИЛОГА	XIV
СПИСАК СКРАЋЕНИЦА, СТРАНИХ РЕЧИ И ИЗРАЗА	XV
1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
1.1 Увод	1
1.2 Допринос докторске дисертације	10
1.3 Научни циљ докторске дисертације	11
1.4 Примењене методе у истраживању	12
1.5 Организациона структура дисертације	13
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА	15
3. ДЕФИНИСАЊЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ ДЕКАРБОНИЗАЦИЈЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И ПЕРЕРАДЕ ХРАНЕ	26
3.1 Организација и планирање	29
3.1.1 Промоција значаја декарбонизације технолошког процеса производње ...	29
3.1.2 Формирање тима за имплементацију	31
3.2 Одређивање (почетне) вредности угљеничног отиска	32
3.2.1 Енергетски преглед	32
3.2.2 Одређивање зависности потрошње енергената у функцији од обима производње	39
3.2.3 Одређивање угљеничног отиска у функцији од обима производње (израчунавање емисије GHG у tCO ₂ e/годишње)	40
3.3 Мере и активности смањења угљеничног отиска (МАСУО)	43
3.3.1 Мере за повећање ЕЕ	44
3.3.2 Примена локалних ОИЕ	48
3.3.3 Замена фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије	49
3.3.4 Могућност коришћења отпадне топлоте	52
3.4 Рангирање и избор потенцијалних МАСУО	53

3.4.1 Вишекритеријумски метод доношења одлука.....	53
3.4.2 Примена SAW методе за рангирање и избор потенцијалних МАСУО	54
3.4.3 Критеријуми одлучивања за рангирање и избор потенцијалних МАСУО	56
<i>Економски критеријуми одлучивања</i>	<i>58</i>
<i>Техничко-технолошки критеријум одлучивања</i>	<i>61</i>
<i>Еколошки критеријум одлучивања</i>	<i>62</i>
<i>Друштвени критеријум одлучивања</i>	<i>62</i>
3.5 Сценарији компензације угљеничног отиска	63
3.5.1 Концепт и куповина угљеничних кредита	64
3.5.2 Пројекти компензације угљеничног отиска	67
3.5.3 Емисиона тржишта и сетификати	69
3.5.4 Анализа релевантних учесника на тржишту угљеничних кредита	74
3.6 Непрекидна побољшања	76
3.7 Ограничавајући фактори за имплементацију декарбонизације технолошког процеса производње	78
4. ПРИМЕНА УСВОЈЕНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ КРОЗ СТУДИЈУ СЛУЧАЈА ПРЕДУЗЕЋА ПРЕХРАМБЕНЕ ИНДУСТРИЈЕ	80
4.1 Опште информације о Предузећу	80
4.1.1 Дефинисање производних целина	83
4.1.2 Подаци о оствареном обиму производње	87
4.2 Одређивање почетне вредности угљеничног отиска Предузећа	88
4.2.1 Енергетски преглед	88
4.2.2 Одређивање ЦПЕ и анализа енергетских токова	90
4.2.3 Одређивање индикатора енергетских перформанси и њихово поређење са референтним узорима	141
4.2.4 Одређивање зависности потрошње енергената у функцији од обима производње	142
4.2.5 Одређивање угљеничног отиска у функцији од обима производње	144
4.3 Дефинисање мера и активности смањења угљеничног отиска	146
4.3.1 Замена оштећене изолације на складишним резервоарима, постављање изолације на процесним резервоарима и замена изолације на цевоводима и пароводима	146
4.3.2 Оптимизација технолошког процеса производње усклађивањем капацитета кристализатора и уређаја за паковање готовог производа	152
4.3.3 Замена парног котла, енергетски ефикаснијим котлом или парогенератором одговарајућих карактеристика	153

4.3.4 Санирање цурења компримованог ваздуха система за дистрибуцију компримованог ваздуха.....	154
4.3.5 Промена локације ваздушних компресора у циља снижавања температуре ваздуха на усису	154
4.3.6 Замена предимензионисаних електромотора	155
4.3.7 Примена соларних фотонапонских система	156
4.3.8 Замена клима коморе у магацинском простору топлотном пумпом одговарајућег капацитета.....	160
4.3.9 Могућност коришћења отпадне топлоте са ваздушних компресора.....	162
4.4 Рангирање и избор дефинисаних МАСУО применом MCDM	163
4.4.1 Одређивање економских критеријума одлучивања	164
4.4.2 Одређивање техничко-технолошког критеријума одлучивања.....	166
4.4.3 Одређивање еколошког критеријума одлучивања.....	166
4.4.4 Одређивање друштвеног критеријума одлучивања	167
4.4.5 Примена SAW методе за рангирање предложених МАСУО	168
4.5 Компензација преосталог угљеничног отиска	170
5. ЗАКЉУЧАК	173
ЛИТЕРАТУРА	178
Прилог 1	190
Прилог 2	208

ДЕКАРБОНИЗАЦИЈА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И ПЕРЕРАДЕ ХРАНЕ

РЕЗИМЕ

Прехрамбена индустрија у производним процесима користи знатну количину енергије која константно расте са даљим трендовима у сектору производње хране што неминовно води до повећања емисија гасова са ефектом стаклене баште (енг. *greenhouse gases*, *GHG*) и њиховог утицаја на животну средину.

Централна тема ове докторске дисертације је декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране. Декарбонизација и остваривање тзв. угљенично неутралне производње, која се одликује нето-нултом емисијом CO₂, брзо постају главни приоритети у данашњем корпоративном окружењу. Давањем значаја овим принципима, предузећа за прераду хране могу помоћи у изградњи позитивне репутације и неговању поверења у својој бази купаца. Стога је циљ рада дефинисање методологије за постизање одрживе, угљенично неутралне производње у сектору прехрамбене индустрије. Приступ се састоји од пажљиво планираних и формулисаних корака који омогућавају доносиоцима одлука да ефикасно постигну жељени циљ. Предложена методологија укључује систематски приступ спровођења енергетског прегледа предузећа ради одређивања базне вредности угљеничног отиска, дефинисање, приоритизацију и имплементацију различитих мера и активности смањења угљеничног отиска и на крају, компензацију преосталог угљеничног отиска, ради постизања нето нулте угљеничне производње. Пошто на емисије GHG предузећа утиче и обим производње, методологија укључује процену будућих емисија GHG на основу планираног обима производње.

Предложена методологија за имплементацију декарбонизације примењена је кроз студију случаја на једно предузеће прехрамбене индустрије које послује у Републици Србији у коме се производе маргарини, биљне масноће, пекарски и послатичарски побољшивачи и смеше. Примена предложених приоритетних мера и активности смањења угљеничног отиска могла би значајно утицати на декарбонизацију технолошког процеса производње, али су резултати студије показали да постизање угљенично неутралне производње неизоставно захтева разматрање сценарија надокнаде заосталог угљеничног отиска, јер се он не може у потпуности елиминисати само применом техничко технолошких мера и активности. Ова компензација угљеничног отиска је остварива путем набавке угљеничних кредита и суштински не представља озбиљан финансијски ризик за предузеће нити угрожава његову тржишну одрживост.

Резултати и препоруке ове докторске дисертације могу послужити као основа за развој одговарајућих стратегија и политика у прехрамбеној индустрији, али и широм индустријског сектора.

Кључне речи: декарбонизација, емисије GHG, мере и активности смањења угљеничног отиска, компензација угљеничног отиска, угљенични кредити.

DECARBONIZATION OF FOOD PRODUCTION AND PROCESSING

ABSTRACT

The food industry uses a considerable amount of energy, and that amount has been constantly growing with further developments in the food production sector, which inevitably leads to an increase in greenhouse gas emissions (GHG) and impact on the environment.

The central topic of this thesis is implementation of the decarbonization with a focus on food production and processing. Decarbonisation and ultimately net-zero production are quickly becoming top priorities in today's corporate environment. By giving importance to these principles, food processing companies can help build a positive reputation and foster trust within their customer base. Therefore, the objective of this thesis is to define a methodology for achieving sustainable, carbon-neutral production in the food industry. The approach consists of carefully planned and formulated steps that enable decision makers to achieve desired goal effectively. The proposed methodology includes a systematic approach for energy audit to determine carbon footprint baseline, defining, prioritizing, and implementing carbon footprint reduction opportunities and finally, carbon offsetting of the remained carbon footprint, to achieve net-zero carbon production. Since the greenhouse gas emissions from a production facility are affected by the production volume, the methodology also includes the assessment of future emissions based on forecasted production volume.

The proposed methodology was applied in a case study company from food production sector, operating in the Republic of Serbia, which produces margarines, vegetable fats, bakery and patisserie improvers and mixes. The implementation of the proposed carbon footprint reduction opportunities could significantly affect the decarbonization of food processing and results of this study demonstrated that achieving carbon neutrality requires considering a carbon offsetting scenario and can't be achieved solely by the implementation of carbon footprint reduction opportunities. Besides, carbon offsetting does not represent a serious financial risk to the company or jeopardise its market viability.

The results and recommendations of this thesis can be used as the basis for the development of appropriate strategies and policies in the food production sector and throughout the industrial sector.

Keywords: Decarbonization, GHG emissions, carbon footprint reduction opportunities, carbon offset, carbon credits.

СПИСАК СЛИКА

Број слике	Назив слике
Слика 1.1	Глобални микс потрошње примарне енергије у 2020. години
Слика 1.2	Просечна структура трошкова прехранбене индустрије у Републици Србији
Слика 1.3	Одступања од просечне глобалне температуре копна и океана у периоду од 1850. до 2023. године
Слика 1.4	Глобална емисија GHG по економским секторима 2010. године
Слика 1.5	Укупна емисија GHG мерена у милионима tCO ₂ e у 2021. години
Слика 1.6	Категоризација Опсега 1, 2 и 3
Слика 1.7	Мапирање угљеничног отиска у предузећу прехранбене индустрије
Слика 3.1	Методологија декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране
Слика 3.2	Пример Повеље о угљенично неутралној производњи
Слика 3.3	Дијаграм тока процеса у предузећу за производњу и прераде хране
Слика 3.4	Потрошња енергије за производњу различитих прехранбених производа
Слика 3.5	Зависност потрошње енергената од обима производње
Слика 3.6	Зависност угљеничног отиска од обима производње у току референтне године
Слика 3.7	Три основна правца за смањење угљеничног отиска у предузећима прехранбене индустрије
Слика 3.8	Основни модел MCDM приступа
Слика 3.9	Критеријуми одлучивања за рангирање и избор потенцијалних МАСУО
Слика 3.10	Смањење угљеничног отиска у поређењу са сценаријем уобичајеног пословања
Слика 3.11	Компензација угљеничног отиска
Слика 3.12	Животни циклус угљеничних кредита
Слика 3.13	Тржиште угљеничних емисионих дозвола ЕУ у 2022. години
Слика 3.14	Глобални обим издавања угљеничних кредита по категорији кредитних механизма у периоду од 2007. до 2021. године
Слика 3.15	Издавање угљеничних кредита на добровољном тржишту у периоду од 2005. до 2021. године
Слика 3.16	Праћење промена цена угљеничних кредита у реалном времену преко <i>on-line</i> платформе CarbonCredits.com
Слика 3.17	PDCA начело побољшања МАСУО и сценарија компензације преосталог угљеничног отиска
Слика 4.1	Тлоцрт Предузећа
Слика 4.2	Тлоцрт Предузећа са означеним целинама
Слика 4.3	Технолошки процес производње индустријских маргарина и биљних масти
Слика 4.4	Технолошки процес производње пекарских побољшивача и смеша
Слика 4.5	Термовизијска камера FLIR E60
Слика 4.6	Трофазни анализатор снаге Extech 382091

Слика 4.7	Струјна клешта Fluke 365
Слика 4.8	Ултразвучни детектор Trotec SL3000
Слика 4.9	Мерач ALNOR CompuFlow 8525
Слика 4.10	Ласерски даљиномер Fluke 414D
Слика 4.11	Бесконтактни термометар Allosun EM520
Слика 4.12	Мерач потрошње електричне енергије Brennenstuhl PM 231
Слика 4.13	Шематски приказ пријема и складиштења јестивих биљних уља
Слика 4.14	Монопумпа за истакање аутоцистерни
Слика 4.15	Промена фактора снаге електромотора са променом оптерећења
Слика 4.16	Зупчасте пумпе за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара
Слика 4.17	Шематски приказ припремања водене фазе и изглед резервоара за припремање водене фазе
Слика 4.18	Шематски приказ припремања емулзије и изглед припремног резервоара
Слика 4.19	Шематски приказ процеса пастеризације и изглед пастеризатора
Слика 4.20	Високопритисна клипна пумпа
Слика 4.21	Кристализатор
Слика 4.22	Пин ротор машина
Слика 4.23	Дорадни резервоар
Слика 4.24	Уређај за паковање маргарина у листовима
Слика 4.25	Уређај за паковање маргарина у блокове
Слика 4.26	Климатизациона комора магацина готових производа
Слика 4.27	Шематски приказ котларнице на природни гас
Слика 4.28	Котао са гориоником
Слика 4.29	Шематски приказ развода водене паре
Слика 4.30	Електрични грејачи за одржавање температуре у ванрадном времену
Слика 4.31	Изолација паровода
Слика 4.32	Расхладно амонијачно постројење
Слика 4.33	Шематски приказ расхладног амонијачног постројења за процес кристализације
Слика 4.34	Шематски приказ расхладних кула за хлађење воде из процеса пастеризације
Слика 4.35 а)	а) Ваздушни компресор Atlas Copco GA15 FF
Слика 4.35 б)	б) Ваздушни компресор Atlas Copco GA11 FF
Слика 4.36	Упоредни приказ SEh и SEel у Предузећу које је узето за студију случаја и литературних података
Слика 4.37	Дијаграм зависности потрошње електричне енергије од обима производње индустријских маргарина и биљних масти
Слика 4.38	Дијаграм зависности потрошње природног гаса од обима производње индустријских маргарина и биљних масти
Слика 4.39	Стање изолације складишних резервоара
Слика 4.40	Предлог изолационог материјала за процесне резервоаре - минерална вуна
Слика 4.41	Стање изолације цевовода
Слика 4.42 а)	а) Предлог изолационог материјала за цеви, полиетилен (Plamaflex ISO)
Слика 4.42 б)	б) Предлог изолационог материјала, еластомер (ARMAFLEX ACE)

Слика 4.43	Предлог изолационог материјала за цеви, минерална вуна
Слика 4.44	Предлог примене кобота за палетизирање збирних паковања индустријског маргарина и биљних масти
Слика 4.45	Цурење компримованог ваздуха
Слика 4.46	Канал за одвод загрејаног отпадног ваздуха
Слика 4.47	Локација производног погона Предузећа
Слика 4.48	Предложен распоред и груписање фотонапонских панела
Слика 4.49	Очекивана месечна продукција електричне енергије која би била остварена постављањем фотонапонског система
Слика 4.50	Очекивано месечно смањење угљеничног отиска које би се остварило постављањем фотонапонског система
Слика 4.51	Однос производње електричне енергије из фотонапонских панела и потрошње електричне енергије у референтној 2019. години
Слика 4.52	Однос потреба за електричном енергијом постојеће клима коморе и адекватне топлотне пумпе у магацину готових производа Предузећа
Слика 4.53	Очекивано месечно смањење угљеничног отиска које би се остварило заменом клима коморе у магацинском простору топлотном пумпом
Слика 4.54	Положај просторије у којој се налазе ваздушни компресори и места коришћења отпадне топлоте
Слика 4.55	Утицај различитих МАСУО на смањење угљеничног отиска
Слика 4.56	Опсег трошкова куповине угљеничних кредита на годишњем нивоу у циљу потпуне декарбонизације производног процеса Предузећа

СПИСАК ТАБЕЛА

Број табеле	Назив табеле
Табела 1.1	Вредности GWP за неке од најважнијих GHG у временским хоризонтима од 20, 100 и 500 година према извештају IPCC 2021 – AR6
Табела 3.1	Индикатори енергетских перформанси SE_{el} и SE_h
Табела 3.2	Потрошња топлотне и електричне енергије за производњу једне тоне прехранбеног производа шест земаља ЕУ
Табела 3.3	Емисиони фактори конверзије за различита фосилних горива
Табела 3.4	Смањење угљеничног отиска применом мера за повећање ЕЕ
Табела 3.5	Смањење угљеничног отиска остварено применом ОИЕ
Табела 3.6	Смањење угљеничног отиска остварено заменом фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије
Табела 3.7	Могућности коришћења отпадне топлоте у прехранбеној индустрији
Табела 3.8	Вредновање економског критеријума K1
Табела 3.9	Вредновање техничко-технолошког критеријума K2
Табела 3.10	Вредновање еколошког критеријума K3
Табела 3.11	Вредновање друштвеног критеријума K4
Табела 3.12	Преглед економских критеријума одлучивања за реализацију предложених МАСУО
Табела 3.13	Програми компензације угљеничног отиска
Табела 3.14	Поређење највећих програма компензације угљеничног отиска у 2022. години
Табела 4.1	Опште информације о Предузећу
Табела 4.2	Подаци о месечном обиму производње за референтну 2019. годину
Табела 4.3	Подаци о месечној потрошњи природног гаса за 2019. годину
Табела 4.4	Подаци о месечној потрошњи електричне енергије за 2019. годину
Табела 4.5	Техничке карактеристике складишних резервоара за јестива биљна уља
Табела 4.6	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије
Табела 4.7	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој
Табела 4.8	Техничке карактеристике и параметри складишних резервоара
Табела 4.9	Прорачун потребне количине топлоте у складишним резервоарима
Табела 4.10	Карактеристике и губици топлоте у цевоводима за загревање складишних
Табела 4.11	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П2. припремање уљне фазе
Табела 4.12	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П2. припремање уљне фазе
Табела 4.13	Техничке карактеристике цевовода за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара
Табела 4.14	Губици топлоте у цевоводу за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара
Табела 4.15	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П3. припремање водене фазе
Табела 4.16	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П3. припремање водене фазе
Табела 4.17	Техничке карактеристике и параметри резервоара за припремање водене

	фазе
Табела 4.18	Прорачун потребне количине топлоте у резервоару за припремање водене фазе
Табела 4.19	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт за транспорт водене фазе
Табела 4.20	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П4. припремање емулзије
Табела 4.21	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П4. припремање емулзије
Табела 4.22	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П4. припремање емулзије
Табела 4.23	Прорачун потребне количине топлоте за припремање емулзије у припремном и напојном резервоару
Табела 4.24	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у дупликаторском цевоводу за транспорт емулзије од припремног до напојног резервоара
Табела 4.25	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у топловодима припремног и напојног резервоара
Табела 4.26	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у топловодима припремног и напојног резервоара
Табела 4.27	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П5. процес пастеризације
Табела 4.28	Прорачун потребне количине топлоте за пастеризацију емулзије
Табела 4.29	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт емулзије од напојног резервоара до пастеризатора
Табела 4.30	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у топловодном цевоводу и пароводу до секције пастеризатора
Табела 4.31	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П6. процес кристализације
Табела 4.32	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П6. процес кристализације
Табела 4.33	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П7. претапање готовог производа
Табела 4.34	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П7. претапање готовог производа
Табела 4.35	Техничке карактеристике и параметри дорадног резервоара
Табела 4.36	Прорачун потребне количине топлоте за растапање готовог производа у дорадном резервоару
Табела 4.37	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт растопљеног готовог производа од уређаја за паковање до дорадног резервоара и од дорадног резервоара до напојног резервоара
Табела 4.38	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у пароводу до дорадног резервоара
Табела 4.39	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П8. паковање готовог производа
Табела 4.40	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П8. паковање готовог производа
Табела 4.41	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 2 Производном погону за производњу пекарских побољшивача и смеша
Табела 4.42	Процена потрошње електричне енергије у ЦПЕ 2 Производном погону за

	производњу пекарских побољшивача и смеша
Табела 4.43	Карактеристике омотача магацина готових производа
Табела 4.44	Просечна месечна температура тла за локацију Предузећа
Табела 4.45	Потребна количина електричне енергије за грејање и вентилацију у ЦПЕ 3 Магацин готових производа у зимском периоду (периоду грејања)
Табела 4.46	Потребна количина електричне енергије за хлађење и вентилацију у ЦПЕ 3 Магацин готових производа у летњем периоду (периоду хлађења)
Табела 4.47	Потребна количина електричне енергије за вентилацију, грејање и хлађење у ЦПЕ 3 Магацин готових производа
Табела 4.48	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију паре и технолошке топле воде
Табела 4.49	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију паре и технолошке топле воде
Табела 4.50	Карактеристике и прорачун губитака топлоте у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију водене паре и технолошке топле воде
Табела 4.51	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације
Табела 4.52	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације
Табела 4.53	Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације
Табела 4.54	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације
Табела 4.55	Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 7 Ваздушни компресори и систем за дистрибуцију компримованог ваздуха
Табела 4.56	Прорачун годишње потрошње електричне енергије за потребе расвете
Табела 4.57	Прорачун годишње потрошње електричне енергије за клима уређаје
Табела 4.58	Прорачун годишње потрошње електричне енергије за погон лифта
Табела 4.59	Годишњи преглед потрошње електричне и топлотне енергије по ЦПЕ у Предузећу
Табела 4.60	Приказ индикатора енергетских перформанси, SE_h и SE_{el}
Табела 4.61	Приказ литературних података о SE_h и SE_{el} у индустрији маргарина и биљних масти
Табела 4.62	Почетна вредност угљеничног отиска Предузећа (емисија GHG изражена у tCO_2e) у току референте 2019. године
Табела 4.63	Поређење вредности процењеног и оствареног угљеничног отиска
Табела 4.64	Потрошња топлотне енергије у складишним и процесним резервоарима
Табела 4.65	Очекивано смањење топлотних губитака након изолације резервоара
Табела 4.66	Потрошња топлотне енергије у цевоводима
Табела 4.67	Очекивано смањење топлотних губитака након изолације цевовода
Табела 4.68	Очекивано смањење потрошње електричне енергије након замене предимензионисаних електромотора
Табела 4.69	Предлог мера за повећање ЕЕ у Предузећу
Табела 4.70	Подаци добијени прорачуном инсталације фотонапонских панела
Табела 4.71	Техничке карактеристике топлотне пумпе
Табела 4.72	Измерени параметри загрејаног (отпадног) ваздуха са ваздушних компресора

Табела 4.73	Инвестициона улагања у предложене МАСУО
Табела 4.74	Вредности економских критеријума одлучивања ROI, PBP и IRR за предложене МАСУО
Табела 4.75	Вредновање техничко-технолошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.76	Вредности техничко-технолошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.77	Вредности еколошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.78	Вредновање друштвеног критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.79	Вредности друштвеног критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.80	Вредности критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.81	Вредности тежинских фактора критеријума одлучивања за предложене МАСУО
Табела 4.82	Нормализована матрица одлучивања и рангирање предложених МАСУО
Табела 4.83	Јединичне цене угљеничних кредита за различите типове пројекта

СПИСАК ПРИЛОГА

Број прилога	Назив прилога
Прилог 1	Упитник за прелиминарни енергетски преглед предузећа
Прилог 2	Списак доступних еколошких пројеката, цене угљеничних кредита и везе ка веб страницама

СПИСАК СКРАЋЕНИЦА, СТРАНИХ РЕЧИ И ИЗРАЗА

Скраћеница	Језик	Значење
\$	српски	ознака за амерички долар
AC	српски	наизменична струја
AEOC	енглески	Alberta Emissions Offset Credit
AEOP	енглески	Alberta Emission Offset Program
AFOLU	енглески	Agriculture, Forestry and Other Land Use
AHP	енглески	Analytical hierarchical process
ARBOC	енглески	Air Resources Board Offset Credit
BSI	енглески	British Standard Institution
BTU	енглески	British Thermal Unit
CAR	енглески	Climate Action Reserve
CBA	енглески	Choosing By Advantages
CCS	енглески	Carbon Capture and Storage
CCUS	енглески	Carbon Capture Use and Storage
CDM	енглески	Clean Development Mechanism
CER	енглески	Certified Emission Reduction
CFC	српски	хлорофлуороугљеници
CH ₄	српски	метан
CHP	енглески	Combined Heat and Power
CO	српски	угљен моноксид
CO ₂	српски	угљен-диоксид
CO ₂ e	српски	еквивалентног угљен-диоксида
COP	енглески	Coefficient of Performance
COVID	српски	Coronavirus disease
CRT	енглески	Climate Reserve Tonne
CSR	енглески	Corporate Social Responsibility
DC	српски	једносмерна струја
EC	енглески	European Commission
EECs	енглески	Energy Efficiency Certificates
ÉLECTRE	француски	ÉLimination Et Choix Traduisant la Realité
ERT	енглески	Emission Reduction Tonne
ERU	енглески	Emission Reduction Unit
EU ETS	енглески	European Union Emissions Trading Scheme
EUAs	енглески	European Emission Allowances
EUR	српски	евро
FL	енглески	fluorescent
GHG	енглески	Greenhouse gases
god	српски	годишње
GS	енглески	The Gold Standard
GWh	српски	гигават-сат
GWP	енглески	Global Warming Potential
H ₂	српски	водоник
H ₂ O	српски	вода

HFC	српски	хлоро-флуоро-угљеници (фреони)
IC	српски	инфра црвена
IEA	енглески	International Energy Agency
IoT	енглески	Internet of Things
IP	енглески	ознака за степен заштите електричне опреме
IPCC	енглески	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRR	енглески	Internal Rate of Return
ISO	енглески	International Organization for Standardization
iz	српски	изолације
JI	енглески	Joint Implementation
LED	енглески	light-emitting diode
Max	српски	максимални
MCDM	енглески	Multi-Criteria Decision-Making
mes	српски	месечно
Min	српски	минимални
NH ₃	српски	амонијак
NO _x	српски	азотни-оксиди
NPV	енглески	Net Present Value
o	српски	околина
O ₂	српски	кисеоник
PAS2050	енглески	Publicly Available Specifications 2050
PBP	енглески	Payback Period
PDCA	енглески	Plan, Do, Check, Act
PEMFC	енглески	Proton Exchange Membrane Fuel Cells
PPAs	енглески	Green Power Purchases Allowance
PVC	енглески	Plan Vivo Certificate
RECs	енглески	Renewable Energy Certificates
REDD	енглески	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
RGGI	енглески	Regional Greenhouse Gas Initiative
ROI	енглески	Return on Investment
s	српски	спољни
SAW	енглески	Simple Additive Weighting Method
SDCA	енглески	Standardize, Do, Check, Act
SE	српски	специфична потрошња енергије
SE _{el}	српски	специфична потрошња електричне енергије
SE _h	српски	специфична потрошња топлотне енергије
Si	српски	силицијум
SMT	српски	средња месечна температура
SOFC	енглески	Solid Oxide Fuel Cells
SRPS	српски	ознака за стандарде и сродне документе које доноси ИСС
TOPSIS	енглески	Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution
u	српски	унутрашњи
UNFCCC	енглески	United Nations Framework Convention on Climate Change
US DOE	енглески	United States, Department of Energy
US EPA	енглески	United States, Environmental Protection Agency
v	српски	ваздуха
VCM	енглески	Voluntary Carbon Market

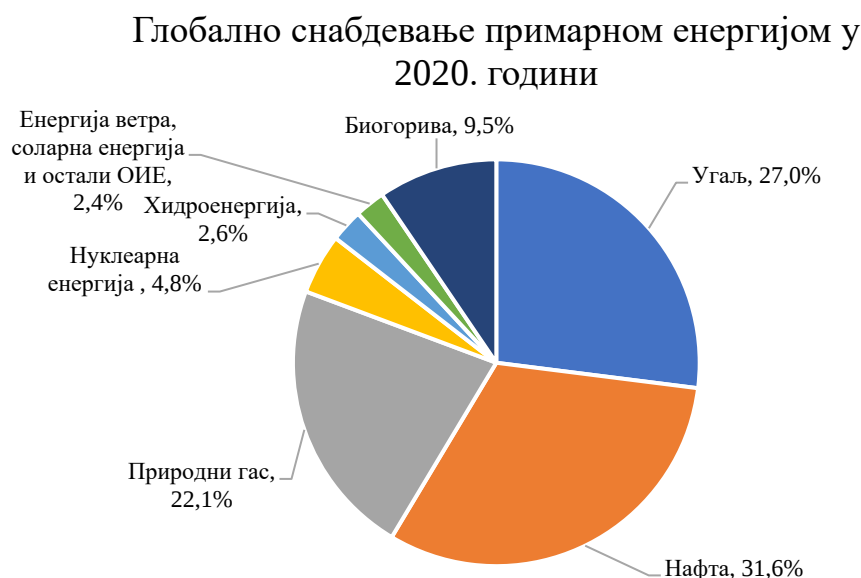
VCU	енглески	Verified Carbon Unit
VER	енглески	Verified Emission Reduction
VCS	енглески	The Verified Carbon Standard
WARM	енглески	Waste Reduction Model
WASH	енглески	Water, Sanitation and Hygiene
WBCSD	енглески	World Business Council on Sustainable Development
WRI	енглески	World Resource Institute
WSM	енглески	Weighted Sum Model
БДП	српски	бруто друштвени производ
ГРО	српски	главни разводни орман
ЕЕ	српски	енергетска ефикасност
ЕЕТ	српски	енергетски ефикасне технологије
ЕПС	српски	Електропривреде Србије
ЕУ	српски	Европска унија
ИСС	српски	Институт за стандардизацију Србије
КГХ	српски	климатизација, грејање и хлађење
МСП	српски	мала и средња предузећа
НВО	српски	невладина организација
ОИЕ	српски	обновљиви извори енергије
ОКО	српски	одлагање комуналног отпада
ПП	српски	пошумљавање и пољопривреда
РО	српски	разводни орман
РСД	српски	српски динар
САД	српски	Сједињене Америчке Државе
ЦПЕ	српски	центри потрошње енергије

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

1.1 Увод

Потрошња енергије је била кључна за напредак човечанства током последњих неколико векова, али се данас савремени свет суочава са два значајна енергетска проблема: (i) стотине милиона људи немају приступ довољној количини енергије и (ii) доминација фосилних горива у енергетском систему покреће глобалне климатске промене. То је разлог због кога се морају обезбедити сигурне, нискоугљеничне и јефтине енергетске алтернативе фосилним горивима, како би сви у свету имали приступ чистој и безбедној енергији.

Глобални енергетски микс снабдевања примарном енергијом приказан је на слици 1.1. и састоји се од разноликог спектра различитих извора: угља, нафте, природног гаса, биомасе, нуклеарне енергије и низа обновљивих извора енергије (ОИЕ), укључујући хидроенергију, соларну енергију и енергију ветра.



Слика 1.1 Глобални микс потрошње примарне енергије у 2020. години (Halkos & Gkampoura, 2020)

Око 15% примарне енергије у 2020. године односило се енергију добијену из ОИЕ, нуклеарна енергија чинила је готово 5%, а преосталих 80% долазило је из различитих фосилних горива.

Индустрија, један од најзначајнијих потрошача, енергију користи за прераду сировина, производњу роба и услуга, грађевинарство и електроенергетску инфраструктуру и има огромни утицај на глобалну економију, јер пружа огромне могућности за развој осталих економских сектора. Употреба енергије у индустрији односи се првенствено на производне процесе што омогућава стварање ресурса за даљу производњу новостворених добара. Индустријска производња чини нешто мање од 40% глобалне финалне потрошње енергије (IEA, World Energy Balances, 2020) и очекује се да ће она глобално расти за 1,5% годишње до 2035. године.

Након индустријске производње која укључује и рударство (експлоатацију минерала и неминералних производа као што су камен и шљунак, угаљ, нафта и природни гас) и која чини највећи удео у годишњој потрошњи енергије, следе транспорт, домаћинства, трговина, услуге и пољопривреда (IEA, *World Energy Balances*, 2020). У Европској унији (ЕУ) 2020. године електрична енергија и природни гас чинили су скоро две трећине финалне потрошње енергије у индустријском сектору (респективно 32,9% односно 32,0%), док су енергија из ОИЕ и биогорива чинили 10,2%, а затим нафта и нафтни деривати 10,1%. Чврста фосилна горива и топлотна енергија имали су по 6,4% удела у финалној потрошњи енергије, док је енергија добијена из необновљивог отпада имала 2,1% удела укупне потрошње енергије (Eurostat FEI, n.d.). Четири индустријска подсектора са највећом финалном потрошњом енергије у ЕУ су хемијска и петрохемијска индустрија која учествује са 22,0% у укупној потрошњи енергије у индустрији 2020. године, индустрија неметалних производа која учествује са 14,2%, индустрија папира и целулозе која учествује са 13,7% и прехранбена индустрија која учествује са 11,9% (Eurostat PE, n.d.).

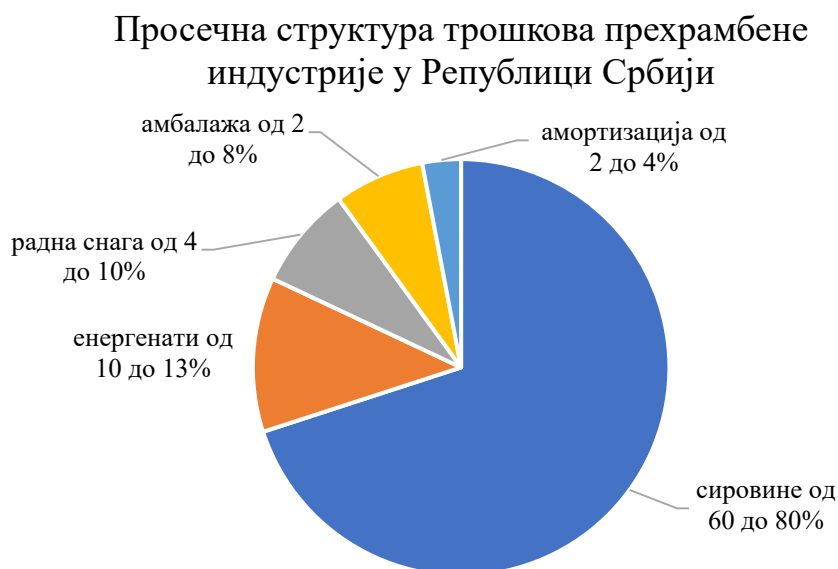
До потрошње енергије у прехранбеној индустрији и производњи хране долази у свим фазама прехранбеног ланца, почевши од горива потребног за рад пољопривредних машина, за различите транспортне активности, потрошње природног гаса у производњи вештачких ђубрива, потрошње електричне и топлотне енергије у процесу производње прехранбених производа, за њихово складиштење и за саму припрему хране. У прехранбеном ланцу, укупну потрошњу енергије дефинише неколико глобалних фактора. Према Изгледима светске популације за 2019. годину (енг. *World population prospects 2019*) процењује се да ће светска популација до 2050. године достићи 9,7 милијарди људи наспрам 7,3 милијарде у 2015. години. Раст популације, али и повећање животног стандарда у развијеном свету резултирало је до великог повећања потрошње хране, али и до значајних промена у начину исхране, што је довело и до повећања потрошње енергије у прехранбеној индустрији (Usubiaga-Liaño, Behrens, & Daioglou, 2020). Повећање потрошње хране захтева стварања новог обрадивог земљишта или повећање приноса, што у оба случаја резултира повећањем потрошње енергије која се огледа у енергетским инпутима у вези са стварањем новог обрадивог земљишта, обрађивање постојећег, али и кроз повећану потрошњу вештачких ђубрива (Woods, Williams, Hughes, Black, & Murphy, 2010). Промене у начину исхране и навикама у вези са исхраном доводи до тзв. транзиције исхране од коришћења основних биљних намирница до све веће употребе животињских производа, али и прерађене хране (Popkin, 2006). Транзиција исхране повећава и енергетске инпуте у прехранбеној индустрији што води ка повећању потрошње енергије у целокупном систему исхране која ће наставити да расте и у догледној будућности (Canning, и други, 2010). Предвиђена стопа раста светске потрошње пољопривредно-прехранбених производа до 2050. године износиће 1,1% на годишњем нивоу. Пошто је глобална потрошња пољопривредно-прехранбених производа изједначена са производњом, производња би до 2050. године требало да буде за приближно 60% већа него што је била у претходном периоду, што ће на пропорционални начин утицати и на потрошњу енергије (ЕФС).

Прехранбена индустрија у ЕУ представља водећи сектор прерађивачке индустрије са преко 1.000 милијарди EUR годишњих пословних прихода и 200 милијарди EUR створене додате вредности. Такође, привредни субјекти из овог сектора представљају највећег послодавца са 4.250.000 запослених. Укупан број предузећа из прехранбене индустрије у ЕУ износи око 289.000 предузећа. Највећи број, око 285.000 или 99,1% укупног броја, представљају мала и средња предузећа (МСП) која стварају готово 49,5% прихода и запошљавају преко 62% радника. Најразвијенија прехранбена

индустрија је у Француској, Немачкој, Италији, Великој Британији и Шпанији. Предузећа из ових земаља остварују преко 60% укупних пословних прихода; 60% створене додате вредности, и запошљавају готово 50% укупно запослених у прехранбеној индустрији ЕУ. ЕУ представља највећег извозника прехранбених производа на свету, обзиром да учествује у укупном извозу са 17,8% (Министарство привреде Републике Србије, 2021).

Прехрамбена индустрија у Републици Србији је у 2015. години била највећи сектор у прерађивачкој индустрији са око 6 милијарди динара прихода и учешћем са око 6,4% у стварању бруто друштвеног производа (БДП), док пољопривредна производња учествује са 10,6% БДП-а. У њој послује готово 4.000 предузећа која су запошљавала преко 70.000 запослених. У структури правних лица доминирају микро, МСП и предузетници који представљају око 99% укупног броја правних лица, а што одговара структури прехранбене индустрије у ЕУ где МСП представљају 99,2% укупног броја правних лица (Министарство привреде Републике Србије, 2021).

У структури трошкова прехранбене индустрије у Републици Србији доминирају трошкови сировина, енергената и радне снаге са мањим уделом трошкова амбалаже и амортизације опреме, што је приказано на слици 1.2.

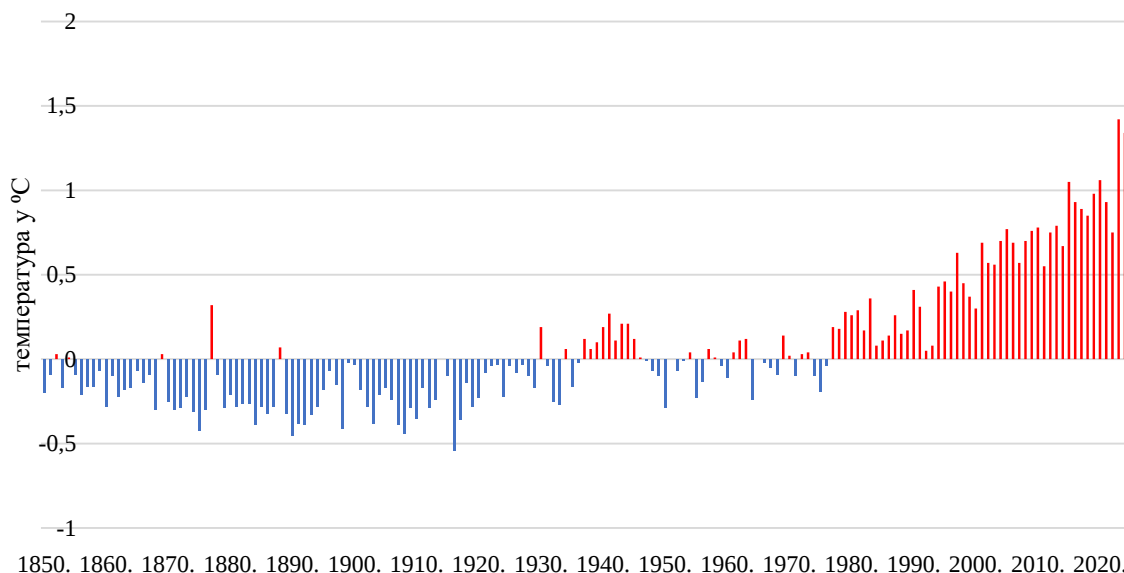


Слика 1.2 Просечна структура трошкова прехранбене индустрије у Републици Србији (Министарство привреде Републике Србије, 2021).

Имајући у виду релативно ниску цену енергената који истовремено значајно учествују у структури производних трошкова, може се закључити да прехранбена индустрија у Републици Србији троши значајне количине енергије. Веома важан проблем представља нерационална употреба енергије. Код највећег броја прерађивачких капацитета бележи се знатно већа потрошња енергије у односу на технолошке нормативе. Проблем нерационалног коришћења ресурса је резултат застарелих технолошких процеса, а проблеми су посебно изражени код већих или великих прерађивачких капацитета изграђених средином и крајем прошлог века. Осим за технолошке процесе производње и прераде, енергија се користи за складиштење и транспорт хране, стога је важно да предузећа прехранбене индустрије побољшају своју енергетску ефикасност (ЕЕ) и да преузму одговорност за утицај који имају на животну

средину. То може обухватити примену нових, ефикаснијих технологија, коришћење ОИЕ, смањење потрошње воде, смањење отпада, повећање ефикасности транспорта и увођење одрживих пракси пословања. Овај приступ не само да ће смањити утицај прехранбене индустрије на животну средину, већ ће помоћи предузећима да постану конкурентнија и одрживија на тржишту.

Одступања од просечне глобалне температуре копна и океана у периоду од 1850. до 2023. године



Слика 1.3 Одступања од просечне глобалне температуре копна и океана у периоду од 1850. до 2023. године (Dahlman, 2024)

Интензивно повећање потрошње енергије у индустријском сектору, укључујући и прехранбену индустрију уз истовремени развој саобраћаја, пораст броја становника и урбанизацију имају огроман утицај на животну средину што доводи до климатских промена које резултују глобалним загревањем и појавом ефекта стаклене баште. Глобално загревање представља нарушавање природне равнотеже услед промена састава атмосфере и задржавања веће количине топлоте у њој што неминовно доводи до повећања просечне температуре у приземном слоју земљине атмосфере, али и океана, што је изражено нарочито у 20. и 21. веку.

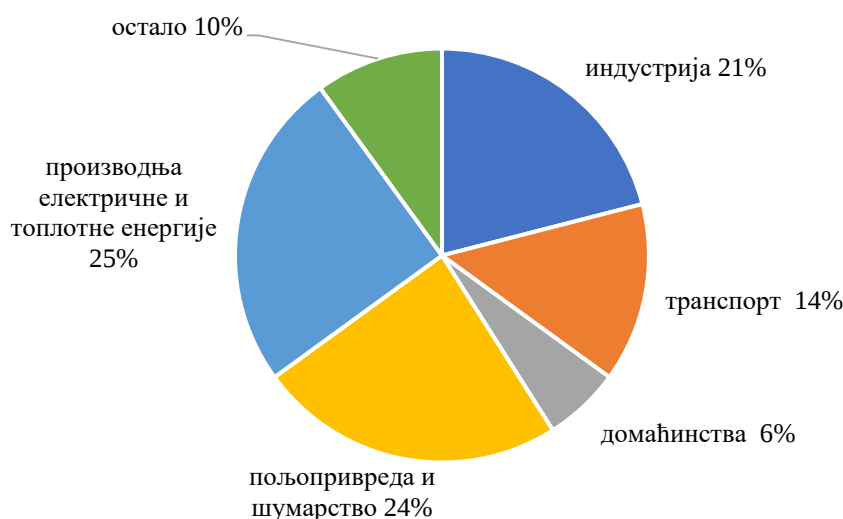
Температура Земље расла је почевши од 1850. године у просеку за 0,06 °C по деценији, или око 1,62 °C укупно у посматраном периоду. Стопа загревања је од 1982. године више од три пута бржа, односно 0,20 °C по деценији. Свих 10 најтоплијих година у историјском запису односе се на протеклу деценију, односно на период од 2014. до 2023. године. На слици 1.3 приказана су одступања од просечне глобалне температуре копна и океана у периоду од 1850. до 2023. године, при чему плава боја на слици означава године које су биле хладније од просека, док црвена боја показује године које су биле топлије од просека.

Ефекат стаклене баште је последица чињенице да поједини гасови, као што су угљен-диоксид (CO₂), метан (CH₄), азотни-оксиди (NO_x), хлорофлуороугљеници (CFC), аеросоли и водена пара, могу да упијају Сунчеву енергију и апсорбују дуготаласно зрачење са Земљине површине у атмосферу, па на тај начин мењају енергетски биланс

наше планете. Овакви гасови се називају гасовима са ефектом стаклене баште (енг. *greenhouse gases, GHG*).

Процене су да преко 20% глобалних емисија GHG има порекло из индустрије. Уколико индустрија не буде успела да смањи своје емисије, на глобалном нивоу ће се јавити проблеми у остваривању циљева које су светске владе поставиле Париским споразумом у оквиру конвенције Уједињених нација о климатским променама из 2015. године (енг. *The Paris Agreement UNFCCC, 2015*) а који се односе на смањење нивоа емисије GHG за 80% до 95% до 2050. године у односу на 1990. годину (De Ree, и други, 2018). Глобална емисија GHG по економским секторима приказана је на слици 1.4.

Глобална емисија GHG по економским секторима



Слика 1.4 Глобална емисија GHG по економским секторима 2010. године (ЕРА, n.d.)

Последњих деценија примећено је знатно повећање температуре на Земљи и пројекције глобалних промена климе показују да ће се у периоду до 2100. године наставити тренд раста температуре ваздуха у приземном слоју атмосфере у распону од 1,4 °C до 5,8 °C што представља највећу промену у последњих 10.000 година. Многи од ових GHG су природно доступни у атмосфери, али се људском активношћу повећава њихова концентрација, посебно CO₂, CH₄, NO_x, и CFC који су познати и као расхладни гасови или фреони, што утиче на климатске промене. CO₂ је доминантан GHG који између осталог настаје као производ сагоревања угљеника и органских једињења и сматра се одговорним за 64% глобалног загревања, које је резултат људске активности. CH₄ има по kg 25 пута већи утицај на глобално загревање од CO₂. Емитује се у пољопривредној производњи и на депонијама. NO_x имају по јединици масе чак око 300 пута већи утицај на глобално загревање него CO₂, али се они емитују у мањим количинама и настају током индустријских процеса и пољопривредне производње, док фреони имају неколико хиљада пута већи утицај од CO₂. Највећи део емисије GHG је последица сагоревања фосилних горива за производњу електричне енергије, топлотне енергије, транспорт и сл., и њу чини 58,6% CO₂, затим следе CH₄ и водена пара са 14,3% и 7,9% (ЕЕА, 2011).

Ма колико ресурси фосилних горива били велики, они су ограничени. Садашњим нивоом потрошње, резерве угља ће бити исцрпљене за 200 до 300 година, нафте за 30 до 50 година, а природног гаса за 50 година (Covert, Greenstone, & Knittel,

2016). Сагоревањем фосилних горива у циљу развоја глобалне економије, човечанство је повећало емисију CO₂ и то је један од главних разлога глобалног загревања и климатских промена. Зато је неопходно обезбедити дугорочан и одржив начин смањења узрока глобалног загревања, без негативног утицаја на развој економије и друштва у целини. Ово се може постићи применом нових технологија и побољшањем постојећих, да би се смањила потрошња енергије и извршила енергетска транзиција неопходна за позитиван утицај на животну средину.

Процес смањења емисије CO₂, али и осталих GHG у атмосферу, захтева енергетски прелаз, односно структурну промену, која уклања угљеник из производње енергије што представља декарбонизацију. Циљ декарбонизације је постизање глобалне економије са чистим, алтернативним енергијама, коју Земља може апсорбовати, тако да се климатска неутралност може остварити кроз транзицију енергије. Прелазак на економију неутралну према угљенику до 2050. године је могућ и има економског смисла. Декарбонизација економије је одлична прилика за стварање богатства, отварање радних места, побољшање квалитета ваздуха и целокупне животне средине.

Према класификацијама Министарства енергетике Сједињених Америчких Држава (енг. *US Department of Energy, US DOE*) и Међународне агенције за енергију (енг. *International Energy Agency, IEA*) прехранбена индустрија, односно технолошки процеси производње и прераде хране спадају у умерено енергетски интензивне процесе, који се најчешће одвијају у оквиру МСП. У оваквим условима потрошња енергије често није на листи приоритета када се траже начини повећања ефикасности. Са друге стране употреба енергије има директан утицај на животну средину и подаци спроведених истраживања показују да производња хране и пића доприноси око 65% укупне емисије GHG која потиче из индустрије у ЕУ (Gerres, Chaves Ávila, Linares Llamas, & Tomás Gómez, 2019). Иако, у поређењу са осталим технолошким процесима из наведене групе, има најмањи интензитет емисије GHG, технолошки процеси производње и прераде хране су идентификовани као један од кључних у процесу декарбонизације индустријског сектора. Такође, они представљају једну од области која се нашла у европској визији одрживог развоја животне средине до 2030. године (Fooddrink Europe, 2012). Не треба заборавити ни глобални пораст популације, који ствара очекивања да ће потражња за храном такође порасти и то за 60% до 2050. године, што опет условљава повећање потреба за енергијом (Ladha-Sabur, Bakalis, Fryer, & Lopez-Quiroga, 2019).

Проблеми загађења животне средине у Републици Србији добрим делом су резултат застарелих технологија, као и резултат ниске ЕЕ, али и ниске сировинске ефикасности, што је донекле последица недостатка финансијских средстава за побољшање постојећег стања. У циљу спречавања и контроле загађења, предузећа треба да реконструишу или иновирају постојеће технолошке процесе. Према Извештају о стању животне средине у Републици Србији за 2020. годину може се закључити да проблеми емисија GHG из прехранбене индустрије настају највећим делом из термоенергетских постројења за производњу електричне енергије и застареле опреме на којој се одвијаја производни процеси, праћено ниском енергетском ефикасношћу (Љубичић, и други, 2021). С тога се као опције за смањење емисије GHG најчешће разматрају различити начини повећања ЕЕ, примене локалних ОИЕ, замене фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије, електрификација производње топлотне енергије и коришћења отпадне топлоте. Када се говори о технологијама за производњу процесне топлоте, примарни енергент у производњи и преради хране је природни гас. Процесна топлота која се користи у овим процесима је најчешће нискотемпературна, са температурама које често не прелазе 140 °C. Ове чињенице говоре у прилог томе да би

технологије као што су електрификација производње паре и топле воде уз примену топлотних пумпи могле допринети декарбонизацији прехранбене индустрије. Електрификација производње процесне топлоте могла би према проценама допринети смањењу емисије GHG од 38% до 57% (Altenburg, Schure, & Blok, 2021; Wang L. , 2014), док би електрификација коришћењем топлотних пумпи могла допринети смањењу емисија GHG до 70% (Atuonwu & Tassou, 2021; Lee & Kim, 2009; Philipp M. , и други, 2018; Sovacool, и други, 2021). Потребно је истаћи да електрификација производње топлоте има смисла када је интегрисана са производњом електричне енергије из ОИЕ.

Као мерило утицаја људских активности на климатске промене које су последица емисија CO₂ и осталих GHG сваког појединца на годишњем нивоу, користи се појам „угљеничног отиска“ (енг. *carbon footprint*). Када се процењује вредност угљеничног отиска, узимају се у обзир различити фактори, као што су потрошња енергије, врста материјала и сировина, начин транспорта и друге активности, што обично проузрокује емитовање различитих GHG, сваки у различитим количинама, при чему различити GHG немају исти утицај на глобално загревање.

Пошто нека активност може проузроковати емитовање неколико различитих GHG сваки у различитим количинама, изражавање угљеничног отиска у таквом облику је компликовано, па се уводи појам „еквивалент угљен-диоксида“ (енг. *carbon dioxide equivalent*) CO_{2e}, односно концентрације CO₂ која би изазвала исти ефекат на животну средину као концентрација одређеног GHG. CO_{2e} се израчунава на основу потенцијала глобалног загревања (енг. *global warming potential, GWP*) који се дефинише као релативна, бездимензионална јединица и показује колико ће се енергије апсорбовати од стране одређене масе датог GHG током одређеног временског периода, у односу на исту масу CO₂, пошто GWP за CO₂ има вредност 1, без обзира на временски период. Множењем масе датог GHG са вредношћу његовог GWP добија се емисија CO_{2e} (Broekhoff, Gillenwater, Colbert-Sangree, & Cage, 2019):

$$\text{Емисија CO}_{2e} = (\text{mass GHG}) \times (\text{GWP}) \quad (1.1)$$

где су:

- Емисија CO_{2e} [kgCO_{2e}] или [tCO_{2e}]- маса CO_{2e},
- GWP [-] - потенцијал глобалног загревања датог GHG.

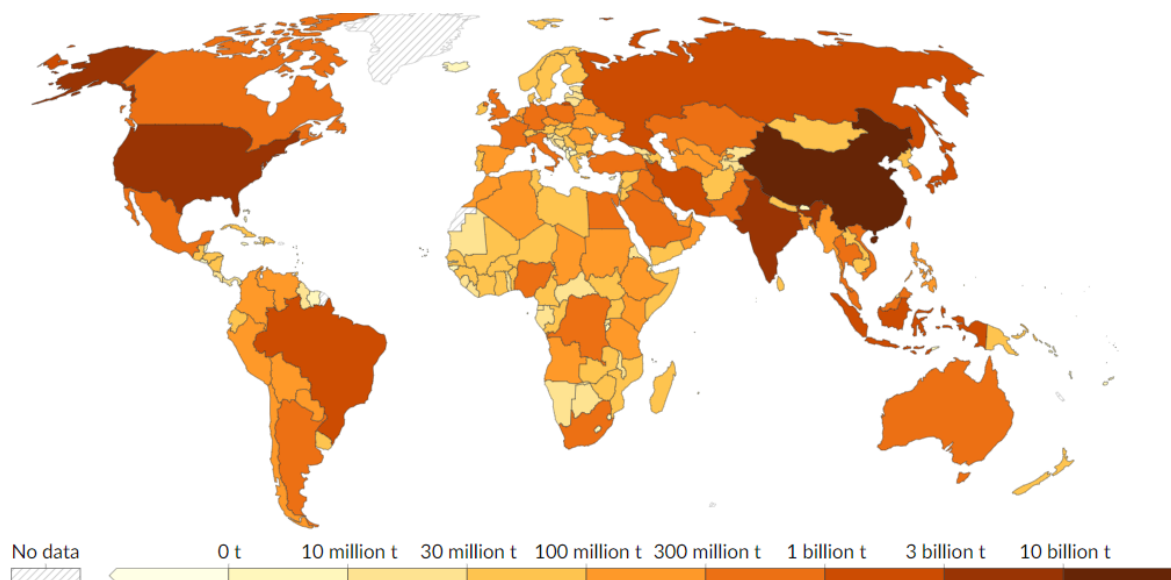
GHG	Животни век у годинама	GWP (време на хоризонту у годинама)		
		20	100	500
CO ₂	-	1	1	1
CH ₄	11,8	80,8	27	7,3
N ₂ O	109	273	273	130
HFC-23	228	12.400	14.600	10.500
HFC-134a	14	4.140	1.530	436
CF ₄	50.000	5.300	7.380	10.600

Табела 1.1 Вредности GWP за неке од најважнијих GHG у временским хоризонтима од 20, 100 и 500 година према извештају IPCC 2021 – AR6 (Gillenwater, 2010)

На основу податка из табеле 1.1 може се закључити да 20-годишњи GWP за N₂O износи 273, што значи да ће 1 kg N₂O који се емитује данас, узроковати 273 пута веће

глобално загревање током наредних 20 година него што то чини 1 kg CO₂ емитован данас, или 1 kg N₂O емитован данас, имаће исти утицај током наредних 20 година као што би имало данашње емитовање 273 kga CO₂.

Укупна емисија GHG мерена у милионима tCO₂e у 2021. години приказана је на слици 1.5.



Слика 1.5 Укупна емисија GHG мерена у милионима tCO₂e у 2021. години (Our World in Data 2, n.d.)

Мерење угљеничног отиска помаже да се идентификују активности које највише доприносе емисијама GHG како би се пронашли начини да се тај утицај смањи. То може укључивати промене у начину производње и употребе енергије, промене у начину транспорта, као и у употреби ОИЕ и технологија које су мање штетне по животну средину.

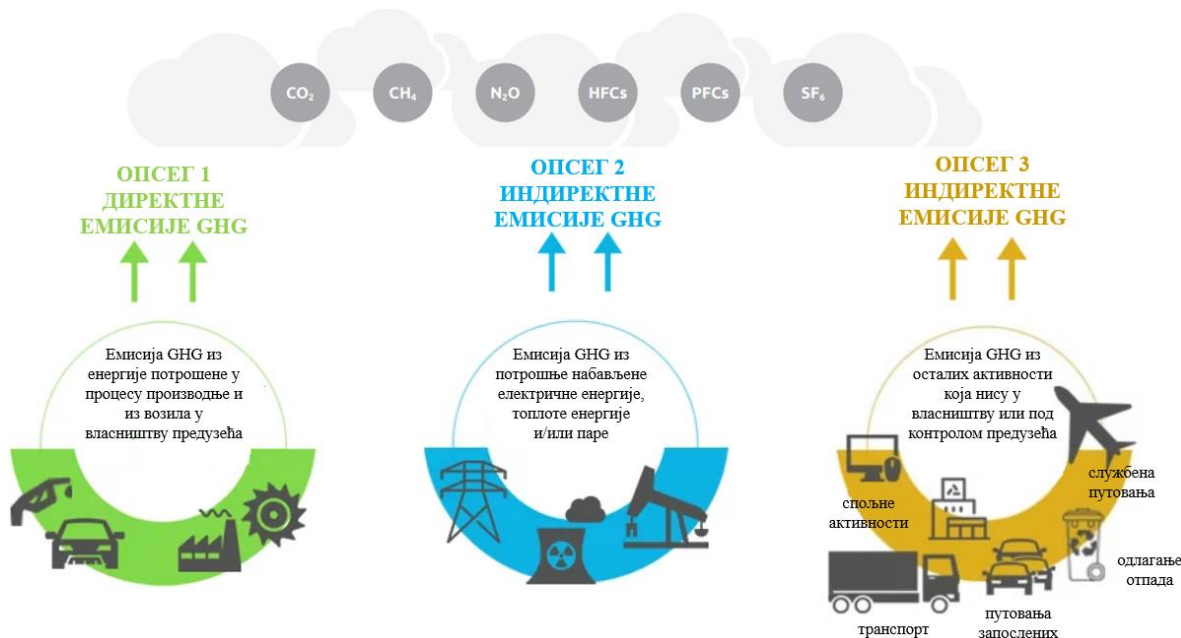
Најчешће предузећа усмеравају пажњу на емисије GHG из сопствених пословних активности, али се мора имати у виду да постоје и индиректне емисије GHG које се односе на потрошњу енергије (електричне и топлотне), и на све остале активности које нису директно повезане са пословним активностима предузећа а неизоставно имају утицај на укупне емисије GHG. Из тог разлога директне и индиректне емисије GHG дефинисане су на следећи начин (WRI, 2004):

- директне емисије GHG потичу из извора који су у власништву или под контролом ентитета (предузећа) који их мери и извештава,
- индиректне емисије GHG су последица активности ентитета (предузећа) који извештава, али се дешавају на изворима у власништву или под контролом другог ентитета (предузећа).

Категоризација директних и индиректних емисија GHG врши се у три Опсега, што је приказано на слици 1.6.

- Опсег 1 (енг. *Scope 1*): све директне емисије GHG,
- Опсег 2 (енг. *Scope 2*): индиректне емисије GHG из потрошње набављене електричне енергије и топлоте енергије,
- Опсег 3 (енг. *Scope 3*): остале индиректне емисије GHG, које се односе на купљена добра и услуге, производњу и набавку сировина, транспорт

возилима која нису у власништву или под контролом ентитета (предузећа) који извештава, употреба продатих производа, губици у вези електричне енергије (губици у трансформацији и дистрибуцији) које нису обухваћене Опсегом 2, спољне активности, одлагање отпада, путовања запослених на и са посла, службена путовања и др.



Слика 1.6 Категоризација Опсега 1, 2 и 3 (GCI, 2021)

Угљенични отисак предузећа може се посматрати као примарни и секундарни. Примарни угљенични отисак представља укупну количину свих директних емисија GHG које се ослобађају у току технолошког процеса производње и део индиректних емисија GHG које су повезане са производним процесом, односно набављеном електричном и топлотном енергијом, складиштењем сировина и готових производа у оквиру предузећа, што је обухваћено Опсегом 1 и 2. Секундарни угљенични отисак се односи на део индиректних емисија GHG насталих као последица активности које нису под контролом предузећа (производња сировина, транспорт сировина и транспорт готових производа до крајњег потрошача возилима која нису у власништву предузећа, употреба продатих производа укључујући и одлагање отпада), што је обухваћено Опсегом 3. Мапирање угљеничног отиска Опсега 1, 2 и 3 у једном предузећу прехрамбене индустрије приказан је на слици 1.7.

Бавећи се проблематиком смањења угљеничног отиска предузећа могу да идентификују своје пословне могућности и да смање свој пословни ризик у циљу повећања конкурентности на тржишту. Уколико постоји политика додатних подстицаја од стране законодаваца у циљу смањења емисија GHG, предузећа могу да планирају своју стратегију и инвестиције у годинама које долазе да би оствариле очекиване резултате.

Крајњи циљ декарбонизације је остваривање тзв. угљенично неутралне производње, која се одликује нето-нултом емисијом CO₂. То значи да се све емисије GHG које предузеће у свом производном процесу генерише, на неки начин анулирају применом различитих техничко технолошких мера, оптимизацијом и аутоматизацијом процеса производње, повећањем ЕЕ, коришћењем ОИЕ, заменом фосилних горива

нискоугљеничним изворима енергије, електрификацијом, коришћењем отпадне топлоте и сл. Остварити поменуто стање веома је тешко применом само техничко технолошких мера, па је потребно остварити и неку врсту компензације угљеничног отиска, (енг. *carbon offsetting*), обично кроз куповину тзв. угљеничних кредита на име компензације преосталог угљеничног отиска. Куповина угљеничних кредита је процес у коме се предузеће, организација или појединац „одриче“ своје емисије GHG куповином кредита од неког другог предузећа или организације на добровољном тржишту емисија. Кључни концепт куповине угљеничних кредита је преношење климатске одговорности са једног ентитета на други.



Слика 1.7 Мапирање угљеничног отиска у предузећу прехранбене индустрије

Разлози због којих предузећа треба да разматрају декарбонизацију свог процеса производње у првом реду се односе на последице климатских промена које су постале очигледна реалност и не могу се занемаривати, али и на законодавство које поставља све строжије услове у погледу заштите животне средине, што има директан утицај на потрошњу енергије, односно на захтевану енергетску транзицију.

1.2 Допринос докторске дисертације

Последњих неколико година декарбонизација се промовише у индустрији, али на релативно „ад хок“ начин и уз ограничену пратећу подршку научне заједнице кроз одговарајућу научну публицистику. Последица тога је да се предности које индустрија и читаво друштво могу остварити из успостављања процеса декарбонизације, релативно тешко квантификују и процењују. Зато је потребно ангажовање научника и истраживача да својим истраживањима попуне недостајуће празнине.

Промовисање декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране може имати значајан допринос који се огледа у идентификовању кључних изазова и препрека, као што су недостатак технолошких решења, ограничени ресурси и ниска свест о одрживости овог концепта. Идентификовање наведених проблема може помоћи у формирању стратегије и политике за подстицање декарбонизације у предузећима прехранбене индустрије, кроз оптимизацију и аутоматизацију постојећих процеса производње, предлагање и развијање нових технолошких решења, електрификација процеса и употребу ОИЕ, коришћење отпадне топлоте, а у циљу смањења утицаја на животну средину. Ова решења могу бити корисна за целокупну индустрију, политичке

одлучиоце и друштво у целини. Промовисање декарбонизације технолошких процеса производње и прераде хране може помоћи у стварању одрживијег и мање штетног окружења, те допринети глобалним напорима за смањење емисије GHG и ублажавање климатских промена. Стечена сазнања и искуства се лако могу применити и у другим индустријским секторима.

Иако се промовисање декарбонизације по правилу фокусира на велика индустријска предузећа, потребно је да се предузећа из сектора МСП више ангажују како би поред бенефита који се односе на остваривање угљенично неутралне производње, повећала и своју тржишну конкурентност. Имајући у виду лимитиране ресурсе МСП-а, ово истраживање треба да покаже да се декарбонизација технолошког процеса производње појављује као одржива опција и да МСП могу имплементирати овај концепт без потребе за издвајањем значајних финансијских средстава.

Очекује се да ће предложена докторска дисертација резултирати:

- прегледом стања и систематизацијом резултата у подручју досадашњих истраживања,
- промоцијом значаја декарбонизације,
- дефинисањем методологије за имплементацију декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране која би била релативно лако применљива и у МСП других индустријских сектора,
- диверсификацијом садржаја знања у области енергетског менаџмента,
- предлогом практичне примене различитих мера, активности и технологија за смањење угљеничног отиска у МСП,
- приближавањем концепта компензације угљеничног отиска и куповине угљеничних кредита.

Научни допринос се огледа у чињеници да ће се овом дисертацијом допринети проширивању „каталога знања“ који се односи на кључне детерминанте које се могу применити у сектору МСП неvezано од привредне делатности, као и на дефинисање и остваривање одговарајућих верификаторних резултата примене декарбонизације технолошког процеса производње.

1.3 Научни циљ докторске дисертације

У докторској дисертацији је развијена методологија за имплементацију декарбонизације која има за циљ да се у предузећу прехранбене индустрије оствари чистија производња смањењем енергетског интензитета. Систематизацијом глобално референтних искустава и примера најбоље праксе за остваривање угљенично неутралне производње, њиховом критичком анализом и приоретизацијом, одређене су референтне мере и активности у циљу смањења угљеничног отиска које се огледају у мерама повећања ЕЕ, могућностима коришћења ОИЕ, евентуалне замене фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије, у првом реду у циљу електрификације производње процесне топлоте, а затим је спроведена анализа релевантних учесника на емисионом тржишту угљеничних кредита ради сагледавања различитих сценарија компензације преосталог угљеничног отиска. Специфични циљеви докторске дисертације огледају се у:

- потреби да се побољша тренутно стање научних сазнања о пракси енергетског менаџмента у индустрији у вези са:

- мерама и активностима у циљу смањења угљеничног отиска у предузећима прехрамбене индустрије,
 - начинима компензације угљеничног отиска за различите енергетске субјекте,
- примени дефинисане методологије декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране на једно предузеће прехрамбене индустрије које послује на територији Републике Србије.

Основне полазне хипотезе дисертације које су проистекле из дефинисаног циља и анализе досадашњих литературних извора у домену истраживања, сачињене су од следећих претпоставки:

- на начин остваривања угљеничне неутралности једног индустријског предузећа прехрамбене индустрије најзначајније утиче специфична емисија CO₂ електричне мреже на коју је индустријско предузеће прикључено,
- смањење угљеничног отиска предузећа, израженог у tCO₂e, настало због коришћења топлотне енергије највише зависи од предузетих мера и активности на повећању ЕЕ и примени доступних декарбонизованих извора топлотне енергије,
- иако предузећа прехрамбене индустрије припадају групи умерено енергетски интензивних индустријских предузећа, за остваривање угљеничне неутралности неопходна је компензација преосталог дела угљеничног отиска предузећа кроз куповину угљеничних кредита.

1.4 Примењене методе у истраживању

Остваривање дефинисаног научног циља могуће је уз претходну детаљну теоријску анализу досадашњих научних истраживања у областима смањења угљеничног отиска и декарбонизације технолошких процеса.

Методе које су коришћене при изради дисертације су:

1. „Инпут-аутпут“ (енг. *input-output*) анализа за квантитативну процену токова енергије и материјала (приступ одозго према доле). Ова анализа се заснива на примени енергетског прегледа према стандарду ISO50002:2014 у току којег су разматрана зависности потрошње енергената у функцији од обима производње, као и зависности угљеничног отиска у функцији од обима производње у предузећу за производњу и прераду хране. Због тога је неопходно детаљно мерење параметара процеса које је извршено коришћењем постојеће мерне опреме у предузећу у коме је спроведена студија случаја. Поред опреме инсталиране у предузећу, коришћена је и преносива опрема којом располаже Факултет инжењерских наука у Крагујевцу и Регионални евро центар за енергетску ефикасност (термовизијска камера, ултразвучни мерач протока гасовитих/течних флуида, трофазни анализатор снаге, анализатор димних гасова, детектор цурења компримованог ваздуха, итд.). Референтне вредности потрошње енергената и вредности угљеничног отиска које су неопходне за упоредну процену, тзв. „бенчмаркинг“ (енг. *benchmarking*), одређене су опсежном теоријском анализом која укључује систематизацију, критичко сагледавање релевантних искустава у међународним оквирима и примере најбоље праксе. На бази одређених вредности потрошње енергената у одређеном временском

периоду, за израчунавање почетног угљеничног отиска, односно емисије GHG изражено у tCO₂e предузећа, коришћени су одговарајући емисиони фактор конверзије за електричну и топлотну енергију,

2. Дефинисање мера и активности смањења угљеничног отиска у предузећима за производњу и прераду хране је комплексан задатак, због различитих карактеристика и ограничења које имају специфични производни процеси. Због тога је неопходно критички систематизовати и анализирати различите мере и активности смањења угљеничног отиска за различите типове предузећа у прехранбеној индустрији (прерада млека, прерада меса, производња пекарских производа, производња алкохолних и безалкохолних пића, производња маргарина и биљних масти итд.). Ово подразумева идентификацију и евалуацију потенцијалних мера коришћењем опсежне теоријске анализе публикованих радова у релевантним часописима и на конференцијама, техничких решења, стандарда и примера добре праксе. Анализиране су мере и активности које обухватају унапређење ЕЕ произведене електричне и топлотне опреме, електрификацију производње процесне топлоте кроз примену ОИЕ, евентуалну употребу нискоугљеничних горива као што су биомаса и биогас, употребу отпадне топлоте и складишта топлоте, употребу напредних расхладних циклуса и топлотних пумпи. Такође, испитане су могућност коришћења одговарајућих технологија за употребу локалних ОИЕ (на пр. фотонапонских соларних система, соларног грејања, итд.), евентуално коришћење отпадне топлоте која се јавља у производном процесу и њену интеграцију у комбиноване циклусе грејања и хлађења,
3. У већини индустријских предузећа поменуте мере смањења угљеничног отиска се рангирају најчешће према једном критеријуму, времену повраћаја инвестиције (енг. *pay-back period, PBP*). Међутим, приликом рангирања потенцијалних мера треба узети у обзир различите економске, али и техничко-технолошке, еколошке и друштвене критеријуме одлучивања. Стога је за рангирање мера смањења угљеничног отиска примењен одговарајући вишекритеријумски метод доношења одлука (енг. *multi-criteria decision-making, MCDM*) који треба да омогући њихово одрживо рангирање и проиритизацију,
4. За одређивање могућих сценарија компензације преосталог дела угљеничног отиска извршена је екстензивна анализа емисионих тржишта угљеничних кредита, сертификата и релевантних учесника на емисионом тржишту угљеничних кредита што подразумевало, утврђивање листе пројеката сврстаних у четири категорије: (i) пошумљавање и употреба земљишта, (ii) примена ОИЕ, (iii) примена енергетски ефикасних технологија и (iv) претварања отпада у енергију, у оквиру којих је могуће купити довољан број угљеничних кредита.

1.5 Организациона структура дисертације

Прво поглавље садржи уводна разматрања о потрошњи енергије, прехранбеној индустрији, учешћу прехранбене индустрије у потрошњи енергије, утицају повећања потрошње енергије у индустријском сектору на животну средину, глобално загревање и

емисију GHG, сам концепт декарбонизације примењен у производњи, затим значај, циљеве, опис метода који су коришћене у истраживању, као и опис организационе структуре дисертације.

У другом поглављу извршен је преглед досадашњих релевантних научних истраживања што представља основ за даљи рад на дефинисању одговарајуће методологије за имплементацију декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране.

Треће поглавље приказује модел методологије декарбонизације која је примењена у даљем раду и којом се истиче значај декарбонизације за МСП. Размотрена је систематична процедура детаљног енергетског прегледа предузећа кроз прикупљање и анализу података о коришћењу и потрошњи енергије, како би се идентификовала зависност потрошње енергената, а тиме и угљеничног отиска, у функцији од обима производње. Након тога извршено је одређивање почетне вредности (енг. *baseline*) угљеничног отиска предузећа који представља вредност угљеничног отиска пре примене било каквих мера и активности смањења угљеничног отиска. Следећи корак је дефинисање начина за смањења угљеничног отиска који се огледа у различитим мерама повећања ЕЕ, примени локалних ОИЕ, евентуалној замени фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије ради електрификације производње процесне топлоте и коришћењу отпадне топлоте из производног процеса. Све ове мере су базиране на познатим искуствима, пракси и препорукама релевантних научних истраживања. Одабраним вишекритеријумским методом доношења одлука извршен је избор предложених мера и активности смањења угљеничног отиска, при чему су се осим економских, разматрали и техничко-технолошки, еколошки и друштвени критеријуми одлучивања. Као последњи корак у овом поглављу, сагледан је поступак компензације преосталог дела угљеничног отиска (енг. *carbon footprint offsetting*) кроз упознавање са концептом угљеничних кредита и кроз анализу релевантних учесника на емисионом тржишту угљеничних кредита.

У четвртном поглављу приказана је практична примена усвојене методологије декарбонизације кроз студију случаја (енг. *case study*) у једном предузећу прехранбене индустрије у Републици Србији које спада у групу МСП и у коме се производе маргарини, биљне масноће, пекарски и посластичарски побољшивачи и смеше.

Пето поглавље садржи закључна разматрања која се односе на резултате добијене применом методологије за имплементацију декарбонизације технолошког процеса у предузећу које је било предмет студије случаја, ради њене валидације и одређивања ограничења развијене методологије, као и давања предлога за будућа истраживања.

У шестом поглављу дат је приказ библиографских података коришћених у дисертацији.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

Традиционални поглед на индустријску производњу и на начин на који се она односи према животној средини, тзв. приступ од „колевке до колевке“ (енг. *cradle to cradle*) значи да индустрија прерађује природне ресурсе, али се индустријски отпад враћа екосистему и атмосфери. Ово ствара спор између еколога који верују да је индустрија деструктивна за људско здравље и животну средину и произвођача који верују да еколози представљају препреку за даљи раст економије (McDonough & Braungart, 2002).

Декарбонизација као кључни концепт у борби против климатских промена и заштите животне средине односи се на смањење или елиминисање емисија GHG које су главни узрок глобалног загревања и промена климатских образаца. Овај процес захтева повећање ЕЕ, прелазак са фосилних горива на ОИЕ и коришћење осталих нискоугљеничних извора енергије, али и промене у индустријским процесима, транспорту, пољопривреди и другим привредним секторима. Научни радови који истражују декарбонизацију осим њеног утицаја на животну средину, често истражују различите стратегије, политике, технологије и економске импликације овог процеса. Неке од кључних тема и закључака научних истраживања у овом домену укључују разумевање сложености процеса декарбонизације и пружање смерница политике и праксе које ће омогућити одрживу будућност планете.

(Rissman, и други, 2020) Потпуна декарбонизација глобалне индустрије је од суштинског значаја за стабилизацију климатских промена и достизање угљеничне неутралности до 2070. године. Овај рад процењује потребне техничке и политичке мере, како на страни понуде, тако и на страни потражње, које заједно треба да обезбеде постизање нето-нулте емисије GHG у индустријском сектору у предвиђеном временском оквиру. На страни понуде, фокус је на обезбеђивању ЕЕ, хватању, коришћењу и складиштењу угљеника (енг. *carbon capture use and storage, CCUS*), електрификацији и коришћењу нискоугљеничних извора енергије као извора топлоте. Већ сада постоје обећавајуће технологије специфичне за сваку од три индустрије са највећом емисијом GHG: (i) производњу цемента, (ii) челика и (iii) хемијску индустрију. Те технологије укључују различите додатке цементу, могућности производње челика без угљеника и нове хемијске катализаторе и технологије сепарације у хемијској индустрији. Кључни приступи на страни потражње укључују материјалну ефикасност у производњи, дизајн нових производа, смањење отпада, замену сировина са високим садржајем угљеника оним са ниским садржајем угљеника, као и циркуларну економију (побољшање дуговечности производа, могућност поновне употребе и могућност рециклирања). Стратешки добро осмишљена политика може убрзати иновације и пружити подстицаје за примену нових технологија. Језгро ове политике могао би да буде висок лимит цена угљеника, снажна подршка и економски подстицаји за истраживања, развој и примену стандарда ЕЕ и ОИЕ, субвенције за смањење емисије GHG, као и подршка државним набавкама производа са ниским садржајем угљеника, државни подстицаји за рециклажу и сл. У спровођењу овако осмишљене политике мора се водити рачуна о праведној транзицији за све оне који су погођени променама, а средства добијена декарбонизацијом требају бити допуна друштвеном и економском развоју земаља са ниским и средњим дохотком.

(Wang, и други, 2021) Од индустријске револуције глобални развој се у великој мери ослањао на прекомерну експлоатацију природних ресурса. Са обимним коришћење фосилних горива, сечом шума и другим облицима промене коришћења земљишта, антропогене активности допринеле су појави ефекта стаклене баште и све већим концентрацијама GHG у атмосфери, узрокујући глобалне климатске промене. Као одговор на погоршање глобалних климатских промена, али и због постизања циља угљеничне неутралности до 2050. године, од највеће важности је реформисање постојећих производних процеса како би се смањиле емисије GHG и промовисало хватање CO₂ из атмосфере и његово складиштење. Аутори нуде преглед иновативних технологија за постизање угљеничне неутралности, укључујући оне у вези са коришћењем ОИЕ (соларне енергије, енергије ветра, енергије океана, биоенергије и сл.), трансформацију система производње топлотне енергије, валоризацију отпада и примену различитих технологија за CCUS. Ово би могло да инспирише глобалну заједницу за даљи развој нових, иновативних технологија у циљу ублажавања климатских промена.

(Pandey, Agrawal, & Pandey, 2011) Само мерљивост емисије GHG омогућава и њену управљивост у контексту смањења негативног утицаја на животну средину. Мерење интензитета емисије GHG различитих производа, појединаца, организација и услуга изражава се као кроз њихов угљенични отисак. Методологије за калкулацију угљеничног отиска још увек еволуирају, те постоји мала кохерентност у дефиницијама и прорачунима угљеничних отисака који треба да буду алат за релевантна смањења емисија GHG. Дакле, неопходна је стандардизација и верификација поступка одређивања угљеничног отиска. Један од њих је Протокол GHG Института за светске ресурсе/Светског пословног савета за одрживи развој (енг. *GHG protocol of World Resource Institute, WRI/World Business Council on Sustainable Development, WBCSD*) који се базира на коришћењу следећих смерница: (i) прорачуна животног циклуса производа и стандарда извештавања, (ii) стандарда корпоративног прорачуна и извештавања, Смерница за ланац вредности (ниво III). Осим тога ту су и ISO стандарди: ISO14064 (део 1 и 2), међународни стандард за одређивање граница и квантификацију емисије GHG, ISO14025 међународни стандард за процену животног циклуса производа и активности и ISO14067 међународни стандард за GHG - Угљенични отисак производа - Захтеви и смернице за квантификацију. У употреби су и национални стандарди, као на пример Јавно доступне спецификације - 2050 Британске институције за стандардне (енг. *Publicly Available Specifications-2050, PAS2050 of British Standard Institution, BSI*) који прецизира захтеве за оцењивање животног циклуса емисије GHG добара и услуга. Иако не постоји потпуна кохерентност, неминовна је неопходност стандардизације ове области у циљу верификације мерења угљеничног отиска, као одговор на законске или пословне захтеве који прате његову комерцијализацију.

(Thiel & Stark, 2021) Декарбонизација производње топлотне енергије је кључ индустријске декарбонизације и елиминисања великог дела (приближно једне петине) глобалне емисије CO₂. Постојеће технологије производње топлотне енергије базиране су на сагоревању фосилних горива и још увек нису довољно конкурентне за широку декарбонизацију. Да би се остварио паритет трошкова декарбонизације, истраживања и развоја, потребно је усмерити се у следећа четири правца: (i) коришћење горива без угљеника, (ii) коришћење топлотних извора без угљеника, (iii) електрификацију производње топлотне енергије и (iv) боље управљање топлотном енергијом. Осим тога, велики напредак на путу индустријске декарбонизације представљало би решавање проблематике преноса и складиштење топлотне енергије, са малим губицима, на високим температурама, укључујући и медије за складиштење.

(Gerres, Chaves Ávila, Linares Llamas, & Tomás Gómez, 2019) Обзиром на чињеницу да су енергетски интензивне индустријске гране одговорне за две трећине емисија CO₂ у индустрији у ЕУ, у овом раду су идентификоване и анализиране различите технике за могуће смањење емисије GHG у енергетски интензивним индустријским гранама. Резултати показују значајна одступања у литератури у погледу очекиваног смањења емисија GHG које је могуће постићи, али омогућавају да се идентификују области које су кључне за прелазак на нискоемисионе индустријске гране: декарбонизацију топлоте на ниским температурама у међусекторским технологијама, употребу мембрана у петрохемијској индустрији, угљенично неутрална производња челика, коришћење алтернативних сировина за производњу цемента и примену CCUS технологија. Циљ овог рада је да се идентификују главне опције декарбонизације, како би се проценила њихова међусекторска релевантност и потенцијал декарбонизације за индустријски сектор у светлу циљева за 2050. годину.

(Mathur, и други, 2022) Природни гас је важно и веома флексибилно гориво за производњу како топлотне, тако и електричне енергије у целом индустријском сектору широм света, а такође је и кључна сировина у многим индустријским процесима. Индустријске технологије на бази природног гаса обично имају ниже капиталне и оперативне трошкове, али и нижу потрошњу електричне енергије. Ове карактеристике чине природни гас пожељним за индустријску употребу у поређењу са другим фосилним горивима. Међутим, будућност природног гаса постаје неизвесна, посебно за индустрију која планира да буде угљенично неутрална до средине века. Овај рад се бави улогом коју би природни гас могао имати у глобалној декарбонизацији индустријских процеса и пружа критички осврт о баријерама које се крећу од финансијских и инфраструктурних до геополитичких, са обећавајућим потенцијалом енергетске транзиције који може помоћи у смањењу емисије CO₂ у индустријама које интензивно користе угљеник преко природног гаса. Тај потенцијал се огледа у примени CCUS технологија у индустрији гвожђа и челика, употреби водоника са ниским садржајем угљеника у хемијској и петрохемијској индустрији, употреби алтернативних сировина у индустрији цемента, електрификацији процеса грејања у прехранбеној индустрији и индустрији папира и целулозе.

(Griffiths, Sovacool, Kim, Bazilian, & Uratani, 2022) Индустрија прераде нафте, настала средином 19. века, постала је један од темеља напретка модерног друштва. Производња транспортних горива, петрохемијских сировина и разних других производа петрохемије, донела је многоструку корист, али је такође довела до глобалног загревања и појаве ефекта стаклене баште, као и до загађења животне средине насталог сагоревањем фосилних горива. Ова индустрија је суочена са растућом потребом да декарбонизује своје пословање, као и да подржи декарбонизацију осталих индустријских сектора употребе петрохемијских производа. Рад пружа систематски и критички преглед литературе у циљу презентовања начина и средстава помоћу којих индустрија прераде нафте може да се декарбонизује и да се развија као део будућности у којој се све више ограничава емисија угљеника, тако да се мора обезбедити оквир за процену кључних техничких, економских, друштвених и политичких фактора који ће утицати на еволуцију индустрије прераде нафте. Очекивања аутора су да ће пруженим увидом подржати креаторе политике, истраживаче и практичаре потребним алатима којима треба унапредити нискоугљеничну транзицију индустрије прераде нафте.

(Furszyfer Del Rio-a, и други, 2022) Еколошка питања која се односе на индустрију производње стакла нису ограничена само на фазу производње, већ и на процес ископавања сировина, што утиче на локалне екосистеме и ствара еколошке изазове повезане са стварањем јаловишта, одлагањем отпада и депонијама. У овом раду

су разматрани изазови који се односе на алтернативе за ублажавање климатских ефеката у производњи стакла и имплементацију идентификованих техничких иновација које воде ка угљенично неутралној производњи стакла. Рад представља свеобухватну анализу већег броја ранијих студија из области производње и употребе стакла у више индустријских сектора (аутомобилска индустрија, производња амбалаже, грађевинарство, електроника) и идентификује низ препрека, од финансијских до инфраструктурних, заједно са великим потенцијалом за будућа истраживања у правцу декарбонизације индустрије производње стакла.

(Furszyfer Del Rio-b, и други, 2022) Иста група аутора је разматрала и могућности декарбонизације индустрије производње керамике. Без обзира на чињеницу да је керамика један од највећих, најранијих и најкориснијих успеха човечанства, мора се узети у обзир да она током свог животног циклуса може бити веома штетна по животну средину. На пример, сваке године у ЕУ производња керамике (ватросталних материјала, зидних и подних плочица, цигле и црепа) емитује 19 милиона tCO_{2e}, док је глобално, производња цигле „одговорна“ за 2,7% укупне емисије угљеника годишње. Овај рад кроз критички и систематски преглед, настоји да идентификује алтернативе за ублажавање климатских ефеката изазваних производњом керамичких производа како би њихов животни циклус учинили одрживијим, кроз дефинисање главних детерминанти потрошње енергије и емисије CO₂. Осим тога, наглашено је да еколошки и енергетски изазови у вези са индустријом керамике нису ограничени само на фазу производње, већ се односе и на екстракцију сировина, одлагање и депоновање отпада.

(Kumar, Khawas, & Kumar, 2022) Према Европском парламенту, угљенична неутралност се постиже када је количина CO₂ која се испушта у атмосферу једнака оној која се на различите начине уклања из ње, при чему се остварује тзв. нулта равнотежа, такође позната као нулти угљенични отисак. Пошто се угљенични отисак дефинише као укупна количина емисије GHG изазване од стране појединца, организације, услуге или производа, то значи да је осим разматрања емисије CO₂ потребно препознати утицај и других GHG, који су још штетнији, а то су CH₄ и NO_x произведени у пољопривреди. Употреба еколошки прихватљиве пољопривредне праксе води снижавају емисије GHG и пољопривреда је једини велики сектор у привреди који има способност не само смањења емисија GHG већ и издвајање угљеника у тлу, што пољопривредне активности чини отпорнијим на ефекте климатских промена.

(Kluczek & Olszewski, 2017) Због повезаности са економским трошковима, али и значајним еколошким утицајима, повећање ЕЕ кроз примену различитих мера ЕЕ, представља покретач повећања перформанси индустријских процеса. Енергетски преглед, добро познато средство за анализу токова енергије и процену могућих уштеда потрошње енергије, приказан је у овом раду као један од корака у иницијативи за повећање ЕЕ. Конкретно, циљеви рада су наведени на следећи начин: (i) вишедимензионалност енергетских прегледа, (ii) примери алата који се користе за енергетске прегледе, (iii) преглед компетенција енергетских ревизора.

(Sovacool, и други, 2021) Овај рад представља свеобухватан, критички и систематски преглед више од 350.000 извора, као и листу од 701 студије, на тему емисије GHG из индустрије хране и пића. У раду су идентификовани угљенично интензивни процеси у овој индустрији који се односе на све фазе производње хране и пића: пољопривредну производњу, технолошку прераду хране, дистрибуцију и малопродају, као и крајњу потрошњу. Сем тога, за ове процесе одређен је енергетски и угљенични отисак који настаје при њиховом спровођењу. У раду се анализира више

актуелних и нових опција за декарбонизацију, укључујући 78 потенцијално транзиционих технологија.

(Jagtap, Rahimifard, & Duong, 2019) Растућа цена и потражња за енергијом су значајна питања за прехранбени сектор који троши знатну количину енергије у целом ланцу снабдевања. Стога је побољшање ЕЕ постало суштински приоритет за овај сектор. Међутим, већина прехранбених предузећа има ограничену свест о недавним технолошким напрелима у праћењу коришћења енергије у реалном времену. Дакле, концепт „интернет ствари“, (енг. *internet of things, IoT*) истражен је како би се повећала видљивост, транспарентност и свест о различитим нивоима употребе енергије. Овај рад представља студију случаја у једном предузећу за производњу пића у Индији у коме је примена IoT концепта довела до смањења потрошње енергије и значајних уштеда. Обзиром на значај ЕЕ и примене IoT концепта, резултати овог истраживања су омогућили предузећу да користи енергију ефикасније и да на тај начин оствари предност у односу на конкуренцију, а тиме обезбеди позиционирање на тржишту. Доступност и тачност ових података помогла је енергетским менаџерима да доносе боље одлуке у погледу мера ЕЕ.

(Bonilla-Campos, Nieto, Portillo-Valdes, Manzanedo, & Gaztañaga, 2020) Процена и побољшање ЕЕ у производним процесима је кључно питање за предузећа које желе да постану конкурентна на тржишту. Поред тога, постоје високе маргине техничког побољшања ЕЕ за практично сваки сектор и сваку врсту индустрије. У литератури постоји много мера ЕЕ, као и алата за њихову процену. Уклопити поменуте мере у одређени процес је компликован задатак, због различитих карактеристика и ограничења сваког специфичног производног процеса, али и због сложености неkontинуираних производних процеса, тако да свака предложена мера мора бити дубоко анализирана пре примене. Сходно томе, овај рад представља интегралну анализу, оптимизацију процеса и алат за подршку у одлучивању за процену имплементација мера за повећање ЕЕ, што омогућава синергију која се може створити између различитих мера и њиховог утицаја на друге делове производног процеса. Оптимално решење или комбинација различитих мера и њихово димензионисање омогућују постизање највишег нивоа ЕЕ. У раду је акценован утицај синергије различитих мера на укупну ЕЕ, при чему је анализирано неколико пакета мера за повећање ЕЕ који доводе до смањења потрошње енергије у распону од 21% до 50%.

(Maxime, Marcotte, & Arcand, 2006) Аутори владине Агенције за пољопривреду и предузећа прехранбене индустрије Канаде (енг. *Agriculture and Agri-Food Canada*) развили су скуп једноставних и робусних индикатора ЕЕ у настојању да изграде оквир за одрживи систем канадске индустрије хране и пића. Предложени индикатори се односе на: коришћење енергије, емисију GHG, коришћење воде, генерисање отпадних вода, органске остатке и амбалажни отпад у предузећима прехранбене индустрије. Предложени индикатори ЕЕ су развијени на основу прикупљених података, процењених нивоа утицаја, географске локације и величине предузећа. Осим тога, наглашени су проблеми у добијању квалитетних и поузданих података у циљу спровођења мера заштите животне средине.

(Ladha-Sabur, Bakalis, Fryer, & Lopez-Quiroga, 2019) У овом раду су прикупљени и систематизовани подаци о употреби енергије у прехранбеној индустрији. Подаци о коришћењу енергије показују да инстант кафа, млеко у праху, помфрит, чипс и хлеб спадају међу енергетски најинтензивније прехранбене производе. Термички процеси чине велики део потребне енергије за обраду ових производа. У сектору прераде меса и млека потрошња енергије и употреба воде се повећала због пораста хигијенских

стандарда и увођења нових прописа. Поред тога, месо и месни производи се прерађују на виши степен обраде ради погодности крајњег потрошача, што је у вези са повећањем потрошње енергије и воде за њихову производњу. Што се тиче превоза хране, више од 98% хране у Великој Британији транспортује се друмским саобраћајем, а пређене удаљености последњих година су се повећале. Превоз расхладним возилима, хладњачама, који је интензивнији начин хлађења од стационарних расхладних система, такође се повећао током протеклих година, што неминовно доводи до повећања потрошње енергије, али и до повећања емисије GHG.

(Shabir, и други, 2023) Угљенични отисак је начин мерења утицаја на животну средину. Идентификовање његове релевантности и обима, начин изражавања преко функционалног система јединица, одређивање његовог утицаја на друштвене околности су делови процеса истраживања угљеничног отиска. Зато је од виталног значаја истраживање утицаја потрошње енергије, унапређење пословања, емисије отпада и могућности његове рециклаже на климатске промене. Да би се то постигло, унапређују се постојеће пољопривредне технике и развијају се нове методе производње хране, имајући у виду да све већи број потрошача фаворизује еколошки прихватљиве прехранбене производе. Циљ овог рада је анализа утицаја технолошких процеса прераде хране као што су конзервирање (хлађење и замрзавање), прерада и паковање на вредности угљеничног отиска. Ова студија говори о могућности коришћења ОИЕ и инвестицијама у енергетски ефикасну опрему, оптимизацији ланца снабдевања и логистике, минимизирању потрошње воде и правилном управљању отпадом.

(Mohana, и други, 2020) Обзиром на растућу енергетску кризу, прерађивачи хране морају озбиљно размотрити примену ОИЕ ради замене конвенционалних и енергетски интензивних процеса, посебно процеса сушења. Коришћење соларне енергије за сушење намирница постаје енергетски атрактивно у контексту ефикасности, исплативост и руралне применљивости. Међутим, постоји технолошки јаз у развоју јефтиних, а енергетски ефикасних сушара и производње висококвалитетних намирница. Овај преглед се фокусира на пружање исцрпног извештаја о доступним дизајнима сушара, критичким разматрањима, заједно са резимеом различитих примена за различите намирнице. Осим тога, сагледани су различити изазови и ограничења за ширу примену соларног сушења хране у погледу технологије, енергетских разматрања и других социо-економских аспеката, како би се направио помак у примени ове одрживе технологије.

(Bühler, Zühlsdorf, Nguyen, & Elmegaard, 2019) У 2016. години, у индустријском сектору више од 50% енергије покривено је директно из фосилних горива. Електрификација је обећавајући начин за декарбонизацију индустрије, али ће захтевати значајна економска улагања и промене у инфраструктури. У овом раду, приказано је неколико стратегија за електрификацију индустријских процеса на основу интеграције топлотних пумпи и електричних грејача. Као студија случаја узета је производња млека у праху, пошто су садашњи технолошки процеси енергетски интензивни и захтевају топлоту високе температуре која се најчешће генерише сагоревањем природног гаса. Највећа ЕЕ и најмања ексергијска деструкција пронађена је у систему који користи централну топлотну пумпу, са уштедом енергије од 65%. Имплементација децентрализованих топлотних пумпи, резултира уштедом од 56%, али децентрализовани систем омогућава постепено спровођење најисплативијих мера.

(Sharaf Eldean & Soliman, 2015) Процес загревања маргарина захтева огромну количину топлотне енергије због његове високе тачке топљења и величине резервоара у коме се налази. Постојеће методе загревања маргарина имају високу цену по сату

производње и користе фосилна горива што се показало да има негативан утицај на животну средину. Овај рад приказује аналитичку студију изводљивости коришћења соларне енергије као алтернативног извора за процес топљења маргарина. У овој студији, ефикасност и исплативост поља параболичног соларног колектора упоређује се са ефикасношћу парног котла. Такође, истражују се различити радни флуиди (водена пара, вода и термичко уље) за пренос топлоте кроз соларно поље. Резултати откривају да су укупни трошкови конвенционалне конфигурације много већи од соларних апликација без обзира на врсту радног флуида. Шта више, конвенционална конфигурација изазива негативан утицај на животну средину повећањем емисија GHG, тако да се соларни параболични колектор који ради са водом и паром као радним флуидом препоручује као алтернатива за процес загревања маргарина у географским пределима са великим бројем сунчаних дана.

(Grossmann, Hinrichs, & Weiss, 2022) Коришћење топлоте енергије је један од темеља савремене прераде хране. Тренутно, за производњу топлоте се најчешће користе котлови који користе фосилна горива и они доминирају у производњи топле воде, паре и топлог ваздуха у прехранбеној индустрији. Овај преглед разматра различите технологије које би у будућности могле послужити као замена за конвенционалне котлове на фосилна горива и које се заснивају на примени електричне енергије, геотермалне енергије (директна/индиректна употреба) и конверзији електричне енергије у водоник, укључујући горивне ћелије, микротурбине, електричне котлове, топлотне пумпе. Већина ових технологија је већ доступна за примену, али још увек постоје велике препреке, као што су ниске цене фосилних горива које спречавају широко усвајање одрживијих технологија производње топлотне енергије. Међутим директна трансформација електричне енергије и коришћење геотермалне енергије за потребе производње топлотне енергије изгледа обећавајуће и на томе би требало чешће инсистирати.

(Ismail, Yunus, & Hashim, 2021) Соларна енергија може да обезбеди потребну топлотну енергију за индустрију, комерцијални сектор и домаћинства. Овај рад процењује соларни термални потенцијал и стандард економске исплативости технологије за нискотемпературне потребе за топлотом до 100 °C, са фокусом на прехранбену индустрију. Кроз овај преглед, теоријски се истражују концепти, типови, развој и интеграција система производње топлотне енергије овом технологијом. Преглед има за циљ да помогне предузећима прехранбене индустрије, јер се показало да се највише топлотне енергије користи за претходно загревање, чишћење и пастеризацију. Конфигурација и дизајн соларне технологије за овај сектор се првенствено ослања на специфичне карактеристике сваке апликације и природу процеса.

(Woolley, Luo, & Simeone, 2018) Глобално, једна трећина потрошње енергије се може приписати индустријском сектору, при чему се до 50% енергије троши као топлотна енергија. За разлику од материјалног отпада који је јасно видљив, отпадна топлота (енг. *waste heat*) тешко се може идентификовати и проценити у погледу квантитета и квалитета. Из тог разлога је веома битно правилно разумети доступност отпадне топлоте, као и могућност њеног поновног коришћења, да би се на тај начин сагледале могућности за смањење потрошње енергије, а тиме и трошкови за енергију, као и пратећи утицаји на животну средину. У овом раду развијен је оквир за поновно коришћење енергије отпадне топлоте кроз процену производних активности, анализу компатибилности извора и понора отпадне топлоте у смислу ексергијског баланса и временске доступности, као и даљу подршку менаџменту у одлучивању ради оцене економске исплативости.

(Luo, Jagtap, Trollman, & Garcia-Garcia, 2023) Отпадне воде из процеса прераде хране садрже значајну количину топлоте. Технологије коришћења ове отпадне топлоте могу бити прикладне за примену у прехранбеној индустрији. У овом раду је сагледан четворостепени оквир за процену потенцијала коришћења отпадне топлоте преко систематског приступа који укључује примену развијених алата за временску компатибилност анализе трошкова и користе се за одређивање идеалног поврата топлоте из отпадних вода. Применљивост је демонстрирана кроз индустријску студија случаја у постројењу за прераду и конзервирање поврћа.

(Kaya, Çolak, & Terzi, 2018) Као резултат интензивне индустријализације, потрошња енергије расте широм света последњих година. У том контексту, постало је изузетно важно задовољити растућу потражњу за енергијом и пронаћи алтернативне изворе енергије због ограничених необновљивих извора енергије (угља, нафте и природног гаса). ОИЕ имају важну улогу у испуњавању енергетских потреба, па се различити економски, технички, еколошки и друштвени критеријуми користе за доношење одлука при евалуацији енергетских алтернатива, избора енергетских пројеката и одређивања енергетске политике. MCDM методе користе се као ефикасни алати за помоћ доносиоцима одлука при решавању енергетских проблема. Постоји велики број студија, укључујући чланке, реферате са конференција и поглавља у књигама, које повезују решавање енергетских проблема са коришћењем MCDM метода. У овој студији, објављени радови, у којима се користе традиционалне MCDM методе за решавање енергетских проблема, да би се применом статистичке анализе добили трендови у области енергетике.

(Ferreira, Vieira, Gouvea da Gosta, Loures, & Pinheiro de Lima, 2019) У раду су идентификовани критеријуми које треба узети у обзир при избору технологија у пројектима ЕЕ. Критеријуми су сврстани у неколико група: финансијски, технички, управљачки и друштвени. У раду је предложен процес подршке одлучивању базиран на MCDM методи, као помоћ у избору технологија које доприносе ефикасном систему управљања енергијом прилагођеном потребама производне организације.

(Josijević, Šušteršič, & Gordić, 2020) Аутори су извршили систематизацију података из литературе о најчешћим могућностима мера за повећање ЕЕ у прехранбеној индустрији (млекарама) и представили су методологију за спровођење енергетских прегледа у млекарама засновану на стандарду ISO50002:2014 која обухвата вишекритеријумску анализу за рангирање мера за повећање ЕЕ. Предложена методологија је примењена на студију случаја млекаре у централној Србији. У разматраном случају, имплементација предложених мера за уштеду енергије може обезбедити од 11% до 15% уштеде електричне енергије и од 20% до 23% топлотне енергије на годишњем нивоу.

(Mrkić-Bosančić, Vasković, & Gvero, 2023) Процес оптимизације производње енергије постаје све важнији са развојем и употребом ОИЕ и мерама ЕЕ. Зато је неопходно узети у обзир више критеријума према којима ће се рангирати скуп оптималних технологија за производњу енергије. Критеријуми који описују процес производње и коришћења енергије обухватају технолошке, еколошке, економске, енергетске аспекте и ограничавајуће домене њихове примене. Процес поређења омогућен је претходно развијеним математичким моделом за тражење оптималног решења на основу вишекритеријумске оптимизације и компромисног рангирања, познатог као VIKOR. Када се оптимизује процес производње и снабдевања енергијом из више могућих алтернатива према овако дефинисаним факторима оптимизације, добија се реална слика оптималног енергетског микса једне државе или локалне заједнице. У

овом раду је урађено поређење енергетског микса за Копенхаген (Данска) и Бања Луку, (Босна и Херцеговина).

(Nikolic, Gordic, Jurisevic, Vukasinovic, & Milovanović, 2021) Овај рад представља методолошки приступ енергетског прегледа затворених базена заснован на примени стандарда ISO50002:2014 који укључује примену MCDM методе одлучивања за рангирање предложених мера за очување енергије. Пошто се у енергетској ревизији обично користе MCDM које не би требало да буду сложене, аутори су предложили коришћење методе модела пондерисаних сума (енг. *weighted sum model, WSM*), као једноставан начин рангирања тежине перформанси приликом избора предложених енергетских мера. Методологија је примењена на студију случаја затвореног базена у Крагујевцу (Србија). Применом предложених мера за очување енергије омогућава се релативно кратак период отплате (мањи од 5 година), док се потрошња енергије може смањити за 29%.

(Nurmalini, 2017) Доношење одлука је процес одабира алтернативних акција за постизање специфичних циљева или задатака, па се доносиоци одлука често суочавају са различитим проблемима који произилазе из више критеријума. Како би се олакшао процес доношења одлука, за подршку одлучивању као једна од једноставнијих MCDM метода може се користити метода једноставног сабирања пондера (енг. *simple additive weighting method, SAW*) којом се обезбеђује једноставан и практичан поступак рангирања алтернатива и која даје очекиване резултате који не одступају од резултата добијених применом неких сложенијих метода.

(Sutherland B. R., 2019) Повећање трошкова за обавезујућу компензацију угљеничног отиска може да подстакне бржу транзицију ка чистој економији. Један од инструмената политике који се користи за смањење емисије GHG је цена обавезујућих компензација угљеничног отиска коју намећу различити национални прописи и законске регулативе. Пошто је потрошња фосилних горива заснована на економској вредности пословања, индустријски произвођачи у почетку нису били свесни, а касније су постали равнодушни о својој улози загађивача, тако да повећање цена за обавезујућу компензацију угљеничног отиска може подстаћи индустријске загађиваче да пређу на изворе енергије са ниским садржајем угљеника да би смањили своје емисије GHG. Одговор јавности или индустрије на новонастале трошкове ретко када је позитиван, али треба имати у виду и да државе са највишим ценама за обавезујућу компензацију угљеничног отиска, као што су Шведска, Швајцарска, Финска и Норвешка, истовремено имају високо поверење јавности у рад својих влада, што говори у прилог чињеници да је висок порез на угљенични отисак лакше оправдати када јавност верује да влада делује у њиховом најбољем интересу.

(Anderson & Bernauer, 2016) Овај рад сагледава каква је улога флексибилних механизма, као што је компензација угљеничног отиска, у смањењу емисија GHG. Аутори су извршили онлајн анкету у САД на узорку од 995 испитаника да би емпиријски утврдили аргументе за и против укључивања компензације угљеника у националну политику ублажавања емисија GHG. Као резултат, уочава се већа подршка јавности међународној компензацији угљеничног отиска у односу на смањења емисије GHG на њиховом извору (тј. унутар сопствених предузећа). Када се појединци суоче са аргументима који се тичу ефикасности и етичности компензације угљеничног отиска, тада подршка за надокнађивање пада, тако да ће будућа политика захтевати јасне стандарде како би се одговорило на ове проблеме, јер се чини се да је јавност отворена за компензацију угљеничног отиска, али детаљи политике смањења емисија GHG морају бити стратешки развијени и саопштени јавности.

(Gordic, Nikolic, Vukasinovic, Josijevic, & Aleksic, 2023) Да би се утврдио тренутни угљенични отисак у просечним домаћинствима и потенцијал за постизање угљеничне неутралности, ова студија истражује потрошњу електричне енергије којом се она напајају из својих националних електроенергетских мрежа. Стамбени сектор је циљан као сектор са огромним потенцијалом за смањење емисије угљеника. Студија укључује 27 земаља ЕУ и 4 земље које нису чланице ЕУ. Резултати указују да домаћинства могу да компензују емисије GHG изазване потрошњом електричне енергије кроз куповину угљеничних кредита и то може бити начин за постизање угљеничне неутралности. Ова студија такође анализира финансијске импликације куповине угљеничних кредита као добровољне компензације угљеничног отиска. Резултати показују да добровољна компензација угљеничног отиска не оптерећује значајно буџет домаћинства, јер је њихово учешће у укупним трошковима електричне енергије релативно ниско. Европска домаћинства, посебно она у земљама у којима је електрична енергија скупа, могу једноставно постићи своју угљеничну неутралност и на тај начин могу допринети глобалном одрживом развоју.

(Acampora, Ruini, Mattia, Pratesi, & Lucchetti, 2023) Предузећа из пољопривредно-прехрамбеног сектора развијају различите стратегије за постизање угљенично неутралне производње како би оствариле дугорочне циљеве за смањење емисија GHG. Међутим, успостављање угљенично неутралне производње суочава се са одређеним ограничењима и тешкоћама. У овом раду се анализирају различити аспекти који карактеришу стратегију увођења угљеничне неутралности у пољопривредно-прехрамбеном сектору, истичући како покретаче, тако и недостатке кроз идентификовање трошкова различитих приступа. У циљу процене интересовања предузећа за добијање техничке помоћи, бесплатних или субвенционисаних сертификата и повољних услова задуживања, аутори су спровели анкету чији су резултати показали да су главни покретачи за увођење угљенично неутралне производње за предузећа из пољопривредно-прехрамбеног сектора могућност смањења производних трошкова и повећања профита уз минимизирања корпоративних ризика. Шта више, трошкови у вези са имплементацијом угљенично неутралне производње и недостатак ресурса истовремено су и једна од главних препрека. Анализирајући трошкове, време и сложеност различитих фаза транзиције ка угљенично неутралној производњи ова студија показује да је развој интерних пројеката компензације угљеничног отиска најкомпликованији, за разлику од прибављања различитих сертификата са емисионих тржишта и куповине угљеничних кредита. Коначно, из анкете је утврђено да је могућност добијања бесплатних или субвенционисаних сертификата или могућност добијања пакета техничке помоћи, веома интересантна опција за менаџмент предузећа у овом сектору.

(Anjos, Feijoo, & Sankaranarayanan, 2022) Проучена је потенцијална улога и предности међународног тржишта угљеничних кредита које омогућава низу држава да набављају ове кредите за своје локалне произвођаче. Спровођење јединствене политике пореза на обавезујуће компензације угљеничног отиска омета аутономију појединачних држава, тако да је развијен модел у коме државе могу да имају сопствене националне политике у погледу угљеничних кредита, што укључује различите врсте пореза или субвенција у зависности од држава. Примећено је да би државе могле да задрже своју аутономију и да имају разумну слободу у одређивању националних политика делујући као посредници између тржишта угљеничних кредита и произвођача. Кроз студију случаја која је користила историјске податке за САД и Канаду, посматрани су различити ефекти тржишта угљеничних кредита на владину политику, али и на понашање произвођача. Циљ је да таква тржишта помогну владама да мотивишу произвођаче у

поштовању стандарда коришћења ОИЕ, јер ако произвођачи добровољно не смање своје емисије GHG, онда би владе држава морале кроз своју националну политику да спроведу обавезу смањења, што генерално доводи до губитка прихода за произвођаче.

(van der Gaast & Sikkema, 2018) Овај чланак идентификује како пројекти пошумљавања могу допринети ублажавању климатских промена и бави се питањем како они могу утицати на постојећа, као и на нова тржишта за компензовање емисија GHG у свету. Већ дуже време постоје различити пројекти пошумљавања у циљу генерисања угљеничних кредита, али су они били оптерећени неизвесностима везаним за постојаност секвестрације угљеника у дрвећу, као и за начин мерења и верификацију секвестрираног угљеника. Пошто су направљена значајна побољшања у обрачуну секвестрације угљеника, то је резултирало солидном основом за трговање угљеничним кредитима из оваквих пројеката како на тржиштима усклађености, тако и на добровољним тржиштима угљеничних кредита. Побољшане методе обрачуна угљеника за инвестиције у пројекте пошумљавања могу повећати и обим пошумљавања.

Упркос наведеним студијама и прегледу објављених научних чланака о практичној примени концепта декарбонизације у индустријском сектору, са јасним примерима и показатељима у којима је приказан начин достизања жељених еколошких, економских и друштвених димензија, може се закључити да постоји довољно простора за даље бављење овом тематиком, што се посебно односи на студије за промовисање ефикасне методологије декарбонизације у оквиру МСП у Републици Србији. Зато је у овој дисертацији усвојен научни правац формирања оквира за мерења учинка декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране кроз систематизацију постојећих референтних искустава. Њиховом даљом критичком анализом одређене су референтне вредности као оријентир за дефинисање, приоритизацију и спровођење потребних мера и активности смањења угљеничног отиска предузећа, као и касније компензације заосталог угљеничног отиска кроз различите сценарије куповине угљеничних кредита у правцу остваривања угљенично неутралне производње.

3. ДЕФИНИСАЊЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ИМПЛЕМЕНТАЦИЈУ ДЕКАРБЕНИЗАЦИЈЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И ПРЕРАДЕ ХРАНЕ

Декарбонизација као процес смањења емисије CO₂ широко је признат изазов у индустријском сектору и може се рећи најважнији за постизање климатских циљева Међувладиног панела о климатским променама (енг. *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) (Thiel & Stark, 2021). Нето нулта емисија CO₂ представља стање у којем су емисије GHG које се испуштају у атмосферу уравнотежене са њиховим уклањањем из атмосфере, при чему, у теорији, престаје глобално загревање.

Прехрамбена индустрија је идентификована као једна од кључних за процес декарбонизације индустријског сектора у целини. US DOE и IEA класификују прехрамбену индустрију као умерено енергетски интензивну. Због значајног и брзог раста коришћења енергената, пре свега за процесе грејања и хлађења, прехрамбена индустрија спада у групу индустријских сектора са значајним емисијама GHG (Gerres, Chaves Ávila, Linares Llamas, & Tomás Gómez, 2019; Josijević, Šušteršič, & Gordić, 2020). Само потрошња електричне енергије у прехрамбеној индустрији износи око 12% укупне потрошње енергије у индустријском сектору (Clairand, Briceño-León, Escrivá-Escrivá, & Pantaleo, 2020) што има велики утицај на емисије GHG, обзиром да око 60% глобално произведене електричне енергије долази из фосилних горива (Our World in Data 1, n.d.). Поред тога, прехрамбеној индустрији биће потребно 45% више енергије до 2030. године, а очекује се да ће се глобална популација повећати на 9,3 милијарде људи до 2050. године, уз одговарајуће повећање потражње за храном од 60% (Sovacool, и други, 2021). Да би се смањио негативан утицај на животну средину и створила одрживост овог сектора, потрошња енергије током процеса производње и прераде хране мора бити смањена (Ladha-Sabur, Bakalis, Fryer, & Lopez-Quiroga, 2019).

Главни приступи за декарбонизацију индустријског сектора су (DOE, 2022):

- енергетска ефикасност (EE),
- електрификација технолошких процеса (коришћењем електричне енергије произведене из декарбонизованих извора),
- коришћење нискоугљеничних горива, сировина и извора енергије,
- хватање, коришћење и складиштење угљеника (CCUS).

Циљ повећања EE у индустрији је да се произведе иста или већа количина производа, коришћењем мање енергије, што доводи до смањења емисије GHG (Sims, 2014). То се може постићи на различите начине: кроз оптимизацију технолошких процеса (Gordić, и други, 2017; Pask, и други, 2014), применом различитих мера фокусираних на ефикасније коришћење топлотне енергије, претварањем отпада у енергију (Clairand, и други, 2020), увођењем различитих система за контролу и управљање енергијом (Muller, и други, 2007), унапређењем саме технолошке опреме (Gonzalez-Ramirez, и други, 2013), коришћењем отпадне топлоте (Marculescu, Alexe, Bacalum, & Doncea, 2016), смањењем губитака у дистрибуцији енергије (Lima, и други, 2018), правилним димензионисањем и инсталирањем ефикасније технолошке опреме (Akyazi, и други, 2020).

Коришћење електричне енергије добијене из декарбонизованих извора (различити ОИЕ, нуклеарни извори) треба детаљно размотрити као битан начин за

декарбонизацију технолошких процеса, јер би то омогућило прехранбено-прерађивачкој индустрији да значајно смањи свој угљенични отисак. Међународна агенција за обновљиву енергију (енг. *The International Renewable Energy Agency, IRENA*) сугерише да сектор производње и прераде хране има велики потенцијал коришћења ОИЕ. Примена енергије ветра, соларне енергије, биомасе, биогаса и геотермалне енергије може значајно допринети у борби против климатских промена, јачању доступности енергије и енергетској независности (Meitz, Reiter, Fluch, & Tugores, 2023). Топлотна енергија је важан сегмент у прехранбено-прерађивачкој индустрији. Њену производњу путем декарбонизованих извора електричне енергије омогућава значајан обим декарбонизације. Коришћење различитих технологија које могу да електрификују производњу топлотне енергије са циљем потпуног преласка на ОИЕ је један од основних елемената декарбонизације у прехранбеној индустрији (Philipp M., и други, 2018). Неки од примера електрификације су примена електро пећи, индукционог загревања, електричних вреловодних котлова, електричних парогенератора и топлотних пумпи нижих и средњих температура.

Два главна приступа декарбонизације коришћењем нискоугљеничних горива односе се на замену фосилних горива водоником и на коришћење угљоводоника нулте емисије, тзв. биогорива и горива синтетисаних из атмосферског CO₂. Водоник је свестрани носилац енергије који се може произвести на различите начине укључујући парну реформацију природног гаса, електролизу воде, термогасификацију угља и др. Претпоставка декарбонизације је коришћење водоника добијеног електролизом и применом ОИЕ (зелени водоник) или применом нуклеарне енергије (љубичасти водоник). Када се користи у горивим ћелијама или моторима са унутрашњим сагоревањем, водоник, као нуспроизвод, производи само водену пару, што га чини чистом алтернативом фосилним горивима и има потенцијал да декарбонизује транспортни сектор (Wang, и други, 2022). Биогорива се добијају од различитих органских материјала и могу се користити као замена за конвенционална фосилна горива у транспорту, грејању и производњи електричне енергије. Пошто се добијају од органских материјала (органског отпада, биљних усева, алги и сл.) биогорива се сматрају нискоугљеничним, јер се CO₂ који се емитује током њиховог сагоревања надокнађује CO₂ који апсорбују биљке током њиховог раста, што их чини суштински угљенично неутралним. Уобичајена биогорива су етанол (направљен од усева као што су кукуруз или шећерна трска) и биодизел (направљен од биљних уља или животињских масти).

Соларни термални системи представљају важан аспект у електрификацији технолошких процеса производње. Они користе сунчеву енергију за производњу топлоте која се може употребити на различите начине у индустријским процесима попут пастеризације, стерилизације, дестилације, за загревање воде, па чак и за растапање маргарина (Sharaf Eldean & Soliman, 2015). Поред тога, соларни термални системи могу да се користе за производњу електричне енергије у соларним термоелектранама, које концентришу сунчеву светлост за загревање воде која покреће турбине.

Осим повећања ЕЕ, електрификације индустријских процеса и сагоревања нискоугљеничних горива, CCUS технологија може представљати једно од решења за изазов климатских промена. CCUS технологија има за циљ хватање, геолошко складиштење и касније коришћење угљеника у стварању различитих производа (синтетичких горива, производа петрохемијске индустрије, графитних електрода за индустрију челика, вештачких ђубрива и сл.) уз одржавање угљеничне неутралности процеса производње (Rajabloo, Valee, Marenne, Coppens, & De Ceuninck, 2023). Иако се

CCUS технологије развијају првенствено за енергетски интензивне индустрије, CO₂ високе чистоће је погодан за употребу у широком спектру прехранбених процеса (Shah, Raut, Kacha, Patel, & Shah, 2021). На крају 2019. године постојао је 21 активни CCUS пројекат са укупним потенцијалом од 35 до 37 MtCO₂e годишње. Неки од ових пројеката су: QUEST, водонична електрана у Едмонтону, Канада, капацитета 1 MtCO₂e годишње, Арчер Данијелс Мидленд, фабрика кукурузног етанола у Илиноису, САД, капацитета 1 MtCO₂e годишње и Ал Ријада, индустрија гвожђа и челика у Абу Дабију, Уједињени Арапски Емирати, капацитета 0,8 MtCO₂e годишње (SCCS, n.d.). Технологије примене угљеника из CCUS се још увек развијају и комерцијално су веома захтевне, међутим јасно је да постоји велики потенцијал примене у различитим индустријама.

Примена различитих мера и технологија за декарбонизацију процеса производње и прераде хране неће довести до постизања нето-нулте емисије CO₂, па је неопходно применити неку врсту компензације заостале количине угљеничног отиска куповином угљеничних кредита и прибављањем различитих сертификата са емисионих тржишта (Acampora, Ruini, Mattia, Pratesi, & Lucchetti, 2023). Ова надокнада треба да буде транспарентна, јасна, сертификована и економски прихватљива да би била одржива.

Важан аспект које треба узети у обзир је чињеница да емисије GHG у процесу производње зависе од обима производње, тако да ниво емисија GHG преосталих након примене техника декарбонизације варира током времена.

На основу претходно наведеног, потребно је развити одговарајућу методологију за постизање одрживе, угљенично неутралне производње, која се одликује нето-нултом емисијом CO₂, тако што ће се најпре извршити процена тренутног степена коришћења ресурса, односно тренутног нивоа потрошње енергије и тренутне вредности угљеничног отиска предузећа, утврђујући да ли постоји и колики је простор за побољшања, идентификујући начине за остваривање тих побољшања кроз прогресивно спровођење договорених промена у пракси.

Декарбонизација технолошког процеса производње хране може се посматрати као скуп знања који integriше следеће елементе:

- организацију и планирање,
- одређивање вредности угљеничног отиска,
- транспарентно описане мере и активности смањења угљеничног отиска које обухватају повећање ЕЕ, могућност примене ОИЕ, замену фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије, електрификацију производње топлотне енергије,
- рангирање, систематизацију, приоритизацију и избор мера и активности ради смањења угљеничног отиска,
- имплементацију изабраних мера и активности и њихову евалуацију коришћењем директних мерења у пракси и поређењем са почетним стањем,
- могућности за компензацију преосталог угљеничног отиска након примене претходно наведених мера и техника декарбонизације,
- успостављен систем праћења и извештавања резултата, а у циљу непрекидних побољшања.

Наравно да ова методологија умногоме зависи врсте производа, обима и типа производње, стања технолошке опремљености и сл., али основни елементи приказани су на слици 3.1.



Слика 3.1 Методологија декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране

Потребно доста времена, ресурса и посвећености за имплементацију ове методологије, при чему се може наићи на различите проблеме изазване ниским нивоом свести када су у питању потрошња енергије и заштита животне средине, неадекватном организацијом у самом предузећу, недостатком информација о томе где, како, зашто и на који начин се енергија користи и како њена потрошња утиче на емисије GHG, а тиме и на животну средину, какав је значај декарбонизације, какве су могућности компензације угљеничног отиска, али и недостатак обучених и искусних запослених који би требало да буду носиоци примене ове методологије.

3.1 Организација и планирање

3.1.1 Промоција значаја декарбонизације технолошког процеса производње

Одлука предузећа за имплементацију декарбонизације је први битан корак пре дефинисања и имплементације било каквих мера и активности смањења угљеничног отиска (MACSU). Доношење овакве одлуке, мора бити јасно искомунуцирано свима унутар предузећа, те је битна пуна подршка највишег менаџмента, без које се не може много постићи. Пожељан је писани документ који би требало дистрибуирати кроз цело предузеће, тако да сви менаџери, али и остали запослени, буду свесни разлога за

имплементацију активности декарбонизације, крајњег циља остваривања производње са нето-нултом емисијом CO₂, али и начина постизања тог циља. Примера ради, овај документ може имати форму Повеље о угљенично неутралној производњи (енг. *Carbon neutral production charter*), у којој треба јасно нагласити да сви запослени треба да буду свесни значаја рационалнијег коришћења енергије, смањења угљеничног отиска предузећа али и смањења емисија отпада и осталих штетних материја, повећање степена рециклирања материјала и негативног утицаја свега предходно наведеног на животну средину. Циљеви у односу на будући учинак, морају се одредити на реалним нивоима, тако да представљају изазов који је могуће достићи. Веома важно је да се у оваквој повељи јасно дефинишу и рокови за остваривање постављених циљева. Пример Повеље о угљенично неутралној производњи једног предузећа приказан је на слици 3.2.

Повеља о угљенично неутралној производњи

Наша повећеност

- ✓ До **2026.** године остварити угљенично неутралну производњу;
- ✓ До **2030.** године остварити уравнотежено коришћење воде у нашим производним процесима;
- ✓ **Континуално** смањивати емисије отпада и промовисати циркуларну економију



Верујемо да ће у будућности све више људи обраћати пажњу на рационално коришћење енергије и утицај индустријске производње на животну средину. Посвећени смо томе да допринесемо безбедности животне средине и да на тај начин омогућимо будућим генерацијама да од тога имају корист.

Зато у нашем предузећу развијамо и имплементирамо одржива решења у областима:

- Уштеде енергије и енергетске ефикасности
- Коришћења обновљивих извора енергије
- Смањења емисије штетних гасова и стварање ефекта стаклене баште;
- Управљања отпадом
- Рециклирања материјала

Сви заједно улажемо напоре да умањимо последице на животну средину, не само наших производних процеса, него и целог ланца снабдевања, укључујући избор сировина, амбалаже, начина складиштења, испоруку и дистрибуцију наших производа.

У том духу желимо да помогнемо нашим купцима, развојем таквих производа, процеса и решења која изискују мању потрошњу енергије, смањење емисије штетних гасова, стварање мање отпада, излазећи тиме у сусрет бризи за заштиту животне средине.

Слика 3.2 Пример Повеље о угљенично неутралној производњи

Посебан аспект који треба да се узме у обзир је потреба да менаџмент пренесе одговорности и подстакне слободно учешће свих запослених на свим нивоима у имплементацији декарбонизације технолошког процеса производње. Непреузимање одговорности од стране запослених на различитим нивоима, односно непреузимање иницијативе у предлагању, активном учешћу и налажењу решења, општи је проблем који треба решавати, да би се постигао и одржао дугорочни напредак.

Запослени генерално подржавају и активно учествују у увођењу нових ствари под условом:

- да су подстицани,
- да осећају да су потребни и важни,
- да менаџмент уважава да су запослени поносни на свој рад, стручност и достигнућа,

- да им се понуде интересантни и одговорни послови и обавезе,
- да стално буду обавештавани о томе на који начин су њихове идеје и напори били корисни,
- да су награђени (финансијски и на други начин) за своје учествовање.

Комуникација је кључно питање и мора се имати у виду да премало комуникације значи да запослени не знају шта се дешава, док превише комуникације значи да запослени проблематику сматрају комплексном и оптерећујућом, а затим је вероватно игноришу.

Према томе, неопходно је учинити комуникацију у вези декарбонизације процеса производње интересантном и релевантном да би се запослени заинтересовали и то представља један од највећих изазова. Добра комуникација и тимски рад на оперативном нивоу, посебно у размени информација, ствара услове за успешну имплементацију овог концепта у пракси.

3.1.2 Формирање тима за имплементацију

Важан део опредељења највишег менаџмента чини успостављање мултидисциплинарног тима одговорног за спровођење декарбонизације. Састав тима се разликује од предузећа до предузећа у зависности од постојеће структуре руковођења, врсте и количине енергије која се користи, врсте и обима производње, количине емисија GHG, али и других фактора специфичних за то предузеће.

Овај тим може бити интерни, уколико је састављен од експерата различитих стручности и профила који су запослени у предузећу, или екстерни уколико га чине независни стручњаци ангажовани од стране предузећа, а у циљу независне процене тренутног енергетског стања и потенцијала предузећа у погледу имплементације различитих МАСУО и остваривања угљенично неутралне производње. У том случају екстерни тим уско сарађује са енергетским менаџером, уколико ова позиција постоји у предузећу, или са особом упознатом са техничко-технолошким аспектима функционисања предузећа, организационом структуром и запосленима.

Уколико се предузеће одлучи да образује интерни тим тако што ће се у потпуности ослонити на сопствене људске ресурсе, за вођу тима се поставља запослени из предузећа која треба да буде упозната и одговорна за следеће (Pagan, Prasad, Price, & Kemp, 2004; Morvey & Gvozdenac, 2008):

- редовно прикупљање и анализу података који се односе на потрошњу енергије,
- праћење набавке енергије и сировина које могу да изазову негативан утицај на животну средину, здравље и безбедност запослених,
- процес производње и произведене количине готових производа,
- истраживање и идентификацију примера најбоље праксе у газдовању енергијом, смањењу емисија GHG,
- идентификацију могућности за имплементацију различитих МАСУО,
- извештавање и анализу успешности примењених МАСУО,
- разумевање самог концепта угљеничних кредита, механизма за компензацију угљеничног отиска, емисионих тржишта, захтева усклађености и управљања финансијама и ризиком,
- одржавање комуникације са запосленима (вишим менаџментом и запосленима на нижем хијерархијском нивоу),

- промовисање резултата и објављивање успеха пред запосленима и екстерним окружењем.

Осталим члановима тима је најчешће потребно основно знање за прикупљање и анализу података. Сви они треба да разумеју главне оперативне параметре у процесима производње који утичу на потрошњу енергије и емисије GHG из производног процеса, али треба да буду свесни и трошкова пословања, вредности сировина, амбалаже, полупроизвода, производа и комуналија (LDK Consultants, 2005). Улога чланова тима је да :

- прате улазе и излазе различитих процеса,
- помажу у анализи података и испитивању противречности,
- учествују у селекцији предложених МАСУО,
- учествују у доношењу одлука које се односе на сценарије компензације преосталог угљеничног отиска кроз куповину угљеничних кредита,
- учествују у комуникацији са запосленима у предузећу на свим нивоима,
- помажу у извештавању и анализи успешности примењених МАСУО.

3.2 Одређивање (почетне) вредности угљеничног отиска

Угљенични отисак представља меру људског утицаја на животну средину, а тиме и на климатске промене и глобално загревање, јер представља збир емисија свих GHG које појединац, организација или друштво у целини стварају својим активностима у одређеном временском периоду. Обично се изражава у tCO₂e, а најчешћи временски период за који се израчунава је једна година. Обзиром на постојање узрочно последичне повезаности, одређивање угљеничног отиска се базира на енергетском прегледу предузећа.

3.2.1 Енергетски преглед

Енергетски преглед (у литератури се такође користе и термини ревизија, биланс, аудит) према стандарду ISO50002:2014, представља свеобухватно снимање и анализу токова енергије, сировина и готовог производа у једном предузећу како би се идентификовале могућности за контролу енергетских трошкова, а у складу са дефинисаним методолошким поступцима и уз коришћења одговарајућих техника и алата представљеним у стручној литератури (Kluczek & Olszewski, 2017). Овај енергетски преглед је предуслов за одређивање почетне вредности угљеничног отиска предузећа и каснијег дефинисања различитих МАСУО.

У основи постоје два нивоа енергетских прегледа (Kapidžić & Hivziefendić, 2021):

- прелиминарни енергетски преглед,
- детаљни енергетски преглед.

Прелиминарни енергетски преглед отпочиње иницијалним састанком ради дефинисања обавеза, начина њихове формализације и израде прелиминарног плана активности. За формирани тим, потребно је спровести одговарајућу обуку како би се чланови тима упознали са својим оквирним задацима и задужењима.

Након тога потребно је организовати уводни састанак са менаџментом предузећа на коме вођа тима упознаје учеснике са планом и редоследом активности које треба

спровести, као и са поступком прикупљања података путем попуњавања стандардизованог упитника (Упитник за прелиминарни енергетски преглед предузећа, Прилог 1).

План енергетског прегледа треба да садржи следеће информације:

- време и датум прегледа,
- предвиђено трајање прегледа,
- попис запослених које су у тиму за енергетски преглед,
- попис запослених из предузећа са којима је потребно обавити разговор током прегледа,
- детаљно приказане активности са временским оквиром,
- попис додатне документације коју би током прегледа требало добити на увид,
- преглед постојеће документације технолошког процеса производње са планом и системом одржавања, уколико је доступна.

Прикупљање података обухвата прикупљање општих информација о предузећу, јасно дефинисање производних целина које се односе на сам технолошки процес производње, али и на остале, тзв. помоћне процесе, податке о потрошњи енергије, као и тарифним системима за све енергенте, податке о доступним енергентима на локацији, анализу одржавања, податке о оствареном обиму производње, начине вођења и регулације процеса, податке о претходним и постојећим мерама у вези са ЕЕ. Прикупљане ових података врши се преко стандардизованих упитника који омогућавају каснију обраду и анализу прикупљених података.

Подаци значајни за енергетске токове у предузећу се могу поделити у следеће главне категорије:

- подаци о произведеним количинама (укључујући и потрошњу сировина и амбалаже) који говоре о обиму производње различитих производа у одређеном временском периоду,
- подаци о потрошњи енергената, потрошњи индустријских гасова, емисији димних гасова и емисији GHG,
- подаци о трошковима утрошених енергената и комуналних услуга на основу договорених тарифа или конкретних рачуна.

Извори ових података су:

- извештаји о потрошњи сировина и амбалаже у последње 3 године,
- извештаји о годишњем обиму производње у последње 3 године,
- извештаји о производима и полупроизводима који нису у складу са спецификацијама и као такви се морају прерадити,
- извештаји о губицима насталим при складиштењу или транспорту производа,
- годишња потрошња сваког коришћеног енергента, односно различитог вида енергије у последње 3 године,
- годишњи трошкови енергије у односу на коришћење сваког типа коришћеног енергента,
- емисије димних гасова процеса сагоревања (што је најчешће и захтев регулаторних органа),
- дијаграм тока процеса производње са током потрошње енергената, емисије штетних вода и штетних материја,

- планови и студије производног погона, технолошке шеме процеса производње и енергетских постројења,
- структурне и оперативне карактеристике основних производних уређаја и процесне опреме,
- климатски подаци за период у којем се спроводи енергетски преглед,
- могући архивирани записи (извештаји) са претходних енергетских прегледа уколико их је било.

Први обилазак предузећа има за циљ да се тим за имплементацију упозна са процесом производње и процесном опремом, да се упознају запослени задужени за различите делове процеса производње као и начин на који они користе процесну опрему. Ова посета се користи за проверу достављених података и анализу евентуалних нејасноћа из упитника са одговорним запосленима из предузећа, те се према потреби коригују постојећи или допуњавају недостајући подаци.

Током прелиминарног енергетског прегледа потребно је разговарати са особом која оперативно управља производним погоном и процесном опремом, или са особом које је задужена за оперативно одржавање, како би се добиле информације о стварном начину коришћења и режиму рада, те о уоченим и могућим унапређењима дела погона или процесне опреме, али и енергетских постројења која подржавају производни процес.

За детаљан опис и додатне информације о енергетских потрошачима, могуће је користити листу са питањима о начинима оперативног управљања и одржавања енергетских постројења и производне опреме (Kapidžić & Hivziefendić, 2021; Агенција за енергетску ефикасност, 2006). Ова листа укључује следеће потрошаче и системе:

- системе за производњу и дистрибуције топлотне енергије,
- расхладне технолошке системе, коморе и хладњаче,
- процесну опрему (пумпе, вентилаторе, млинове, мешаче, пећи, машине за паковање итд),
- ваздушне компресоре и системе за дистрибуцију компримованог ваздуха,
- расвету,
- системе климатизације, грејања и хлађења (КГХ),
- системе снабдевања водом.

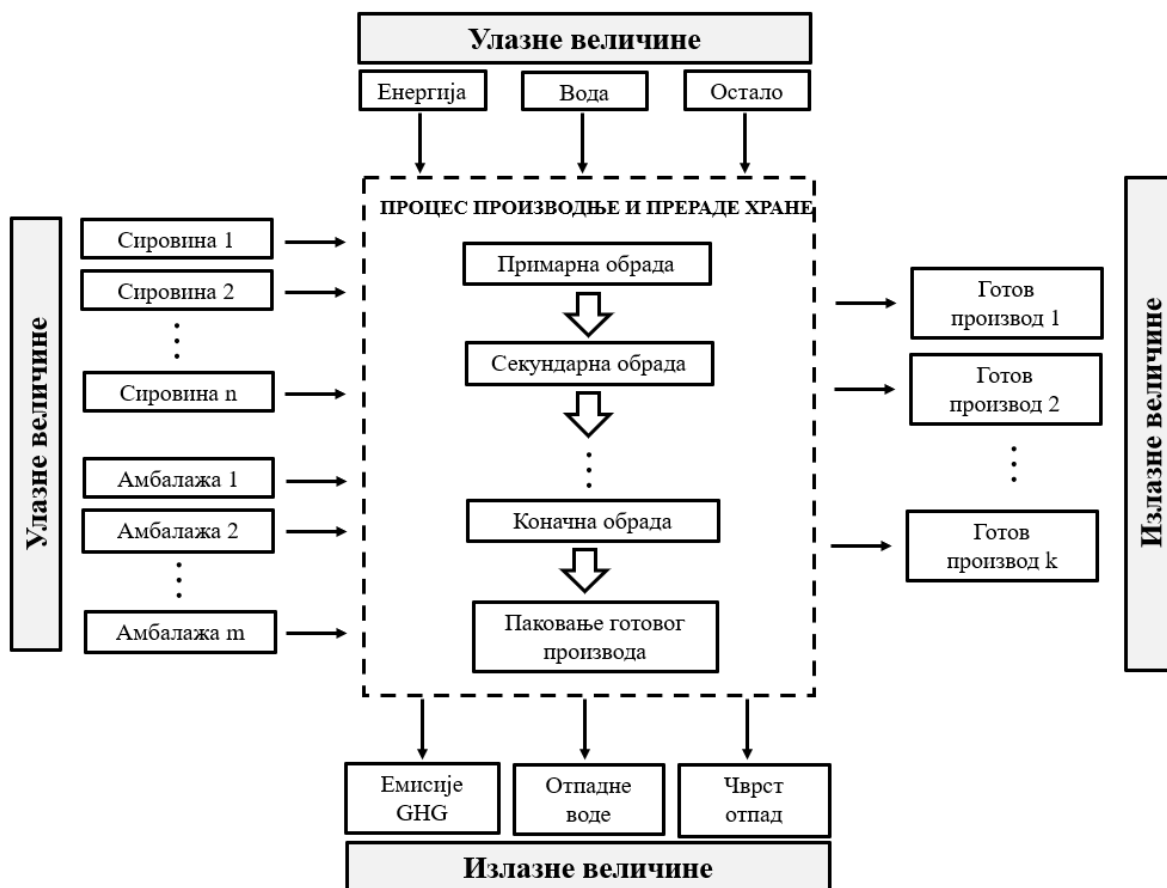
Обично се препоручује да се са обиласком започне од места почетка процеса производње, односно од места пријема сировина као улаза и да се производни процес прати до излаза, односно места отпреме финалног производа у магацин готових производа. Овај преглед обухвата и обилазак енергетских постројења (котларнице, системе КГХ, технолошке расхладне системе, ваздушне компресоре и системе за дистрибуцију компримованог ваздуха и сл.).

Приликом обиласка препоручује се вођење белешки и фотографирање процеса и опреме, како би се (Morvey & Gvozdenac, 2008):

- боље схватио редослед операција производног процеса и израда поједностављеног дијаграм тока,
- лакше подсетили на врсте, величине и функције различите процесне опреме,
- документовало стање процесне опреме, котларница, система КГХ, технолошких расхладних ситета, ваздушних компресора, цевовода, изолације, итд.,
- стекла општа слика о стању различите производне и пратеће енергетске опреме и евентуалним губицима (на цурењу, изливању и сл.).

Након првог обиласка предузећа, потребни су и евентуални накнадни обиласци који ће се користити за проверу прикупљених података и разјашњавање могућих нејасноћа из достављених упитника са одговорним особама из предузећа, те се према потреби коригују постојећи или допуњавају недостајући подаци, док се у потпуности не отклоне све недоумице које би могле да проузрокују погрешну интерпретацију и идентификацију енергетских потрошача.

У циљу идентификовања улазних и излазних величина са аспекта потрошње енергије, дијаграм тока се може приказати на слици 3.3.



Слика 3.3 Дијаграм тока процеса у предузећу за производњу и прераде хране

Као улазне величине, поред сировина и амбалаже, фигуришу енергија и вода која се користе у процесу производње. У зависности од степена технолошког поступка процес производње може поред примарне и коначне обраде, садржати и различите нивое процесе обраде. Изразне величине су поред готовог производа, предмета технолошке обраде, емисије димних гасова, отпадне воде и чврст отпад који имају значајног утицаја на животну средину.

Детаљни енергетски преглед обухвата специфична мерења, дефинисање карактеристика технолошких процеса, детаљну анализу потрошње енергије и анализу трошкова енергије са циљем идентификације могућих МАСУО.

Најчешћи извор података о потрошњи су мерни инструменти. Испоручилац енергената и услуга је одговоран за читавање мерних инструмената у одређеним временским интервалима, као и за одржавање мерне опреме у добром стању уз прописно баждање у складу са законском регулативом. Примарна улога ових инструмената је обрачун трошкова, али се могу користити и за праћење и управљање потрошњом. Поред главних мерних инструмената за сваки комунални прикључак, предузећа би требала да имају и појединачне мерне инструменте за мерење потрошње који су постављени на различитим местима у складу са током процеса производње. Треба узети у обзир да код појединачних мерних инструмената збир вредности који они показују није увек једнак вредности коју забележи "укупни" мерни инструмент. Разлог је најчешће различити опсег тачности мерних инструмената. На пример, главни мерни инструмент може бити тачан у распону од $\pm 0,5\%$, док је тачност појединачних мерних инструмената може бити $\pm 2\%$. Такође, главни мерни инструменти се обично редовно баждају, док се појединачни мерни инструменти можда не баждају (LDK Consultants, 2005).

Делови предузећа у којима се обављају мерљиве активности значајне за технолошки процес производње и у којима се користе значајне количине енергије, називају се центри потрошње енергије (ЦПЕ), при чему не постоји егзактно правило како се они дефинишу, већ то зависи од специфичности технолошког процеса производње самог предузећа. Постоји неколико критеријума приликом одређивања ЦПЕ (Гордић, 2011):

- потрошња енергије може директно да се мери,
- трошкови мерења не би требало да буду већи од 10% до 20% годишњих трошкова енергије или усаглашавања са законском регулативом,
- циљеви за побољшање могу јасно да се утврде.

У циљу верификације и детаљније анализе прикупљених података, веома је важно непосредно мерити параметре главних енергетских токова које се односе на процену перформанси процеса производње. Потребна мерења се најчешће односе на утрошак електричне енергије, утрошак топлотне енергије, дебљину изолације, управљање системима за производњу и дистрибуције топлотне енергије, управљање системима КГХ, управљање расхладним технолошким системима и ваздушним компресорима, мерења услова околине и сл.

Мерење и коришћење мерних инструмената омогућује кванитативну анализу коришћења енергије. Најбоље је ако у предузећу већ постоји уграђена мерна опрема, међутим, најчешће је мерни систем у предузећу такав да не обезбеђује довољно података за оцењивање постојећег стања, па је потребно имати на располагању различите врсте преносивих мерних инструмената како би се добили адекватни подаци за даљу анализу. Неки од ових преносивих мерних инструмената који се могу користити у предузећима прехрамбене индустрије су (Бабић, и други, 2015):

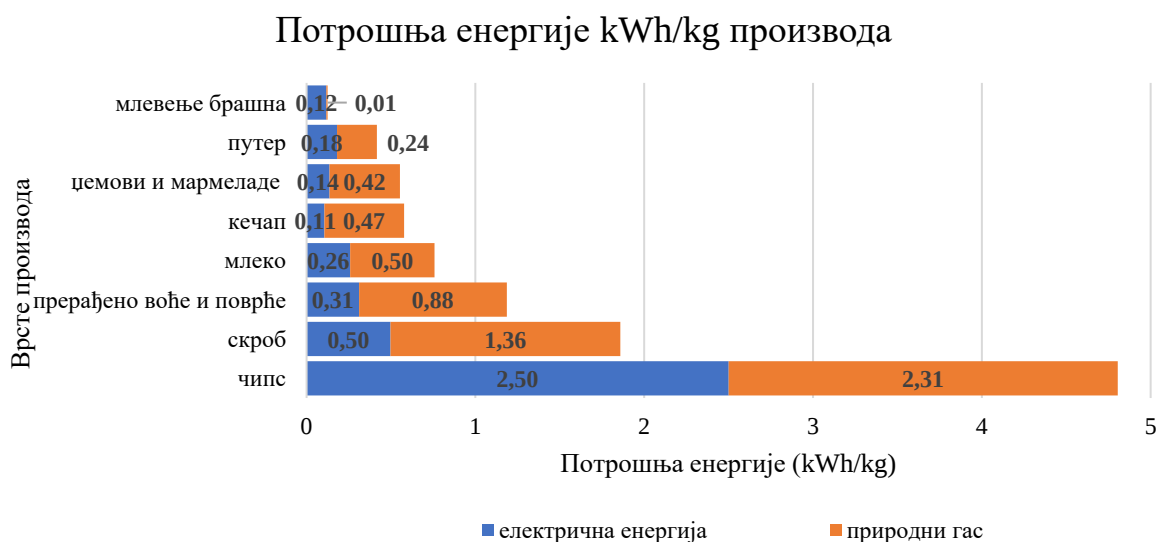
- трофазни електрични анализатор,
- амперметар и мерач фактора снаге,
- мерач брзине струјања ваздуха,
- детектор цурења гасова,
- ултразвучни мерач протока,
- анализатор продуката сагоревања,
- преносиви бесконтактни термометар,
- различите сонде за мерење температуре,
- преносиви уређаји за мерење дебљине,

- дигитални фото/контактни тахометри,
- инфрацрвена камера,
- инфрацрвени термометар,
- термометар анемометар,
- манометри,
- мерач осветљености површине,
- опрема за меморисање измерних података (тзв. дата логери).

За описивање енергетских перформанси производног процеса најчешће се користе показатељи или тзв. индикатори, као што су специфична потрошња електричне енергије (SE_{el}) и специфична потрошња топлотне енергије (SE_h) који се исказују у kWh/kg или MJ/t произведеног производа. Приликом одређивања SE_{el} и SE_h , веома је важно свођење потрошње електричне и топлотне енергије у неком временском периоду на заједничке јединице (на пр. kWh или MJ). Израчунавање ових индикатора врши се на основу образаца приказаних у табели 3.1

Индикатор	Образац	где су
Специфична потрошња електричне енергије, SE_{el}	$SE_{el} = \frac{E_{el}}{P}$	– E_{el}, укупна потрошња електричне енергије [kWh], – P, обим производње готових производа у предузећу [kg],
Специфична потрошња топлотне енергије, SE_h	$SE_h = \frac{E_h}{P}$	– E_h, укупна потрошња топлотне енергије [kWh];

Табела 3.1 Индикатори енергетских перформанси SE_{el} и SE_h



Слика 3.4 Потрошња енергије за производњу различитих прехранбених производа

На слици 3.4 приказана је специфична потрошња електричне и топлотне енергије за различите прехранбене производе (Ladha-Sabur, Bakalis, Fryer, & Lopez-Quiroga, 2019).

У литератури постоје информације о специфичној потрошњи енергије у оквиру појединих сектора прехранбене индустрије на различитим тржиштима, што је веома битно за поређење енергетских перформанси предузећа (тзв. екстерни бенчмаркинг). Табела 3.2 приказује резултате за шест земаља ЕУ (Meyers, Schmitt, Chester-Jones, & Sturm, 2016).

Приликом спровођења енергетског прегледа мора се водити рачуна да се избегну евентуални пропусти који могу умањити значај прегледа и нарушити добијену слику о потрошњи енергије у предузећу. Узроци пропуста могу бити:

- недостатак стручности запослених који спроводе преглед, пошто је често потребно разумевање компликованих оперативних параметара процеса производње који утичу на потрошњу енергије и емисије GHG,
- недостатак мултидисциплинарности, пошто се спровођење енергетског прегледа не захтева само познавање инжењерства и процеса производње, већ и познавање укупних трошкова пословања,
- неодговорност при прикупљању и уносу података, који касније узрокују погрешне резултате.

Производ/производни сектор	Потрошња електричне енергије [kWh/t]	Потрошња топлотне енергије [kWh/t]
Пекаре	590 (од 150 до 1.834)	1.335 (од 243 до 3.039)
Производња напитака	253 (од 14 до 800)	317 (од 56 до 1.950)
Млекаре	625 (од 21 до 3.636)	1.055 (од 129 до 3.957)
Воће и поврће	253 (од 85 до 1.235)	459 (од 124 до 1.235)
Месо	354 (од 77 до 957)	510 (од 20 до 1.668)
Пиво	219 (од 52 до 800)	373 (од 0 до 1.850)
Шећер	282 (од 185 до 560)	1.759 (од 1.398 до 3.076)
Кланице	326 (од 77 до 953)	155 (од 0 до 343)
Обрада меса	366 (од 85 до 957)	612 (од 20 до 1.668)

Табела 3.2 Потрошња топлотне и електричне енергије за производњу једне тоне прехранбеног производа шест земаља ЕУ (Аустрија, Француска, Немачка, Пољска, Шпанија и Велика Британија¹)

Завршни извештај о енергетском прегледу односи се на систематизацију прикупљених података и добијања потпуне слике о потрошњи енергије у предузећу. Извештај представља документ који садржи све прикупљене и обрађене податке, анализе, процене и препоруке који се презентује менаџменту предузећа на завршном састанку да би се одредили даљи кораци које треба предузети у правцу одређивања почетне вредности угљеничног отиска, дефинисања и имплементације различитих МАСУО, начина за компензацију заостале количине угљеничног отиска ради остваривања декарбонизације производње.

¹ Подаци из 2016. године када је Велика Британија била чланица ЕУ

3.2.2 Одређивање зависности потрошње енергената у функцији од обима производње

За већину предузећа, дијаграм приказа потрошње енергената од обима производње може да пружи доста података о енергетским перформансама процеса производње. Потрошњу фосилних горива, односно потрошњу топлотне енергије која настаје њиховим сагоревањем, треба анализирати одвојено од потрошње електричне енергије. Уколико постоји већи број различитих фосилних горива која се користе, свака врста горива се мора посебно анализирати. Закључак је да увек треба правити засебне дијаграме и никад не треба користити "комбиновану" слику утрошене енергије, пошто су ефикасне мере побољшања применљиве на различите врсте енергије сасвим различите (LDK Consultants, 2005).

Графички приказ зависности потрошње енергената од обима производње у предузећу, приближава се правој линији.

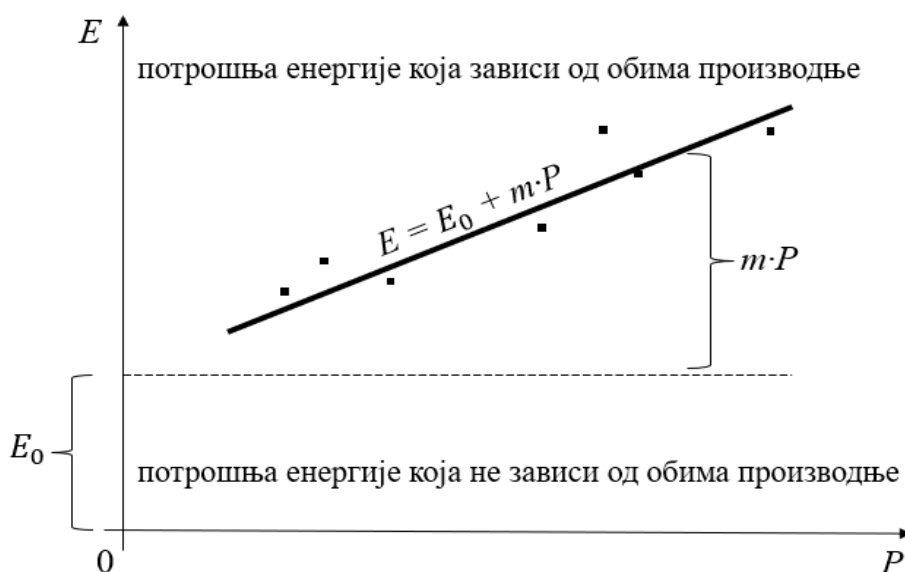
$$E = E_0 + m \cdot P \quad (3.1)$$

где су:

- E - потрошња енергената у посматраном временском периоду,
- E_0 - потрошња енергената у истом временском периоду када нема производње,
- m - нагиб праве линије који приказује зависност потрошње енергената од обима производње,
- P - одговарајући обим производње у посматраном временском периоду.

Могу се уочити два дела енергетске потрошње:

- потрошња енергије (енергената) која није директно у вези са обимом производњом E_0 ,
- потрошња енергије (енергената) која је директно у вези са обимом производње $m \cdot P$.



Слика 3.5 Зависност потрошње енергената од обима производње

Укупна потрошња енергије у предузећу може се приказати као збир две компоненте, потрошња енергије која није директно у вези са обимом производњом и потрошња енергије која је директно у вези са обимом производњом што је приказано слици 3.5.

Физички, вредност $m \cdot P$ означава корисну потрошњу енергената, односно енергију која се користи у процесу производње. Вредност E_0 се односи на потрошњу енергената која није директно у вези са самом производњом готових производа, тј. на енергију која се користи за заједничке потребе предузећа и која не доприноси новоствореним готовим производима и односи се на:

- расвету,
- потрошњу електричне енергије у административном делу предузећа,
- непотребан празан ход производне опреме,
- губитке компримованог ваздуха,
- потрошњу топлотне енергије за грејање објекта,
- топлотне процесних енергената,
- топлотне губитке услед радијације и конвекције топлоте производне опреме,
- топлотне губитке услед лоше изолације цевовода.

При формирању дијаграма зависности потрошње енергената од обима производње важну улогу има степен расипања тачака, који се описује коефицијентом детерминације, R^2 . Он узима вредности $0 \leq R^2 \leq 1$ и представља општи показатељ газдовања енергијом у предузећу (Гордић, 2011).

Широко расуте тачке, када је R^2 блиско 0 обично означавају да потрошња енергената није прописно контролисана и да је оперативна пракса коришћења процесне опреме лоше дефинисана и неадекватно вођена. Разлог расипања тачака може бити и сам начин прикупљања података који није синхронизован на одговарајући начин (подаци се не односе на исти временски период). Према томе, треба испитати разлоге за расипање, проверити извор и природу података, као и то да ли се користе прави елементи.

3.2.3 Одређивање угљеничног отиска у функцији од обима производње (израчунавање емисије GHG у tCO₂e/годишње)

Методологија за израчунавање угљеничног отиска се појављује као важан алат за управљање емисијом GHG. Иако се концепт угљеничног отиска прожима и комерцијализује у свим областима живота и економије, постоји релативно мало кохерентности у дефиницијама и прорачунима угљеничног отиска. Подаци о емисији GHG могу се прикупљати директним мерењем у реалном времену на месту емисије или кроз изведене процене на основу емисионих фактора конверзије развијених путем различитих математичких модела (Pandey, Agrawal, & Pandey, 2011).

Директна мерења укључују оптичке, хемијске и биолошке методе, коришћење различитих сензора као што су фото, акустични и инфрацрвени сензори, као и други инструменти и посебно пројектоване коморе за анализирање путем инфрацрвене гасне спектроскопије за CO₂ и гасне хроматографије за остале GHG.

Примена емисионих фактора конверзије је више коришћена методологија, пошто су ови фактори доступни у различитим извештајима и базама података које одржавају владине организације, академске институције, међународне организације или

предузећа, дистрибутери и снабдевачи енергије и они омогућавају знатно једноставније израчунавање угљеничног отиска. Неке од најпознатијих организација које публикују податке о емисионим факторима су Међувладин панел о климатским променама (енг. *Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*), Агенција за заштиту животне средине САД (енг. *US Environmental Protection Agency, US EPA*), Европска енергетска агенција (енг. *European Energy Agency, EEA*) или базе података као Ecoinvent Database, Defra/BEIS Emissions Factors и сл. Осим тога, емисиони фактори конверзије су развијени за различите државе, тако да постоје и њихови национални регистри (Pandey, Agrawal, & Pandey, 2011).

Емисиони фактори конверзије за претварање утрошене електричне енергије у емисију CO_{2e} разликују се од државе до државе, у зависности од доминантног начина производње електричне енергије (хидроелектране, нуклеарне електране, термоелектране, ОИЕ и остало).

Емисиони фактори конверзије се разликују и у зависности од врсте горива које се користи, тако да се за конверзију потрошеног горива израженог у kWh у емисију CO_{2e} израженог kg могу користити подаци из табеле 3.3:

Фосилно гориво	Фактор конверзије [kgCO _{2e} /kWh]
бутан	0,24107
компримирани природни гас	0,20431
течни природни гас	0,20420
течни нафтни гас	0,23032
природни гас	0,20297
пропан	0,23258
лож уље	0,28523
гасно уље	0,27288
дрвени трупци	0,01132
пиљевина	0,01132
дрвени пелети	0,01132
слама	0,01454
биогаз	0,00023
депонијски гас	0,00020
угаљ (индустријски)	0,33960

Табела 3.3 Емисиони фактори за различита фосилних горива (GOV.UK, 2023)

На основу утврђене потрошње енергије и емисионих фактора конверзије могуће је одредити емисије GHG изражена преко tCO_{2e} (или kgCO_{2e}) у току референтне године:

$$\text{Емисије GHG} = \sum_{i=1}^n E_i f_i \quad (3.2)$$

где су:

- Емисије GHG [kgCO_{2e}/год.] - укупне годишње емисије GHG,
- E_i [kWh] - годишња потрошња енергије из i -тог енергената,
- f_i [kgCO_{2e}/kWh] - емисиони фактор i -тог енергената,

- n [-] - број различитих енергената који се користе (електрична енергија, фосилна горива и остало).

Варијације у обиму производње на дневном, недељном, месечном и годишњем нивоу су карактеристичне за индустријску производњу, тако да у условима променљивог обима производње и годишњи ниво емисија GHG неће бити константан. Из тог разлога за предузећа је битна информација о зависности угљеничног отиска од обима производње, обзиром на неопходност предвиђања будућих емисија GHG у условима променљивог обима производње. Уколико се узме у обзир да је укупна потрошња енергије у предузећу збир потрошње енергије која зависи од обима производње и оне која није повезана са обимом производње, њеним множењем одговарајућим емисионим факторима конверзије може се уочити да део угљеничног отиска зависи од обима производње, али део угљеничног отиска предузеће емитује и када нема производње. Тако се применом образаца 3.1 и 3.2 добија следећи израз:

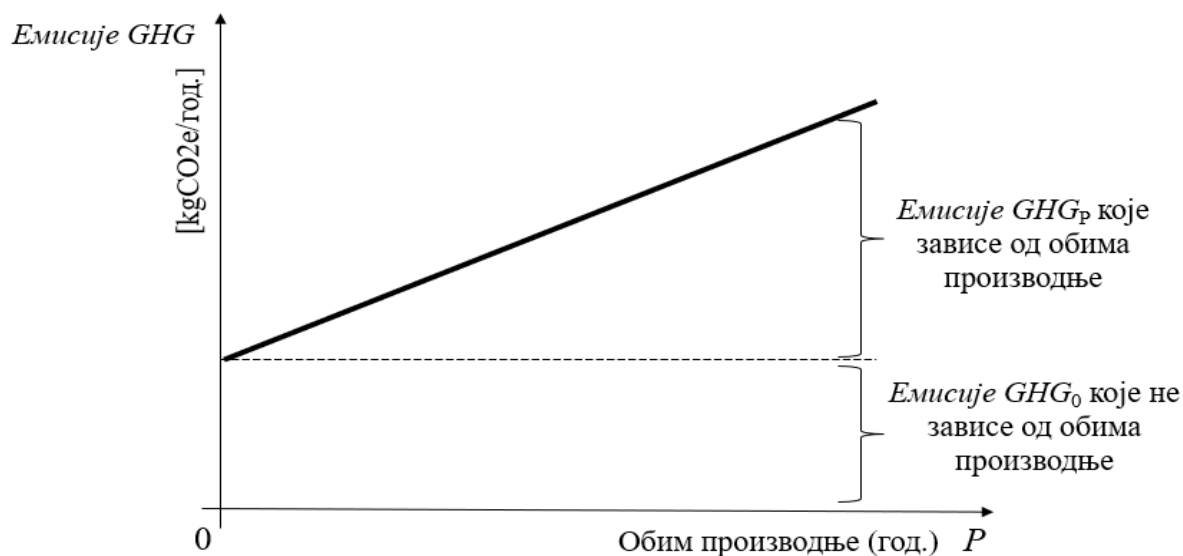
$$\text{Емисије GHG} = \sum_{i=1}^n (E_{0i} + m_i \cdot P) \cdot f_i = \sum_{i=1}^n E_{0i} \cdot f_i + P \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot f_i$$

$$\text{Емисије GHG} = \text{Емисије GHG}_0 + \text{Емисије GHG}_P \quad (3.3)$$

где су:

- Емисије GHG_0 [kgCO₂e/год.] - емисије GHG (део угљеничног отиска) које не зависе од обима производње,
- Емисије GHG_P [kgCO₂e/год.] - емисије GHG (део угљеничног отиска) које зависе од обима производње.

Узимајући у обзир образац 3.3 и под претпоставком да се емисиони фактор конверзије електричне енергије из мреже не мења током године, зависност процењене емисије GHG од обима производње се такође може апроксимирати правом линијом што је приказано на слици 3.6 (Aleksić, Gordić, Vukašinović, Josijević, & Nikolic, 2025).



Слика 3.6 Зависност угљеничног отиска од обима производње у току референтне године

На овај начин могуће је одредити фокус активности предузећа у погледу смањења угљеничног отиска, пошто различите МАСУО доносе и различите резултате у зависности од тога да ли се оне примењују на производне или непроизводне активности предузећа.

Добијена функционална зависност се користи за одређивање вредности угљеничног отиска предузећа пре примене било каквих МАСУО. Када предузеће одреди своју почетну вредност угљеничног отиска, ову информацију може користити ради даљег пословног одлучивања у погледу имплементације планираних МАСУО, али и ризика и прилика које воде до декарбонизације технолошког процеса производње. Приликом процене улагања у капиталне инвестиције (избор и набавка нових производних линија, улагања у нове системе за производњу и дистрибуцију енергије и сл.) или приликом доношења одлуке у вези снабдевања електричном енергијом из ОИЕ, предузећа могу лакше дефинисати и планирати своје циљеве, рокове и сценарија за постизање декарбонизације свог процеса производње.

ISO организација објавила је 2019. године стандард којим се успостављају захтеви и смернице за квантификацију угљеничног отиска. Овај стандард је 2021. године Институт за стандардизацију Србије (ИСС) преузео у национални систем стандардизације као SRPS EN ISO14067:2019, Гасови стаклене баште – Угљенични отисак производа – Захтеви и смернице за квантификацију и он би требао да пружи свим организацијама и привредним субјектима глобално договорене принципе, захтеве и смернице за прорачун угљеничног отиска производа и да им омогући боље разумевање начина на који га могу смањити. Захваљујући њему, предузећа ће моћи да прецизније да сагледају који део њиховог пословања доприноси већем угљеничном отиску и да потом предузму одговарајуће мере за његово смањење.

3.3 Мере и активности смањења угљеничног отиска (МАСУО)

Предузећа све више препознају значај предузимања мера за смањење емисије GHG у циљу заштите животне средине, што има не само еколошку, већ и економску корист. У зависности од своје примарне делатности, она теже да дефинишу сет различитих МАСУО да би дала свој допринос очувању животне средине, али и не мање важно, да би повећала ефикасност унутар своје организације. Захтеви за енергетском транзицијом, али и законска регулатива у вези са смањењем угљеничног отиска која се развија великом брзином представља значајан изазов и неизвесност за предузећа у погледу њихових будућих инвестиција и пословања у целини. На срећу, закони и прописи нису једини фактори који се мењају. Доступне технологије се континуирано побољшавају, тако да кроз одржива техничка решења и са нижим оперативним трошковима она омогућавају предузећима да успешно остварују постављене захтеве.

Постоји велик број различитих начина за смањење угљеничног отиска који воде ка холистичкој интеграцији испуњења постављених циљева заштите животне средине и пословних активности предузећа, али се они у предузећима прехрамбене индустрије могу груписати и сагледати кроз три најзаступљенија, основна правца (слика 3.7):

- повећање ЕЕ,
- примена ОИЕ,
- замена фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије (коришћење биомасе, електрификација процеса ниске и средње температуре).



Слика 3.7 Три основна правца за смањење угљеничног отиска у предузећима прехранбене индустрије

3.3.1 Мере за повећање ЕЕ

„Енергетска ефикасност се може посматрати као инвестиционо добро у коме се разматра почетни трошак у односу на накнадно смањење очекиваних трошкова енергије“ (Sutherland R. , 1991). Ова дефиниција показује колико је широк опсег могућности за унапређење ЕЕ да би предузеће остварило предуслове за декарбонизацију свог процеса производње. Стратегија повећања ЕЕ и предузећу може се спровести кроз различите области:

- применом стандардних оперативних процедура и мера домаћинског понашања,
- унапређењем технолошког процеса производње кроз промену радних параметара и повећање нивоа аутоматизације,
- кроз ефикасније коришћење система производње и дистрибуције топлотне енергије, ефикасније коришћење система КГХ, расвете, система снабдевања водом, расхладних система и др.,
- коришћењем рекуперације отпадне топлоте у различитим деловима процеса производње,
- сагледавањем примењених тарифних система, максималне потражње, расположивог фактора снаге и ефикаснијег коришћења електричне енергије,
- мерењем, инструментацијом и надзором потрошње енергената у смислу континуираног праћења,
- стварање културе ЕЕ и развијањем еколошке свести кроз ангажовање запослених са потребним вештинама и додељеним задужењима који разумеју очекивања и имају личну одговорност, међусобну комуникацију, али и спремност за промену става (енг. *mind set change*).

У предузећима прехранбене индустрије енергија се користи у различите сврхе: за прања сировина, намакање, сушење, транспорт, млевење, грејање, хлађење, кување, ферментацију, печење, пастеризацију, стерилизацију, за рад остале процесне опреме, али и за рад КГХ система, тако да је могуће издвојити технолошке процесе и опрему који треба да буду фокус за примену мера повећања ЕЕ:

- потрошња електричне енергије,
- системи за производњу и дистрибуције топлотне енергије,
- технолошки расхладни системи,
- процесна опрема (пумпе, мешачи, вентилатори и сл.),
- ваздушни компресори и системи дистрибуције компримираног ваздуха,

- расвета,
- системи КГХ,
- системи снабдевања водом.

Примењене мере за повећања ЕЕ се у том случају могу поделити у две групе:

- мере за ефикаснију производњу и дистрибуцију енергије,
- мере за ефикасније коришћење енергије.

У прву групу мера за повећање ЕЕ могу се сврстати оне мере које доводе до оптимизације самог технолошког процеса производње, а то су:

- пројектовање енергетски ефикасних система за производњу и дистрибуцију енергије у циљу смањења губитака одговарајућим димензионисањем, смањењем растојања, изолацијом, избегавањем савијања цеви и канала и сл.,
- правилно димензионисање енергетске и технолошке производне опреме за њен рад око оптималног оптерећења,
- инсталирање енергетски ефикасније опреме (на пр. пумпи и вентилатора који обезбеђују довољан проток уз минималну потрошњу електричне енергије, котлова са најбољом доступном технологијом, високо ефикасних електромотора са променљивом брзином),
- инсталирање опреме и постројења за генерисање/конверзију енергије одговарајућег квалитета,
- коришћење могућности опоравка енергије (рекуперације и коришћење отпадне топлоте).

Мере које се односе на ефикасније коришћење енергије углавном имају за циљ избегавање рада производне опреме у празном ходу и исправљање/смањење варијабилности у процесу производње (González-Ramírez, Leducq, Arellano, & Alvarez, 2013). У ове мере ЕЕ спадају:

- прелазак на ефикасније технолошке процесе производње којима се постижу исти резултати,
- увођење превентивног одржавања којим се обухвата анализа учестаности отказа производне опреме, преглед пропратне евиденције и одговарајуће управљање залихама резервних делова,
- замена производне опреме која узима у обзир радни век и потребу за њеним одржавањем као и збир почетног капиталног трошка и текућих оперативних трошкова (набавка високо ефикасних електро мотора који су скупљи од стандардних, али троше мање електричне енергије),
- боље управљање губицима и неконтролисаним употребом паре, топле и расхладне воде и компримованог ваздуха,
- замена опреме која представља извор енергетских губитака (неисправни одвајачи кондензата, неисправни вентили који стварају губитак паре, воде, ваздуха и процесне течности, оштећена изолација, неисправни или некалибрисани мерни инструменти и сл.).

Веома важно је истаћи да мере за ефикасније коришћења енергије захтевају мања улагања (некад је довољна само промена понашања), а дугорочно могу да дају значајније резултате од мера за ефикаснију производњу и дистрибуцију енергије. Неке специфичне мере за ефикасније коришћење енергије се могу остварити кроз анализу коришћења производне опреме.

Са аспекта инвестиционих трошкова и трошкова потребних за имплементацију мера за повећање ЕЕ оне се могу поделити на:

- мере које не захтевају никакве трошкове и мере ЕЕ ниских инвестиционих трошкова (тзв. мере домаћинског понашања),
- мере ЕЕ средњих инвестиционих трошкова,
- мере ЕЕ високих инвестиционих трошкова (дугорочне мере), тзв. капиталне инвестиције.

Конкретни примери различитих мера за повећање ЕЕ, а тиме и смањење угљеничног отиска, у зависности од инвестиционих трошкова дати су у табели 3.4.

Мере за повећање ЕЕ и смањење угљеничног отиска	Потенцијално смањење потрошње енергије и угљеничног отиска [%]	Реф.
<i>Систем енергетског менаџмента</i>		
• оптимизација технолошког процеса производње;	30%	(González-Ramírez, Leducq, Arellano, & Alvarez, 2013;
• унапређење процесне опреме и побољшано управљање процесима;	39%	Meitz, Reiter, Fluch, & Tugores, 2023; Pask, и други, 2014)
• увођење иницијатива за чистију производњу.	17,6%	(Briceño-León, Pazmiño-Quishpe, Clairand, & Escrivá-Escrivá, 2021) (Wojdalski, и други, 2015)
<i>Котлови и котловска постројења</i>		
• одговарајући избор котла; • редовно одржавања котла; • поправка и замена изолације котла; • одговарајући радни параметри, притисак и температура паре; • контрола сагоревања и трим кисеоника на горионику; • оптималан број одмуљавања котла; • праћења рада горионика; • правилно одржавање горионика; • коришћење отпадне топлоте димних гасова за предгревање ваздуха; • коришћење топлоте димних гасова за предгревање напојне воде котла; • коришћење јединице за рекуперацију отпадне топлоте.	од 1 до 30%	(Chowdhury, и други, 2018; Meitz, Reiter, Fluch, & Tugores, 2023; Philipp M. , и други, 2018; Sovacool, и други, 2021; Einstein, Ernst, & Khrushch, 2001)
<i>Системи за производњу и дистрибуције топлотне енергије</i>		
• инсталација, редовно одржавање и замена неисправних одвајача кондензата; • санација цурења паре и кондензата; • поправка и замена оштећене изолације; • коришћење минимално потребног радног	од 3 до 90%	(Einstein, Ernst, & Khrushch, 2001)

- притиска паре; - оптимизовање рада система за производњу и дистрибуције топлотне енергије.		
<i>Расхладни технолошки системи</i>		
- модификација расхладних система како би радили на нижем радном притиску; - поправка и замена изолације расхладне опреме; - замена чилера расхладним кулама; - редовно одржавање и мониторинг опреме.	од 16 до 46%	(Pagan, Prasad, Price, & Kemp, 2004; Sheppard & Rahimifard, 2019; Sovacool, и други, 2021; Zhang, Luo, Wang, & Chen, 2018)
<i>Системи КГХ</i>		
- временско оптимизовање рада система КГХ; - редовно одржавање филтера, кондензатора, канала, компресора и термостата; - санација цурења расхладног средства и његова допуна; - могућност хлађења коришћењем тарифа ван радног времена; - подешавање термостата на оптималне вредности; - коришћење система КГХ само када је потребно; - испитати могућност изолације подова, зидова и кровова; - изоловање климатизационих канала и цевоовда.	до 30%	(Pan, 2023; Sihn, Sobottka, Heinzl, & Kamhuber, 2018)
<i>Системи дистрибуције компримираног ваздуха</i>		
- смањење и елиминисање коришћења компримованог ваздуха; - оптимизација радног притиска компримираног ваздуха; - уградња високоефикасних мотора и мотора са фреквентним регулатором; - смањење температуре уисног ваздуха (по могућности узимање из спољашњости); - детекција и отклањање цурења компримованог ваздуха; - редовно одржавање и мониторинг рада компресора; - правилно димензионисање и избор компресора; - искључивање система када нема потрошње.	од 4 до 50%	(Гордић, 2011; Gordic, Vukasinovic, Josijevic, Nikolic, & Aleksic, 2024)

Електро-енергетски системи		
- поправка фактора снаге (компензација реактивне енергије); - идентификовање и поправка губитака у дистрибутивном систему; - правилно димензионисање опреме; - уградња високоефикасних електромотора; - коришћење електромотора са фреквентним регулатором (енг. <i>variable speed drive, VSD</i>); - редовно одржавање и мониторинг опреме.	до 70%	(Compton, Willis, Rezaie, & Humes, 2018; Lobodovsky & Lawrence, 2020; Nunes, Silva, Andrade, & Gaspar, 2016)
Расвета		
- аутоматизација контроле осветљења (сензори присуства, сензори дневног светла); - временско управљање расветом; - раздвојити прекидаче расвете тако да се светиљке могу искључити када се не користе без утицаја на друге области; - коришћење природног осветљења као што су кровни прозори уместо електричног осветљења; - редовно чишћење светиљки, рефлектора и дифузора.	20-30%	(Egas, Ponsá, Llenas, & Colón, 2021)

Табела 3.4 Смањење угљеничног отиска применом мера за повећање ЕЕ

3.3.2 Примена локалних ОИЕ

Прехрамбена индустрија се најчешће ослања на коришћење фосилних горива и деривата нафте ради производње топлотне енергије. Сем тога, велик број електроенергетских система који напајају предузећа прехрамбене индустрије претежно користе фосилна горива за производњу електричне енергије. Из тог разлога мора се озбиљно размотрити могућност примене различитих локалних ОИЕ у циљу смањења угљеничног отиска. Примена локалних ОИЕ је важна из следећих разлога:

- интензитет потрошње енергије у производњи и преради хране постаје дугорочно неодржив, пошто је директно у вези са значајним емисијама GHG,
- ОИЕ имају готово примарну улогу у смањењу емисија GHG,
- повећањем коришћења ОИЕ повећава се одрживост енергетског система и обезбеђује се већа расположивости енергије,
- ОИЕ постају све више финансијски конкурентни конвенционалним изворима енергије.

ОИЕ се могу поделити у три главне категорије:

- сезонски променљиви (енергија водотокова),
- варијабилни (соларна енергија и енергија ветра),
- стабилни (геотермална енергија и биомаса).

Поред енергије водотокова, економску конкурентност показују соларна енергија, енергија ветра и енергија добијена из биомасе. Главни ограничавајући фактори за

инсталацију нових постројења ОИЕ су поред трошкова изградње система и локални потенцијал за коришћење ОИЕ.

Од свих ОИЕ највећу практичну примену у индустрији има соларна енергија. Коришћење соларне енергије за индустријску примену може се спровести на следеће начине (Rahman, Farrok, & Naque, 2022):

- применом фотонапонских панела за производњу електричне енергије,
- применом соларних колектора за претварање соларне енергије у топлотну, у већини случајева за загревање воде.

Комерцијално доступни фотонапонски панели се могу пронаћи у опсегу снага од 200 W до преко 400 W по панелу. Они се инсталирају у великом броју индустријских предузећа у оквиру соларних електрана које се постављају на кровове зграда. Поред соларних електрана, за производњу електричне енергије користе се и индивидуални соларни системи у домаћинствима, трговачким молловима, јавним установама и сл. Применом оваквих система обезбеђује се делимична или потпуна аутономност напајања електричном енергијом ових субјеката (Vítězslav, 2018).

Процењено смањење угљеничног отиска предузећа остварено применом различитих ОИЕ, а у првом реду применом фотонапонских панела за производњу електричне енергије и применом соларних колектора за претварање соларне енергије у топлотну, приказано је у табели 3.5.

Примена ОИЕ	Потенцијално смањење потрошње енергије и угљеничног отиска [%]	Реф.
• примена фотонапонских панела за производњу електричне енергије;	од 13% до 60%	(Clairand, Briceño-León, Escrivá-Escrivá, & Pantaleo, 2020; Egas, Ponsá, Llenas, & Colón, 2021; IRENA, 2015)
• примена соларних колектора за претварање соларне енергије у топлотну.	од 22% до 67%	(Gitan & Al-Kayiem, 2023; Ismail, Yunus, & Hashim, 2021; Mohana, i drugi, 2020; Sharaf Eldean & Soliman, 2015)

Табела 3.5 Смањење угљеничног отиска остварено применом ОИЕ

У погледу декарбонизације све је веће интересовање за геотермалну енергију која представља потпуно природан вид енергије акумулиран у флуидима и стенским масама Земљине коре и односи се на топлоту Земљине унутрашњости. Република Србија је богата природним изворима топлих вода односно хидро-геотермалним ресурсима, међутим коришћење геотермалне енергије за системе даљинског грејања као и за друге енергетске потребе је и даље у почетној фази.

3.3.3 Замена фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије

Замена фосилних горива ниско-угљеничним изворима енергије представља стратегију која се све више користи у циљу смањења угљеничног отиска и ублажавања климатских промена. Ови ниско-угљенични извори за производњу топлотне енергије нуде одрживије алтернативе фосилним горивима, чиме се смањује загађење, унапређује

квалитет животне средине и доприноси глобалним напорима у борби против климатских промена.

Употреба биомасе подразумева сагоревање органских за производњу топлотне или електричне енергије, чиме се смањује зависност од фосилних горива. И поред различитих мишљења, сматра се да биомаса има предности над фосилним горивима јер не доприноси повећању укупних емисија GHG.

Чврста биомаса се у зависности од порекла где се прикупља може поделити на (Вукашиновић, 2022):

- пољопривредну биомасу,
- дрвну биомасу (пиљевина, остаци приликом резивања дрвећа и сл.),
- биоразградљиви делови комуналног и индустријског отпада,
- енергетски засади.

Поред коришћења биомасе за добијање топлоте директним сагоревањем, она се може користити за добијање гасовитих и течних горива процесом термохемијске конверзије. Примери биогорива добијених коришћењем биомасе су биогаз и биодизел. Биогаз се може користити као замена за фосилна горива у производним процесима, док се биодизел најчешће користи као гориво у транспорту.

Електрификација подразумева прелазак са фосилних горива на коришћење електричне енергије у производним, али и у транспортним процесима, што доприноси смањењу угљеничног отиска и емисије GHG и представља битну могућност за декарбонизацију, уз предуслов постојања нискоугљеничне електричне мреже.

Примарне технологије за електрификацију топлоте (генерисање топлотне енергије уз помоћ електричне енергије) су:

- примена топлотних пумпи, при чему тренутна решења високотемпературних индустријских топлотних пумпи могу остварити температуре до 200°C, и капацитете грејања или хлађења 10 MW до 50 MW по јединици (IEA HPT, n.d.). Топлотне пумпе имају веома високу ефикасност конверзије енергије што утиче на ниску емисију GHG, и то може бити значајан начин за смањење угљеничног отиска. Ови уређаји испољавају значајне могућности примене где год су заступљени процеси грејања и хлађења што је чест случај у прехранбеној индустрији (Meyers, Schmitt, Chester-Jones, & Sturm, 2016),
- примена високотемпературних локалних извора топлоте као што су електричне пећи, топлотни складишни системи (као извори енергије за индустријске потребе) и термоелектрични генератори, при чему се мора имати у виду да је ова метода загревања термодинамички ограничена на COP = 1, односно да трошкови овако добијене топлотне енергије никада не могу бити мањи од трошкова електричне енергије (Broberg & Johansson, 2014),
- системи когенерације или комбиноване производње топлотне и електричне енергије (енг. *combined heat and power; CHP*) која користи један извор горива за производњу и електричне и топлотне енергије. Главна предност когенерационог система је укупна ефикасност која може да иде и преко 80%, пошто се из исте количине горива, поред електричне енергије добија и додатна топлотна енергија, што омогућава подизање степена искоришћења хемијске енергије горива и резултира мањом емисијом GHG.

Процењено смањење угљеничног отиска остварено применом топлотних пумпи, електрификацијом термичких процеса и коришћењем биомасе, приказано је у табели 3.6.

Замена фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије	Потенцијално смањење потрошње енергије и угљеничног отиска [%]	Реф.
<i>Електрификација топлоте</i>		
• примена топлотних пумпи;	до 70%	(Atuonwu & Tassou, 2021; Lee & Kim, 2009; Philipp M. , и други, 2018; Sovacool, и други, 2021)
• електрификација производње паре и топле воде;	од 38 до 57%	(Altenburg, Schure, & Blok, 2021; Wang L. , 2014)
• технологије електро-грејања: - радиофреквентно грејање; - микроталасно грејање; - омско грејање; - технике инфрацрвеног и индукционог грејања.	од 20 до 90%	(Atuonwu, и други, 2018; Başaran, Yilmaz, & Çivi, 2018; Clairand, Briceño-León, Escrivá-Escrivá, & Pantaleo, 2020)
<i>Употреба биомасе</i>		
• биомаса	од 7 до 70%	(Chowdhury, и други, 2018; Gerres, Chaves Ávila, Linares Llamas, & Tomás Gómez, 2019; Lorenz, Fischer, Schumacher, & Adler, 2013; Olsson & Schipfer, 2021)

Табела 3.6 Смањење угљеничног отиска остварено заменом фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије

У погледу нових технологија базираних на замени фосилних горива горивима без емисије угљеника, издвајају се:

- производња и употреба водоника и амонијака,
- употреба угљоводоника са нултом емисијом (угљоводоници добијени из биогорива или синтетизовани из атмосферског CO₂).

Водоник и амонијак су два горива гаса који не садрже угљеник и њиховим сагоревањем се ослобађа енергија (Thiel & Stark, 2021):



Водоник и амонијак би требало да замене природни гас у случају да постоји могућност њихове производње по приступачним ценама и коришћењем технологија које не емитују GHG.

Цена производње зеленог водоника, односно производње водоника електролизом воде и коришћењем електричне енергије из ОИЕ тренутно је релативно висока и у принципу економски неисплатива у предузећима прехранбене индустрије. Наравно, морају се узети у обзир и изазови складиштења водоника (компримовање или утечњавање) за шта је такође потребна енергија, као и чињеница да је потребна потпуно нова инфраструктура за масован транспорт на дуге удаљености. Поред изазова који су у

овом тренутку реални, водоник и његови деривати (пре свега амонијак) ће вероватно бити озбиљне опције за остваривања декарбонизације индустријских процеса.

3.3.4 Могућност коришћења отпадне топлоте

Према подацима IEA за 2020. годину индустријски сектор користи око 37% укупне финалне потрошње енергије за производњу топлоте (Jibrān, и други, 2018). Део ове енергије могао би да се обезбеди коришћењем отпадне топлоте из производних процеса која би иначе била „бачена“, што смањује потребу за коришћењем фосилних горива.

Производни сектор	Технолошки процес	Процесна температура [°C]	Реф.	Могућност коришћења отпадне топлоте
Пекарска индустрија	печење	од 230 до 270	(Chowdhury, и други, 2018)	грејање ваздуха и грејање простора
Обрада воћа и поврћа	кување на пари	око 96	(Chowdhury, и други, 2018)	предгревање ваздуха и грејање простора
Обрада хране	сушење прегрејаном паром	од 160 до 200	(Mujumdar, 2014)	грејање ваздуха и грејање простора
Обрада хране	хлађење ваздушних компресора	око 60	(Sovacool, и други, 2021)	предгревање воде за процесне потребе
Обрада хране	кување	од 85 до 90	(Mujumdar, 2014)	грејање простора и воде за процесне потребе
Обрада хране	димни гасови котла	око 200	(Sovacool, и други, 2021)	уградња економајзера за предгревање напојне воде котла
Обрада хране	коришћење кондензата	око 90	(Sovacool, и други, 2021)	грејање воде
Обрада меса	печење у фритезама	око 200	(Sovacool, и други, 2021)	предгревање ваздуха и грејање простора
Производња напитака	стерилизација флаша	од 100 до 116	(Spirax Sarco, 2018)	уградња топлотних пумпи за грејање простора
Обрада меса, мелекаре и производња напитака	коришћење топлоте кондезатора расхладних уређаја	од 85 до 90	(Mujumdar, 2014)	предгревање воде за процесне потребе
Млекаре	УНТ процес стерилизације	од 135 до 150	(Bylund, 1995)	грејање простора и воде за процесне потребе
Млекаре и производња напитака	испаривање	од 140 до 150	(Bylund, 1995)	грејање простора

Табела 3.7 Могућности коришћења отпадне топлоте у прехранбеној индустрији

Коришћење отпадне топлоте захтева одређена инвестициона улагања, (у реконструкцију инсталација, инсталацију додатне опреме и сл.) и зато је веома важна идентификација и квантификација расположиве количине отпадне топлоте која се може

претворити у користан облик, односно мора се направити разлика између корисне и неизбежне отпадне топлоте. Ова разлика је посебно важна када је у питању одлучивање о инвестицији за интеграцију отпадне топлоте (Bendig, Maréchal, & Favrat, 2013). Процењује се да код многих технолошких процеса у прехранбеној индустрији, процесна топлота чини око 60 до 70% укупних енергетских потреба (UKGOV, 2015). Неки технолошки процеси, као што је печење, су екстремно неефикасни и стварају значајне губитке топлоте (у кондиторској индустрији при печењу вафла користи само 35% укупне енергије, док је остатак отпадна топлота). Други процеси, као што је пастеризација, енергетски су веома ефикасни (95% топлоте у пастеризаторима се поново користи кроз рекуперацију пастеризатора), тако да је потенцијал за коришћење отпадне топлоте знатно мањи. Конкретне могућности коришћења отпадне топлоте у технолошким процесима производње и прераде хране приказани су у табели 3.7.

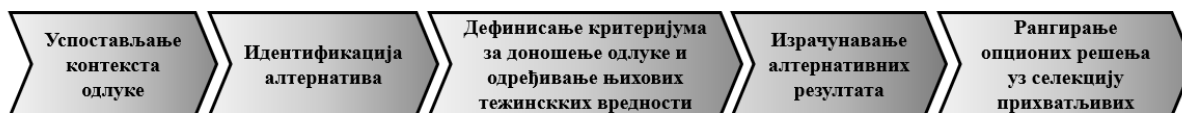
Међутим, техничка сложеност имплементације, изазови у погледу ефикасности преноса топлоте, компатибилност са постојећим процесним системима, потреба за додатном инфраструктуром, хигијенски стандарди који треба да се испуне и дуг период отплате инвестиције (у односу на мере повећања ЕЕ и/или примене ОИЕ) су најважније препреке за интензивнија улагања у коришћења отпадне топлоте (Ladha-Sabur, Bakalis, Fryer, & Lopez-Quiroga, 2019).

3.4 Рангирање и избор потенцијалних МАСУО

Смањење угљеничног отиска производног процеса у прехранбеној индустрији може се постићи усвајањем различитих предложених мера и различитих технологија. Пошто није могуће применити све предложене МАСУО, неопходно је одредити им приоритет применом одговарајућих математичких модела који обухватају анализу различитих критеријума као што су емисије GHG, утицај на околину, техничко технолошка сложеност имплементације, економска исплативост и др. Ови модели омогућавају прецизно рангирање и одабир најпожељнија МАСУО на основу комплексног скупа критеријума. Вишекритеријумски метод доношења одлука (енг. *multi-criteria decision-making, MCDM*) је модел применљив у производној пракси пошто омогућава комплексну анализу и упоређивање различитих алтернатива или мера, на основу више критеријума, па омогућава доносиоцима одлука да оцене и упореде различите аспекте сваке алтернативе на систематичан начин, што им помаже да изаберу оптималну одлуку.

3.4.1 Вишекритеријумски метод доношења одлука

MCDM метод доношења одлука треба да пружи подршку доносиоцима одлука да се у оквиру транспарентног процеса, дође до оптималног решења које укључује задовољење више критеријума, тако да је избор што експлицитнији, рационалнији и ефикаснији. Заједничка карактеристика свих MCDM приступа је усвајање неколико појединачних и често супротстављених критеријума што кроз мултидимензионални приступ, доводи до снажније подржане одлуке у односу на једнодимензионалне процедуре. Основни приступ MCDM подразумева идентификацију одређеног броја алтернатива, затим њихово оцењивање у складу са усвојеним критеријумима и рангирање опционих решења уз селекцију прихватљивих у односу на неприхватљиве могућности (Marttunen, 2010). Процес одлучивања се реализује по фазама које су приказане на слици 3.8.



Слика 3.8 Основни модел MCDM приступа (Mourits & Oude Lansink, 2007)

У пракси постоји већи број применљивих MCDM, као што су (Kaya, Çolak, & Terzi, 2018):

- аналитички хијерархијски процес (енг. *analytic hierarchy process, AHP*),
- метода избора према предностима (енг. *choosing by advantages, CBA*),
- метода елиминације и избора превођењем у стварност (фрн. *élimination et choix traduisant la réalité, ÉLECTRE*),
- метода једноставних адитивних тежина (енг. *simple additive weighting method, SAW*),
- техника редоследа одређивања приоритета по сличности са идеалним решењем (енг. *technique for the order of prioritisation by similarity to ideal solution, TOPSIS*).

За све ове методе карактеристично је да садрже одређене субјективности. Ове субјективности су нарочито изражене у поступку додељивања тежинских коефицијената за критеријуме који су идентификовани у одређеној методи.

Од свих предходно наведених MCDM, детаљније ће се сагледати примена SAW методе, пошто је она једна од најпознатијих и најзаступљенијих и њеном применом се обезбеђује једноставан и практичан поступак рангирања алтернатива, односно у овом случају потенцијалних MACУО. Резултати добијени применом SAW методе не одступају од резултата добијених неким напреднијим методама.

3.4.2 Примена SAW методе за рангирање и избор потенцијалних MACУО

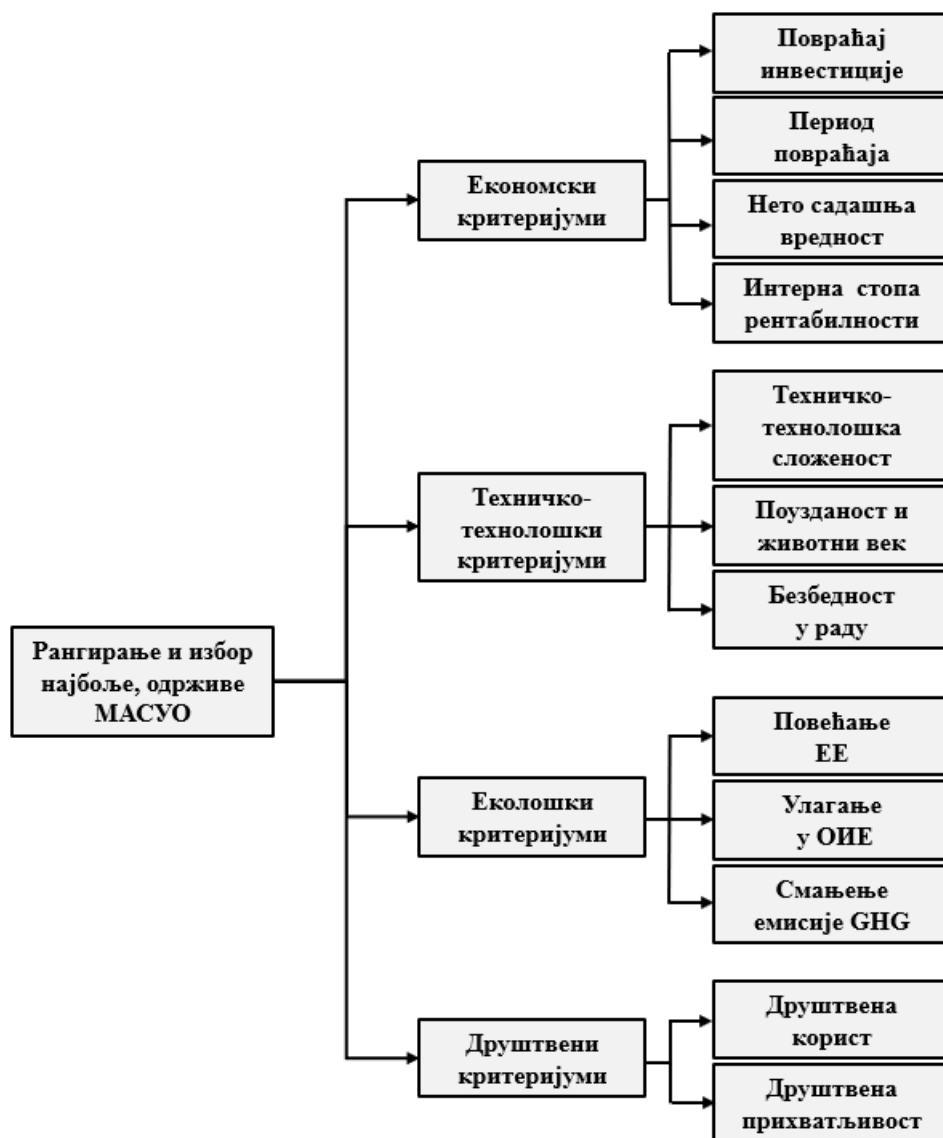
У предузећима прехрамбене индустрије, при доношењу одлука за имплементацију могућих MACУО, оне се најчешће рангирају према економским (финансијским) критеријумима. Међутим, поред ових критеријума, треба узети у обзир и остале важне критеријуме одлучивања, као што су техничко-технолошки, еколошки и друштвени што је приказано на слици 3.9. С тога, за рангирање и избор потенцијалних MACУО треба развити и користити одговарајући MCDM модел доношења одлука који омогућава њихово одрживу приоритизацију са аспекта имплементације.

Разматрани критеријуми могу по својој природи бити веома разнородни, изражени у различитим мерним јединицама, од новчаних јединица, преко јединица физичких величина, до вероватноћа или субјективних процена датих по некој скали која се формира за конкретну одлуку. Крајњи циљ је одабрати ону MACУО, која је најбоља по свим разматраним критеријумима истовремено. Веома често неке од разматраних MACУО су међусобно делимично или потпуно конфликтне по различитим критеријумима.

Примена SAW методе за рангирање и избор потенцијалних MACУО састоји се из следећих корака:

- одређивање критеријума одлучивања за рангирање и избор потенцијалних MACУО,
- вредновање сваког критеријума одлучивања,

- одређивање типа сваког критеријума и формирање матрице одлучивања,
- нормализација матрице одлучивања,
- одређивање вредности тежинских фактора сваког критеријума одлучивања,
- множење нормализоване матрице одлучивања одговарајућим тежинским факторима и сабирање пондерисаних вредности за сваку МАСУО,
- рангирање МАСУО према добијеним вредностима и избор најповољнијих.



Слика 3.9 Критеријуми одлучивања за рангирање и избор потенцијалних МАСУО

По дефиницији, применом SAW методе, посматрани број различитих МАСУО (алтернатива), може се вредновати са више критеријума рангирања, при чему сваки од ових критеријума може бити максимизираниог (Max) или минимизираниог (Min) типа у складу са природом величине коју карактерише.

За максимизирани критеријуме одлучивања, који се у литератури често називају и критеријуми бенифита (енг. *benefit criteria*), важи образац (Ibrahim & Surya, 2018):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\text{Max}(x_{ij})} \quad (3.6)$$

где су:

- r_{ij} [-] - нормализована вредност критеријума одлучивања за i -ту МАСУО у односу на j -ти критеријум,
- x_{ij} [-] - стварна вредност критеријума одлучивања за i -ту МАСУО у односу на j -ти критеријум,
- $\text{Max}(x_{ij})$ [-] - максимална вредност критеријума одлучивања међу свим вредностима за i -ту МАСУО у односу на j -ти критеријум,
- i [-] – број различитих МАСУО,
- j [-] – број критеријума одлучивања.

Нормализација критеријума одлучивања омогућава поређење алтернативних вредности на релативној основи, чинећи различите критеријуме упоредивим.

За минимизирани критеријум одлучивања, који се у литератури често називају и критеријуми трошка (енг. *cost criteria*), важи образац:

$$r_{ij} = \frac{\text{Min}(x_{ij})}{x_{ij}} \quad (3.7)$$

где је:

- $\text{Min}(x_{ij})$ [-] - минимална вредност критеријума одлучивања међу свим вредностима за i -ту МАСУО у односу на j -ти критеријум.

Вредности појединих МАСУО добијају се сабирањем пондерисаних вредности које су добијене множењем нормализованих критеријума одлучивања r_{ij} додељеним тежинским факторима w_j на основу следећег обрасца:

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij} \quad (3.8)$$

где су:

- V_i [-] - вредност i -те МАСУО,
- w_j [-] – вредност тежинског фактора за j -ти критеријум одлучивања.

Одређивање вредности тежинских фактора w_j се обавља тако што доносилац одлука рангира сваки тежински фактор у опсегу од 1% до 100% према значају одговарајућег критеријума одлучивања, при чему збирна вредност свих тежинских фактора износи 100%.

Приликом рангирања, најбоља МАСУО је она у којој је збир пондерисаних вредности има највећу вредност V_i .

3.4.3 Критеријуми одлучивања за рангирање и избор потенцијалних МАСУО

Листу критеријума одлучивања за рангирање и избор потенцијалних МАСУО чине:

1. економски критеријум K1,
2. техничко-технолошки критеријум K2,
3. еколошки критеријум K3,
4. друштвени (социјални) критеријум K4.

У табелама 3.8, 3.9, 3.10 и 3.11 респективно су приказани економски, техничко-технолошки, еколошки и друштвени критеријум за рангирање, сваком је додељен одговарајући тип (максимизиран или минимизиран) и одговарајућа вредност. Према SAW методи, тип и одговарајуће вредности за сваки критеријум дефинише доносилац одлука у зависности од природе величине коју они карактеришу и од њиховог значаја за доношење одлуке.

Економски критеријум K1	Опис	Вредност
минимизиран критеријум (Min)	изразито повољан	5
	повољан	4
	прихватљив	3
	неповољан	2
	изразито неповољан	1

Табела 3.8 Вредновање економског критеријума K1

Техничко-технолошки критеријум K2	Опис	Вредност
минимизиран критеријум (Min)	једноставан	3
	прихватљив	2
	сложен	1

Табела 3.9 Вредновање техничко-технолошког критеријума K2

Еколошки критеријум K3	Опис	Вредност
максимизиран критеријум (Max)	изузетно значајан	4
	значајан	3
	средње значајан	2
	мало значајан	1

Табела 3.10 Вредновање еколошког критеријума K3

Друштвени критеријум K4.	Опис	Вредност
максимизиран критеријум (Max)	изузетно значајно	4
	веома значајно	3
	значајно	2
	од малог значаја	1

Табела 3.11 Вредновање друштвеног критеријума K4

Економски критеријуми одлучивања

У погледу висине инвестиционих трошкова у могуће МАСУО они се морају рангирати у складу са економском одрживости и треба их усмерити тамо где ће дати највећи учинак, односно не треба покушавати истовремену реализацију свих расположивих опција. Економски критеријуми одлучивања за реализацију планираних МАСУО могу се поделити на:

- статичке критеријуме,
- динамичке критеријуме.

Статички критеријуми су најједноставније процедуре које могу да примене доносиоци одлука, оне испитују годишње нето уштеде инвестиције и пореде их са почетним улагањем. Основни статички критеријуми за економско оцењивање су:

- а) Повраћај инвестиције (енг. *return on investment, ROI*) који се израчунава као принос на уложена средства у односу на почетну књиговодствену вредност инвестиције у одређену МАСУО. Изражава се као проценат и за предузеће је повољније уколико је ROI виши. Ова оцена се базира на годишњим нето добицима од дате инвестиције. Уколико је ROI негативан, то значи да инвестиција ствара губитак. ROI се рачуна по следећем обрасцу (LDK Consultants, 2005):

$$ROI [\%] = \frac{F}{I} \cdot 100 \quad (3.9)$$

где су:

- F [EUR] - редовни годишњи нето добици после опорезивања,
- I [EUR] - почетна књиговодствена вредност инвестиције.

Редовни годишњи нето добици после опорезивања се рачунају по обрасцу:

$$F = (1 - TB) \cdot (S - OM) + TB \cdot D \quad (3.10)$$

где су:

- TB [%] - стопа за обрачун пореза,
- S [EUR] - очекиване годишње уштеде,
- OM [EUR] - годишњи трошкови рада и одржавања,
- D [-] - годишња стопа амортизације.

Годишња стопа амортизације се рачуна по обрасцу:

$$D = \frac{I}{N} \quad (3.11)$$

где је:

- N [god] - очекивани радни век.

- б) Период повраћаја (енг. *payback period, PBP*) је критеријум оцењивања, који одређује неопходни временски период, обично исказан у годинама, за повраћај почетне инвестиције у одређену МАСУО, преко нето новчаних добитака од те инвестиције, при чему се инвестиција са краћим РВР сматра бољом. Негативан РВР представља временски период за који предузеће још није повратило уложена средства. Главна карактеристика РВР је то што се он бави само једним параметром инвестиције, бројем година који је потребан да би се повратили почетни трошкови у предложене МАСУО, па се често пренаглашава примена

овог критеријума за одлучивање због његове једноставности, показујући склоност према краћим роковима повраћаја, што може да наведе предузећа на реализацију мање ефикасних мера које су кратког века. PBP у годинама се рачуна по обрасцу 3.12 (LDK Consultants, 2005):

$$PBP[god] = \frac{I}{S - OM} \quad (3.12)$$

Два предходно наведена критеријума имају недостатак пошто не узимају у обзир временску вредност новца. Због тога поред простих статичких критеријума за оцењивање предложених МАСУО, постоје сложеније методе које називају динамичким критеријумима одлучивања, пошто узимају у обзир динамику тржишта капитала путем примене временске вредности новца.

- в) Нето садашња вредност (енг. *net present value*, *NPV*) је критеријум који израчунава нето садашњу вредност инвестиције у одређену МАСУО помоћу дисконтне стопе и низа будућих одлива (негативне вредности) и прилива (позитивне вредности) финансијских средстава у очекиваном радном веку. Ова разлика представља NPV те инвестиције. У случају да је та вредност позитивна, овај критеријум указује на то да ће се финансијски положај предузећа побољшати, а у случају да је NPV негативна, предузеће ће по реализацији предложене МАСУО, претрпети финансијски губитак. Дакле, планиране инвестиције морају да покажу позитиван NPV да би биле прихваћене, изузев у случају оних пројеката који су обавезни. NPV се рачуна по обрасцу 3.13 (LDK Consultants, 2005):

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{F}{(1+i)^t} - I \quad (3.13)$$

где су:

– t [-] - текућа година,

– i [-] - годишња дисконтна стопа,

која узима у обзир факторе као што су инфлација, ризик и временска вредност новца.

За веома једноставно и брзо израчунавање NPV, може се користити и финансијска функција NPV у програму Microsoft Excel.

- г) Други динамички критеријум одлучивања, је критеријум интерне стопе рентабилности (енг. *internal rate of return*, *IRR*) који мери годишњи принос инвестиције у одређену МАСУО исказано у садашњој вредности. IRR је дисконтна стопа при којој би NPV била једнака почетној вредности инвестиције. То даље значи да почетна вредност инвестиције представља финансијски одлив средстава, а сваки наредни новчани ток може бити позитиван или негативан, у зависности од процене онога што инвестиција доноси. Да би се одредио IRR потребно је извршити линеарну интерполацију између позитивне вредности NPV која одговара одређеној дисконтна стопи и негативне вредности NPV, која такође одговара одређеној дисконтна стопи, те IRR заправо представља сложену дисконтну стопу која изједначава низ дисконтованих добитака који се очекују од инвестиције са иницијалним трошковима. Критеријум за одлучивање у корист једне од више понуђених инвестиција је да се одабере она која има највишу IRR стопу, док се

инвестиција са негативним IRR сматра лошом, јер би то значило да је новчани ток добијен од пројекта мањи од износа који је иницијално уложен. Одлука мора да задовољи услове минималне прихватљиве стопе рентабилности која је обично једнака дискотним стопама за дугорочне кредите на тржишту капитала, плус премија за ризике. Алгоритам израчунавања IRR приказан је у наредним корацима.

Када је $NPV = 0$, тада је вредност IRR једнака годишњој дисконтној стопи i , па ће се на основу обрасца 3.13 добити:

$$0 = NPV = \sum_{t=1}^N \frac{F}{(1+IRR)^t} - I \quad (3.14)$$

Линеарна интерполација између позитивне вредности NPV која одговара позитивној каматној стопи и негативне вредности NPV, која одговара негативној каматној стопи дата је следећим обрасцем:

$$IRR = d_p + \frac{PV \cdot (d_n - d_p)}{PV - NV} \quad (3.15)$$

где су:

- PV [EUR] - позитивна вредност NPV која одговара каматној стопи d_p ,
- d_p [%] - позитивна каматна стопа,
- NV [EUR] - негативна вредност NPV која одговара каматној стопи d_n ,
- d_n [%] - негативна каматна стопа.

Због неопходности одређивања позитивне и негативне NPV које одговарају различитим каматним стопама и касније интерполације ових вредности, што усложњава процес израчунавања IRR, за одређивање овог критеријума се може се користити финансијска функција IRR у програму Microsoft Excel.

Наведени економски критеријуми одлучивања користе се у пословним анализама за процену и рангирање атрактивности већег броја различитих инвестиционих алтернатива у предложене МАСУО и сваки од приступа има своје предности и мане. Веома важно је истаћи да их не треба посматрати у смислу “бољег” и “лошијег” критеријума, зато што се они базирају на различитим принципима. Самим тим у доношењу крајње одлуке најбоље је сагледати све информације које се могу добити паралелним коришћењем наведених критеријума одлучивања. У табели 3.12 приказан је преглед економских критеријума одлучивања за реализацију предложених МАСУО.

Пошто се ради у универзалним економским критеријумима за процену инвестиција, они се могу користити за процену рентабилности и рангирање у складу са економском одрживости предложених МАСУО, али се такође треба усмерити на оне пројекте који ће дати највећи учинак у погледу декарбонизације.

Критеријум одлучивања	ROI	PBP	NPV	IRR
Значење	повраћај улагања инвестиције у предложеноу МАСУО (однос између нето прихода и улагања у инвестицију)	временски период у коме ће се повратити почетна вредност улагања у предложеноу МАСУО	садашња вредност свих будућих новчаних токова, умањена за садашњу вредност саме инвестиције у предложеноу МАСУО, али и текућих трошкова који се на њу односе	дисконтна стопа по којој је садашња вредност свих будућих новчаних токова једнака почетној вредности инвестиције у предложеноу МАСУО
Изражава се	у процентуалном облику (однос нето прихода инвестиције у предложеноу МАСУО и њене почетне вредности)	у облику временског периода, најчешће у годинама	у новчаном облику као разлика између садашње вредности инвестиције у предложеноу МАСУО и свих будућих новчаних токова инвестиције	у процентуалном облику (принос инвестиције у предложеноу МАСУО исказано у садашњој вредности)
Примарни циљ	мерило учинка које се користи за процену ефикасности или профитабилности инвестиције у предложеноу МАСУО (или за поређење различитих инвестиција)	одређивање временског периода у коме се почетна инвестиција у предложеноу МАСУО може повратити, без узимања у обзир временске вредности инвестиције	одређивање границе при којој инвестиција у предложеноу МАСУО генерише вишак приноса од очекиваног	одређивање стопе рентабилности по којој ће се анулирати садашња вредност свих будућих новчаних токова инвестиције у предложеноу МАСУО
Дисконтна стопа	не узима у обзир дисконтне стопе	не узима у обзир дисконтне стопе	захтева коришћење дисконтне стопе коју је тешко утврдити, па се она обично претпоставља	„израчунава“ стопу приноса
Израчунавање садашње вредности	занемарује садашњу вредност будућих новчаних токова	занемарује садашњу вредност будућих новчаних токова	израчунава садашњу вредност будућих новчаних токова	игнорише садашњу вредност будућих новчаних токова

Табела 3.12 Преглед економских критеријума одлучивања за реализацију предложених МАСУО

Техничко-технолошки критеријум одлучивања

Техничко-технолошки критеријуми одлучивања разматрају три перспективе:

- техничко-технолошку сложеност која укључује техничке захтеве имплементације предложених МАСУО, као што су уговор о набавци (процес претквалификације и избор добављача, гаранције, динамику плаћања, начин испоруке, решавање спорова и сл.), дизајн (примењене методе и принципи у пројектовању и изради технолошке опреме, спецификације, начини провере, резултати анализа, постојећи услови), примењену технологију израде и обим спроведених радова (усаглашеност са пројектним захтевима, начин и квалитет израде, као и оптимизације у раду),
- поузданост и животни век инвестиција при чему се разматра евентуална примена еколошки подобне опреме и технологија као један је од првих корака ка остваривању концепта одрживог развоја, тако да је фокус на производима у чијој је изради смањена количина употребљених материјала, вршена употреба рециклираних материјала и материјала са мањим утицајем на животну средину, да би се на тај начин повећала дуготрајност производа,
- безбедност у раду где се јасно истиче да инсталирана технолошка решења морају бити усклађена са свим правним актима и стандардима из ове области тако да се при коришћењу опреме ризик од настанка повреда на раду и оштећења здравља запослених отклања, или сведи на најмању могућу меру.

Еколошки критеријум одлучивања

Сасвим је јасно да се приликом одлучивања између различитих МАСУО, еколошки критеријум сагледава у међусобном поређењу следећих параметара:

- смањена потрошње енергије: потребно је да постоји доказани потенцијал за значајно смањење укупне потрошње енергије што је од суштинске важности за смањење емисија GHG и негативног утицаја на животну средину,
- повећање коришћења ОИЕ: промовисање коришћења различитих ОИЕ, (соларна енергија, енергија ветра, коришћење биомасе и биогаса) да би се на тај начин остварило смањење зависности од фосилних горива, што даље доприноси смањењу емисија GHG,
- одрживост: приликом одабира одговарајућих инвестиција треба ставити посебан фокус на одрживост, односно на то да мере требају бити трајне, ефикасне у дужем временском периоду и да пружају дугорочну корист за друштвену заједницу.

Друштвени критеријум одлучивања

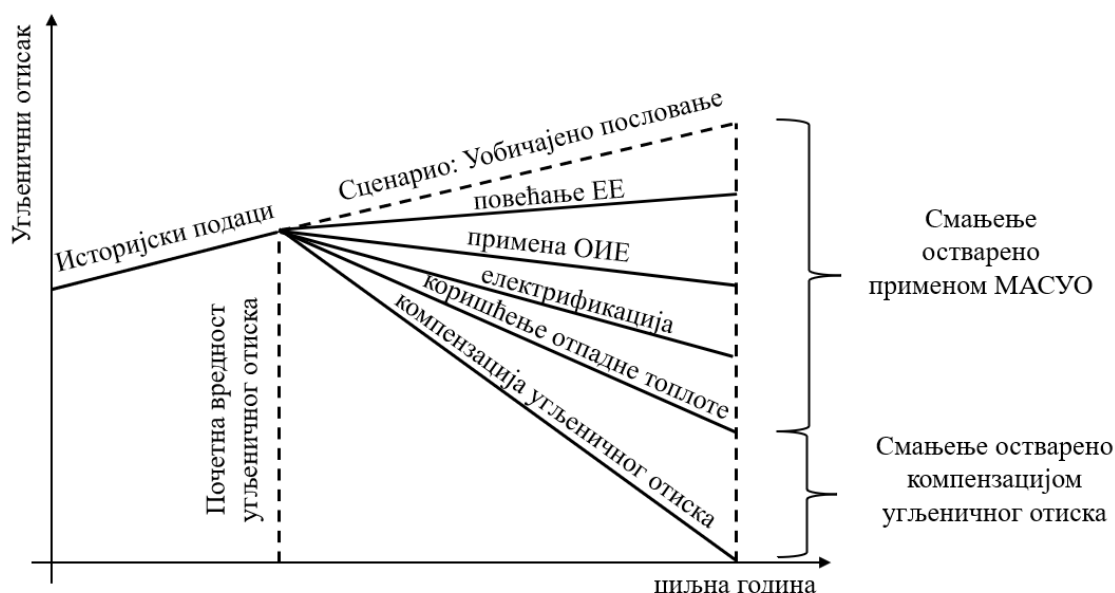
Друштвени критеријуми одлучивања представљају важан део предложеног вишекритеријумског метода доношења одлука за имплементацију предложених МАСУО. Уколико би приликом рангирања овај аспект био занемарен, добијено решење не би било примерено, јер ефекти на друштвену заједницу могу бити изузетно значајни, при чему треба тежити смањењу субјективизма, те је препорука да се у што већој мери користе квантитативни подаци за процену утицаја предложених МАСУО приликом њиховог рангирања. Друштвени критеријуми одлучивања најчешће се могу посматрати кроз две друштвене димензије:

- друштвену корист, пошто примењене МАСУО обезбеђују еколошке потребе друштва кроз ублажавање последица климатских промена, кроз стварање нове локалне вредности која се огледа у развоју нових технологија, отварању нових радних места, повећаног приступа енергији, а тиме и повећања квалитета свакодневног живота,

- друштвено прихватање које се огледа у ставу друштва (запослених у предузећу), према имплементацији декарбонизације, унапређењу технолошког процеса производње или инвестицијама у нову, енергетски ефикаснију опрему, али и у ставу према примени ОИЕ, па је зато неопходна транспарентна комуникација, да би се запослени заинтересовали за проблематику не сматрајући је сложеном, а тиме и одбијајућом.

3.5 Сценарији компензације угљеничног отиска

Декарбонизација процеса производње остварује се кроз одређивање вредности угљеничног отиска, рангирање и имплементацију предложених МАСУО, али након спровођења МАСУО, предузећа своју угљеничну неутралност морају остварити компензацијом преосталог угљеничног отиска, пошто се он веома тешко може у потпуности елиминисати само применом техничко-технолошких мера, што је приказано на слици 3.10 (Aleksić, Gordić, Vukašinović, Josijević, & Nikolic, 2025).

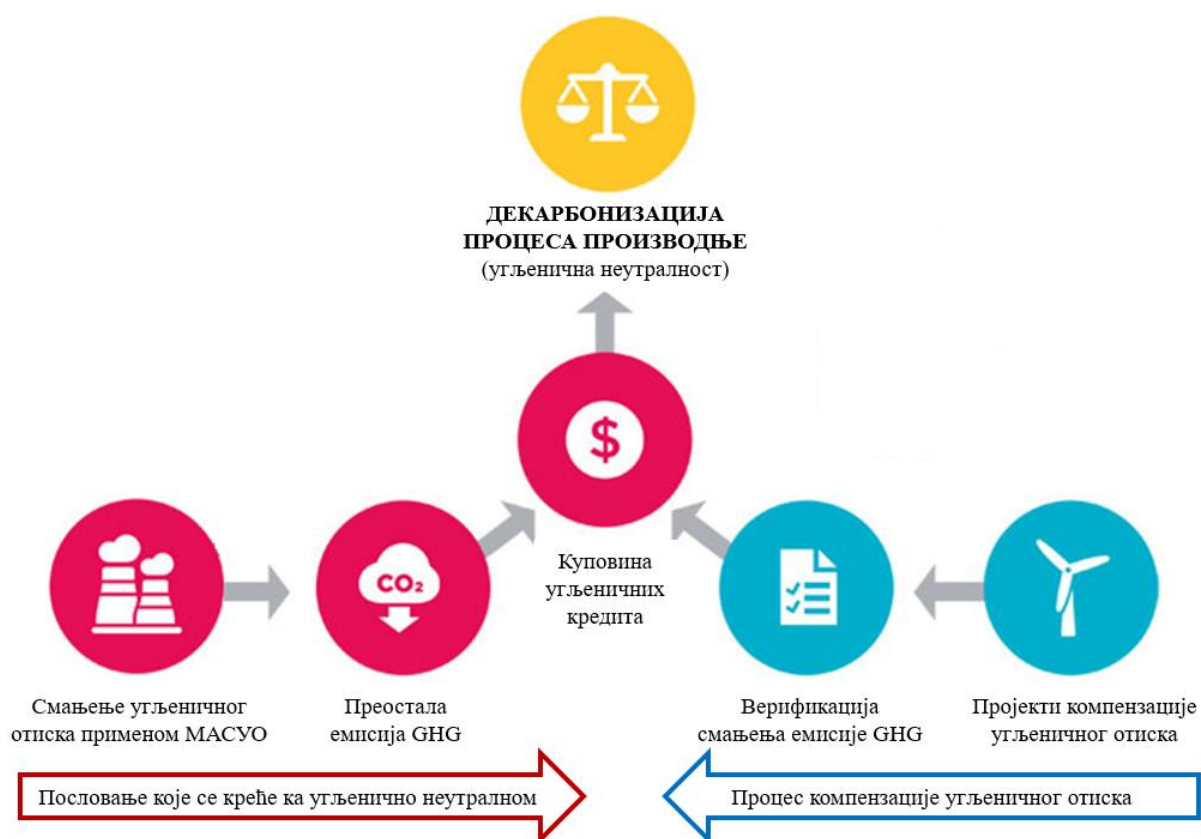


Слика 3.10 Смањење угљеничног отиска у поређењу са сценаријем уобичајеног пословања

У том случају преостали угљенични отисак се обично надокнађује кроз прибављање различитих сертификата са емисионих тржишта и/или куповином угљеничних кредита на име компензације преосталог угљеничног отиска. На овај начин надокнада угљеничног отиска постиже се заправо „куповином смањења емисије GHG“ на добровољном тржишту емисија, односно улагањем у еколошке пројекте који смањују емисије GHG. У свету постоје различити еколошки пројекти смањења емисије GHG, што се може остварити на различите начине, и већина тих пројеката се налази у земљама у развоју. Ови пројекти поред смањења емисије GHG побољшавају услове живота локалних заједница. У теорији, новчана средства која се плаћају за тзв. угљеничне кредите на име компензације угљеничног отиска, омогућавају проверен утицај на климу који се иначе не би догодио (Hamrick & Gallant, 2018).

3.5.1 Концепт и куповина угљеничних кредита

Концепт компензације угљеничног отиска састоји се од добровољног финансирања еколошких пројеката, са циљем смањења емисије GHG које се емитује у атмосферу и та компензација постаје средство за постизање теоријске равнотеже између емисије GHG коју појединац или организација (у овом случају предузеће) производи својим активностима и количине CO₂е која је смањена захваљујући учешћем у финансирању верификованих еколошких пројеката. На овај начин предузеће доноси дугорочну одлуку у погледу подизања опште свести о климатским променама и утицају на животну средину коју оно само врши. Концепт компензације угљеничног отиска приказан је на слици 3.11 (Aleksić, Gordić, Vukašinović, Josijević, & Nikolic, 2025).



Слика 3.11 Компензација угљеничног отиска

Компензација угљеничног отиска се у ширем смислу може остварити кроз пројекте пошумљавања, употребу земљишта у пољопривредне сврхе, кроз учешће у пројектима примене ОИЕ, кроз учешће у пројектима одлагања отпада или коришћења комуналног отпада у циљу производње енергије, учешће у пројектима CCUS, што се све користи као ресурс за компензацију емисија GHG које се јављају на другим местима, јер је кључни концепт куповине угљеничних кредита преношење нето климатске користи са једног ентитета на други. Глобално, GHG се мешају у атмосфери, тако да није важно где се њихове емисије тачно смањују (иако поједине активности које доводе до емисија GHG могу произвести друге загађиваче који имају искључиво локализован утицај). Из перспективе климатских промена, ефекти ће бити исти ако предузеће престане са активностима које изазивају емисије GHG, или ако оно омогућава и/или финансира еквивалентне активности смањења емисија негде другде у свету. Компензација угљеничног отиска и има за циљ да олакша и створи економичније

услове за предузећа која следе другу опцију, јер нису, или су у недовољној могућности да прекину активности које генеришу емисије GHG. У том случају карбонски кредити постају преносиви инструмент који је сертифицирован од стране институција или независних сертификационих тела и који служи да купац може да умањи или елиминира свој угљенични отисак према сопственим циљевима смањења емисије GHG, при чему је вредност једног карбонског кредита једнака једној тони CO₂e.



Слика 3.12 Животни циклус угљеничних кредита

Основни животни циклус угљеничних кредита приказан на слици 3.12 (Broekhoff, Gillenwater, Colbert-Sangree, & Cage, 2019).

- развој методологије: пре него што се било какво смањење емисије GHG може сертифицивати као компензација угљеничног отисака, мора се доказати да оно испуњава критеријуме компензације, што захтева методологију или протокол који је специфичан за тип пројекта компензације који генерише смањење емисија GHG. Ова методологија је део скупа стандарда, односно одређеног програма компензације угљеничног отисака, направљеног од стране овлашћене организације. За већину програма компензације постоји регистар одобрених методологија, али креатори пројеката могу предложити и нове методологије за одобравање и усвајање својих пројеката. У ретким случајевима, потенцијални купац угљеничних кредита може спонзорисати развој методологије за нови тип пројекта који није квалификован у постојећим програмима,
- развој пројекта, валидација и регистрација: пројекат компензације је осмишљен од стране креатора пројекта, финансиран од стране инвеститора,

потврђен од стране независног верификатора и регистрован у програму компензација угљеничног отисака. Званична регистрација означава да је пројекат одобрен од стране програма и да има право да почне са генерисањем угљеничних кредита. Поједини купци угљеничних кредита директно улажу у пројекте у замену за права или део права за трговину карбонским кредита које пројекат може да генерише,

- имплементација пројекта, верификација и издавање угљеничних кредита: Пројекат компензације угљеничног отиска се имплементира, затим се прати и периодично верификује како би се утврдила количина смањења емисија GHG које је он остварио. Дужина времена између верификација може да варира, али је обично једна година. Програм компензације одобрава извештаје о верификацији, а затим издаје одређени број угљеничних кредита за компензацију који је једнак количини верификованих смањења емисије GHG. Угљенични кредити се депонују на налог пројекта у систему регистра којим администрира програм компензације. Пројекти са непродатим кредитима понекад могу изазвати забринутост за квалитет,
- трговина угљеничним кредитима: након што се издају, угљенични кредити се могу пренети на различите рачуне у регистру програма за компензацију. Трансфери се обично врше као резултат куповине или трговине и купци угљеничних кредита их могу користити тако што ће их повући, задржати или пренети на друге рачуне. Угљенични кредити се могу више пута препродати (пребацавање између више налога) пре него што се повуку и користе. Као и код других производа, бројна предузећа послују тако што набављају угљеничне кредити, а затим их преносе (или повлаче) у име клијената. Трговци кредитима могу олакшати идентификацију мешавине кредита из различитих пројеката и олакшати велике или мале трансакције. Неки трговци кредитима продају угљеничне кредити из пројеката у које су сами инвестирали, поред пројеката које су развили други што може да обезбеди ефикасност у одређивању цена, али може утицати на способност трговаца кредитима да буду непристрасни у погледу кредита које продају. Друга опција је куповина угљеничних кредита на берзи, углавном у САД и Европи, при чему куповина кредита на берзи може бити релативно брза и лака, али добијање информација потребних за процену квалитета ових кредита може бити теже,
- повлачење угљеничних кредита: да би остварили право на компензацију свог угљеничног отиска корисници угљеничних кредита морају да их „повуку“, односно да их искористе. То повлачење се остварује у складу са процесом који је специфициран у регистру сваког програма компензације. Када се угљенични кредит искористи, он се више не може пренети или користити (што значи да се ефективно повлачи из оптицаја). За купце који желе да набаве мали број угљеничних кредита, као што су МСП или појединци, најизводљивија опција је да повлачење кредита остваре преко продавца. У том случају продавац ће одржавати рачун купца у регистрима програма за компензацију и повући ће компензационе угљеничне кредити директно у име купца када им он то наложи.

Предузећа могу користити и друге врсте инвестиција којима се тргује у циљу смањења емисија GHG или се могу упустити у трансакције које укључују такве захтеве. Али, нису све опције једнаке по својој ефикасности и еколошком интегритету, па у

већини случајева, ове куповине и трансакције не подлежу сертификацији у складу са стандардима потребним за ефективна потраживања компензације угљеничног отисака. Ово се у првом реду односи на:

- сертификате енергетске ефикасности (енг. *energy efficiency certificates, EECs*),
- накнаду за „зелену“ енергију (енг. *green power purchases allowance, PPAs*),
- сертификате обновљиве енергије (енг. *renewable energy certificates, RECs*).

Потенцијалним купцима се саветује да пре куповине изврше анализу како би утврдили да ли понуда на одабраним тржиштима задовољава примарни циљ, постизање кредибилне и квантитативне компензације угљеничног отиска.

Концепт и куповина угљеничних кредита су предмет критике одређених кругова у јавности који се противе тржишним приступима за решавање еколошких проблема и имају резерве у погледу компензације угљеничног отиска на овај начин. Њихова забринутост спада у две категорије:

- на који начин се користе финансијска средства добијена продајом угљеничних кредита,
- да ли је квалитет угљеничних кредита одговарајући.

Критике које се односе на начин коришћења средстава добијених продајом угљеничних кредита обично се констатују да се на овај начин загађивачима дозвољава да наставе са загађењем, да угљенични кредити нису дугорочно решење и да заправо представљају неку врсту подстицаја да се избегне регулисање загађења одређених сектора и индустрија. Оваква компензација угљеничног отиска је замишљена као начин да се олакша улагање у исплативе опције за ублажавање утицаја емисија GHG, којима организације (предузећа) иначе не би могле да приступе. Међутим, предузећа могу бити у искушењу да користе угљеничне кредитне за смањење емисије GHG како би постигле свој целокупан циљ, уместо да предузму сопствене МАСУО. Може се десити да предузећа настављају са активностима високих емисија GHG и да настављају да улажу у опрему и технологије са високим емисијама GHG. Ова забринутост је примарни разлог због којег се многи посматрачи залажу за третирање компензације угљеничног отиска само као допуне сопственом климатском деловању, а не као примарна средства.

Критике које се односе на квалитет угљеничних кредита у вези са претпоставкама да они могу имати негативан утицај на локалне заједнице и могу погоршати постојеће или створити нове еколошке проблеме. Ове критике су вероватно најнепосреднија брига за већину купаца угљеничних кредита, јер у том случају они су од мале користи у ублажавању климатских промена, ако нису адекватна замена за редукцију сопствене емисије GHG.

Иако се тренутна ограничења концепта угљеничних кредита не могу једноставно изоставити, ипак он представља озбиљан део решења за климатске промене и активна анализа са освртом на примере најбоље праксе, може помоћи да се утврди који су начини компензације најефикаснији у циљу смањења емисија GHG на смислен начин.

3.5.2 Пројекти компензације угљеничног отиска

Пут ка декарбонизацији и постизању угљеничне неутралности, мора се градити под претпоставком праћења, смањења и компензације угљеничног отиска. Из тог разлога, пројекти компензације угљеничног отиска су један од суштинских начина за ублажавање климатских промена и они се најчешће могу односити на (Broekhoff, Gillenwater, Colbert-Sangree, & Cage, 2019):

- избегавање неконтролисаног уништавања шума које апсорбују угљеник,
- пошумљавање и очување шума, употребу земљишта у циљу узгоја различитих пољопривредних култура широм света,
- учешће у инвестирању изградње нових ОИЕ или учешће у одржавању постојећих, углавном соларних, еолских или ветроелектрана у неразвијеним деловима деловима света,
- улагања у друштвене заједнице у погледу увођења енергетски ефикасних метода или технологија у земљама у развоју,
- могућност коришћења комуналног отпада у циљу производње енергије,
- хватање и чување угљеника, односно високо потентних GHG који се константно емитују у атмосферу.

Пројекти који се односе на пошумљавање и очување шума представљају један од веома популарних начина компензације угљеничног отиска. Угљенични кредити се у том случају креирају или на основу угљеника заробљеног у новим стаблима или на основу угљеника који се не ослобађа, кроз заштиту постојећих стабала. Ови пројекти се реализују широм света, од узгоја и очувања шума у Европи, преко обнављања прашума Јужне Америке, до стварања нових плантажа различитих култура (плантаже какаа, палме, манга, банана и сл.) у југоисточној Азији, Африци и средњој Америци. Пројекти пошумљавања и очувања шума нису најјефтинија опција за компензацију, али се често бирају због својих бројних предности изван самог значаја угљеничних кредита које нуде. Ови пројекти се огледају у заштити екосистема, дивљих животиња и дивљег света, али и због друштвеног наслеђа, као елемент корпоративне друштвене одговорности (енг. *corporate social responsibility*, *CSR*) што је веома значајно за предузећа које компензују свој угљенични отисак. У прошлости је било тешко јасно одредити колико се угљеника смањује кроз овакве пројекте, али захваљујући новим технологијама, методе одрживог пошумљавања и израчунавање користи су увелико побољшане.

Кроз улагања у угљеничне кредите који се односе на пројекте изградње нових или одржавања постојећих ОИЕ широм света могуће је остварити компензацију угљеничног отисака тако што предузећа посредно учествују у повећавају производње електричне енергије из ОИЕ. Ово даље води смањењу коришћења фосилних горива, али и отварању нових радних места, чиме се подстиче глобални раст енергетског сектора, посебно у неразвијеним деловима деловима света. Пример које се може навести је соларна електрана Бокхол у Сенегалу отворена у октобру 2016. године, где је на површини од 40 ha постављено 75.000 соларних панела инсталисане снаге 20 MW електричне енергије (The Agility Effect, 2017). Ово представља један од највећих пројеката те врсте у западној Африци који омогућава приступ обновљивој енергији за 160.000 људи, уштеде локалној влади од 5 M\$ годишње и профит од продаје угљеничних кредита који се враћа у пројекте локалне заједнице.

Пројекти улагања у угљеничне кредите често помажу увођењу енергетски ефикасних метода или технологија у неразвијене заједнице широм света, при чему постоје многе потенцијалне користи од таквих пројеката које далеко превазилазе значај и вредност самих угљеничних кредита. Овакви пројекти не само да помажу да се читави региони учине одрживим, већ могу да обезбеде оснаживање и независност која може да смањи сиромаштво локалних заједница. То значи да пројекти који су некада били чисто филантропски, сада могу да пруже директне користи кроз продају угљеничних кредита заинтересованим странама на тржишту, уз истовремено инвестирање тих средстава тамо где су она преко потребна. Пример је пројекат снабдевања водом, санитације и хигијене у Етиопији којим се обезбеђује чиста вода

локалним заједницама кроз дугорочно финансирање бушења нових и одржавање постојећих бунара (Water, Sanitation and Hygiene (WASH), 2021). Иако је основни циљ оваквих пројеката обезбеђивање питке воде и спречавање разних болести које су последице понављајућих суша, лоших санитарних услова и ниског нивоа хигијене, они утичу на смањење емисија GHG, тако што локално становништво не мора да користи огревно дрво за кување воде ради дезинфекције, што штити локалне шуме од сече, спречава емисије угљеника и смањује загађење димом у затвореном простору. Поред здравствених и еколошких користи, оваквим пројектима управљају комисије које предводе жене, тако да се пружа могућност запошљавања и смањења економске зависности женске популације.

Пројекти претварања отпада у енергију (енг. *waste to energy*) односе се на коришћење метана који потиче од депонијског гаса или коришћење чврстог комуналног или пољопривредног отпада и његово претварање у електричну енергију. У 2018. години, око 12% од 292 Mt чврстог комуналног отпада произведеног у САД спаљено је у постројењима за претварање отпада у енергију (Waste-to-energy (Municipal Solid Waste), 2020). Слични пројекти претварања отпада у енергију могу позитивно утицати на локалне заједнице у неразвијеним земљама кроз олакшан приступ чистој и одрживој енергији што помаже заштити локалних шума које би иначе биле исцрпљене коришћењем огревног дрвета. Један од таквих пројеката је Чан Нуои коришћење биогаса у Вијетнаму коју обухвата обуку локалног становништва за изградњу и одржавање дигестора биогаса који претварају отпад у приступачну, чисту и одрживу енергију, што истовремено смањује испуштање метана у атмосферу и помаже заштити локалних шума (Ogundu Owihondah, 2019).

CCS пројекти односе се на постројења за хватања емисије GHG или директно из извора емисија, или захватањем ваздуха и убризгавањем у подземне геолошке формације као што су активни и напуштени резервоари нафте и гаса, слани водоносници или слојеви угља који се више не могу експлоатисати, да би се на тај начин обезбедило трајно и безбедно складиштење угљеника, без негативног утицаја на животну средину и биодиверзитет. Међутим, постоји контроверзност значаја угљеничних кредита добијених из оваквих пројеката који генерално не пружају корист локалној заједници или региону и њихова вредност се доводи у питање и због дискутабилног финансијског подстицаја од касније продаје ускладиштеног CO₂.

Сви наведени пројекти крећу се од веома малих (на пр. неколико стотина tCO₂e смањења годишње), па до веома великих (на пр. MtCO₂e смањења годишње). Угљенични кредити за компензацију угљеничног отиска могу се добијати како из пројеката великих размера, који обједињују многе мање пројекте, тако и из пројеката који су резултат координисаних напора различитих међународних организација (као што су пројекти заштите шума и пошумљавања). Без обзира на обим пројекта концепт је исти: предузећа улажу у „зелене“ пројекте како би уравнотежила сопствене емисије GHG.

3.5.3 Емисиона тржишта и сетификати

Угљенични кредити нису једноставан производ за трговину. Пошто као и код других производа код којих је купцима тешко да процене квалитет, морају да постоје стандарди који гарантују потребан квалитет. Тренутно постоје две врсте емисионих тржишта за трговину угљеничним кредитима: тржиште усаглашености (енг. *The Compliance Market*) и добровољно тржиште (енг. *Voluntary Carbon Market, VCM*).

Тржиште усаглашености базира се на уведеним прописима и обавези смањења емисија GHG. Оно је подстакнуто од стране различитих регулаторних тела и базира се на програмима усаглашености као што су Механизам чистог развоја Уједињених Нација (енг. *United Nation's Clean Development Mechanism, UN CDM*), Шема трговања емисијама Европске уније (енг. *European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS*) и Заједничка имплементација (енг. *Joint Implementation, JI*), а који су у складу са Кјото протоколом (енг. *Kyoto Protocol*) (FAO, 2010). Регулаторна тела установљавају лимит емисија GHG за одређени сектор или емитера на основу кога се додељује одговарајући број дозвола за емисије GHG, (тзв. "емисионе дозволе" или "квоте"). Уколико емитер има мању емисију од броја дозвола које су му додељене, он може да продаје вишак својих дозвола на тржишту. Са друге стране, ако емитер премаши број додељених емисионих дозвола, он мора да купи додатне дозволе на тржишту или да се кажњава за прекорачење (тзв. „*cap and trade*“ принцип).



Слика 3.13 Тржиште угљеничних емисионих дозвола ЕУ у 2022. години (Trading Economics, n.d.)

Програми усаглашености (носилац међународна регулаторна тела)	Покривеност тржишта	Ознака угљеничних кредита
Механизам чистог развоја (енг. <i>Clean Development Mechanism, CDM</i>)	Земље са ниским и средњим приходима	Сертификовано смањење емисије (енг. <i>Certified Emission Reduction, CER</i>)
Шема трговања емисијама Европске уније (енг. <i>European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS</i>),	Европска унија	Европске дозволе за емисије (енг. <i>European Emission Allowances, EUAs</i>)
Заједничка имплементација (енг. <i>Joint Implementation, JI</i>)	Земље са високим приходима	Јединица за смањење емисије (енг. <i>Emission Reduction Unit, ERU</i>)
Калифорнијски програм компензације (енг. <i>California Compliance Offset</i>)	САД	Одбор за ваздушне ресурсе угљеничних кредита (енг. <i>Air Resources Board</i>)

<i>Program</i>		<i>Offset Credit, ARBOC</i>
Регионална иницијатива за GHG (енг. <i>Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI</i>)	Североисток САД	Накнада регионалне иницијативе за GHG (енг. <i>RGGI CO₂ Offset Allowance, ROA</i>)
Добровољни програми (носилац НВО)	Покривеност тржишта	Ознака угљеничних кредита
Амерички регистар угљеника (енг. <i>American Carbon Registry</i>)	САД и одређене државе	Тона смањења емисије (енг. <i>Emission Reduction Tonne, ERT</i>)
Златни стандард (енг. <i>The Gold Standard, GS</i>)	Међународни	Верификована емисија смањења (енг. <i>Verified Emission Reduction, VER</i>)
План Виво (енг. <i>Plan Vivo</i>)	Међународни	План Виво сертификат (енг. <i>Plan Vivo Certificate, PVC</i>)
Верификовани угљенични стандард (енг. <i>The Verified Carbon Standard, VCS</i>)	Међународни	Верификована угљенична јединица (енг. <i>Verified Carbon Unit, VCU</i>)
Резерва за климатске акције (енг. <i>Climate Action Reserve, CAR</i>)	САД и Мексико	Тона климатске акције (енг. <i>Climate Reserve Tonne, CRT</i>)

Табела 3.13 Програми компензације угљеничног отиска

ETS је тржишни механизам који омогућава државама, али и другим организацијама, па и предузећима, која емитују GHG, да тргују угљеничним емисионим дозволама међу собом. Предузећа која превазилазе своје дозвољене нивое емисија GHG могу купити емисионе дозволе од других субјеката који имају више дозвола него што им је потребно. Свака емисиона дозвола дозвољава свом власнику да емитује једну tCO₂e. Дозволе се могу слободно додељивати од стране регулаторног програма, купити када се одржавају аукције или купити од других субјеката који имају вишак дозвола. ETS програми постоје у ЕУ, САД, Канади, али су у настајању широм света, укључујући Кину, Јужну Кореју и државе јужне Америке. ЕУ ETS покрива преко 11.000 производних постројења (електрана и индустријских постројења), али и авио компаније које послују у ЕУ и које су колективно одговорне за 45% укупних емисија GHG у ЕУ (Eurostat ETS, n.d.). Цена угљеничних емисионих дозвола ЕУ у 2022. години углавном се кретала између 60 и 90 EUR/tCO₂e (слика 3.13).

Добровољно тржиште угљеничних кредита подржано је од стране различитих независних невладиних организација (НВО) како би се смањио еколошки отисак субјеката пре свега из приватног сектора. Добровољно тржиште угљеничних кредита првенствено служи купцима који приступају набавци на добровољној бази као резултат сопствених пословних одлука и оно се базира на добровољним програмима. Неки од најзначајнијих добровољних програма су Златни стандард (енг. *The Gold Standard, GS*), План Виво (енг. *Plan Vivo*) или Верификовани угљенични стандард (енг. *The Verified Carbon Standard, VCS*).

Обе врсте програма имају три основне функције: развијају и примењују стандарде за процену квалитета угљеничних кредита, одобравају пројекте компензације у односу на те стандарде (уз помоћ треће стране тзв. верификатора) и управљају системима тржишних регистара који издају, односно преносе и повлаче угљеничне кредите са тржишта. У последње време обе врсте програма почеле су да опслужују оба типа тржишта (табела 3.13) (Broekhoff, Gillenwater, Colbert-Sangree, & Cage, 2019). Сваки програм за компензацију угљеничног отиска издаје сопствену ознаку, тзв. бренд својих кредита.

Често се пројекти компензације угљеничног отиска изједначавају са програмима компензације, али то су заправо два различита појма. Пројекти компензације угљеничног отиска су различите иницијативе у циљу смањења емисија GHG и оне се могу реализовати у било ком сектору, од пољопривредног до индустријског. Са друге стране, програми компензације се односе на скуп стандарда које је направила овлашћена организација за мерење, регулисање и ревизију пројеката компензације угљеничног отиска и они омогућују појединцима или предузећима да улажу у угљеничне кредите на локалном или међународном нивоу како би уравнотежили свој угљенични отисак.

Четири највећа програма компензације угљеничног отиска у 2022. години, која се налазе на оба тржишта и која имају солидну и проверљиву евиденцију перформанси су (Carbon Credits, 2022) приказана су у табели 3.14.

The Verified Carbon Standard (VCS) је непрофитна организација са седиштем у Вашингтону, САД, покренута 2006. године и представља најпознатији добровољни програм за надокнаду емисије GHG који је данас доступан. VCS има више од 1.806 сертификованих пројеката који су заједно смањили или уклонили преко 928 MtCO_{2e}. Програм се фокусира само на атрибуте смањења емисије GHG и не захтева да пројекти имају додатне еколошке или друштвене користи. Подржавају га учесници на карбонском тржишту, креатори пројеката, велики купци угљеничних кредита, верификатори и консултанتي. Пројекти VCS програма укључују бројне технологије, коришћење ОИЕ, очување и обнављање шума и мочвара, побољшање ефикасности транспорта и сл., којима се смањују или уклањају емисије GHG. VCS такође ради на развоју пројеката на мору, као што су узгој алги, одрживи риболов и обнова ливада морске траве,

The Gold Standard (GS) је добровољни програм компензације угљеничног отиска јединствен у односу на остале, зато што ставља циљеве одрживог развоја УН (енг. *UN Sustainable Development Goals, SDGs*) у први план када сертификује пројекте компензације и фокусира се на пројекте који пружају трајне социјалне, економске и еколошке користи. Такође, GS програм је применљив како на добровољне пројекте, тако и на пројекте UN CDM-а. GS је покренут 2003. године након двогодишњег периода консултација са заинтересованим странама, владама, невладиним организацијама и стручњацима из приватног сектора из преко 40 земаља. Да би GS прихватио неки пројекат смањења емисије GHG, он мора да изврши процену његовог утицаја на заједницу. GS пројекти спадају у следеће категорије: ОИЕ, пошумљавање и пројекти друштвено корисних услуга управљања отпадом, претежно у земљама у развоју са ниским и средњим приходима. До данас је око 2.000 пројеката са GS сертификатом у преко 80 земаља смањило или уклонило преко 173 MtCO_{2e},

Climate Action Reserve (CAR) је почео са радом 2001. године као Калифорнијски регистар климатских акција и његова мисија је да подстакне предузећа и друге организације да мере, управљају и смање емисије GHG. Његова главна сврха је да

подржи финансијску и еколошку вредност на добровољном тржишту угљеника. Региструје и сертифициује пројекте компензације на основу њихове трајности узимајући у обзир друштвене и економске користи пројекта. CAR не продаје угљеничне кредите директно потрошачима, већ се они купују директно од продавца, а затим се за њих тражи CAR сертификат. CAR пројекти укључују захватање метана из рудника угља, сакупљање депонијског гаса, пошумљавање, па чак и узгој пиринча. У 2021. години, CAR је постигао смањење веће од 150 MtCO_{2e},

Програм	Вредност тржишта у милионима	Ознака угљеничних кредита	Локације пројеката	Сектори
 The Verified Carbon Standard (VCS)	746 милиона угљеничних кредита или 70% тржишта	Verified Carbon Units, (VCUs)	Доминантно у земљама у развоју	Покрива све секторе
 The Gold Standard (GS)	184 милиона угљеничних кредита или 17% тржишта	Verified Emission Reduction, (VER)	Преко 80 земаља, претежно у земљама у развоју	Покрива све секторе искључујући REDD пројекте
 Climate Action Reserve (CAR)	63 милиона угљеничних кредита или 6% тржишта	Emission Reduction Tons, (ERTs)	САД	Покрива AFOLU пројекте, индустријске процесе и отпад
 American Carbon Registry (ACR)	66 милиона угљеничних кредита или 6,2% тржишта	Climate Reserve Tons, (CRTs)	САД, Мексико, Канада	Пољопривреда, пошумљавање, отпад, енергија

Табела 3.14 Поређење највећих програма компензације угљеничног отиска у 2022. години

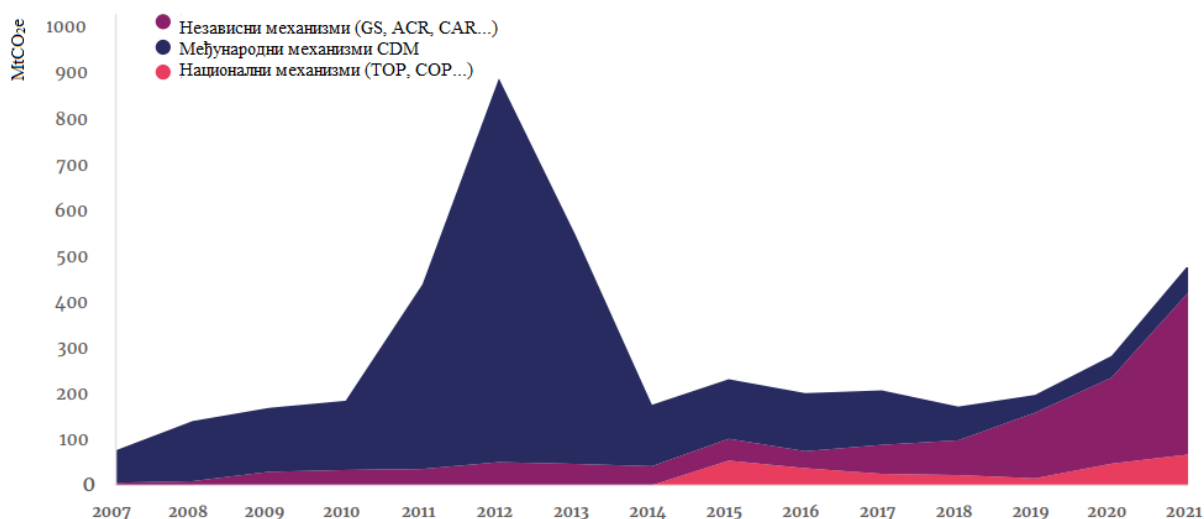
American Carbon Registry (ACR) је пионир на тржишту добровољних емисија и угљеника, основан је давне 1996. године као Environmental Resources Trust, а преименован је у ACR 2008. године. ACR ради и на добровољним тржиштима и на тржиштима усаглашености. Пројекти сертифицирани од стране ACR налазе се широм света и укључују управљање шумама, рециклажу трансформаторског уља и пројекте CCS. Међу многим пројектима које ACR подржава је и иницијатива за електрификацију камионског транспорта, а такође ACR подржава пројекте који пољопривредницима нуде финансијске подстицаје за добровољно ограничавање употребе вештачког ђубрива на бази азота.

Главна разлика између ова два тржишта је у начину на који се емисије GHG контролишу и смањују. У случају тржишта усаглашености, контрола се обавља кроз установљивање дозвола за емисије и дозвољавање предузећима да тргују тим дозволама. С друге стране, добровољна тржишта угљеничних кредита фокусирају се на финансирање и подршку пројеката који смањују емисије GHG. Обе стратегије имају за циљ да мотивишу предузећа да смањују своје емисије, али користе различите механизме за постизање тога циља.

3.5.4 Анализа релевантних учесника на тржишту угљеничних кредита

Тржишта угљеничних кредита су настала у намери остваривања циљева смањења емисија GHG. Да би се то постигло ова тржишта омогућавају продају или куповину угљеничних кредита у зависности од броја доступних сертификата који потврђују да су пројекти за компензацију угљеничног отиска поуздани и верификовани. Већина глобалне потражње за угљеничним кредитима долази из области финансија, транспортних услуга, нафте и гасне индустрије, петрохемије и индустрије производа широке потрошње вођена неопходношћу остварења угљеничне неутралности.

Тржишта угљеничних кредита убрзано расту са акцентом на добровољним активностима. Тржиште угљеничних кредита порасло је за 48% у 2021. години, а укупан број издатих угљеничних кредита од стране међународних, националних и независних кредитних механизма повећао се са 327 на 478 MtCO_{2e}. Укупан број кредита издатих од 2007. године износи око 4,7 милијарди tCO_{2e} (World Bank, 2022). Глобални обим издавања угљеничних кредита по категорији различитих кредитних механизма у периоду од 2007. до 2021. године приказан је на слици 3.14.



Слика 3.14 Глобални обим издавања угљеничних кредита по категорији кредитних механизма у периоду од 2007. до 2021. године (World Bank, 2022)

Ради поређења, наглашава се да су глобалне емисије GHG у 2022. години достигле обим од 36,8 милијарди tCO_{2e} (IEA, CO₂ Emissions in 2022, 2023).

Тренд раста угљеничних кредита издатих на добровољном тржишту од 2005. године, изражено у М, приказан на слици 3.15 (Carbon Credits, 2022).



Слика 3.15 Издавање угљеничних кредита на добровољном тржишту у периоду од 2005. до 2021. године

CarbonCredits.com Live Carbon Prices	Last	Change	YTD
Compliance Markets			
European Union	€78.95	-1.78 %	-1.31 %
California	\$29.26	-	+0.65 %
Australia (AUD)	\$34.50	-0.72 %	+2.07 %
New Zealand (NZD)	\$56.00	-	-26.72 %
South Korea	\$9.04	+3.48 %	-25.63 %
China	\$7.89	-3.45 %	-3.11 %
Voluntary Markets			
Aviation Industry Offset	\$0.72	-17.24 %	-81.25 %
Nature Based Offset	\$1.11	-5.13 %	-75.87 %
Tech Based Offset	\$0.70	-7.89 %	-38.60 %

Слика 3.16 Праћење промена цена угљеничних кредита у реалном времену преко *on-line* платформе CarbonCredits.com

Цену угљеничних кредита одређује тржиште и оно обухвата предузећа и инвеститоре који њима тргују и она варира у зависности од понуде и потражње. Постоји више начина да се одреди цена карбонског кредита, било да се користи тржишна динамика или да се цена одређује на основу конкретног пројекта

компензације угљеничног отиска, односно типа, величине и локације пројекта, трошкова његове имплементације и вредности коју он пружа. Светска банка (енг. *The World Bank*) која саставља годишњи извештај о ценама угљеничних кредита сматра да се већина цена требало да се креће у опсегу од 50 до 100 \$/tCO₂e ради испуњавања температурних циљева Париског климатског споразума и Агенде за одрживи развој. Са друге стране цене се веома разликују у зависности од платформе за трговину које нуде уговоре за угљеничне кредите из различитих сектора. Ове специјализоване *on-line* платформе пружају могућност праћења промена цена угљеничних кредита у реалном времену. Приказ праћење промена цена угљеничних кредита у реалном времену преко једне од *on-line* платформи приказан је на слици 3.16.

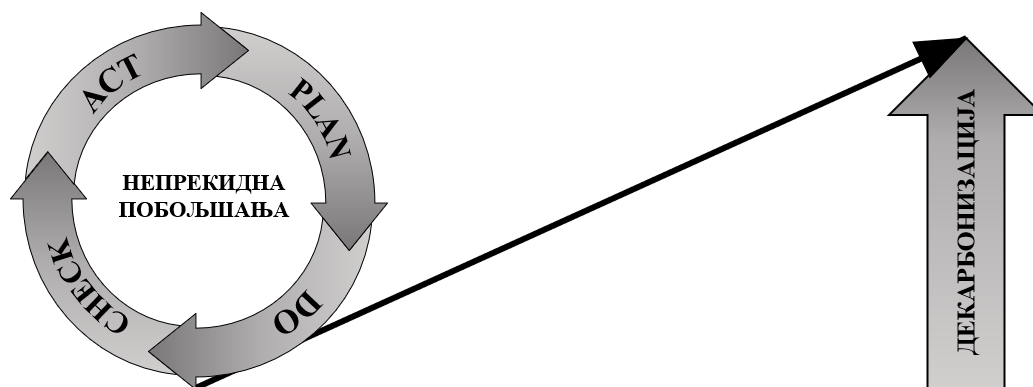
Познавање начина функционисања тржишта угљеничних кредита, свеједно о ком тржишту се ради, може помоћи да се одаберу програми у које треба улагати, кредити које треба куповати, као и технологије за компензацију угљеничког отиска које треба изабрати. Препоруке у трговању угљеничним кредитима могу се сажети у следеће смернице:

- фокусирати се на директне инвестиције у пројекте компензације,
- дати предност пројектима заснованим на заштити животне средине, као што су пошумљавање и/или очување и превенција крчења шума,
- користити сертификате квалитета угљеничних кредита верификованих од треће стране,
- усмерити се ка програмима усаглашености, јер су резултати таквих пројекта сертификовани и само тржиште усаглашености има већу стабилност цена кредита,
- обратити пажњу на цену, јер јефтиније није увек и боље; масовна куповина јефтиних кредита можда неће постићи очекивани резултат и може се сматрати неискреном.

Висока потражња, нарочито као последица набавке на добровољној бази, проширење тржишне разноликости изражено кроз нове купце, тржишне нише, тржишну инфраструктуру и различите цене, покренули су динамику угљеничних тржишта. Како тржиште расте, улога кредитирања у испуњавању циљева смањење емисија GHG привлачи све више пажње. Да би се одржао овај раст, тржишни актери ће морати да активно сарађују како би подржали високе стандарде, заштитили еколошки интегритет и кредибилитет карбонског тржишта.

3.6 Непрекидна побољшања

Процес декарбонизације технолошког процеса производње мора бити предмет непрекидних побољшања и преиспитивања базираних на континуираном праћењу угљеничног отиска предузећа како би се утврдила ефикасност спроведених МАСУО, и реализације усвојеног сценарија компензације преосталог угљеничног отиска, односно у којој мери су постављени циљеви постигнути. На основу резултата праћења и процене, идентификују се области које захтевају даља побољшања и по потреби се редефинишу циљеви. МАСУО и сценарији компензације преосталог угљеничног отиска морају се редовно ажурирати и прилагођавати променама у окружењу, примењеним технологијама, обиму и праксама из производње.



Слика 3.17 PDCA начело побољшања МАСУО и сценарија компензације преосталог угљеничног отиска

После процене почетног стања у погледу декарбонизације технолошког процеса производње треба приступити дефинисању стратегије која подразумева да се производни процес одвија уз боље коришћење енергетских ресурса, ниже економске трошкове, смањење загађења и бољу заштиту животне средине, што резултира вишим степеном еколошке одрживости. Постављени циљеви требају бити релевантни и јасно образложени релевантним подацима и ранијим искуствима. Циљеви у односу на будући учинак, морају се одредити на реалним нивоима, тако да представљају изазов који је могуће достићи. Зато је неопходно утврдити одговорности и овлашћења запослених, рокове, као и неопходне ресурсе који ће помоћи да се усвојена стратегија реализује. Развијени планови побољшања треба да утврде конкретне мере, одговорности за реализацију, рокове и неопходне ресурсе за остварење дефинисаних циљева.

Посебно важно је стварање свести запослених о значају декарбонизације, имплементацији различитих МАСУО и расположивих сценарија компензације преосталог угљеничног отиска, пошто једноставно преношење информација неће довести до очекиваних резултата. Избор поруке, тон и начин на који се порука преноси, може суштински утицати промену понашања и схватање важности зашто треба бити енергетски ефикасан, какав је утицај неефикасног коришћења енергије на загађење животне средине и како га смањити. Адекватна обука пружа запосленима одговарајућа знања потребна за успешну декарбонизацију производног процеса. Тим који је одређен за спровођење конкретних побољшања мора да анализира евентуалне потешкоће у реализацији планиране методологије декарбонизације и да предлаже адекватна решења.

Верификација резултата добијених након спровођења МАСУО и компензације угљеничног отиска, омогућује процену да ли су дефинисани циљеви постигнути или не. Веома значајно је да су добијени подаци релевантни, потпуни и да садрже потребне информације у смислу остварених очекивања, као и назнаку за дефинисање нових радњи.

У завршном кораку, када су све планиране активности спроведене, извршена верификација остварених резултата у односу на дефинисане циљеве, створени услови за извођење потребних закључака, могуће је извршити стандардизацију даљих активности. То значи да је након свих спроведених корака PDCA начела, могуће наставити циклус непрекидног (континуираног) унапређења декарбонизације процеса производње, те се ствара простор за примену SDCA начела, (енг. *standardize-do-check-act*), што је циклус стандардизације, односно одржавања постигнутог нивоа квалитета већ спроведених МАСУО и компензације преосталог угљеничног отиска.

3.7 Ограничавајући фактори за имплементацију декарбонизације технолошког процеса производње

Ограничавајући фактори за имплементацију декарбонизације технолошког процеса производње могу бити различити и они се у првом реду односе на следеће:

- потрошња енергије се обично третира као режијски трошак, стога се смањење овог трошка не види као одговорност сваког конкретног менаџера из сваког сектора предузећа, већ се сматра да је то искључиво одговорност сектора производње и одржавања,
- фокус менаџмента предузећа је обично на основним активностима, као што су производња, а још више продаја, не узимајући у обзир утицај производног процеса на угљенични отисак предузећа и потребу његовог смањења,
- став предузећа према ЕЕ обично је заснован на „закону потражње“, где ниже цене енергије имају тенденцију да смање жељу за сагледавањем могућности смањења њене потрошње, односно за потребама спровођења МАСУО и каснију компензацију преосталог угљеничног отиска,
- трошкови куповине угљеничних кредита могу бити релативно високи, што може значајно утицати на укупне трошкове, што даље, може имати негативан утицај на финансијске резултате предузећа,
- нека предузећа могу бити осетљива на перцепцију јавности у вези критика уколико се куповина угљеничних кредита види као начин за избегавање стварних напора за смањење емисија GHG,
- процес мерења и верификације угљеничних кредита може бити комплексан и захтевајући, што такође може деловати одбијајуће на предузећа,
- обично је декарбонизација технолошког процеса ниско позиционирана на листи приоритета предузећа у односу на друге активности и проблеме који се односе на остале секторе и за које се сматра да имају виши ниво приоритета (маркетиншке кампање, остварена продаја, наплата потраживања и сл.),
- мањак информација у вези очекиваном исплативошћу инвестиција у спровођење декарбонизације ствара недостатак разумевања и подршке за ову врсту пројеката,
- недостатак стручности за имплементацију декарбонизације,
- фокусирање на иницијалне (високе) трошкове приликом имплементације декарбонизације, уместо да ово посматра као дугорочни бенефит предузећа који се огледа кроз конкурентност на тржишту и побољшање репутације међу потрошачима, инвеститорима и регулаторним органима,
- не постојање жеље за промену статуса кво и изласка из постојеће зоне комфора.

Као закључак, намеће се да је финансирање један од битних ограничавајућих фактора за имплементацију декарбонизације у предузећима производног сектора. Ова имплементација може захтевати значајне инвестиције у нове одрживе технологије, енергетски ефикасну опрему или у обуку запослених. Многа предузећа имају ограничене могућности за инвестиције, па немају довољно финансијских средстава да се адекватно баве декарбонизацијом. Осим тога, структурни фактори као што је застарела инфраструктура која се тешко може заменити новом, енергијски ефикаснијом, такође представља чест проблем. На крају, недостатак свести о значају декарбонизације и недостатак ангажовања менаџмента и запослених је можда главни ограничавајући

фактор. Ако предузећа нису свесна проблема емисија GHG и њихових утицаја на животну средину, или немају запослене који су спремни да се ангажују у овом процесу, декарбонизација може бити отежана.

4. ПРИМЕНА УСВОЈЕНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ КРОЗ СТУДИЈУ СЛУЧАЈА ПРЕДУЗЕЋА ПРЕХРАМБЕНЕ ИНДУСТРИЈЕ

У наставку је приказана практична примена усвојене методологије за имплементацију декарбонизације у једном предузећу прехранбене индустрије у Републици Србији. За студију случаја изабрано је Предузеће у коме се производе индустријски маргарини, биљне масти, пекарски побољшивачи и смеше.

4.1 Опште информације о Предузећу

На слици 4.1 приказан је плочрт (енг. *layout*) производних погона Предузећа, котларнице на природни гас, расхладног амонијачног постројења које се користи за потребе технолошког процеса, магацинског простора и административног дела, док слика 4.2, приказује намену сваке од целине у Предузећу. Опште информације о Предузећу приказане су у табели 4.1.

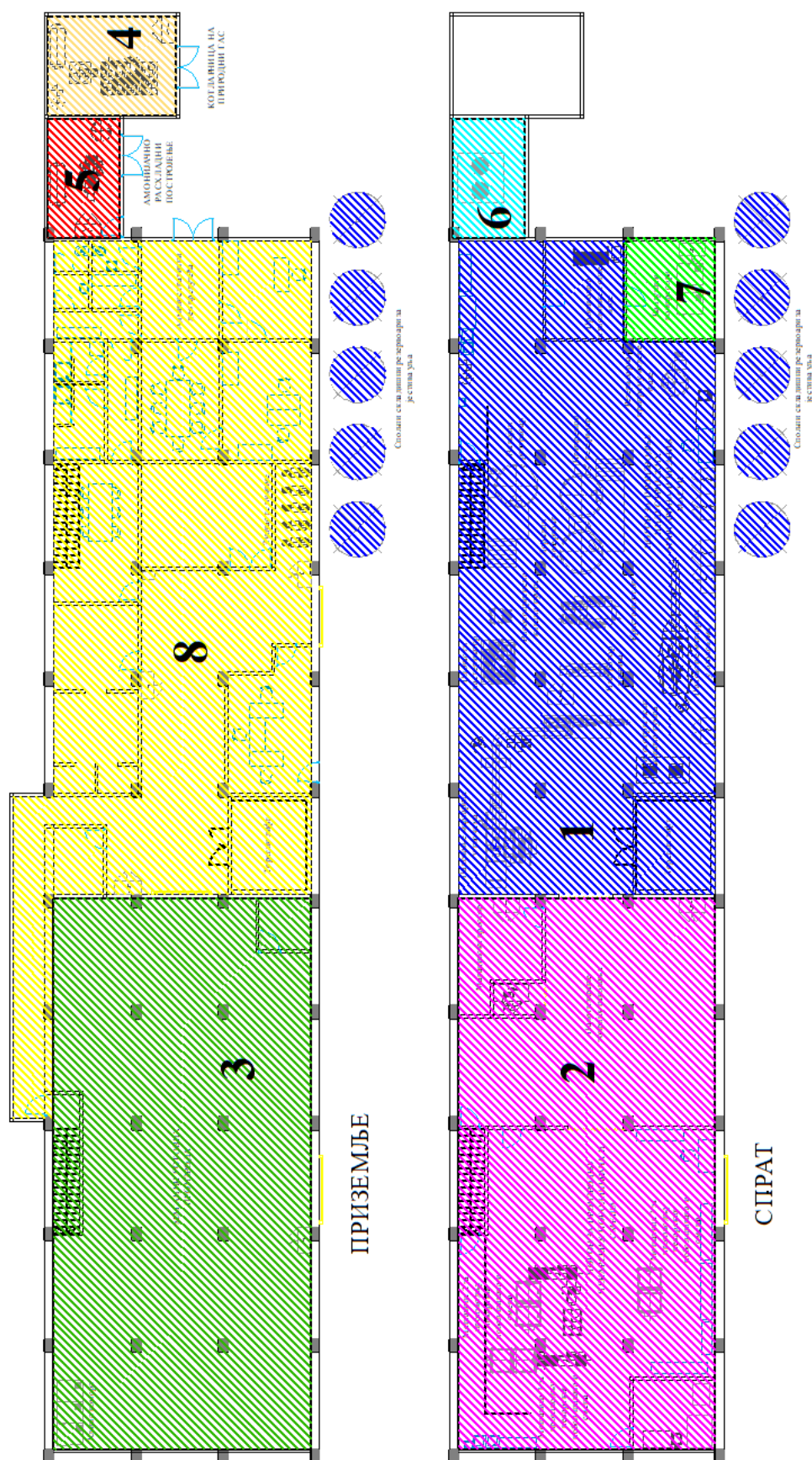
Назив предузећа:	Предузеће узето за студију случаја
Локација (адреса):	Централна Србија
Број запослених:	30 (у производним операцијама)
Производни програм:	– индустријски маргарини и биљне масти; – пекарски побољшивачи и смеше
Годишње ангажовање:	око 290 радних дана
Искоришћеност капацитета	око 70%

Табела 4.1 Опште информације о Предузећу

Предузеће нема именовану функцију, нити именованог енергетског менаџера. Кључну улогу у прикупљању и анализирању податка о начину коришћења енергије, припреми планова, предлогу мера ЕЕ, изради извештаја о остваривању циљева ЕЕ и предузимању осталих активности унапређења ЕЕ има Менаџер операција. Тим задужен за спровођење ЕЕ чине још и Менаџер производње и Менаџер одржавања.

Приликом посете Предузећу приметно је, да упркос одсуству мултидисциплинарног тима за спровођење декарбонизације, постоји жеља за спровођење ове иницијативе. Комуникација са запосленима постоји, али је она претежно у вези са домаћинским коришћењем енергије и са утицајем емисија отпада из производног процеса на животну средину. Нажалост, не може се тврдити да су запослени на нижим нивоима организационе структуре у Предузећу упознати са значајем процеса декарбонизације како за Предузеће, тако и за друштво у целини. Узрок овоме може бити и генерални став који преовладава у нашем друштву, па се менаџменту сугерише спровођење интерних обука и дељење релевантних информација којима би се запосленима указало на значај декарбонизације, подстицао њихов ентузијазам и посвећеност том процесу. Доношење одлуке о формирању тима за декарбонизацију и јасно дефинисана и промовисана Повеља о угљенично неутралној производњи представљао би значајан први корак ка остварењу те визије.

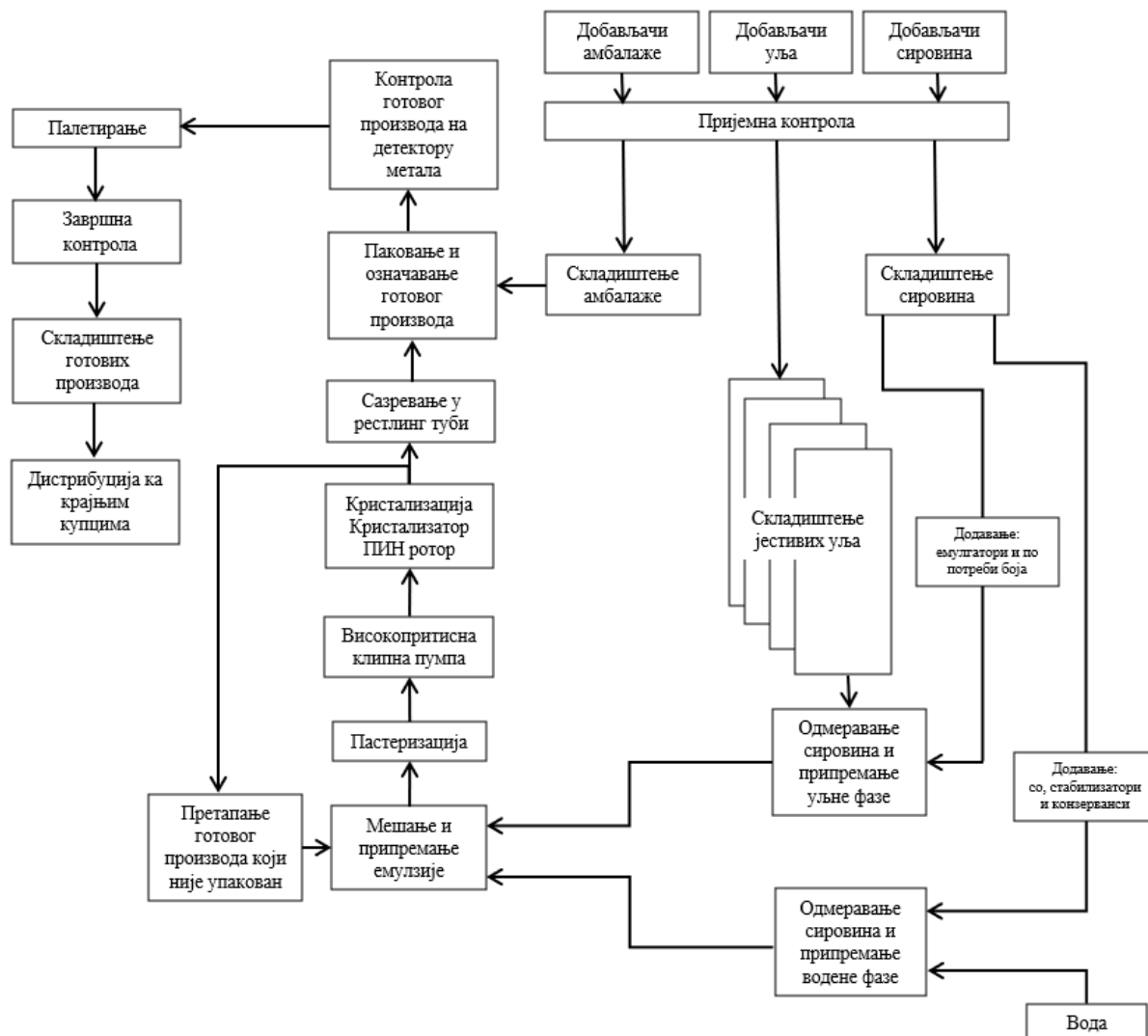




Слика 4.2 Тлоцрт Предузећа са означеним целинама

4.1.1 Дефинисање производних целина

Према Правилнику о квалитету и другим захтевима за јестива биљна уља, масти, маргарин и друге масне намазе, мајонез и сродне производе („Службени гласник Републике Србије“ бр. 43/2013) маргарин је производ у облику течне, получврсте или чврсте емулзије типа воде у уљу са садржајем масноће од 80% до 90%. Биљна маст је производ добијен од различитих јестивих биљних уља, поступком мешања и кристализације који садржи најмање 95% биљних уља. Шематски приказ технолошког процеса производње индустријских маргарина и биљних масти приказан је на слици 4.3 (Aleksic, Gordic, & Vanja M. Sustersic, 2014).



Слика 4.3 Технолошки процес производње индустријских маргарина и биљних масти

Основне сировине које се користе у производњи су јестива уља (у Предузећу које је било предмет студије случаја то су рафинисано или хидрогенизовано палмино уље, палмстеарин и рафинисано сунцокретово уље) која се у зависности од рецептуре готовог производа мешају у одређеним односима са водом и додацима. Јестива уља се од добављача допремају аутоцистернама и након истакања, складиште у вертикалним спољашњим складишним резервоарима. Сваки резервоар у себи има грејни спирални цевовод и дупликаторско дно у коме циркулише топла вода температуре од 60 °C до 65 °C у циљу посредног грејања ускладиштеног уља. Грејање сваког резервоара је

независно ради складиштења јестивог уља у течном стању, на стабилној температури која мора да се креће у дефинисаним границама да би се избегао процес оксидације ускладиштеног уља. Количина уља у складишним резервоарима мери мерачима којима су резервоари опремљени, а измерене вредности и потрошња региструју се у информационом систему Предузећа.

Транспорт уља од складишних резервоара до процесне опреме врши се зупчастим пумпама, чија кућишта имају могућност грејања топлотом водом. Сви цевоводи којима се уља транспортују од складишних резервоара до процесне опреме су дупликаторски (цев у цеви). Кроз унутрашњи цевовод се транспортују уља, а спољашњи цевовод служи за циркулацију топле воде којом се греје унутрашњи цевовод. Температура топле воде за грејање је од 60 °C до 65 °C.

Процесну опрему чине процесни резервоари за припремање уљне и водене фазе са претећим центрифугалним пумпама, резервоар за мешање емулзије, опрема за пастеризацију, кристализацију, резервоар дораду и претапање готовог производа који није запакован.

Уљна и водена фаза се припремају у засебним резервоарима са дупликаторским зидовима који се посредно греју топлотом водом температуре од од 60 °C до 65 °C. Сваки од ових резервоара опремљен је мешачем који омогућава брже и равномерно растварање и мешање сировина. Резервоари се ослањају на мерне ћелије којима се количине додатих сировина мере, а измерене вредности се региструју у информационом систему, као податак о величини припремљене шарже. Одмеравање потребне количине јестивих уља врши се директним упумпавањем уља из спољних складишних резервоара у припремни резервоар, мерењем преко мерних ћелија на које се резервоар ослања. У овај резервоар се након тога додају емулгатори и по потреби боја. Вода из водоводне мреже која се користи као сировина, најпре се филтрира и омекшава до тврдоће 0 °dH. Одмеравање потребне количине воде врши се директним упумпавањем воде у резервоар за припремање водене фазе, а потом се вода загрева на температуру од 60 °C до 65 °C циркулацијом кроз плочасти размењивач топлоте. Припремање водене фазе се врши тако што се у загрејану воду додају со, стабилизатори и конзерванси.

Након завршетка припремања фаза, одвија се процес стварања емулзије са усвојеном величином шарже од 1.000 kg. У резервоару за мешање емулзије, помоћу центрифугалних пумпи, садржај резервоара за припрему уљне и водене фазе препумпава се у припремни резервоар, где се ствара емулзија. Емулзија представља спајање две течне фазе, уљне и водене, у припремном резервоару који се греје топлотом водом преко дупликаторских зидова и који је опремљен одговарајућим мешачем ради поспешивања процеса стварања емулзије и њене хомогености. Тако створена емулзија се даље препумпава помоћу центрифугалне пумпе ка напојном резервоару, а одатле се такође центрифугалном пумпом транспортује ка пастеризатору.

Следећи корак у процесу производње маргарина и биљних масти је пастеризација, термичко технолошки поступак на температурама од 85 °C до 90 °C којим се уништавају вегетативни облици микроорганизама у емулзији. У Предузећу се за процес пастеризације користи плочасти пастеризатор који се састоје од три секције. Улаз емулзије у пастеризатор је у примару средње тзв. рекуперативне секције из које се емулзија креће ка топлој секцији у којој се врши њено загревање врелом водом на температуру од 85 °C до 90 °C, а потом се пастеризована емулзија враћа у рекуперативну секцију, али овај пут кроз секундар. Даље се врши њено хлађење хладном водом у хладној секцији и она напушта пастеризатор са температуром од 55 °C до 60 °C. Са аспекта размене топлоте, емулзија се у топлој секцији греје врелом водом,

а у хладној секцији хлади се водом (температуре) из водоводне мреже. Да би се смањила потрошња воде за хлађење, она се у затвореном кругу циркулације након изласка из пастеризатора, хлади расхладним кулама и путем центрифугалне пумпе враћа назад до хладне секције пастеризатора. Сви цевоводи којима се емулзија транспортује од резервоара за припремање уљне и припремање водене фазе, до пастеризатора, су дупликаторски. Кроз унутрашњи цевовод транспортује се емулзија, а спољашњи цевовод служи за циркулацију топле воде којом се греје унутрашњи цевовод. Температура воде за грејање је од 60 °С до 65 °С. Такође све пратеће центрифугалне пумпе су са кућиштем које има могућност грејања топлим водом.

Након завршетка процеса пастеризације, помоћу високопритисне клипне пумпе, емулзија се транспортује до кристализатора (енг. *perfector*) у коме се одвија њено хлађење и кристализација. Стварањем кристала, емулзија добија чврсту структуру. Кристализатор је посебан размењивач топлоте, специфичан за производњу маргарина и биљних масти, у коме се као расхладни флуид користи течни амонијак, који индиректно хлади емулзију док она струји кроз кристализатор. Из тог разлога саставни део процеса кристализације је и расхладно амонијачно постројење које обезбеђује хлађење емулзије у кристализатору. Хлађењем, емулзија се кристализује смрзавањем молекула воде и њиховим везивањем за молекуле уља уз помоћ додатих емулгатора чиме се формира тродимензионална кристална решетка емулзије.

Високопритисна клипна пумпа даље потискује кристале емулзије из кристализатора до уређаја за стварање пластичности. Овај уређај, тзв. пин ротор машина (енг. *pin rotor machine*), састоји се од цевастог кућишта које на унутрашњој страни има радијално постављене чивије и ротора смештеног унутар њега који такође има по својој дужини радијално постављене чивије. Чивије статора и ротора се мимоилазе приликом окретања ротора и на тај начин разбијају кристале, тако да се емулзија из чврсте структуре преводи у пластичну и на тај начин се добија готов производ, маргарин или биљна маст.

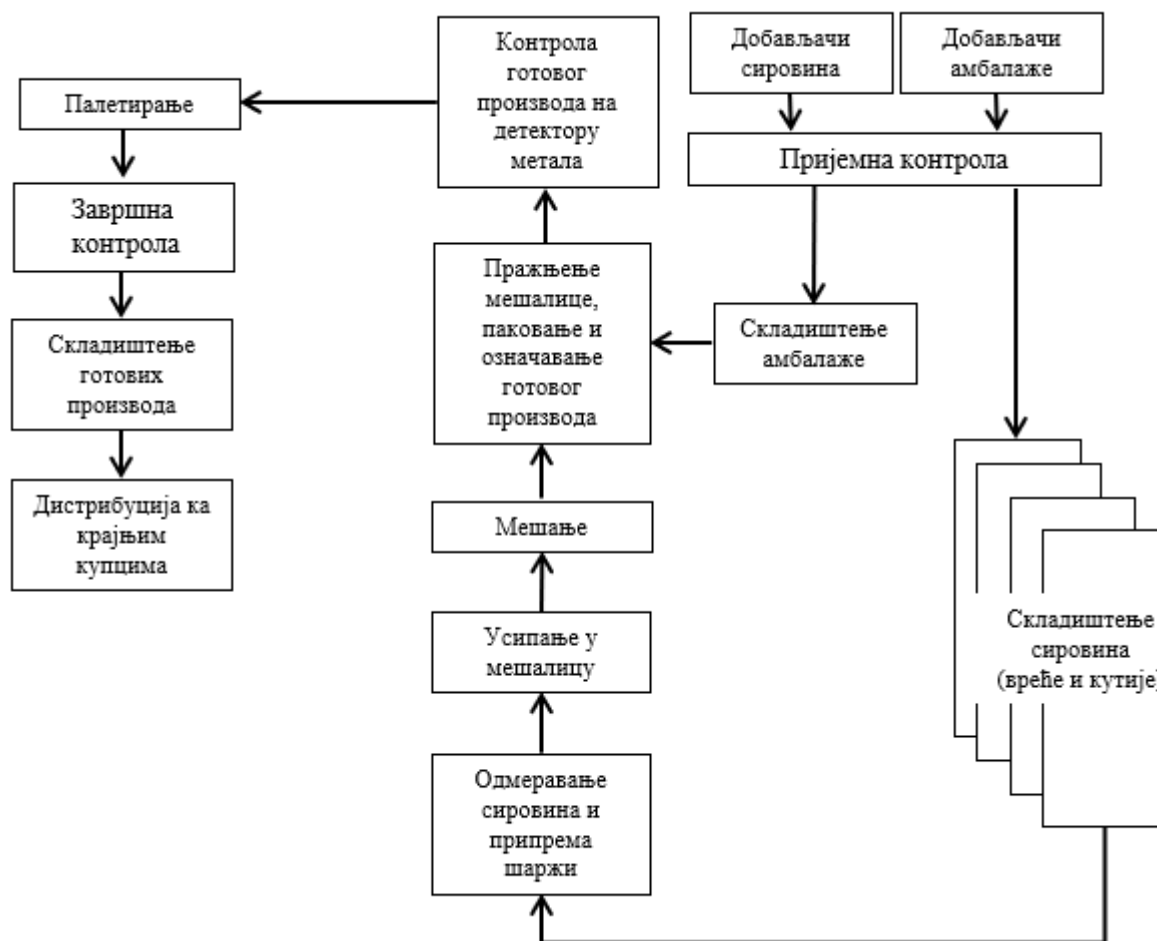
Након пин ротор машине, готов производ се усмерава кроз пунилицу до уређаја за паковање у различитим облицима: маргарин у блоковима, маргарин у листовима, полутечни маргарин и/или биљне масти. Уколико у процесу производње из било ког разлога дође до застоја приликом паковања готовог производа, он се преусмерава на претапање. Након тога се растопљен враћа дупликаторским цевоводом који се греје топлим водом, до напојног резервоара помоћу центрифугалне пумпе са кућиштем које има могућност грејања, чиме се одржава континуалност процеса производње. Готов производ се претапа у резервоару са дупликаторским омотачем које се индиректно греје воденом паром температуре око 135°С. Овај резервоар је такође опремљен мешачем који омогућава брже растапање производа у њему.

Готови производи се прво пакују у примарно паковање (ПЕ фолију или ПЕ кесу у зависности од врсте готовог производа), а потом у збирно паковање – картонску кутију. Збирна паковања се палетизирају и палете се транспортују до магацина готових производа.

Према Правилнику о прехранбеним адитивима ("Службени гласник Републике Србије", бр. 53/2018) побољшивачи представљају адитиве за пекарство су супстанце које се, без обзира на хранљиву вредност, не користе као пекарски производи, нити представљају карактеристичан састојак пекарских производа, али се из технолошких разлога додају пекарским производима у току производње, прераде, припреме, обраде, паковања, транспорта или чувања, тако да директно или индиректно преко својих међупроизвода постају или могу да постану састојак пекарских производа. Према

Правилнику о квалитету и другим захтевима за фине пекарске производе, жита за доручак и снек производе („Службени гласник Републике Србије“ бр.12/2005, 43/2013 и 68/2016), пекарске смеше представљају готове смеше за производњу, прераду, припрему, обраду пекарских и других производа.

Шематски приказ технолошког процеса производње пекарских побољшивача и смеша приказан је на слици 4.4.



Слика 4.4 Технолошки процес производње пекарских побољшивача и смеша

Технолошки процес производње пекарских побољшивача и смеша врши се шаржно, са усвојеном величином шарже од 1.000 kg за сваку од три мешалице и за сваки производ понаособ. Основне сировине које се користе у производњи ових производа су различите врсте белог пшеничног брашна, тамног брашна (ражено брашно, грахам брашно, хељдино брашно и сл.), со, шећер, ензими, емулгатори, боје, ароме, конзерванси и остало. Сировине и амбалажа за производњу испоручују се од стране добављача у врећама и/или кутијама. Након контроле и испитивања квалитета, врши се њихов пријем у магацин сировина. На основу рецептуре готовог производа, сировине и амбалаже се на палетама из магацинског дела допремају до просторије где се врши одмеравање сировина и припрема шаржи. Припремљена шаржа транспортује се до мешалица где се врши ручно усипање сировина у горњи део мешалице. Након задатог времена мешања, прахњење готовог производа из мешалица врши се у

трослојне натрон вреће на доњем делу мешалице, полуаутоматски, преко уређаја за дозирање и прошивање врећа. Након тога, врши се палетизирање збирних паковања и палете се транспортују до магацина готових производа.

Поред производних погона за производњу индустријских маргарина, биљних масти и пекарских побољшивача и смеша, Предузеће има и технички блок у коме се налази са котларница на природни гас, инсталиране снаге 350 kW и капацитета производње паре 600 kg/h са припадајућим системом за дистрибуцију топлотне енергије. Топлотна енергија у Предузећу користи се у технолошком процесу производње маргарина и биљних масти за:

- грејање воде на температуру од од 60 °C до 65 °C (тзв. технолошка топла вода) која се користи за грејање складишних резервоара, дупликаторких цевовода и процесних резервоара и пумпи,
- пастеризацију,
- претапање готовог производа у дорадном резервоару,
- грејање просторија производног погона и административног дела Предузећа у зимском периоду.

Предузеће поседује ваздушни компресор инсталиране снаге 15 kW и капацитета 104,8 m³/h компримираног ваздуха, као и резервни ваздушни компресор инсталиране снаге 11 kW и капацитета 102,6 m³/h који су повезани на систем дистрибуције компримованог ваздуха притиска од 10 bar.

За потребе технолошког процеса производње маргарина и биљних масти користи се амонијачно расхладно постројење расхладног капацитета од 120 kW у радном режиму температура испаравања – 20 °C и температура кондензације + 35 °C.

У магацинском простору у коме се складиште готови производи користи се клима комора капацитета од 25 kW за грејање, хлађење и вентилацију.

Климатизација административног дела Предузећа врши се клима уређајима, помоћу 10 уграђених јединица, сваке расхладног капацитета 12.000 BTU.

Расвета у Предузећу изведена је плафонски, водоотпорним светиљкама у кућишту заштите IP65 и то 11 светиљки са по две флуороцентне (FL) цеви, снаге 2 x 40 W и 49 светиљки са по две ЛЕД цеви снаге 2 x 6 W. Укупна номинална снага расвете је 1.468 kW.

4.1.2 Подаци о оствареном обиму производње

Подаци о месечном обиму производње за референтну 2019. годину, приказани су у табели 4.2. Као референтна година за анализу производних активности усвојена је 2019. година, из два разлога:

1. Због још увек актуелне пандемије COVID 19, производне активности у току 2020. Године су биле модификоване и прилагођене епидемијским мерама,
2. У Предузећу није било активности на повећању ЕЕ у последње 3 године.

Детаљан опис и додатне информације о вођењу процеса производње, енергетским потрошачима, енергентима доступним на локацији, начинима оперативног управљања и одржавању производне опреме и енергетских постројења налазе се у попуњеним стандардизованим упитницима (Прилог 1).

Месец	Производња пекарских побољшивача и пекарских и смеша				Производња индустријских маргарина и биљних масти			
	Обим произв.	Број радних дана	Укупан број радних сати	Продуктивност	Обим произв.	Број радних дана	Укупан број радних сати	Продуктивност
ј.м.	[t]	[-]	[h]	[kg/h]	[t]	[-]	[h]	[kg/h]
јан.19	129,94	20	304	427,43	417,32	22	528	876,72
феб.19	109,03	19	280	389,41	510,74	26	624	864,20
мар.19	131,85	21	320	412,03	460,24	24	576	866,74
апр.19	140,18	22	320	438,07	410,99	22	528	838,76
мај.19	143,02	21	336	425,66	541,08	29	696	876,94
јун.19	140,95	20	296	476,18	570,02	29	696	863,67
јул.19	156,79	23	344	455,78	330,27	18	432	840,38
авг.19	116,87	22	216	541,06	243,37	16	384	741,98
сеп.19	150,67	21	328	459,37	373,68	21	504	826,73
окт.19	167,32	22	328	510,11	453,10	24	576	915,35
нов.19	133,60	20	280	477,14	554,80	29	696	908,01
дец.19	159,65	22	320	498,89	598,14	28	672	930,23
укупно	1.679,87	253	3672	459,26	5.463,74	288	6912	862,48

Табела 4.2 Подаци о месечном обиму производње за референтну 2019. годину

4.2 Одређивање почетне вредности угљеничног отиска Предузећа

Да би се одредила почетна вредност угљеничног отиска Предузећа која одговара уобичајном пословању детаљним енергетским прегледом се најпре дефинисало базно стање енергетске потрошње свих енергената који се користе у Предузећу:

- електричне енергије,
- топлотне енергије (природног гаса).

4.2.1 Енергетски преглед

Енергетски преглед Предузећа спроведен је у циљу идентификовања потенцијалних могућности уштеде енергије како би се побољшала енергетска одрживост. Поред производног процеса енергетски преглед је обухватио и процесе производње и дистрибуције топлотне енергије, расхладне технолошке системе, системе дистрибуције компримираног ваздуха, системе КГХ, али и непроизводне целине (магацине и административни део Предузећа).

У Предузећу се за производњу индустријских маргарина и биљних масти користи електрична и топлотна енергија (природни гас), док се за производњу пекарских побољшивача и смеша користи само електрична енергија.

Топлотна енергија користи се само за производњу маргарина и за загревање простора у зимском периоду. Подаци о потрошњи природног гаса за референтну 2019. годину приказани су у табели 4.3.

Месец	Обим производње маргарина и биљних масти	Потрошња природног гаса	Потрошња природног гаса	Потрошња природног гаса, грејање простора	Потрошња природног гаса, грејање простора	Потрошња природног гаса, производња
ј.м.	[t]	[Sm ³]	[kWh] ²	[kWh]	[%]	[kWh]
јан.19	417,32	8.336	77.191	29.015	37,6 %	48.176
феб.19	510,74	8.303	76.886	20.039	26,1 %	56.847
мар.19	460,24	7.063	65.403	13.179	20,2 %	52.224
апр.19	410,99	5.386	49.874	2.293	4,6 %	47.581
мај.19	541,08	7.068	65.450	0	0%	65.450
јун.19	570,02	5.656	52.375	0	0%	52.375
јул.19	330,27	4.544	42.077	0	0%	42.077
авг.19	243,37	3.757	34.790	0	0%	34.790
сеп.19	373,68	5.295	49.032	3.890	7,9 %	45.142
окт.19	453,10	5.805	53.754	1.883	3,5 %	51.871
нов.19	554,80	7.248	67.116	3.999	6,0 %	63.117
дец.19	598,14	8.518	78.877	17.700	22,4 %	61.177
укупно	5.463,75	76.979	712.825	91.998	12,91%	568.504

Табела 4.3 Подаци о месечној потрошњи природног гаса за 2019. годину

Утрошак електричне енергије у Предузећу мери се само на главном бројилу у главном разводном орману (ГРО) што умногоме отежава детаљну анализу потрошње по производним погонима. Из тог разлога одговорни у Предузећу су поставили преносни мерач потрошње електричне енергије у разводном орману (РО) погона за производњу пекарских побољшивача и смеша, ради процене потрошње електричне енергије у овом погону. На основу података о часовној потрошњи електричне енергије и података о дневном обиму производње за период од 03.07.2021. до 06.10.2021. године, дошло се до закључка да је за производњу пекарских побољшивача и смеша просечни дневни утрошак електричне енергије износио 35,6 kWh. При томе је просечна дневна производња износила 5,78 t, тако да се за даљу анализу може сматрати да је процењена потрошња електричне енергије у производњи пекарских побољшивача и смеша приближно 6,2 kWh/t.

Подаци о потрошњи електричне енергије за референтну 2019, приказани су у табели 4.4.

Месец	Укупна потрошња електричне енергије	Обим производње пекарских побољшивача и смеша	Процењена потрошња ³ ел. Енергије пекарских побољшивача и смеша	Обим производње маргарина и биљних масти	Процењена потрошња ел. Енергије, маргарина и биљних масти
ј.м.	[kWh]	[t]	[kWh]	[t]	[kWh]
јан.19	59.200,00	129,94	805,63	417,32	58.394,37
феб.19	57.200,00	109,03	675,99	510,74	56.524,01
мар.19	48.800,00	131,85	817,47	460,24	47.982,53
апр.19	53.200,00	140,18	869,12	410,99	52.330,88

² Фактор конверзије: 1 Sm³ = 9,26 kWh³ Процењена потрошња ел. енергије у производњи пекарских побољшивача и смеша 6,2 kWh/t производа

мај.19	54.000,00	143,02	886,72	541,08	53.113,28
јун.19	63.612,00	140,95	873,89	570,02	62.738,11
јул.19	48.188,00	156,79	972,10	330,27	47.215,90
авг.19	43.800,00	116,87	724,59	243,37	43.075,41
сеп.19	49.280,00	150,67	934,15	373,68	48.345,85
окт.19	53.120,00	167,32	1.037,38	453,10	52.082,62
нов.19	59.400,00	133,60	828,32	554,80	58.571,68
дец.19	65.200,00	159,65	989,83	598,14	64.210,17
укупно	655.000,00	1.679,87	10.415,19	5.463,75	644.584,81

Табела 4.4 Подаци о месечној потрошњи електричне енергије за 2019. годину

4.2.2 Одређивање ЦПЕ и анализа енергетских токова

Токови енергије и материјала у предузећу анализирају се тако што је потрошња енергије посматрана у ЦПЕ у којима се користе значајни износи енергије:

- ЦПЕ 1: производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти,
- ЦПЕ 2: производни погон за производњу пекарских побољшивача и смеша,
- ЦПЕ 3: магацин готових производа,
- ЦПЕ 4: котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде,
- ЦПЕ 5: расхладно амонијачно постројење за процес кристализације,
- ЦПЕ 6: расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације,
- ЦПЕ 7: ваздушни компресори са системом за дистрибуцију компримованог ваздуха,
- ЦПЕ 8: административни део предузећа и остало.

Ради израде детаљне анализе енергетских токова неопходно је директно мерење физичких величина у сваком ЦПЕ како би се добили адекватни подаци за израчунавање утрошене енергије и да би се на основу спроведене анализе дао предлог мера ЕЕ, имплементације локалних ОИЕ и евентуалног коришћења отпадне топлоте у циљу декарбонизације процеса производње у Предузећу. У ту сврху коришћена је уграђена мерна опрема у Предузећу, али и различите врсте преносивих инструмената:

- термовизијска ИЦ камера (FLIR E60),
- трофазни анализатор снаге (Extech 382091),
- струјна клешта (Fluke 365),
- детектор цурења компримованог ваздуха (Trotec SL3000),
- мерач брзине и температуре ваздуха (ALNOR CompuFlow 8525),
- ласерски даљиномер (Fluke 414D),
- бесконтактни термометар (Allosun EM520),
- мерач потрошње електричне енергије (BRENNENSTUHL PM 231).

Термовизијска ИЦ камера: термовизијски преглед инсталација у Предузећу извршен је термовизијском камером FLIR E60 (слика 4.5) како би се детектовали потенцијални губици топлоте и проценило стање топлотне изолације. FLIR E60 представља термовизијску камеру са напредним функцијама намењену за свакодневну употребу у индустријским системима. Одликује је широко мерно подручје (од $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $650\text{ }^{\circ}\text{C}$) и тачност од $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $\pm 2\%$, уз претпоставку адекватног одабира коефицијента термичке емисије. Термичка осетљивост читавања је мања од $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Техничке карактеристике		
IC резолуција:	320 x 240	
MSX резолуција:	320 x 240	
Фокус:	Мануелни	
Зум:	2x + 4x дигитални	
Мерни температурни опсег:	од -20 °C до 120 °C; од 0 °C до 650 °C	
Прецизност мерења:	±2 °C или ±2%	
Радни температурни опсег:	од -15 °C до 50 °C	
Температурни опсег чувања:	од -40 °C до 70 °C	

Слика 4.5 Термовизијска камера FLIR E60

Трофазни анализатор снаге: стање електричних инсталација и уређаја, као и њихови радни параметри анализирани су коришћењем трофазног анализатора снаге Extech 382091 (слика 4.6). Extech трофазни анализатор снаге има могућност прикупљања и чувања измерених вредности и представља један од основних алата за обављање енергетских прегледа. Омогућава мерења потрошње енергије у [kWh], [kVArh] и [kVAh] () и приказује активну, привидну и реактивну енергију као и фактор снаге. Има могућност програмирања времена почетка и краја мерења, као и могућност аутоматског или ручног чувања података.

Техничке карактеристике		
Мах AC напон:	999,9 V	
Мах DC напон:	999,9 V	
Фактор снаге	од -1 до 1	
Снага (AC-DC):	од 0,1 kW до 999,9 kW	
Прецизност мерења DC напона:	± 0,5%	
Прецизност мерења фактора снаге:	± 3%	
Прецизност мерења фреквенције:	± 0,5%	
Прецизност мерења снаге:	± 1,5%	

Слика 4.6 Трофазни анализатор снаге Extech 382091

Струјна клешта: мерење радних параметара електричних уређаја вршено је и струјним клештима Fluke 365 (слика 4.7). Fluke 365 је робустан ручни мерач са одвојивим клештима, намењен мерењима у постројењима где је отежан приступ. Овим уређајем се могу мерити јачина струје AC и DC), напон (AC и DC) и отпорност.

Техничке карактеристике		
Мах AC – DC јачина струје:	200 A	
Мах AC - DC напон:	600 V	
Отпорност:	од 600 Ω до 6000 Ω	
Резолуција AC - DC јачине струје:	0,1 A	
Резолуција AC - DC напона:	0,1 V	
Резолуција отпорности:	од 0,1 Ω до 1 Ω	
Прецизност мерења јачине струје:	$\pm 2 \%$	
Прецизност мерења AC напона:	$\pm 1,5 \%$	
Прецизност мерења DC напона:	$\pm 1 \%$	
Прецизност мерења отпорности:	1%	

Слика 4.7 Струјна клешта Fluke 365

Детектор цурења компримованог ваздуха: испитивање система за дистрибуцију компримованог ваздуха у циљу проналажења евентуалних места цурења извршено је ултразвучним детектором Trotec SL3000 (слика 4.8). Trotec SL3000 детектује ултразвучне сигнале и претвара их у звучне сигнале. Истовремено, ниво снимљеног звука нумерички се приказује на екрану. SL3000 се користи за превентивну контролу и/или локализацију грешака, цурења на цевима, филтерима, механичким лежајима и електричним компонентама. Опремљен одговарајућим додацима може се користи за: откривање цурења на разводу компримованог ваздуха, као и парним, гасним и вакумским системима, контролу истрошености лежајева, откривање делимичних електричних пражњења на изолацијама и контролу одвајача кондензата. Радна фреквенција је око 40 kHz.



Слика 4.8 Ултразвучни детектор Trotec SL3000

Мерач брзине и температуре ваздуха: мерење параметара отпадног ваздуха у компресорској станици извршено је мерачем брзине и температуре ваздуха ALNOR CompuFlow 8525, (слика 4.9). ALNOR CompuFlow 8525, омогућава мерење брзине и температуре ваздуха у више тачака у каналима.

Техничке карактеристике		
Мерни температурни опсег:	од 0 °C до 70 °C	
Резолуција мерења температуре:	0,1 °C	
Прецизност мерења температуре:	±0,3 °C	
Мерни опсег брзина струјања:	од 0,1 m/s до 10 m/s	
Резолуција брзина струјања:	0,05 m/s	
Прецизност мерења брзина струјања:	±2,5%	

Слика 4.9 Мерач ALNOR CompuFlow 8525

Ласерски даљиномер: ласерски даљиномер Fluke 414D (слика 4.10) коришћен је за безбедно мерење димензија елемената процесне опреме, као и њихових међусобних растојања. Мерач 414D омогућава индиректно мерење површине и запремине уз меморисање до пет резултата мерења.

Техничке карактеристике		
Мерна раздаљина:	до 50 m	
Уобичајена мерна раздаљина:	до 40 m	
Мерна раздаљина при неповољним условима:	до 35 m	
Прецизност мерења:	±2 mm	
Резолуција мерења:	1 mm	
Класа ласера:	2	

Слика 4.10 Ласерски даљиномер Fluke 414D

Бесконтактни термометар: мерење температуре појединих елемената система извршено је бесконтакним термометром Allosun EM520 (слика 4.11). Бесконтактни термометар нуди могућност безбедног мерења температуре елемената система у постројењима где је отежан приступ или приступ није могућ из безбедносних разлога.

Техничке карактеристике		
Мерни температурни опсег:	од 20 °C до 520 °C	
Прецизност мерења:	± 2 °C	
Коефицијент термичке емисије:	0,95	
Спектар мерења:	од 7 μm до 18 μm	
Брзина детекције:	500 ms	
Дозвољена релативна влажност:	од 10 % до 95 %	

Слика 4.11 Бесконтактни термометар Allosun EM520

Мерач потрошње електричне енергије: потрошња електричне енергије мањих уређаја у оквиру Предузећа мерена је помоћу BRENNENSTUHL PM 231 мерача потрошње (слика 4.12). Мерач PM 231 је израђен према највишим стандардима који омогућавају дуготрајну и безбедну употребу. Уређај омогућава мерење напона, јачине струје, снагу, фактор снаге, фреквенцију и потрошњу.

Техничке карактеристике		
Номинални напон:	230 V на 50 Hz	
Максимална снага:	3600 W	
Мерни опсег АС напона:	од 190 V до 276 V	
Мерни опсег јачине струје:	од 0,01 A до 16 A	
Мерни опсег снаге:	од 0,2 W до 3600 W	
Прецизност мерења напона:	$\pm 1\%$	
Прецизност мерења јачине струје:	$\pm 1\%$ или $\pm 0,01$ A	
Прецизност мерења снаге:	$\pm 1\%$ или $\pm 0,2$ W	
Мерни опсег фреквенције:	од 45 Hz до 65 Hz	

Слика 4.12 Мерач потрошње електричне енергије Brennenstuhl PM 231

4.2.2.1 ЦПЕ 1 Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти

Потрошња енергије у производном погону за производњу индустријских маргарина и биљних масти анализирана је за следеће технолошке целине:

- П1. пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина),

- П2. припремање уљне фазе,
- П3. припремање водене фазе,
- П4. припремање емулзије,
- П5. процес пастеризације,
- П6. процес кристализација,
- П7. претапање готовог производа (дорадни резервоар),
- П8. паковање готовог производа.

П1. пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)

Након истакања из аутоцистерни, јестива биљна уља складиште се у вертикалним спољашњим складишним резервоарима који се налазе непосредно уз зграду производног погона Предузећа. Предузеће поседује 5 складишних резервоара и користи их за чување сировина на следећи начин:

- два за складиштење палминог уља,
- два за складиштење палмстеарина,
- један за складиштење сунцокретовог уља.

У табели 4.5 приказане су карактеристике складишних резервоара:

	Складишни резервоар Т1	Складишни резервоар Т2	Складишни резервоар Т3	Складишни резервоар Т4	Складишни резервоар Т5
врста јестивог уља	палмино уље	палмстеарин	палмстеарин	сунцокретово уље	палмино уље
запремина [m ³]	30	26	26	26	30
унутрашњи пречник [m]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
висина [m]	6	5,3	5,3	5,3	6
дебљина зида [mm]	5	5	5	5	5
дебљина изолације [mm]	80	80	80	80	80
врста изолације	камена вуна са лименом оплатом	камена вуна са лименом оплатом	камена вуна са лименом оплатом	камена вуна са лименом оплатом	камена вуна са лименом оплатом

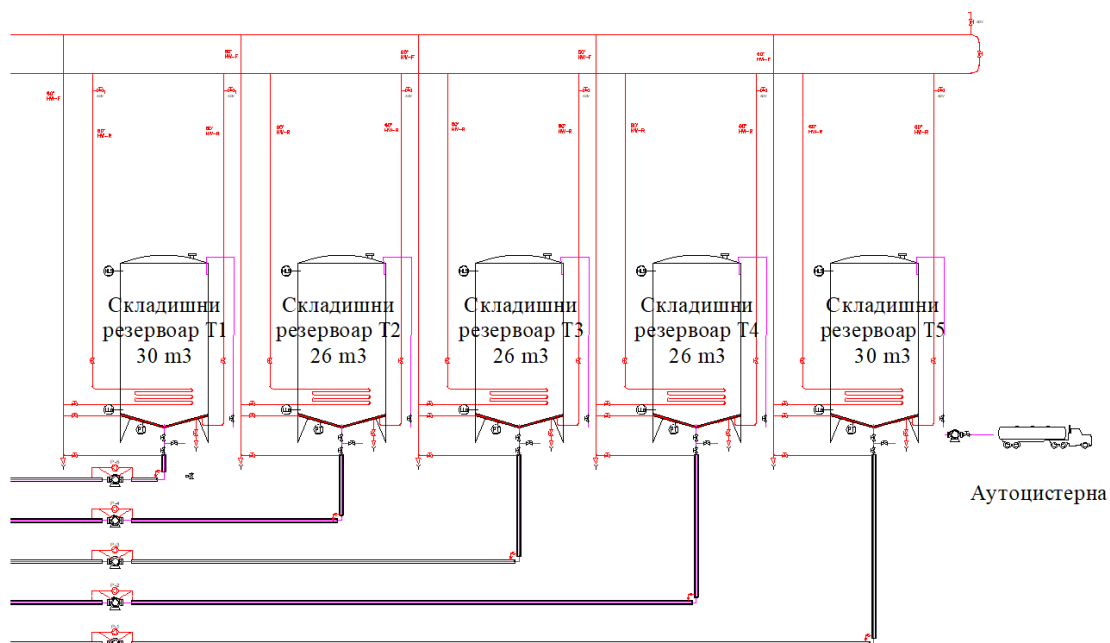
Табела 4.5 Техничке карактеристике складишних резервоара за јестива биљна уља

У резервоаре се при једном пуњењу из аутоцистерне оквирно складишти до 22,5 t уља. Просечно се на недељном нивоу испоручују 3 аутоцистерне са по 22,5 t палминог уља, и једна до две аутоцистерне палмстеарина, док се сунцокретово уље испоручује на просечном нивоу једном у две недеље. Према подацима достављеним од стране одговорних из Предузећа, у 2019. години примљено је 187 аутоцистерни јестивих биљних уља, и то: 104 аутоцистерне палминог уља, 60 аутоцистерни палмстеарина и 23 аутоцистерне сунцокретовог уља.

Палмино уље и палмстеарин се испоручују на температури око 55 °C и на тој температури се претачу у складишне резервоаре, док се сунцокретово уље се

испоручује и претаче на амбијенталној температури.

Палмино уље и палмстеарин би требало да се загревају на температуру око 60 °C, како би могли да се транспортују до производног погона, али у пракси та температура је око 65 °C. Сунцокретово уље се у складишном резервоару загрева на температуру до 35 °C, по потреби, само у зимском периоду. Систем грејања складишних резервоара предвиђа загревање доње четвртине запремине резервоара. Висина резервоара до које се налази грејни спирални цевовод је 1,5 m. Резервоари складиштење за палминог уља поред спиралног цевовода имају и дупликаторско дно у коме циркулише топла вода. Пошто се греје само доња четвртина складишног резервоара, након истакања дела ускладиштеног уља, долази до спуштања нивоа, чиме нова количина уља долази на загревање. Пре пријема нове количине уља складишни резервоари се увек празне до краја, тако да нема мешања различитих уља.



Слика 4.13 Шематски приказ пријема и складиштења јестивих биљних уља



Слика 4.14 Монопумпа за истакање аутоцистерни

У технолошкој целини пријем и складиштење јестивих биљних уља, електрична енергија се користи за покретање електромотора монопумпе за истакање уља из аутоцистерни (слика 4.14), док се топлотна енергија користи за постизање и одржавање потребне температуре ускладиштених уља.

У табели 4.6 дате су техничке карактеристике потрошача електричне енергије у делу технолошке целине пријем и складиштење јестивих биљних уља.

Ред бр.	Опис	Произвођач/ Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Монопумпа за истакање аутоцистерни	-	-	4	0,85

Табела 4.6 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије технолошкој целини П1. пријем и складиштење јестивих биљних уља

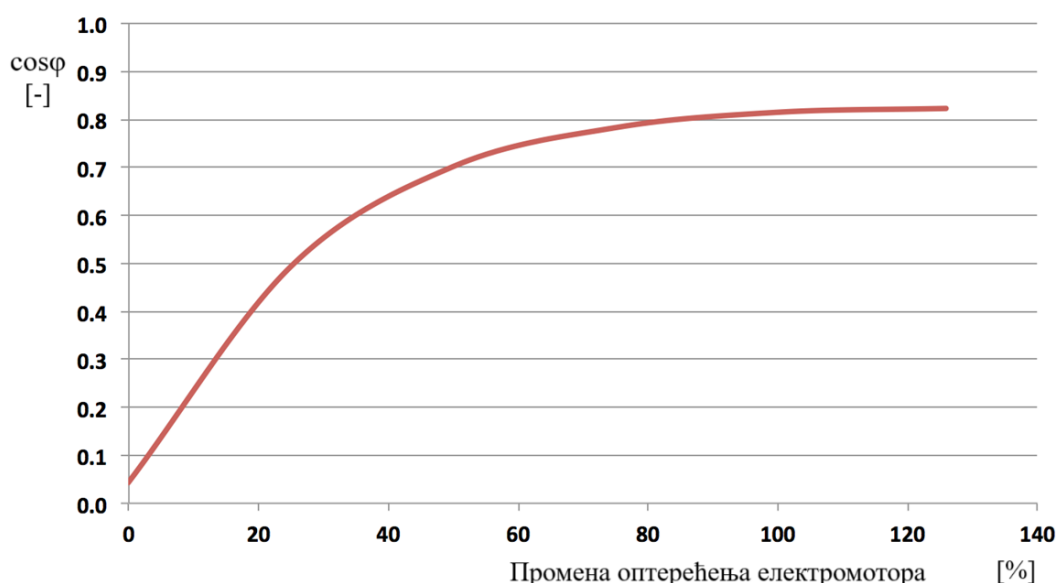
Потрошња електричне енергије се одређује мерењем фазне струје у радном режиму потрошача и коришћењем обрасца засноване на Омовом закону, на основу које је израчуната ангажована снага потрошача електричне енергије.

$$P = i \cdot U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \quad (4.1)$$

где су:

- P [W] - ангажована снага потрошача,
- i [A] - измерена фазна јачина струје (средња вредност по све три фазе),
- U [V] - напон трофазне мреже (усвојена вредност трофазног напона је 400V),
- $\cos \varphi$ [-] - фактор снаге електромотора.

Номинална вредност фактора снаге за све електромагнетне потрошаче је усвојена на основу података произвођача приказаних на називној плочици електромотора. У случају да иницијално израчуната ангажована снага значајно одступа од номиналне, усвојена је процењена вредност фактора снаге коришћењем дијаграма са слике 4.15 (Saidur, 2010).



Слика 4.15 Промена фактора снаге електромотора са променом оптерећења

На основу израчунате вредности ангажоване снаге и процењеног часовног ангажовања рачуна се потрошња електричне енергије сваког потрошача коришћењем обрасца 4.2.

$$E_e = P \cdot t \quad (4.2)$$

где су:

- E_e [kWh] - потрошња електричне енергије,
- t [h] - процењено годишње ангажовање.

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.7. Претпоставка је да се монопумпа за истакање аутоцистерни ангажује у просеку 40 min да би се садржај из аутоцистерне пребацио у складишни резервоар.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Монопумпа за истакање аутоцистерни	124,67	6,6	400	3,88	0,484
Укупно						0,484

Табела 4.7 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П1. пријем и складиштење јестивих биљних уља

Топлотна енергија која се користи у овој технолошкој целини односи се на:

- количину топлоте која се користи за догревање и одржавање температуре јестивих уља у складишним резервоарима,
- надокнаду губитака топлоте у цевоводу за загревање складишних резервоара.

Топлотна енергија која је потребна за догревање и одржавање потребне температуре складишних резервоара, зависи од врсте јестивих уља која се налази у њима, њихове температуре и агрегатног стања у ком се уља налазе, динамике пуњења и пражњења складишних резервоара и система загревања (облика у ком се топлотна енергија доводи резервоарима).

Уколико у складишним резервоарима долази до промене фаза (агрегатног стања) ускладиштених јестивих уља и када је потребно њихово загревање до температуре која је виша од температуре на којој се они допремају до складишних резервоара, онда се потребна количина топлоте Q [kWh] може израчунати као збир количине топлоте потребне за догревање ускладиштених јестивих уља до потребне температуре Q_D [kWh], количине топлоте потребне за отапање (промену фазе) Q_L [kWh] и количине топлоте потребне за надокнаду губитака кроз зидове суда Q_G [kWh] образац 4.3⁴:

$$Q = Q_D + Q_L + Q_G \quad (4.3)$$

Количина топлоте потребна за догревање ускладиштених јестивих уља, зависи од њихове специфичне топлоте c_p [kJ/kgK], масе уља m [kg] и температурске разлике ΔT

⁴ Образац важи када се материјал који се догрева налази у чврстој фази

[°C или K] за колико се мења температура ускладиштених јестивих уља, што је приказано у образцу 4.4:

$$Q_D = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta T}{3600} \quad (4.4)$$

Врста јестивих уља, односно његова латентна топлота топљења ΔH [kJ/kg], дефинише количину топлоте која је потребна за промену фазе топљењем и може се израчунати преко образаца 4.5:

$$Q_L = \frac{m \cdot \Delta H}{3600} \quad (4.5)$$

У спољашњим складишним резервоарима, сматра се да су ускладиштена уља у негрејаном делу у чврстој фази, односно да су губици топлоте кроз зид резервоара из овог дела урачунати у потребну количину топлоте за догревање јестивих уља у грејаном делу резервоара. У том случају, узимају се у обзир губици топлоте кроз зидове у грејаном делу складишних резервоара и то губици кроз равно дно и губици кроз цилиндрични омотач, који се рачунају преко образаца 4.6:

$$Q_G = \frac{U_1 \cdot A \cdot (T_u - T_o) \cdot \tau}{1000} + \frac{U_2 \cdot L \cdot (T_z - T_o) \cdot \tau}{1000} \quad (4.6)$$

где су:

- U_1 [W/m²K] - коефицијент пролаза топлоте кроз равно дно грејаног дела резервоара,
- U_2 [W/mK] - коефицијент пролаза топлоте кроз цилиндричан омотач резервоара,
- A [m²] - површина равног дна грејаног дела резервоара,
- L [m] - висина (дужина) цилиндричног грејног дела резервоара,
- T_u [°C] - температура на коју се загрева унутрашњост резервоара,
- T_o [°C] - температура околине,
- τ [h] - посматрани временски период.

Коефицијент пролаза топлоте кроз раван под складишних резервоара рачуна се према образцу 4.7, а кроз цилиндричан део омотача резервоара према образцу 4.8:

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.7)$$

$$U_2 = \frac{1}{\frac{1}{d_1 \pi \alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \pi \lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{d_n \pi \alpha_2}} \quad (4.8)$$

где су:

- α_1 [W/m²K] - коефицијент прелаза топлоте са јестивих уља на зидове резервоара,
- α_2 [W/m²K] - коефицијент прелаза топлоте са резервоара на окружење,
- δ_i [m] - дебљина i - тог слоја омотача резервоара,
- d_i [m] - пречник i - тог слоја омотача резервоара,
- λ_i [W/mK] - топлотна проводљивост i -тог слоја омотача резервоара.

Вредности коефицијената потребних за прорачун количине топлоте потребне за догревање и одржавање потребне температуре ускладиштених јестивих уља:

- коефицијент провођења топлоте за лим дебљине 5 mm: $\lambda_1 = 50 \text{ W/mK}$;
- коефицијент провођења топлоте за камену вуну дебљине 80 mm: $\lambda_2 = 0,042 \text{ W/mK}$;
- коефицијент прелаза топлоте са уља на зидове резервоара: $\alpha_1 = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- коефицијент прелаза топлоте са зидова резервоара на околни ваздух: $\alpha_2 = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7 и 4.8 добијају се коефицијенти пролаза топлоте складишних резервоара који су заједно са техничким карактеристикама резервоара приказани у табели 4.8.

Складишни резервоар	Ускладиштено јестиво уље	d_l [m]	H [m]	H_l [m]	U_1 [W/m ² K]	U_2 [W/m ² K]	T_u [°C]
T1	палмино уље	2,5	6,0	1,5	0,468	3,793	65
T2	палмстеарин уље	2,5	5,3	1,5	0,475	3,851	65
T3	палмстеарин уље	2,5	5,3	1,5	0,475	3,851	65
T4	сунцокретово уље	2,5	5,3	1,5	0,475	3,851	35
T5	палмино уље	2,5	6,0	1,5	0,468	3,793	65

Табела 4.8 Техничке карактеристике и параметри складишних резервоара

Количина топлоте која је потребна да се постигне температура T_u зависи од масе ускладиштеног јестивог уља, специфичне топлоте уља и температурне разлике за коју се повећава температура уља. Уља се загревају само у доњој четвртини складишних резервоара до висине H_l (табела 4.8) до које се налази грејни спирални цевовод. Након истакања одређене количине уља, иста количина улази у зону загревања, што значи да се целокупна маса уља загрева до потребне температуре. Одређена количина топлоте се из зоне загревања губи кроз зидове резервоара. Претпоставка је да се у негрејаном делу палмстеарин налази у чврстој фази, па је потребно и уложити одређену количину топлоте за његово отапање.

На основу података из табеле 4.8 и образаца 4.3 до 4.8 добија се годишња потребна количина топлоте за догревање у складишним резервоарима.

Резервоар	Ускладиштено јестиво уље	T_u [°C]	T_o^5 [°C]	Q_D [kWh]	Q_L [kWh]	Q_G [kWh]	Q [kWh]
T1	палмино уље	65	11,6	11.065,67	0,00	2.943,80	14.009,47
T2	палмстеарин	65	11,6	8.181,25	30.470,56	2.853,74	41.505,55
T3	палмстеарин	65	11,6	8.181,25	30.470,56	2.853,74	41.505,55
T4	сунцокр. уље	35	11,6	2.964,55	0,00	1.175,14	4.139,68
T5	палмино уље	65	11,6	11.065,67	0,00	2.943,80	14.009,47
Укупно							115.169,72

Табела 4.9 Прорачун потребне количине топлоте у складишним резервоарима

⁵ Средња месечна температура за локацију Предузећа (PXM3, n.d.)

Губици топлоте у цевоводима за топлу воду или водену пару, као и у цевоводима за транспорт јестивих уља, али и емулзије или готовог производа (индустријских маргарина и биљних масти), Q_C [kWh] рачунају се према образцу 4.9:

$$Q_C = \frac{U_C \cdot L_C \cdot (T_u - T_o) \cdot \tau}{1000} \quad (4.9)$$

где су:

- U_C [W/mK] - коефицијент пролаза топлоте кроз омотач цеви,
- L_C [m] - дужина цевовода,
- T_u [°C] - температура на коју се загрева унутрашњост цевовода,
- T_o [°C] - температура околине.

Коефицијент пролаза топлоте кроз цевоводе U_C рачуна се на исти начин као и у случају цилиндричног омотача складишних резервоара, тј. према образцу 4.8. Цеви којима се доводи топла вода за загревање складишних резервоара израђене су од нерђајућег челика дебљине зида 1,5 mm. Цевовод који се налази ван зграде изолован је стакленом вуном дебљине 35 mm са алуминијумском оплатом док је цевовод у згради делимично изолован изолационим материјалом од полиетилена (тзв. plamaflex) дебљине 13 mm. Вредности коефицијента потребних за прорачун губитака топлоте у цевоводима:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58$ W/mK,
- коефицијент провођења топлоте за стаклену вуну дебљине 35 mm: $\lambda_2 = 0,042$ W/mK,
- коефицијент провођења топлоте за изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_3 = 0,039$ W/mK,
- коефицијент прелаза топлоте са јестивих уља на зидове унутрашњих цеви: $\alpha_1 = 500$ W/m²K,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова унутрашњих цеви на спољашње цеви: $\alpha_2 = 15$ W/m²K,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова спољашњих цеви на околни ваздух $\alpha_3 = 6$ W/m²K.

Топлотни губици у цевоводу могу се израчунати према образцу 4.9. Приликом прорачуна топлотних губитака дела цевовода који се налази ван зграде, као температура околине усвојена је средња месечна температура за локацију Предузећа, док је за прорачун који се односи на део цевовода у згради, усвојена температура од 22°C (пројектна температура за просторије). Карактеристике цевовода и губици топлоте у цевоводима приказани су у табели 4.10.

Цевоводи до резервоара	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
спољашњи део	48	51	121	42,7	2,328	0,317	65	10.965,97
унутрашњи део	48	51	77	8	0,949	0,413	65	1.846,51
Укупно								12.812,49

Табела 4.10 Карактеристике и губици топлоте у цевоводима за загревање складишних резервоара

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у технолошкој целини П1. пријем и складиштење јестивих биљних уља, добија се сабирањем вредности из табела 4.9 и 4.10 и износи 127,982 MWh.

П2. припремање уљне фазе

Према рецептурама готових производа, јестива уља се препумпавају зупчастим пумпама (слика 4.16) од спољашњих складишних резервоара до процесног размерног резервоара који се налази у производном погону, преко дупликаторских цевовода (цев у цеви). Ови цевоводи се греју топлем водом, тако што се кроз унутрашњи цевовод транспортују јестива уља, а спољашњи цевовод служи за циркулацију топле воде којом се греје унутрашњи цевовод. Палмино уље и палмстеарин се транспортују на температури од 65 °С, док се сунцокретово уље транспортује на температури од 35 °С.



Слика 4.16 Зупчасте пумпе за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара

Карактеристике пумпи за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара са мешачем, приказане у табели 4.11.

Ред бр.	Опис	Произвођач/Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Зупчаста пумпа за транспорт палминог уља (2 ком)	Varisco	1994.	4	0,85
2	Зупчаста пумпа за транспорт палмстеарина (2 ком)	Varisco	1994.	4	0,85
3	Центрифугална пумпа за транспорт сунцокретовог уља	Prva iskra Barič	2002.	4	0,86

Табела 4.11 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П2. припремање уљне фазе

Подаци о мерењу утрешка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.12. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Годишње временско ангажовање пумпи процењено је коришћењем података о годишње произведеном броју шаржи готовог производа (5.463), и просечним временима ангажовања пумпи за препумпавање одговарајуће количине јестивог уља за сваку шаржу, од сваког спољашњег складишног резервоара до размерног резервоара, која су:

- за зупчасте пумпе за транспорт палмовог уља: 182 s,
- за зупчасте пумпе за транспорт палмстеарина: 188 s,
- за центрифугалну пумпу за транспорт сунцокретовог уља: 11 s.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Зупчаста пумпа за транспорт палмовог уља (2 ком)	185,14	5,85	400	3,44	0,637
2	Зупчаста пумпа за транспорт палмстеарина (2 ком)	285,29	6,7	400	3,94	1,124
3	Центрифугална пумпа за транспорт сунцокретовог уља	16,69	5,3	400	3,15	0,053
Укупно						1,814

Табела 4.12 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П2. припремање уљне фазе

Цевоводи за транспорт јестивих уља, укупно 5, (колико има и спољашњих складишних резервоара), израђени су од цеви спољашњег пречника 76 mm и дебљине зида 1,5 mm. Цеви су од нерђајућег челика, а дупликаторски цевоводи се могу поделити у две групе, и то на:

- цевоводе који се налазе ван зграде и којима се уља транспортују од складишних резервоара до пумпне станице, изоловани стакленом вуном дебљине 35 mm (индекс *s*),
- цевоводе којима се уља транспортују од пумпне станице до размерног резервоара, изоловани изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm (индекс *u*).

Топла вода за загревање дупликаторских цевовода доводи се цевима од нерђајућег челика, спољашњег пречника 28 mm и дебљине зида 1,5 mm. Ови цевоводи се, такође могу поделити у две секције:

- цевоводе који се налазе ван зграде, неизоловани (индекс *s*),
- цевоводе који се налазе у згради изоловани изолационим материјалом од полиетилена дебљине 9 mm (индекс *u*).

Вредности коефицијента потребних за прорачун губитака топлоте у овим цевоводима су:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за стаклену вуну дебљине 35 mm: $\lambda_2 = 0,042 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_3 = 0,039 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са јестивих уља на зидове унутрашњих цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова унутрашњих цеви на спољашње цеви: $\alpha_2 = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова спољашњих цеви на околни ваздух $\alpha_3 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7 и 4.8 добијају се коефицијенти пролаза топлоте који су заједно са техничким карактеристикама дупликаторских цевовода приказани у табели 4.13.

Дупликаторски цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]
T1 <i>s</i>	73	76	146	6,3	3,472	0,380	65
T2 <i>s</i>	73	76	146	3,45			65
T3 <i>s</i>	73	76	146	5,3			30
T4 <i>s</i>	73	76	146	10,8			65
T5 <i>s</i>	73	76	146	11,4			30
T1 <i>u</i>	73	76	102	16,1	1,415	0,578	65
T2 <i>u</i>	73	76	102	16,6			65
T3 <i>u</i>	73	76	102	18,4			30
T4 <i>u</i>	73	76	102	19,5			65
T5 <i>u</i>	73	76	102	18,1			65
топловод <i>s</i>	25	28	-	10,2	1,276	-	65
топловод <i>u</i>	25	28	46	12	0,521	0,312	65

Табела 4.13 Техничке карактеристике цевовода за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара

Коришћењем података из табеле 4.13 и обрасца 4.9 добијају се топлотни губици у цевоводу (табела 4.14), при чему је приликом прорачуна топлотних губитака дела цевовода који се налази ван зграде, као температура околине усвојена средња месечна температура (SMT) за локацију Предузећа (**PXM3, n.d.**), док је за прорачун који се односи на део цевовода у згради, усвојена температура од 22°C (пројектна температура за просторије).

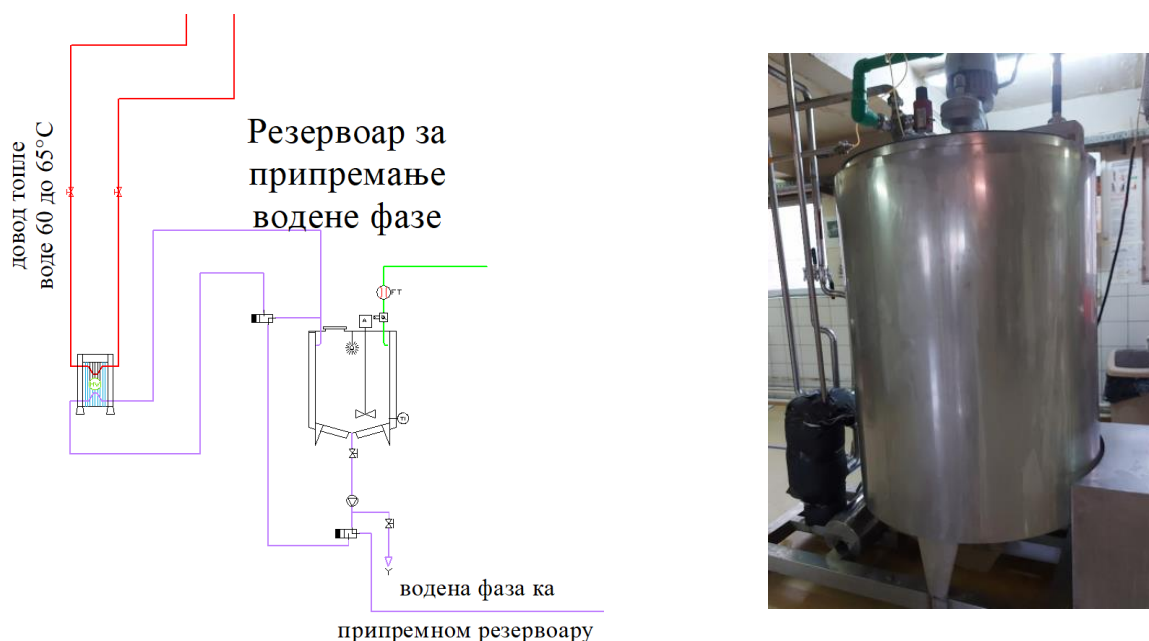
Резервоар	Ускладиштено јестиво уље	T_u [°C]	T_o [°C]	Q_{Cs} [kWh]	Q_{Cu} [kWh]	Q_C [kWh]
T1	палмино уље	65	SMT	2.319,40	5.159,28	7.478,68
T2	палмстеарин	65	SMT	1.270,15	5.319,51	6.589,65
T3	палмстеарин	65	SMT	1.951,24	5.896,32	7.847,56
T4	сунцокретово уље	35	SMT	1.743,39	1.889,18	3.632,57
T5	палмино уље	65	SMT	4.197,01	5.800,18	9.997,20
Укупно						42.008,19

Табела 4.14 Губици топлоте у цевоводу за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара

Укупна годишња потреба за топлотном у технолошкој целини П2. припремање уљне фазе је 42,008 MWh.

П3. припремање водене фазе

Вода која се користи као сировина, филтрира се и омекшава, а потом се загрева. У тако загрејану воду додају се кухињска со, стабилизатори и конзерванси и на тај начин добија се водена фаза. Водена фаза се припрема у засебном резервоару за припремање водене фазе који се посредно греје топлем водом температуре од 60 °С до 65 °С. Топла вода за загревање резервоара се доводи цевима спољашњег пречника 38 mm и дебљине зида 1,5 mm. Резервоар је опремљен мешачем који омогућава брже растапање додатих чврстих (прашкастих) сировина и њихово равномерно растварање. За једну шаржу потребно је од 200 до 300 l воде, у зависности од рецептуре готовог производа.



Слика 4.17 Шематски приказ припремања водене фазе и изглед резервоара за припремање водене фазе

Карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П3. припремање водене фазе дате су у табели 4.15.

Ред бр.	Опис	Произвођач/ Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Мешач водене фазе	-	-	3	0,5
2	Центрифугална пумпа за транспорт водене фазе до размерног резервоара	CSF	2016.	0,55	0,82

Табела 4.15 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П3. припремање водене фазе

Подаци о мерењу утрешка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.16. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Годишње временско ангажовање мешача и центрифугалне пумпе процењено је коришћењем података о годишњем броју произведених шаржи готовог производа (5.463) и на основу података о реализованом броју радних сати у 2019. години. Просечно време ангажовања пумпе за пребацивање одговарајуће количине воде за сваку шаржу је 242 s.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Мешач водене фазе	6.458	0,07	400	0,02	0,156
2	Центрифугална пумпа за транспорт водене фазе до размерног резервоара	367,24	0,91	400	0,52	0,190
Укупно						0,346

Табела 4.16 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини ПЗ. припремање водене фазе

Резервоар за припрему водене фазе је цилиндричног облика, израђен од нерђајућег челика дебљине лима 5 mm, без изолације. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у резервоару за припрему водене фазе су:

- коефицијент провођења топлоте за лим дебљине 5 mm: $\lambda_1 = 50 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте на зидове резервоара: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зида резервоара на околни ваздух: $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7 и 4.8 добијају се коефицијенти пролаза топлоте који су заједно са техничким карактеристикама резервоара за припрему водене фазе приказани у табели 4.17.

Резервоар	d_l [m]	H [m]	U_1 [W/m ² K]	U_2 [W/mK]	T_u [°C]
Резервоар за припрему водене фазе	1,0	1,8	5,925	18,799	65

Табела 4.17 Техничке карактеристике и параметри резервоара за припремање водене фазе

Топлотна енергија се у резервоару за припрему водене фазе користи за загревање воде са 16 °C на 65 °C, као и за надокнаду губитака топлоте кроз зидове резервоара (кроз основу и цилиндрични омотач). Дужина на којој долази до губитака топлоте кроз цилиндрични омотач зависи од нивоа воде у њему. На основу података из табеле 4.17 и

образаца од 4.3 до 4.8 добија се потребна количина топлоте у резервоару за припремање водене фазе:

Резервоар	T_u [°C]	T_o [°C]	Q_D [kWh]	Q_G [kWh]	Q [kWh]
Резервоар за припремање водене фазе	65	22	60.600,68	5.641,76	66.242,44

Табела 4.18 Прорачун потребне количине топлоте у резервоару за припремање водене фазе

Топла вода која се користи за грејање резервоара за припремање водене фазе, доводи се цевима које су израђене од нерђајућег челика дебљине 1,5 mm. Топловод је делимично изолован изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm. Припремљена водена фаза се даље транспортује пластичним цевима пречника 40 mm до резервоара за мешање и припремање емулзије, где се меша са уљном фазом. Овај цевовод је у потпуности неизолован. Вредности коефицијената потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у транспортним цевоводима су:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за пластичне цеви чија је дебљина зида 2 mm: $\lambda_2 = 0,4 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_3 = 0,039 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са воде на зидове цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са спољашњих зидова цеви на околни ваздух: $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у топоводима, који су заједно са карактеристикама топовода приказани у табели 4.19.

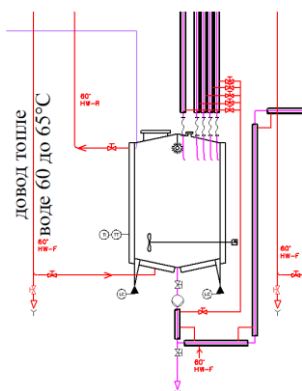
Топловод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
изолован	35	38	64	13,2	0,707	0,394	65	1.740,96
неизолован	35	38	-	8,3	0,707	0,394	65	2.428,13
неизолован до припремног резервоара	37	40	-	11,8	0,722	0,403	65	134,36
Укупно								4.303,45

Табела 4.19 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт водене фазе

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у технолошкој целини ПЗ. припремање водене фазе, добија се сабирањем вредности из табела 4.18 и 4.19 и износи 70,545 MWh.

П4. припремање емулзије

Припремање емулзије врши се у припремном резервоару за мешање уљне и водене фазе који је опремљен одговарајућим мешачем да би се поспешео процес стварања емулзије и одржавање њене хомогености. У овај резервоар се према рецептури готовог производа, допремају одређене количине уља из складишних резервоара и претходно припремљена водена фаза. Овај резервоар се налази на мерним ћелијама преко којих се врши тачно дозирање свих јестивих уља и водене фазе. Температура при процесу мешања у припремном резервоару је око 65 °С. У резервоару се увек припрема само једна шаржа готовог производа у количини од 1000 kg и процес мешања по једној шаржи траје од 30 до 40 min. Целокупна количина припремљене емулзије се центрифугалном пумпом из припремног резервоара препумпава у напојни резервоар у коме се наставља процес мешања уз одржавање потребне температуре (слика 4.18).



Припремни резервоар



Слика 4.18 Шематски приказ припремања емулзије и изглед припремног резервоара

Карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини, припремање емулзије дате су у табели 4.20.

Ред бр.	Опис	Произвођач/Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Мешач припремног резервоара	-	1994.	0,75	0,82
2	Центрифугална пумпа (припремни - напојни резервоар)	CSF	1994.	4	0,85
3	Мешач напојног резервоара	-	1980.	0,75	0,82

Табела 4.20 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П4. припремање емулзије

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.21. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Годишње временско ангажовање мешача

процењено је на основу података о реализованом броју радних сати производног погона у 2019. години. Годишње временско ангажовање пумпе процењено је коришћењем података о годишњем броју произведених шаржи готових производа (5.463) и просечном времену ангажовања пумпе за пребацивање емулзије, 12 min/шаржи.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Мешач припремног резервоара	6.458	1,08	400	0,61	3,958
2	Центрифугална пумпа (припремни - напојни резервоар)	1.092,6	4,6	400	2,71	2,956
3	Мешач напојног резервоара	6.458	1,3	400	0,74	4,764
Укупно						11,678

Табела 4.21 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П4. припремање емулзије

Припремни и напојни резервоар су цилиндричног облика, израђени од нерђајућег челика дебљине лима 5 mm, без изолације, греју се топлом водом која циркулише кроз дупликаторски цилиндрични део. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у припремном и напојном резервоару износе:

- коефицијент провођења топлоте за лим дебљине 5 mm: $\lambda_1 = 50 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте на зидове резервоара: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зида резервоара на околни ваздух (претпостављено је да се топлота са омотача резервоара предаје околини само на делу до којег је попуњен резервоар): $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7 и 4.8 добијају се коефицијенти пролаза топлоте који су заједно са техничким карактеристикама припремног и напојног резервоара приказани у табели 4.22.

Резервоар	d_l [m]	H [m]	H_l [m]	U_l [W/m ² K]	U_2 [W/mK]	T_u [°C]
припремни резервоар	1,8	1,5	0,4	5,93	33,691	65
напојни резервоар	1,8	1,5	1,5			65

Табела 4.22 Техничке карактеристике и параметри припремног и напојног резервоара

Одржавање потребне температуре емулзије у припремном и напојном резервоару резултира одређеним губицима топлоте кроз равно дно и кроз цилиндрични зид ових резервоара, што зависи од њихове попуњености. Код припремног резервоара ради се о висини од 0,4 m, док се напојни резервоар практично пуни до врха (обзиром да се део

претопљеног готовог производа враћа из дорадног резервоара, као део технолошке целине П7. претапање готовог производа).

На основу података из табеле 4.22 и образаца 4.3 до 4.8 добија се потребна количина топлоте у припремном и напојном резервоару (табела 4.23).

Резервоар	T_u [°C]	T_o [°C]	Q [kWh]
припремни резервоар	65	22	8.472,12
напојни резервоар	65	22	19.467,82
Укупно			27.939,94

Табела 4.23 Прорачун потребне количине топлоте за припремање емулзије у припремном и напојном резервоару

Дупликакторски цевовод за транспорт емулзије од припремног до напојног резервоара израђен је од цеви спољашњег пречника 76 mm и дебљине зида 1,5 mm, без изолације. Цеви су израђене од нерђајућег челика. Топлотни губици у цевоводу могу се израчунати према образцу 4.9. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим цевоводима:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са емулзије на зидове цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са спољашњих зидова цеви на околни ваздух: $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у цевоводима, који су заједно са карактеристикама цевовода приказани у табели 4.24.

Дупликакторски цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
од припремног до напојног резервоара	73	76	-	7,5	1,415	0,565	65	3.911,20

Табела 4.24 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у дупликакторском цевоводу за транспорт емулзије од припремног до напојног резервоара

Топла вода која се користи за грејање припремног и напојног резервоара доводи се цевима које су израђене од нерђајућег челика дебљине 1,5 mm, цевоводом који је делимично изолован изолационим материјалом од полиетилена, дебљине 13 mm. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим топоводима:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_2 = 0,039 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са воде на зидове цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,

- коефицијент прелаза топлоте са спољашњих зидова цеви на околни ваздух:
 $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Топловод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
до припремног резервоара	35	38	-	6,9	0,707	-	65	1.447,31
до напојног резервоара	35	38	-	10	0,707	-	65	2.097,54
дупликаторски цевовод	22	25	51	13,5	0,465	0,251	65	1.789,40
Укупно								5.334,25

Табела 4.25 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводима припремног и напојног резервоара

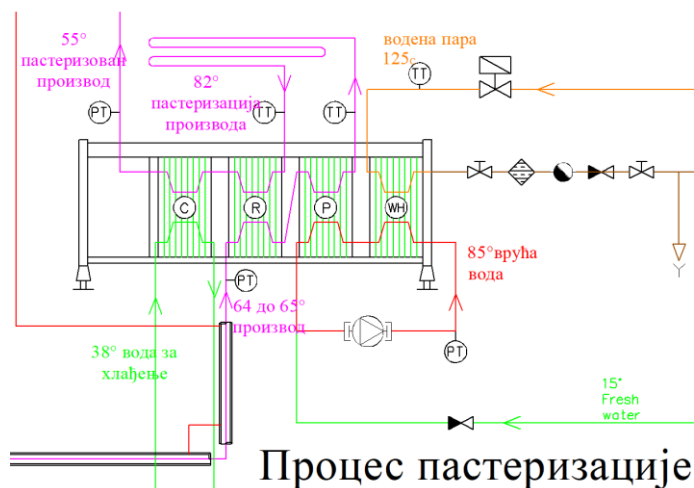
Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у топловодима, који су заједно са карактеристикама топловода приказани у табели 4.25.

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у технолошкој целини П4. припремање емулзије, добија се сабирањем вредности из табела 4.23, 4.24 и 4.25 и износи 37,185 MWh.

П5. процес пастеризације

Из напојног резервоара емулзија се центрифугалном пумпом допрема до пастеризатора. Процес пастеризације је термичко технолошки поступак излагања емулзије која протиче кроз пастеризатор температурама од 80 °C до 90 °C у трајању од неколико секунди чиме се уништавају вегетативни облици микроорганизама, а готовом производу се тиме продужава рок трајања. У Предузећу, у погону за производњу маргарина и биљних масти за процес пастеризације се користи плочасти пастеризатор (слика 4.19) који се састоји од три секције (топле, рекуперативне и хладне).

Емулзија улази у пастеризатор на температури од 64 °C до 65 °C и прво пролази кроз примар тзв. рекуперативне секције, где јој се предаје топлота од већ пастеризоване емулзије која је на температури од 82 °C до 85°C. У овој секцији се емулзија предгрева на температуру од 79 °C до 80 °C. Након тога, емулзија улази у топлу секцију, где јој се, температура подиже за још 3 до 4 °C, посредством топле воде температуре око 85 °C. На температури пастеризације (окирно око 82 °C) емулзија се задржава око 30 s. Након изласка из топле секције емулзија улази у секундар секције за рекулпацију у којој предаје део топлотне енергије емулзији која је на улазу у пастеризатор. У овој секцији се емулзија потхлађује на температуру од око 65 °C до 67 °C, након чега улази у хладну секцију пастеризатора у којој се посредством хладне воде хлади на температуру од око 53 °C до 55 °C. Процес пастеризације једне целе шарже од 1000 kg обично траје од 50 до 70 min.



Слика 4.19 Шематски приказ процеса пастеризације и изглед пастеризатора

Карактеристике потрошача електричне у технолошкој целини П5. процес пастеризације дате су у табели 4.26.

Ред бр.	Опис	Произвођач/ Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Центрифугална пумпа за транспорт емулзије из напојног резервоара до пастеризатора	CSF	-	4	0,81
2	Центрифугална пумпа воде хладне секције пастеризатора	Elektro kovina	-	2,2	0,85
3	Центрифугална пумпа воде топле секције пастеризатора	Elektro kovina	-	2,2	0,85

Табела 4.26 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П5. процес пастеризације

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.27. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Годишње време ангажовања центрифугалних пумпи воде хладне и топле секције пастеризатора је једнако времену ангажовања пастеризатора и нешто је ниже од годишњег ангажовања производног погона за производњу индустријских маргарина и биљних масти.

Плочасти пастеризатор садржи секцију за рекулацију топлоте са пастеризоване емулзије, па је за прорачун потребне топлотне енергије за пастеризацију

усвојено да се додатна количина топлота користи за подизање температуре са 82 °C на 85 °C што је приказано у табели 4.28.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Центрифугална пумпа за транспорт емулзије из напојног резервоара до пастеризатора	6.458	3,2	400	1,79	11,58
2	Центрифугална пумпа хладне секције пастеризатора	5.957	3,8	400	2,24	13,32
3	Центрифугална пумпа топле секције пастеризатора	5.957	2,6	400	1,53	9,11
Укупно						34,01

Табела 4.27 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П5. процес пастеризације

Процесна опрема	T_1 [°C]	T_2 [°C]	c_p [kJ/kgK]	Q [kWh]
пастеризатор	82	85	1,97	10.779,84

Табела 4.28 Прорачун потребне количине топлоте за пастеризацију емулзије

Емулзија се од напојног резервоара до пастеризатора транспортује изолованим дупликаторским цевоводом израђеним од цеви спољашњег пречника 76 mm и дебљине зида 1,5 mm. Цеви су израђене од нерђајућег челика и изоловане су изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm. Поред цевовода за транспорт емулзије од напојног резервоара, на пастеризатору се налази низ цеви од нерђајућег челика у којима циркулише топла вода и емулзија. Пречник ових цеви је 48 mm, дебљина зида 1,5 mm и оне нису изоловане.

Приликом прорачуна топлотних губитака у цевоводима као температура околине усвојена је пројектна температура просторије од 22 °C. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим цевоводима износе:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_2 = 0,039 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са емулзије на зидове унутрашњих цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,

- коефицијент прелаза топлоте са зидова унутрашњих цеви на спољашње цеви: $\alpha_2 = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова спољашњих цеви на околни ваздух $\alpha_3 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у цевоводима, који су заједно са карактеристикама цевовода приказани у табели 4.29.

Топла вода и пара се до пастеризатора доводе цевима које су израђене од нерђајућег челика дебљине зида 1,5 mm. Цевоводи су делимично изоловани изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим цевоводима износе:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_2 = 0,039 \text{ W/mK}$
- коефицијент прелаза топлоте са топле воде на зидове цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са паре на зидове цеви: $\alpha_2 = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза са спољашњих зидова цеви на околни ваздух: $\alpha_3 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

– Цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
од напојног резервоара до пастеризатора	73	76	102	13	1,415	0,578	65	2.770,54
на пастеризатору	45	48	-	7	0,893	-	90	3.383,39
Укупно								6.153,93

Табела 4.29 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт емулзије од напојног резервоара до пастеризатора

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у цевоводима пастеризатора, који су заједно са карактеристикама ових цевовода приказани у табели 4.30.

Цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
паровод	35	38	-	10,2	0,714	-	135	5.677,15
топле воде	35	38	64	8	0,707	0,336	65	1.403,37
дупликаторски цевовод	22	25	-	13,7	0,465	-	65	1.889,41
Укупно								8.969,93

Табела 4.30 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у топловодном цевоводу и пароводу до секције пастеризатора

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у технолошкој целини П5. процес пастеризације, добија се сабирањем вредности из табела 4.28, 4.29 и 4.30 и износи 25,903 MWh.

П6. процес кристализације

Након процеса пастеризације, емулзија на температури од око 55 °C се помоћу високопритисне клипне пумпе (слика 4.20) потискује даље ка кристализатору (енг. *perfector*). У кристализатору се посредством амонијака који у индиректном контакту са емулзијом и који испарава на температури од око – 20 °C, емулзија хлади и кристалише чиме добија чврсту структуру. Кристализатор (слика 4.21) је посебан размењивач топлоте, специфичан за производњу маргарина и биљних масти, састављен од неколико цеви мањег пречника, смештених унутар цеви већег пречника. У међупростор између ових цеви доводи се расхладни флуид, у овом случају амонијак, који хлади емулзију, док она струји кроз унутрашње цеви. Из тог разлога саставни део процеса кристализације је и расхладно амонијачно постројење за процес кристализације (ЦПЕ 5), које обезбеђује хлађење емулзије у кристализатору. Хлађењем, она се кристализује тако што се молекули воде уз помоћ емулгатора везују за молекуле уља, чиме се формира тродимензионална кристална решетка индустријског маргарина или биљних масти (готовог производа). Новонастали кристали готовог производа се „лепе“ за зидове унутрашње цеви кристализатора у коју је постављена осовина са стругачима. Ротационим кретањем осовина са зидова унутрашње цеви струже се већ кристализован готов производ. Сваки кристализатор има две или више цеви за хлађење.

Високопритисна клипна пумпа даље потискује кристале готовог производа из кристализатора до уређаја за стварање пластичности маргарина - тзв. „пин ротор машине“ (енг. *pin rotor machine*) (слика 4.22). Овај уређај састоји се од цевастог кућишта, статора, који на унутрашњој страни има радијално постављене чивије и ротора смештеног унутар њега који такође по својој дужини има радијално постављене чивије. Чивије статора и ротора се мимоилазе приликом окретања ротора и на тај начин разбијају кристале, тако да се индустријски маргарини и биљне масти из чврсте, кристалне, структуре преводе у пластичну. Веома често се у низу комбинују две или више пин ротор машина ради постизања боље пластичности готовог производа.



Слика 4.20 Високопритисна клипна пумпа



Слика 4.21 Кристализатор



Слика 4.22 Пин ротор машина

Од потрошача електричне енергије у технолошкој целини, Пб. кристализација, користе се потрошачи приказани у табели 4.31.

Редб р.	Опис	Произвођач/Тип	Год. произво дње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Високопритисна клипна пумпа	Niro Soavi/ 4478	2002.	11	0,8
2	Кристализатор (1+1)x125,осовина 1	G&S 3021	2002.	11	0,83
3	Кристализатор (1+1)x125,осовина 2	G&S 3021	2002.	15	0,8
4	Пин машина	G&A 1383.001	1998.	7,5	0,82

Табела 4.31 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини Пб. процес кристализације

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.32. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Годишње време ангажовања високопритисне клипне пумпе, кристализатора и пин ротор машине једнако је годишњем ангажовању производног погона за производњу индустријских маргарина и биљних масти.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Високопритисна клипна пумпа	5.957	3,1	400	1,72	10,223
2	Кристализатор (1+1)x125,осовина 1	5.945	9,6	400	5,45	32,385
3	Кристализатор, (1+1)x125 осовина 2	5.945	13,4	400	7,60	45,204
4	Пин машина	5.945	10,1	400	5,73	34,072
Укупно						121,884

Табела 4.32 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини Пб. процес кристализације

П7. претапање готовог производа (дорадни резервоар)

У случају заустављања уређаја за паковање готових производа, или у случају неодговарајућег квалитета готовог производа или његовог неадекватног паковања, као и застоја из другог разлога, готов производ се преусмерава дупликаторским цевоводом до дорадног резервоара где се врши његово претапање. Овај резервоар (слика 4.23) је са дупликаторским зидовима који се индиректно греју воденом паром температуре до 135 °C и опремљен је мешачем који омогућава брже растапање производа у њему. Од уређаја за паковање до дорадног резервоара, маргарин се транспортује дупликаторским цевоводом, а затим се након растапања враћа у напојни резервоар, такође дупликаторским цевоводом.

**Слика 4.23** Дорадни резервоар

Карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П7. претапање готовог производа дате су у табели 4.33.

Ред бр.	Опис	Произвођач/ Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Мешач у дорадном резервоару	-	1980.	2	0,82
2	Центрифугална пумпа за транспорт отопљеног готовог производа до напојног резервоара	CSF	1994.	4	0,81

Табела 4.33 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П7. претапање готовог производа

Подаци о мерењу утрешка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.34. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Мешач у дорадном резервоару	6.458	1,2	400	0,68	4,397
2	Центрифугална пумпа за транспорт отопљеног готовог производа до напојног резервоара	130	2,8	400	1,57	0,204
Укупно						4,601

Табела 4.34 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П7. претапање готовог производа

Дорадни резервоар је цилиндричног облика, израђен од нерђајућег челика дебљине лима 5 mm, без изолације, греје се воденом паром која циркулише кроз дупликаторски цилиндрични део. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у дорадном резервоару износе:

- коефицијент провођења топлоте за лим дебљине 5 mm: $\lambda_1 = 50 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте растопљеног готовог производа на зидове резервоара: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза са зидова резервоара на околни ваздух (претпостављено је да се топлота са омотача резервоара предаје околини само на делу до којег је попуњен резервоар): $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7 и 4.8 добијају се коефицијенти пролаза топлоте, који су заједно са техничким карактеристикама дорадног резервоара приказани у табели 4.35.

Резервоар	d_l [m]	H [m]	H_l [m]	U_1 [W/m ² K]	U_2 [W/mK]	T_u [°C]
дорадни резервоар	1,8	1,5	0,4	5,93	36,63	65

Табела 4.35 Техничке карактеристике и параметри дорадног резервоара

Топлотна енергија се у дорадном резервоару користи за растапање готовог производа и његово загревање са 25 °C на 65 °C. Енталпија за растапања готовог производа је 140 kJ/kg, а специфична топлота 3,77 kJ/kgK. Део доведене топлоте се губи кроз зид дорадног резервоара, односно кроз равни под и кроз цилиндрични омотач. Кроз цилиндрични омотач резервоара струји пара температуре 135 °C. Дужина на којој долази до губитака топлоте кроз цилиндрични омотач зависи од попуњености резервоара, односно нивоа готовог производа у њему.

На основу података из табеле 4.35 и образаца 4.3 до 4.8 добија се потребна количина топлоте за растапање готовог производа у припремном и напојном резервоару (табела 4.36).

Резервоар	T_z [°C]	T_u [°C]	T_o [°C]	Q_D [kWh]	Q_L [kWh]	Q_G [kWh]	Q [kWh]
дорадни резервоар	135	65	22	34.183,52	31.892,99	23.180,16	89.256,68

Табела 4.36 Прорачун потребне количине топлоте за растапање готовог производа у дорадном резервоару

Дупликаторски цевовод за транспорт готовог производа од уређаја за паковање до дорадног резервоара и од дорадног резервоара до напојног резервоара, израђен је од цеви од нерђајућег челика, спољашњег пречника 76 mm и дебљине зида 1,5 mm, изоловани изолационим материјалом од полиетилена дебљине 13 mm. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим цевоводима износе:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент провођења топлоте за изолациони материјал од полиетилена дебљине 13 mm: $\lambda_2 = 0,039 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са растапљеног готовог производа на зидове унутрашњих цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова унутрашњих цеви на спољашње цеви: $\alpha_2 = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са зидова спољашњих цеви на околни ваздух $\alpha_3 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у цевоводима за транспорт растапљеног готовог производа, који су заједно са карактеристикама ових цевовода приказани у табели 4.37.

Дупликаторски цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_C [kWh]
до дорадног резервоара	73	76	102	25,5	1,415	0,578	65	10.152,65
од дорадног резервоара	73	76	102	5,5	1,415	0,578	65	2.189,79
Укупно								12.342,44

Табела 4.37 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у цевоводу за транспорт растопљеног готовог производа од уређаја за паковање до дорадног резервоара и од дорадног резервоара до напојног резервоара

Водена пара потребна за растапање готовог производа у дорадном резервоару доводи се цевима спољашњег пречника 25 mm и дебљине зида 1,5 mm. Цеви су израђене од нерђајућег челика, а паровод није изолован. Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овом пароводу:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте водене паре на зидове цеви: $\alpha_1 = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$,

- коефицијент прелаза топлоте са спољашњих зидова цеви на околни ваздух: $\alpha_2 = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у пароводу до дорадног резервоара, који су заједно са карактеристикама паровода приказани у табели 4.38.

Паровод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_C [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_c [kWh]
до дорадног резервоара	22	25	-	3,8	0,470	-	135	1.391,24

Табела 4.38 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у пароводу до дорадног резервоара

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у технолошкој целини П7. претапање готовог производа, добија се сабирањем вредности из табела 4.36, 4.37 и 4.38 и износи 102,99 MWh.

П8. паковање готовог производа

У последњој технолошкој целини, готов производ се пакује у различитим облицима: маргарин у листовима (слика 4.24), маргарин у блоковима (слика 4.25), полутечни маргарин и/или биљне масти. Паковање готовог производа се обавља на уређајима за паковање капацитета 850 kg/h.



Слика 4.24 Уређај за паковање маргарина у листовима



Слика 4.25 Уређај за паковање маргарина у блокове

Карактеристике потрошача електричне енергије у делу процеса производње паковање готовог производа дате су у табели 4.39.

Ред бр.	Опис	Произвођач/Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Уређај за паковање маргарина у листове	Bock & Sohns	1990.	3,7	0,82
2	Уређај за паковање маргарина у блокове	G&A	1999.	1,25	0,85

Табела 4.39 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у технолошкој целини П8. паковање готовог производа

Подаци о мерењу утрoшкa електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.40. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Уређај за паковање маргарина у листове	4790	2,63	400	1,49	7,157
2	Уређај за паковање маргарина у блокове	1290	1,8	400	1,06	1,366
Укупно						8,523

Табела 4.40 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у технолошкој целини П8. паковање готовог производа

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у технолошкој целини П8. паковање готовог производа износи 8,523 MWh.

4.2.2.2 ЦПЕ 2 Производни погон за производњу пекарских побољшивача и смеша

У производном погону за производњу пекарских побољшивача и смеша користе се различите мешалице, блендери, млинови и остала процесна опрема чије су основне карактеристике приказане у табели 4.41.

У поглављу 4.2.1 наведено је да се утрoшкa електричне енергије у Предузећу мери само на главном бројилу, у главном разводном орману, тако да су подаци о потрошњи електричне енергије у погону за производњу пекарских побољшивача и смеша добијени мерењем путем преносног мерача потрошње електричне енергије постављеним у разводном орману погона, у периоду од 03.07. до 06.10.2021. године. Из истог разводног ормана електричном енергијом се напаја и непроизводна опрема, климатизациони систем дела магацина сировина. Кључни резултати анализе за посматрани период показују следеће:

- просечни дневни обим производње пекарских побољшивача и смеша износио је 5,78 t уз просечни дневни утрoшкa електричне енергије од 35,6 kWh, тако

да се може сматрати да је процењена потрошња електричне енергије у производњи пекарских побољшивача и смеша приближно 6,2 kWh/t,

- током периода када се део простора магацина сировина не климатизује (зимски период од јануара до маја и од октобра до децембара), процењује се да је дневна потрошња електричне енергије на непроизводне активности (обухватају активности у погону када нема производње) износи око 10 kWh,
- током периода, када се део простора магацина сировина климатизује (летњи период од јуна до септембра) процењује се да дневна потрошња електричне енергије на непроизводне активности (обухватају потрошње климатизационог система и у погону када нема производње) износи:
 - за месец јун 45 kWh, при чему је степен дан хлађења (енг. *cooling degree day, CDD*), CDD= 145,3 (BizEE, n.d.),
 - за месец јул 60 kWh, при чему је CDD= 211,5,
 - за месец август 55 kWh, при чему је CDD= 157,2,
 - за месец септембар 15 kWh, при чему је CDD= 71,9.

Ред. бр.	Назив опреме	Произвођач	Модел	Год. производње	Снага ЕМ [kW]
1	Блендер за емулгаторе	-	-	-	4
2	Мешалица пекарских побољшивача	Modelux Turkey	MBL1900A	2002.	5,5
3	Мешалица пекарских смеша	Modelux Turkey	MBL1900A		7,5
4	Мешалица посластичарских смеша	Modelux Turkey	MBL1900A		7,5
5	Машина за шивење врећа	Fishbein	14810F-FR	2002.	0,1
6	Машина за шивење врећа	Fishbein	14810F-FR	2010.	0,1
7	Машина за шивење врећа	Fishbein	14810F-FR	2018.	0,1
8	Мешалица за премиксе	Mat-ing Niš	HM-100	1996.	2,2
9	Млин за млевење лимунске киселине	Omnis Niš	L-301/A	1994.	2,2
10	Млин за млевење шећера	Mipan, Vrnjačka banja	25	2006.	2,2
11	Аутоматско сито за брашно	Mat-ing Niš	019/96	1996.	
12	Аутоматско сито за брашно	MIN Niš	26	1994.	
13	Метал детектор са транспортером	Ceia	THS	2006.	
14	Мешалица за инстант шлагове				2,2
15	Отпрашивач мешалице за слаткише	Einhell		2008.	0,3
16	Хидраулична преса за отпадни папир				3
17	Уређај за одзрачивање и вентилацију погона				2

Табела 4.41 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 2
Производном погону за производњу пекарских побољшивача и смеша

Процена годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 2, Производни погон за производњу пекарских побољшивача и смеша за 2019. приказана је у табели 4.42.

Месец	Обим производње пекарских побољшивача и смеша	Специф. потрошња ел. енергије	Процењена потрошња ел. енергије у производном делу ЦПЕ 2	Процењена потрошња ел. енергије у непроизводном делу ЦПЕ 2	Укупно процењена потрошња ел. енергије у ЦПЕ 2
ј.м.	[t]	[kWh/t]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
јан.19	129,94	6,2	805,63	310,00	1.115,63
феб.19	109,03	6,2	675,99	280,00	955,99
мар.19	131,85	6,2	817,47	310,00	1.127,47
апр.19	140,18	6,2	869,12	300,00	1.169,12
мај.19	143,02	6,2	886,72	310,00	1.196,72
јун.19	140,95	6,2	873,89	1.350,00	2.223,89
јул.19	156,79	6,2	972,10	1.860,00	2.832,10
авг.19	116,87	6,2	724,59	1.705,00	2.429,59
сеп.19	150,67	6,2	934,15	450,000	1.384,15
окт.19	167,32	6,2	1.037,38	310,0	1.347,38
нов.19	133,60	6,2	828,32	300,00	1.128,32
дец.19	159,65	6,2	989,83	310,00	1.299,83
Укупно	1.679,87		10.415,19	7.795,00	18.210,19

Табела 4.42 Процена потрошње електричне енергије у ЦПЕ 2 Производном погону за производњу пекарских побољшивача и смеша

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у у ЦПЕ 2 Производном погону за производњу пекарских побољшивача и смеша износи 18,21 MWh.

4.2.2.3 ЦПЕ 3 Магацин готових производа

У овом магацину складиште се готови производи произведени у процесу производње оба погона. На основу обима производње, залихе готових производа прорачунате су 15 радних дана. Магацин је подног типа без уграђених регала. Укупна запремина магацинског простора 812,56 m³ и за одржавање адекватних амбијенталних услова у њему користи се климатизациона комора произвођача СОКО Инжењеринг (слика 4.26), чији су основни елементи:

- вентилатор , инсталисане снаге 3,4 kW,
- фреонски компресор, инсталисане снаге 10 kW,
- електрични грејачи, инсталисане снаге 3 kW.



Слика 4.26 Климатизациона комора магацина готових производа

Површине и коефицијенти пролаза топлоте за сваки елемент омотача магацина готових производа усвојени су на основу техничке документације зграде Предузећа, и приказани су у табели 4.43:

Елементи омотача магацинског простора	Површина	Коефицијент пролаза топлоте
Јед.мере	[m ²]	[W/m ² K]
Под	295,2	1,3
Таваница	295,2	1,3
Врата спољашња	6,96	5,8
Врата унутрашња	12	5,8
Зидови	188	1,7

Табела 4.43 Карактеристике омотача магацина готових производа

За прорачун потребне количине енергије за грејање, хлађење и вентилацију магацина готових производа коришћене су следеће претпоставке:

- у магацинском простору се одржава пројектна температура од 18 °C,
- готови производи (индустријски маргарини и биљне масти и пекарски побољшивачи и смеше) који се уносе у магацин имају температуру од 21 °C,
- температура грејаног простора изнад магацина је 22 °C,
- просечна месечна температура тла за локацију Предузећа (табела 4.44),
- магацински простор се греје и вентилира током месеци у којима је средња месечна температура нижа од 12 °C (у периоду од јануара до априла и од октобра до децембара),
- магацински простор се хлади и вентилира у периоду од јуна до августа,
- магацински простор се само вентилира (не греје се и не хлади се) у мају и септембру.

Месец	Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Септ.	Окт.	Нов.	Дец.
t _{tla} [°C]	6	6	8	10	12	14	16	16	14	12	10	8

Табела 4.44 Просечна месечна температура тла за локацију Предузећа (PXM3, n.d.)

Потребна количина електричне енергије на годишњем нивоу за одржавање амбијенталних услова у магацинском простору једнака је збиру годишње потребне електричне енергије за грејање, хлађење и вентилацију магацинског простора.

Количина топлоте за грејање магацина готових производа Q_g [kWh] одређује се према следећем обрасцу:

$$Q_g = Q_{tr} + Q_{vent} - Q_{sol} - Q_{un} \quad (4.10)$$

где су:

- Q_{tr} [kWh] - трансмисиони губици,
- Q_{vent} [kWh] - вентилациони губици,
- Q_{sol} [kWh] - соларни добици,
- Q_{un} [kWh] - унутрашњи добици топлоте добијени пре свега од ускладиштених готових производа).

Прорачун трансмисионих губитака Q_{tr} [kWh] за сваки елемент омотача магацинског простора одређује се према обрасцу:

$$Q_{tr} = A \cdot U \cdot \Delta T \cdot 24 \cdot n / 1000 \quad (4.11)$$

где су:

- ΔT [K] - температурна разлика унутрашње, пројектне, температуре и спољашње температуре ваздуха/тла,
- n [-] - број дана у којима постоји потреба за грејањем.

Вентилациони губици Q_{vent} [kWh] одређују се према обрасцу:

$$Q_{vent} = 0,33 \cdot V \cdot \Delta T \cdot 24 \cdot 1,5 / 1000 \quad (4.12)$$

где је:

- V [m³] – запремина просторије.

Усвојен број измена ваздуха на часовном нивоу је 1,5, на основу Правилника о енергетској ефикасности зграда („Службени гласник Републике Србије“, бр. 61/2011)

Соларни добици за анализирани простор добијени су на основу резултата симулације у KnaufTerm-у, за сваки месец у години (KnaufTerm 2 PRO).

Унутрашњи добици топлоте Q_{un} [kWh], услед хлађења готових производа са 21 °C на 18 °C могу се одредити према обрасцу:

$$Q_{un} = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (4.13)$$

где су:

- m [kg] – маса готовог производа,
- c_p [kJ/kgK] - специфична топлота готовог производа,
- ΔT [K] - температурна разлика температуре ваздуха и готовог производа.

Усвојена специфична топлота за индустријски маргарин и биљне масти је 3,77 kJ/kgK, а за пекарске побољшиваче и смеше 1,8 kJ/kgK. Обим производње пекарских побољшивача и смеша и индустријских маргарина и биљних масти за референтну 2019. годину приказан је у табели 4.45.

Месец	Јед.м	јан.19	феб.19	мар.19	апр.19	окт.19	нов.19	дец.19
Обим производње пекарских побољшивача и смеше	[t]	129,9	109,0	131,9	140,2	167,3	133,6	159,7
Обим производње маргарина и биљних масти	[t]	417,3	510,3	460,2	411,0	453,1	554,8	598,1
Средња спољашња температура	[°C]	0,9	2,3	6,6	11,7	11,9	6,4	2,1
Трансмисиони губици север	[kWh]	1.339,2	1.110,6	892,8	477,5	477,7	879,2	1.245,2
Трансмисиони губици запад	[kWh]	726,7	602,6	484,5	259,1	259,2	477,1	675,7
Трансмисиони губици југ	[kWh]	1.489,7	1.235,4	993,2	531,2	531,4	978,0	1.385,2
Трансмисиони губици исток	[kWh]	-67,1	-60,6	-67,1	-65,0	-67,1	-65,0	-67,1
Трансмисиони губици таваница	[kWh]	-1.142,1	-1.031,6	-1.142,1	-1.105,2	-1.142,1	-1.105,2	-1.142,1
Трансмисиони губици под	[kWh]	3.426,2	3.426,2	2.855,2	2.284,1	1.713,1	2.284,1	2.855,2
Трансмисиони губици врата	[kWh]	513,6	425,9	342,4	189,2	183,2	337,2	477,5
Трансмисиони губици укупно	[kWh]	6.286,2	5.708,6	4.358,8	2.570,9	1.955,5	3.785,3	5.429,6
Соларни добици	[kWh]	93,5	123,1	170,1	181,9	165,0	97,0	76,0
Унутрашњи добици маргарини и биљне масти	[kWh]	1.312,1	1.604,5	1.447,1	1.292,2	1.424,6	1.744,4	1.880,7
Унутрашњи добици пекарски побољшивачи и смеше	[kWh]	195,1	163,7	197,9	210,4	251,2	200,6	239,7
Вентилациони губици	[kWh]	3.470,2	2.877,8	2.313,5	1.237,3	1.237,9	2.278,1	3.226,7
Укупна количина топлоте за грејање	[kWh]	8.155,8	6.695,0	4.857,2	2.123,6	1.352,6	4.021,5	6.460,0
Потребна количина електричне енергије за грејање	[kWh]	8.155,8	6.695,0	4.857,2	2.123,6	1.352,6	4.021,5	6.460,0
Потребна количина електричне енергије за вентилацију	[kWh]	1.636,8	1.478,4	1.636,8	1.584,0	1.636,8	1.636,8	1.636,8
Укупна количина електричне енергије		9.792,6	8.173,4	6.494,0	3.707,6	2.989,4	5.658,3	8.096,8

Табела 4.45 Потребна количина електричне енергије за грејање и вентилацију у ЦПЕ 3
Магацин готових производа у зимском периоду (периоду грејања)

Пошто се за грејање магацинског простора у зимским периоду користе електрични грејачи претпоставља се да је ефикасност оваквог система грејања 100%. Резултати прорачуна за зимски (грејни) период приказани су у табели 4.45 и укључују потребну количину електричне енергије за потребе грејања и вентилације.

На годишњем нивоу је за загревање магацинског простора потребно 33.665 kWh енергије, док је за грејање и вентилацију збирно потребно обезбедити 44.912 kWh.

Током маја и септембра нема потребе за грејањем ни хлађењем, тако да је у овим месецима електрична енергија потребна само за вентилацију магацинског простора и износи 1.636,8 kWh и 1.584 kWh, респективно.

Потребна количина електричне енергије за хлађење магацинског простора Q_{hel} [kWh], одређена је на основу обрасца:

$$Q_{hel} = \frac{Q_h}{COP} \quad (4.14)$$

где су:

- Q_h [kWh] – количина топлоте за хлађење магацинског простора,
- COP [-] - коефицијент учинка климатизационе коморе.

$$Q_h = Q_{tr} + Q_{vent} + Q_{sol} + Q_{un} \quad (4.15)$$

где су:

- Q_{tr} [kWh] - трансмисиони добици,
- Q_{vent} [kWh] - вентилациони добици,
- Q_{sol} [kWh] - соларни добици,
- Q_{un} [kWh] - унутрашњи добици топлоте (добијени од усклаиштених готових производа).

Трансмисиони добици Q_{tr} [kWh] рачунају се као сума трансмисионих добитака кроз све елементе омотача магацинског простора, применом обрасца 4.11, при чему у овом случају ΔT означава температурну разлику спољашње температуре ваздуха/тла и унутрашње, пројектне, температуре. Негативна вредност трансмисионог добитка упућује на одвођење топлоте из магацинског простора, кроз одређени део омотача.

Вентилациони добици Q_{vent} [kWh] се рачунају применом обрасца 4.12, при чему је усвојена апсолутна вредност добијеног резултата, где је n број дана у којима постоји потреба за хлађењем магацинског простора.

Унутрашњи добици Q_{un} [kWh] се одређују применом обрасца 4.13, а климатизациону комору усвојена је вредност $COP = 2,5$.

Резултати прорачуна за летњи период (период хлађења) приказани су у табели 4.46 и укључују потребну количину електричне енергије за потребе хлађења и вентилације.

Потребна количина енергије за хлађење на годишњем нивоу износи 4.109,89 kWh, док је за вентилацију и хлађење потребно обезбедити, збирно, 8.967,49 kWh.

Збирним приказом укупних вредности из табела 4.45 и 4.46 види се потребна количина електрична енергије за вентилацију, грејање и хлађење магацина готових производа (табела 4.47).

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у ЦПЕ 3 Магацин готових производа, за вентилацију, грејање и хлађење износи 57,1 MWh.

Месец	Јед.м	јун.19	јул.19	авг.19
Обим производње пекарских побољшивача и смеше	[t]	140,95	156,79	116,87
Обим производње маргарина и биљних масти	[t]	570,02	330,27	243,37
Средња спољашња температура	[°C]	20,00	21,90	21,50
Трансмисиони губици север	[kWh]	151,58	305,43	274,11
Трансмисиони губици запад	[kWh]	82,25	165,74	148,74
Трансмисиони губици југ	[kWh]	168,62	339,77	304,92
Трансмисиони губици исток	[kWh]	64,97	67,14	67,14
Трансмисиони губици таваница	[kWh]	1.105,23	1.142,07	1.142,07
Трансмисиони губици под	[kWh]	-1.142,07	-571,03	-571,03
Трансмисиони губици врата	[kWh]	58,13	117,13	105,12
Трансмисиони губици укупно	[kWh]	488,71	1.566,24	1.471,06
Соларни добици	[kWh]	204,50	218,40	213,00
Унутрашњи добици маргарин	[kWh]	1.792,25	1.038,43	765,20
Унутрашњи добици адитиви	[kWh]	211,59	235,37	175,45
Вентилациони губици	[kWh]	392,78	791,45	710,28
Укупна количина топлоте за хлађење	[kWh]	3.089,83	3.849,90	3.334,98
Потребна количина електричне енергије за хлађење	[kWh]	1.235,93	1.539,96	1.333,99
Потребна количина електричне енергије за вентилацију	[kWh]	1.584,01	1.636,81	1.636,81
Укупно количина електричне енергије		2.819,93	3.176,76	2.970,79

Табела 4.46 Потребна количина електричне енергије за хлађење и вентилацију у ЦПЕ 3
Магацин готових производа у летњем периоду (периоду хлађења)

	Месец	јан.19	феб.19	мар.19	апр.19	мај.19	јун.19
Q_{el}	[kWh]	9.792,56	8.173,41	6.493,96	3.707,57	1.636,8	2.819,93

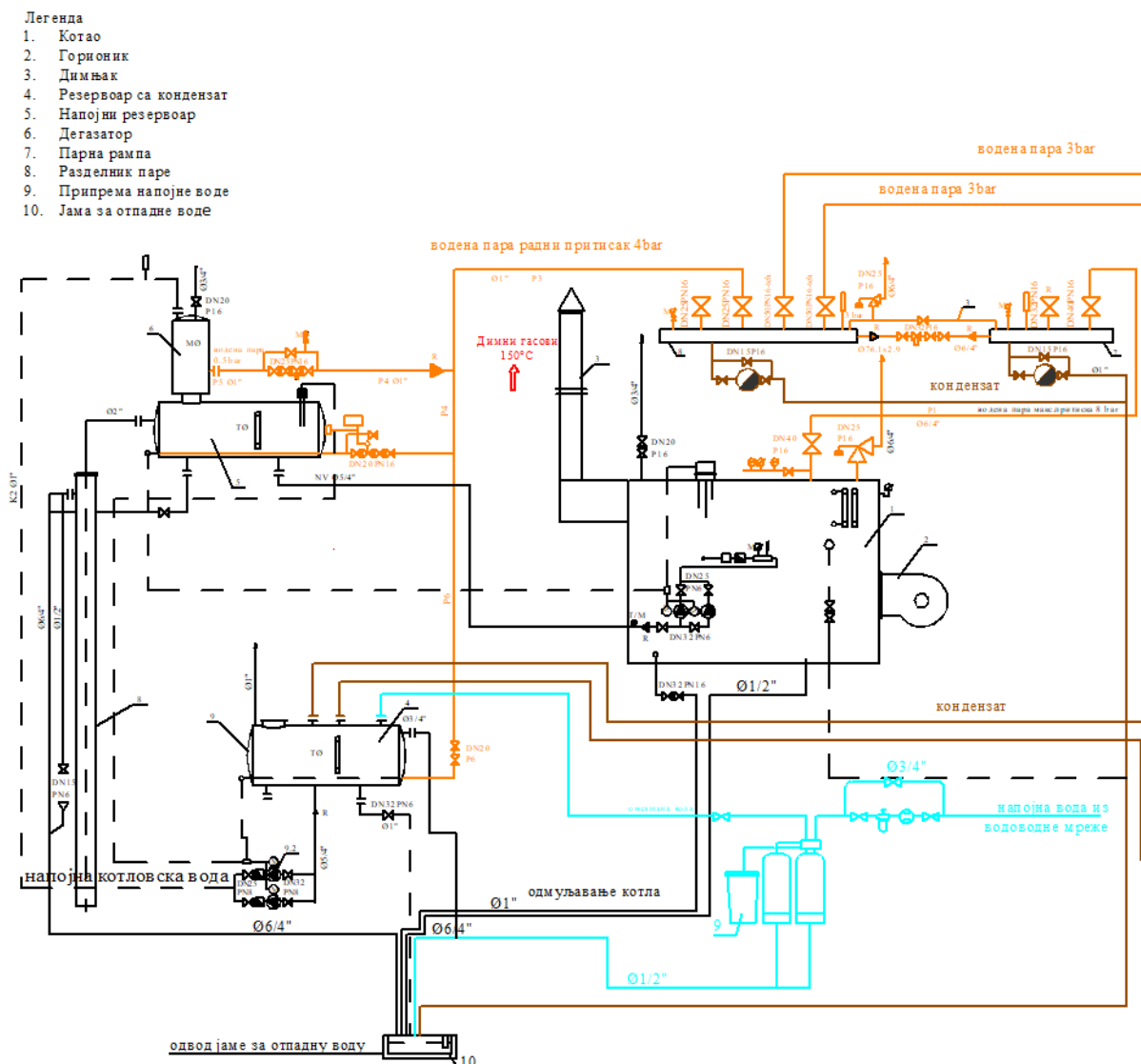
	Месец	јул.19	авг.19	сеп.19	окт.19	нов.19	дец.19	Укупно
Q_{el}	[kWh]	3.176,76	2.970,79	1.584,0	2.989,4	5.658,29	8.096,81	57.100,28

Табела 4.47 Потребна количина електричне енергије за вентилацију, грејање и хлађење
у ЦПЕ 3 Магацин готових производа

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у ЦПЕ 3 Магацин готових производа, за вентилацију, грејање и хлађење износи 57,1 MWh.

4.2.2.4 ЦПЕ 4 Котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде

За производњу водене паре и технолошке топле воде потребне за технолошки процес производње индустријских маргарина и биљних масти у Предузећу постоји сопствена котларница са парним котлом који као гориво користи природни гас чији је шематски приказ дат на слици 4.27. Котао је инсталиране снаге 350 kW (слика 4.28) и налази се у котларници, у оквиру посебног објекта уз зграду производног погона Предузећа.

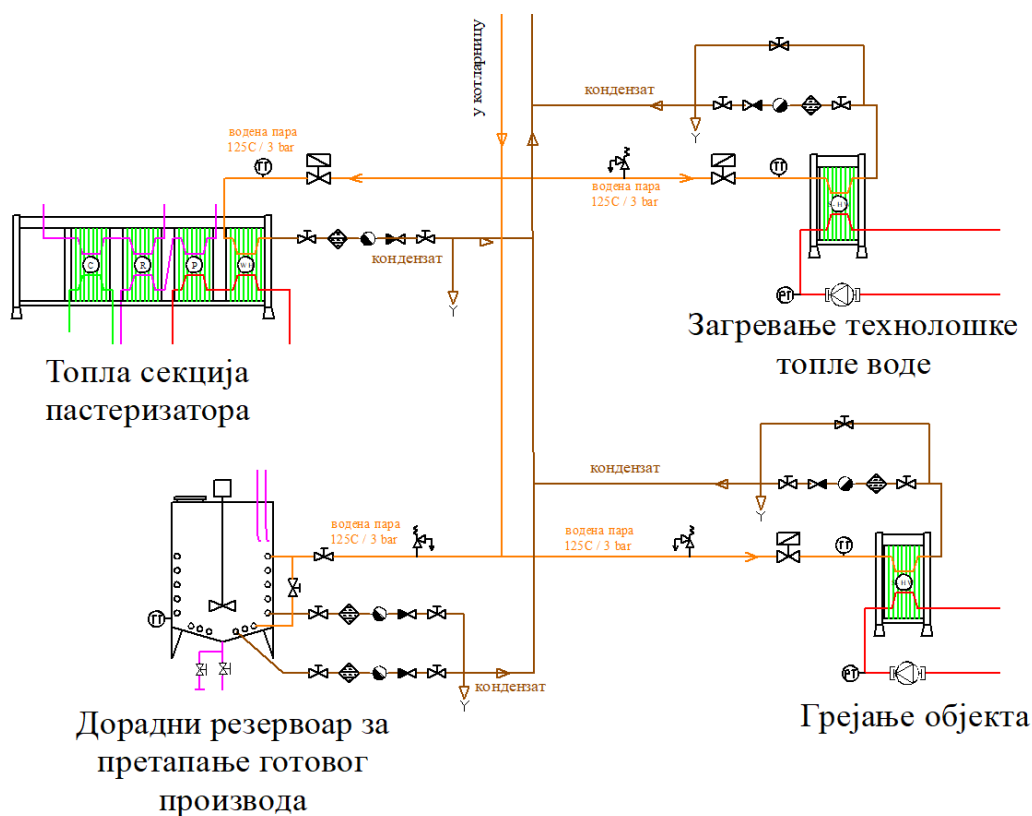


Слика 4.27 Шематски приказ котларнице на природни гас

Водена пара се са разделника паре из котларнице одводи до подстанице у производном погону. Део засићене водене паре користи се на размењивачу топлоте за загревање технолошке топле воде која служи за грејање дупликаторских цевовода, процесних резервоара и складишних резервоара за јестива уља. Други део засићене водене паре користи се на размењивачу топлоте система за грејање објекта и трећи део се директно одводи до погона за производњу индустријских маргарина и биљних масти, до топле секције пастеризатора и дорадног резервоара за претапање готовог производа. Шематски приказ развода водене паре приказан је на слици 4.29. Због конфигурације паровода, део кондензата који настаје при предаји топлоте и кондензовању водене паре у топлој секцији пастеризатора и на дорадном резервоару се не враћа у котларницу, већ се испушта у канализацију, што представља топлотни губитак.



Слика 4.28 Котао са гориоником



Слика 4.29 Шематски приказ развода водене паре

Карактеристике потрошача електричне енергије у котларници на природни гас и систему за дистрибуцију паре и технолошке топле воде, приказане су у табели 4.48.

Подаци о мерењу утрoшка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи електричне енергије приказани су у табели 4.49. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Процењено годишње време ангажовања горионка и циркулационе пумпе за систем технолошке топле воде је нешто више од стварног броја радних сати погона за производњу индустријског маргарина и биљних масти, пошто се котларница користи и за потребе грејања зграде Предузећа у зимском периоду.

Ред бр.	Опис	Произвођач/Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Горионик	TermoEl	1998.	0,75	0,82
2	Котловска центрифугална пумпа	Jastrebac	1998.	2,5	
3	Напојна центрифугална пумпа	Jastrebac	1999.	2,5	
4	Главна циркулациона пумпа за систем технолошке топле воде	Pedrini Italy	1999.	4	0,85
5	Циркулациона пумпа за систем технолошке топле воде	Grundfos	2002.	6 x 0,05	

Табела 4.48 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију паре и технолошке топле воде

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Горионик	6.900	-	-	0,6	4,14
2	Котловска центрифугална пумпа	1.000	-	-	2,0	2,0
3	Напојна центрифугална пумпа	1.000	-	-	2,0	2,0
4	Главна циркулациона пумпа за систем технолошке топле воде	6.900	6	400	3,53	24,351
5	Циркулациона пумпа за систем технолошке топле воде	6.900	-	-	0,21	1,449
Укупно						33,940

Табела 4.49 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију паре и технолошке топле воде

Поред наведених потрошача електричне енергије, котларници на природни гас и систему за дистрибуцију паре и технолошке топле воде припадају и електрични грејачи за одржавање температуре технолошке топле воде у ванрадном времену. Инсталирана су 2 електрична грејача сваки снаге од 18 kW, који су годишње ангажовани око 30 h. Њихова процењена годишња потрошња износи 1,62 MWh, тако да укупна процењена годишња потрошња електричне енергије у котларници на природни гас (слика 4.30) и систему за дистрибуцију паре и технолошке топле воде износи 35,56 MWh.

Водена пара и топла вода се транспортују изолованим цевоводом спољашњег пречника 51 mm, док је повратни вод кондензата паре спољашњег пречника 38 mm. Цеви су израђене од челика дебљине 1,5 mm, и изоловане материјалом од полиетилена дебљине 13 mm, која је генерално у лошем стању (слика 4.31). Вредности коефицијента потребних за прорачун надокнаде губитака топлоте у овим цевоводима износе:

- коефицијент провођења топлоте за челичне цеви дебљине зида 1,5 mm: $\lambda_1 = 58 \text{ W/mK}$,
- коефицијент прелаза топлоте са топле воде на зидове цеви: $\alpha_1 = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- коефицијент прелаза топлоте са паре на зидове цеви: $\alpha_2 = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Слика 4.30 Електрични грејачи за одржавање температуре у ванрадном времену



Слика 4.31 Изолација паровода

Коришћењем претходно наведених коефицијената и образаца 4.7, 4.8 и 4.9 добијају се коефицијенти пролаза топлоте и топлотни губици у овим цевоводима, који су заједно са карактеристикама цевовода приказано у табели 4.50.

Укупна годишња потреба за топлотном енергијом у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систему за дистрибуцију водене паре и технолошке топле воде износи 38,74 MWh.

Цевовод	d_u [mm]	d_s [mm]	d_{iz} [mm]	L_c [m]	U_n [W/mK]	U_i [W/mK]	T_u [°C]	Q_c [kWh]
паровод	48	51	77	24	0,958	0,421	135	14.201,72
повратни вод кондензата	35	38	64	21	0,714	0,338	120	8.204,34
топла вода за процес произв.	48	51	77	27,8	0,949	0,420	65	6.416,64
топла вода грејање	48	51	77	17	0,949	0,420	65	3.923,84
повратна вода	48	51	77	27,8	0,949	0,420	62	5.992,38
Укупно								38.738,92

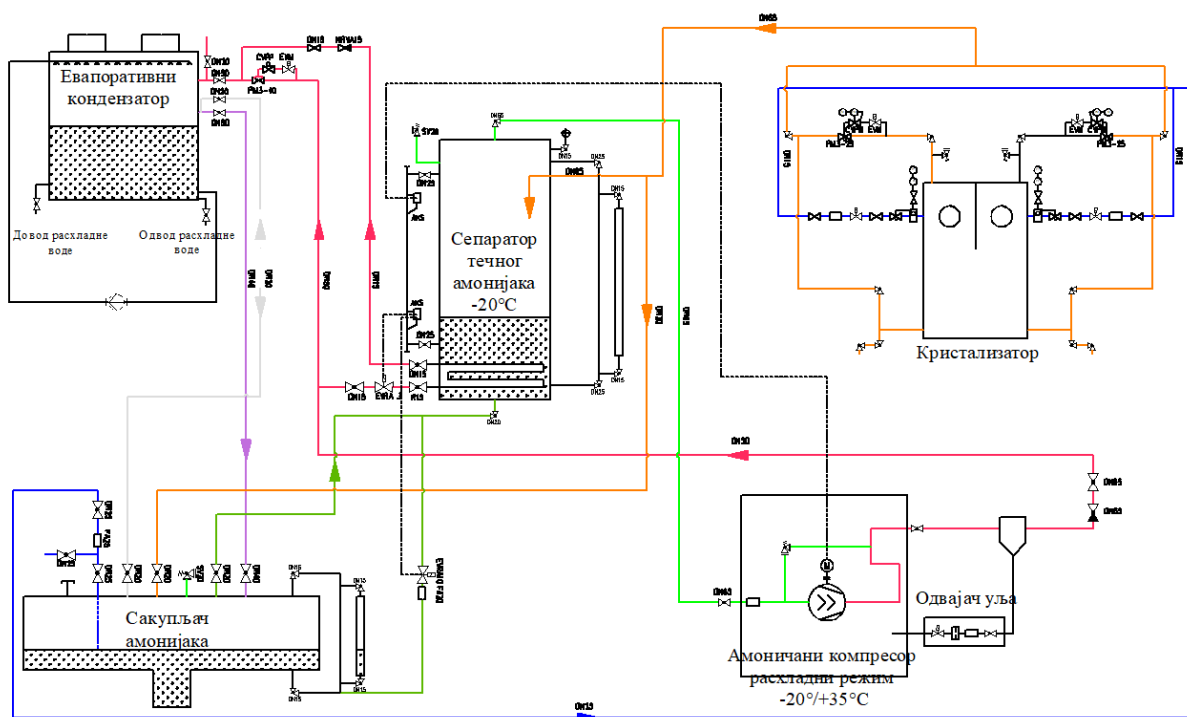
Табела 4.50 Карактеристике и прорачун губитака топлоте у ЦПЕ 4 Котларница на природни гас и систем за дистрибуцију водене паре и технолошке топле воде

4.2.2.5 ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације

Расхладно постројење (слика 4.32) у процесу производње маргарина обезбеђује хлађење емулзије у кристализатору, делу процеса производње индустријских маргарина и биљних масти, при чему се као расхладни флуид користи амонијак. Шематски расхладног амонијачног постројења приказан је на слици 4.33.



Слика 4.32 Расхладно амонијачно постројење



Слика 4.33 Шематски приказ расхладног амонијачног постројења за процес кристализације

Карактеристике потрошача електричне енергије у амонијачном компресорском расхладном постројењу приказане су у табели 4.51.

Ред бр.	Опис	Произвођач/ Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Компресор за амонијачно расхладно постројење 105 N8	Jugostroj, Beograd	1990.	45	0,81
2	Вентилатор евапоративног кондензатора	Baltimore BFC	2006.	5,5	0,85
3	Циркулациона пумпа евапоративног кондензатора	Baltimore BFC	2006.	0,37	0,84
4	Калорифер у објекту расхладног постројења	Termo energetika	2002.	0,3	0,83

Табела 4.51 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи, приказани су у табели 4.52. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Процењено годишње време ангажовања компресора амонијачног расхладног постројења, вентилатора и циркулационе пумпе евапоративног кондензатора процењено је на 90 % времена ангажовања кристализатора.

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Компресор за амонијачно постројење 105 N8	5.336	50	400	28	149,547
2	Вентилатор евапоративног кондензатора	5.336	4	400	2,35	12,555
3	Циркулациона пумпа - евапоративни кондензатор	5.336	0,63	400	0,37	1,954
4	Калорифер у станици амонијачног компресора	20	-	400	0,3	0,006
Укупно						164,061

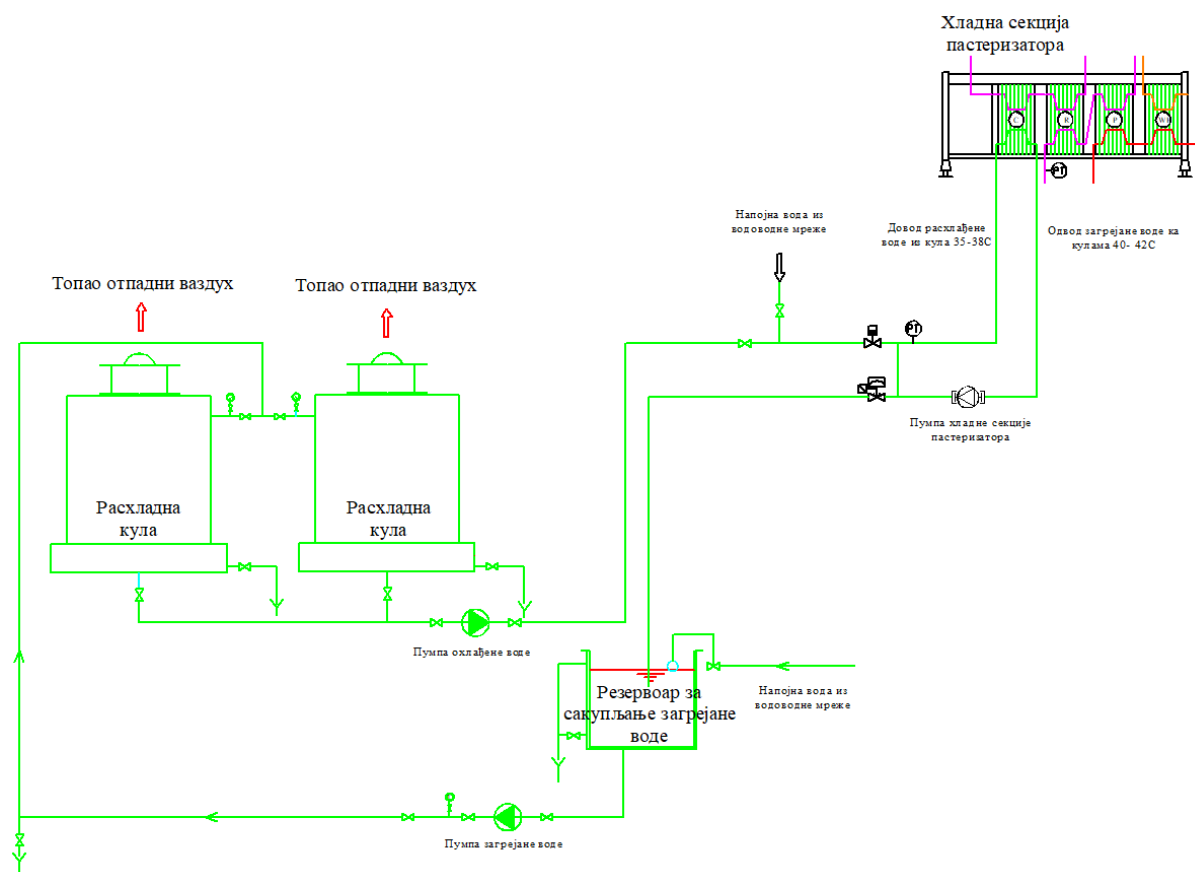
Табела 4.52 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у ЦПЕ 5 Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације износи 164,06 MWh.

4.2.2.6 ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације

Хлађење емулзије у хладној секцији пастеризатора врши се хладном водом која “одводи” њену топлоту. Таква загрејана вода не може се испустити у канализацију, пошто осим негативног утицаја на животну средину, овакав утрошак воде представља и не занемарљив трошак пословања Предузећа. Из ових разлога загрејана вода из процеса пастеризације, циркулише у затвореном кругу преко расхладних кула које врше њено потхлађивање и омогућавају поновно коришћење у хладној секцији пастеризатора. Због потребног расхладног капацитета користе се две расхладне куле. Шематски приказ расхладних кула за хлађење воде из процеса пастеризације приказан је на слици 4.34.

Карактеристике потрошача електричне енергије система расхладних кула приказани у табели 4.53.



Слика 4.34 Шематски приказ расхладних кула за хлађење воде из процеса пастеризације

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи, приказани су у табели 4.54. Вредности у табели су добијене коришћењем образаца 4.1 и 4.2. Процењено годишње време ангажовања пумпи за циркулацију расхладне воде за хлађење пастеризатора одговара времену ангажовања пастеризатора.

Ред бр.	Опис	Произвођач/Тип	Год. производње	Номинална снага ЕМ [kW]	Фактор снаге ел. мотора, $\cos \varphi$ [-]
1	Пумпа расхладне куле 1	Pedrolo	2008.	1,1	0,84
2	Пумпа расхладне куле 1	Pedrolo	2008.	2,2	0,84
3	Пумпа сабирног резервоара загрејане воде	Pedrolo	2008.	1,1	0,84
4	Вентилатор расхладне куле 1	-	-	5,5	0,85
5	Вентилатор расхладне куле 2	-	-	5,5	0,85

Табела 4.53 Техничке карактеристике потрошача електричне енергије у ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације

Ред. бр.	Опис	Годишње временско ангажовање	Измерена јачина струје по фази	Усвојена вредност напона мреже	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња ел. енергије
ј.м.	[-]	[h]	[A]	[V]	[kW]	[MWh]
1	Пумпа расхладне куле 1	5.945	2	400	1,16	6,911
2	Пумпа расхладне куле 1	5.945	4,3	400	2,5	14,860
3	Пумпа сабирног резервоара загрејане воде	2.378	2,7	400	1,57	3,732
4	Вентилатор расхладне куле 1	2.378	2,8	400	1,65	3,916
5	Вентилатор расхладне куле 2	2.378	2,8	400	1,65	3,916
Укупно						33,336

Табела 4.54 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у ЦПЕ 6 Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације износи 33,33 MWh.

4.2.2.7 ЦПЕ 7 Ваздушни компресори и систем за дистрибуцију компримованог ваздуха

Компримовани ваздух се у процесу производње индустријских маргарина и биљних масти користи за покретање извршних органа аутоматског управљања, као и за уређаје који се користе за паковања готовог производа. За производњу компримованог ваздуха користе се два компресора, радни и резервни (слика 4.35 а и б).

Оба компресора су ваздушно хлађена и отпадна топлота које се генерише при њиховом раду се избацује из просторије у којој се компресори налазе, у спољашњу средину кроз отвор у спољашњем зиду просторије.

За процену количине електричне енергије потребне за рад компресора, коришћени су подаци о њиховом годишњем времену ангажовања у режиму пуног оптерећења и у растерећеном режиму рада, који су преузети са управљачких јединица самих компресора.

Подаци о мерењу утршка електричне енергије и израчунатој годишњој потрошњи компресора и система за коришћење компримованог ваздуха, приказани су у табели 4.55.



Слика 4.35 а) Ваздушни компресор Atlas Copco GA15 FF



Слика 4.35 б) Ваздушни компресор Atlas Copco GA11 FF

Компресор	ј.м.	Atlas Copco GA15 FF	Atlas Copco GA11 FF
Усвојена вредност напона мреже	[V]	400	400
Номинална снага	[kW]	15	11
Номинални фактор снаге електромотора ($\cos \varphi$)	[-]		0,85
Укупно годишње ангажовање	[h]	2.709	2.958
Годишње ангажовање – оптерећен	[h]	1.588	1.518
Годишње ангажовање – растерећен	[h]	1.121	1.440
Измерена јачина струје по фази - оптерећен	[A]	22	22
Измерена јачина струје по фази - растерећен	[A]	15	15
Корекција фактора снаге ($\cos \varphi$) електромотора – оптерећен	[-]	0,85	0,85
Корекција фактора снаге ($\cos$) електромотора – растерећен	[-]	0,81	0,81
Израчуната ангажована снага оптерећен	[kW]	12,96	12,96
Израчуната ангажована снага растерећен	[kW]	8,42	8,42
Потрошња - оптерећен	[kWh]	20.573,72	19.666,81
Потрошња - растерећен	[kWh]	9.436,32	12.121,58
Укупна потрошња	[MWh]	30,010	31,788
Укупно		61,798	

Табела 4.55 Прорачун годишње потрошње електричне енергије у ЦПЕ 7 Ваздушни компресори и систем за дистрибуцију компримованог ваздуха

Укупна годишња потреба за електричном енергијом у ЦПЕ 7 Ваздушни компресори и систем за дистрибуцију компримованог ваздуха износи 61,79 MWh.

4.2.2.8 ЦПЕ 8 Административни део предузећа и остало

Расвета у предузећу изведена је плафонски, водоотпорним светилкама у кућишту заштите IP65 и то 11 светиљки са по две FL цеви, снаге 2 x 40 W и 49 светиљки са по две LED цеви снаге 2 x 6 W. Укупна номинална снага расвете је 1.468 kW. Процењена годишња потрошња електричне енергије расвете приказана је у табели 4.56.

Тип расвете	Инсталисана снага	Просечно дневно временско ангажовање	Број дана коришћења	Укупна годишња потрошња
ј.м.	[kW]	[h]	[dan]	[kWh/god]
FL	0,792	20	290	4.594
LED	1,764	20	290	10.231
Укупно				14.825

Табела 4.56 Прорачун годишње потрошње електричне енергије за потребе расвете

Климатизација административног дела предузећа врши се клима уређајима, 10 уграђених јединица свака расхладног капацитета 12.000 BTU. Процењена годишња потрошња електричне енергије за клима уређаје приказана је у табели 4.57.

Локација клима уређаја	Број комада	Инсталисана снага	Просечно дневно временско ангажовање	Број дана коришћења	Укупна годишња потрошња
ј.м.	[-]	[kW]	[h]	[dan]	[kWh/god]
Канцеларије	4	1,1	8	120	4.224
Производни погон	6	1,1	24	180	28.512
Укупно					32.736

Табела 4.57 Прорачун годишње потрошње електричне енергије за клима уређаје

За подизање и спуштање терета (сировина и готових производа) користи се теретни лифт кога погони електромотор снаге 14 kW, чији је процењени фактор снаге 0,8. Процењено је да се на годишњем нивоу лифт ангажује за подизање и спуштање прашкастих сировина и готових производа 840 пута (годишње се диже 1.750 t терета, при чему у лифт стају 3 палете са око 700 kg). Произведени индустријски маргарин и биљне масти се спуштају оквирно 8 пута дневно, при чему је процењени годишњи број дана коришћења 290. Процењена годишња потрошња електричне енергије за погон теретног лифта приказана је у табели 4.58.

Кретање теретног лифта	Време кретања	Ангажан за погон инд. маргарина и биљних масти	Ангажован за погон прашкастих побољшивача и смеша	Усвојена вредност напона мреже	Измерена јачина струје по фази	Израчуна та ангажова на снага	Укупна годишња потрошња
ј.м.	[s]	[h/god]	[h/god]	[V]	[A]	[kW]	[kWh]
пун на горе	24	0,00	5,60	400	17	9,42	52,765
пун на доле	24	7,73	5,60	400	11	6,10	77,449
празан на горе	24	7,73	0,00	400	12	6,65	0
празан на доле	24	0,00	0,00	400	11	6,10	0
Укупно							130,214

Табела 4.58 Прорачун годишње потрошње електричне енергије за погон лифта

Директним мерењем потрошње електричне енергије утврђено је да је потрошња лабораторијске пећи по једном циклусу испитивања 2,73 kWh, па укупна годишња потрошња за 290 радних дана износи 791,7 kWh. Процењено је да је годишња потрошња електричне енергије за остале непописане уређаје (рачунаре, веш машине, кафемати и сл.) око 30 MWh.

Укупна годишња потрошња електричне енергије у ЦПЕ 8 Административни део предузећа и остало је 78,482 MWh.

На основу детаљног енергетског биланса Предузећа описаног у тачкама од 4.2.2.1 до 4.2.2.8 добијен је годишњи преглед потрошње електричне и топлотне енергије приказан у табели 4.59.

Из табеле 4.59 може се закључити:

- како је потрошња природног гаса за референтну 2019. годину била на нивоу од 712,825 MWh, и на основу потребне количине топлотне енергије од 511,35 MWh, добија се да степен корисности котларнице на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде износи 71,7%, што је условљено чињеницама да је парни котао релативно стар, да су одвајачи кондензата у лошем стању и делом пропуштају „живу водену пару“, да се део кондензата из производног погона за производњу индустријских маргарина и биљних масти не враћа у котларницу, већ се испушта у канализацију (у технолошким целинама П5 И П7),
- за референтну 2019. годину око 13% топлотне енергије користило се за загревање простора, а остатак је потрошен за потребе технолошког процеса производње индустријских маргарина и биљних масти.

	Потрошња електричне енергије [MWh]	Потрошња електричне енергије [%]	Потрошња електричне енергије [%] ЦПЕ 1	Потрошња топлотне енергија [MWh]	Потрошња топлотне енергија [%]	Потрошња топлотне енергија [%] ЦПЕ 1
ЦПЕ 1: Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	183,349	29,02%		406,613	79,52%	
П1.пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)	0,484	0,08%	0,26%	127,982	25,03%	31,48%
П2.припремање уљне фазе	1,814	0,29%	0,99%	42,008	8,22%	10,33%
П3.припремање водене фазе	0,346	0,05%	0,19%	70,545	13,80%	17,35%
П4.припремање емулзије	11,678	1,85%	6,37%	37,185	7,27%	9,15%
П5.процес пастеризације	34,010	5,38%	18,55%	25,903	5,07%	6,37%
П6.процес кристализације	121,884	19,29%	66,48%	-	-	-
П7.претапање готовог производа (дорадни резервоар)	4,601	0,73%	2,51%	102,990	20,14%	25,33%
П8.паковање готовог производа	8,532	1,35%	4,65%	-	-	-
ЦПЕ 2: Производни погон за производњу пекарских побољшивача и пекарских и смеша	18,210	2,88%		-	-	
ЦПЕ 3: Магацин готових производа	57,100	9,04%		-	-	
ЦПЕ 4: Котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде	35,560	5,63%		38,739	7,58%	
ЦПЕ 5: Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације	164,061	25,96%		-	-	
ЦПЕ 6: Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације	33,336	5,28%		-	-	
ЦПЕ 7: Ваздушни компресори са системом за дистрибуцију компримованог ваздуха	61,798	9,78%		-	-	
ЦПЕ 8: Административни део предузећа и остало	78,482	12,42%		66,000	12,91%	
Укупно	631,896	100,00%		511,352	100,00%	

Табела 4.59 Годишњи преглед потрошње електричне и топлотне енергије по ЦПЕ у Предузећу

4.2.3 Одређивање индикатора енергетских перформанси и њихово поређење са референтним узорима

Индикатори енергетских перформанси представљају специфичне енергетске показатеље који се користе за утврђивање постојећег стања ЕЕ како би се евентуално, поређењем са референтним узорима, одредио потенцијал за уштеду енергије што је основа за упоредну статистику са предузећима које имају идентичан или сличан производни програм.

Просечна годишња количина произведених индустријских маргарина, биљних масти и пекарских побољшивача и смеша, као и годишња потрошња поменутих енергената за 2018., 2019., и 2020. годину, приказани су у табели 4.60. Приликом прорачуна SE_{el} [kWh/kg], од укупно утрошене електричне енергије у целом производном погону одузета је она количина која се користи за производњу пекарских побољшивача и пекарских смеша, након чега је потрошња нормализована по јединичној маси произведеног маргарина и биљних масти. Пошто се за производњу пекарских побољшивача и смеша не користи топлотна енергија, SE_h [kWh/kg] се односи искључиво на производњу индустријских маргарина и биљних масти.

Год.	Обим производње		Потрошња енергије		Специфична потрошња	
	Маргарини биљне масти	Пекарски побољшивачи и смеше	Природни гас	Електрична енергија	Топлотне енергије SE_h	Електричне енергије SE_{el}
ј.м.	[t]	[t]	[MWh]	[MWh]	[kWh/kg]	[kWh/kg]
2018.	5.821,53	1.611,40	771,155	683,8	0,1320	0,116
2019.	5.463,75	1.679,87	712,825	655,5	0,1305	0,118
2020.	5.244,60	1.560,91	722,337	604,8	0,1380	0,113
Просек					0,1335	0,116

Табела 4.60 Приказ индикатора енергетских перформанси, SE_h и SE_{el}

Стање ЕЕ погона за производњу индустријских маргарина и биљних масти у Предузећу које је узето за студију случаја, може се поредити са доступним подацима за предузећа који се баве истом производном делатношћу. Овакво поређење индикатора енергетских перформанси (тзв. спољашњи бенчмакинг) истражује се у циљу унапређења произвођачке праксе која води резултатима бољим од конкуренције.

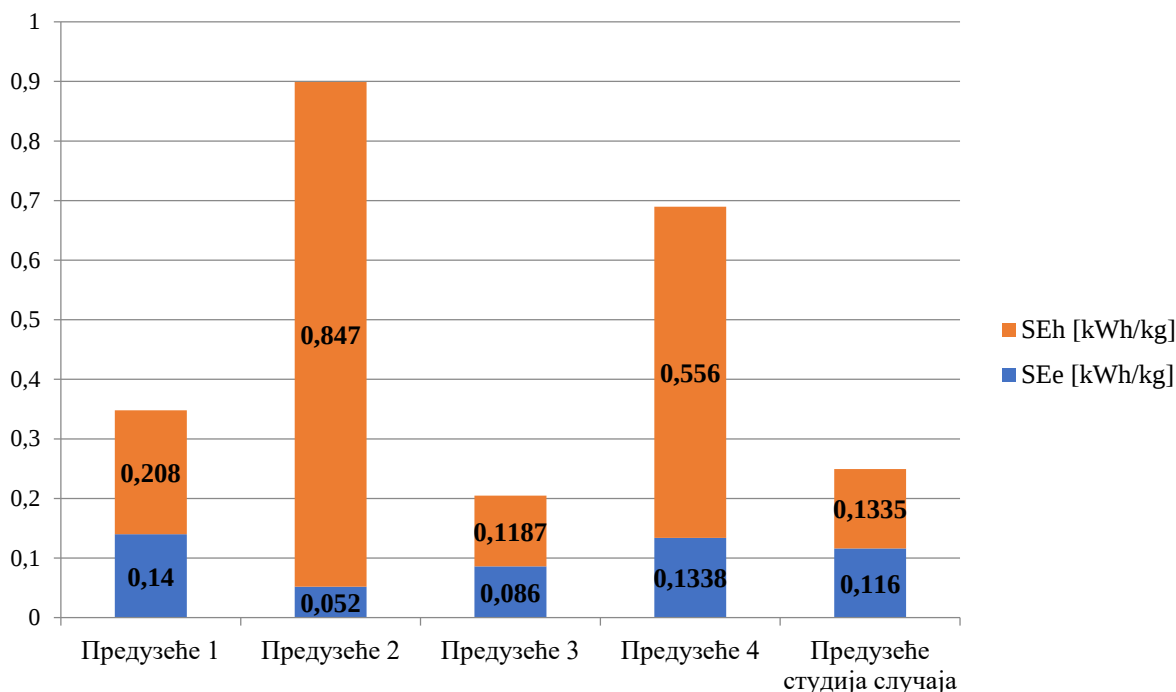
	SE_h	SE_{el}
ј.м.	[kWh/kg]	[kWh/kg]
Предузеће 1	0,2080	0,1400
Предузеће 2	0,8470	0,0520
Предузеће 3	0,1187	0,0860
Предузеће 4	0,5560	0,1338

Табела 4.61 Приказ литературних података о SE_h и SE_{el} у индустрији маргарина и биљних масти

Прикупљени литературни подаци о SE_h [kWh/kg] и SE_{el} [kWh/kg] у референтним предузећима индустрије маргарина приказани су у табели 4.61 (IAC, n.d.).

Упоредни приказ литературних података и података добијених анализом тренутне потрошње енергије и производње у анализираном Предузећу приказани су на слици 4.36.

Упоредни приказ SE_h и SE_{el} и литературних података



Слика 4.36 Упоредни приказ SE_h и SE_{el} у Предузећу које је узето за студију случаја и литературних података

Из претходне слике може се закључити да су у Предузећу које је узето за студију случаја вредности SE_h и SE_{el} у оквиру норми за ову индустрију, па чак и у доњем делу опсега.

4.2.4 Одређивање зависности потрошње енергената у функцији од обима производње

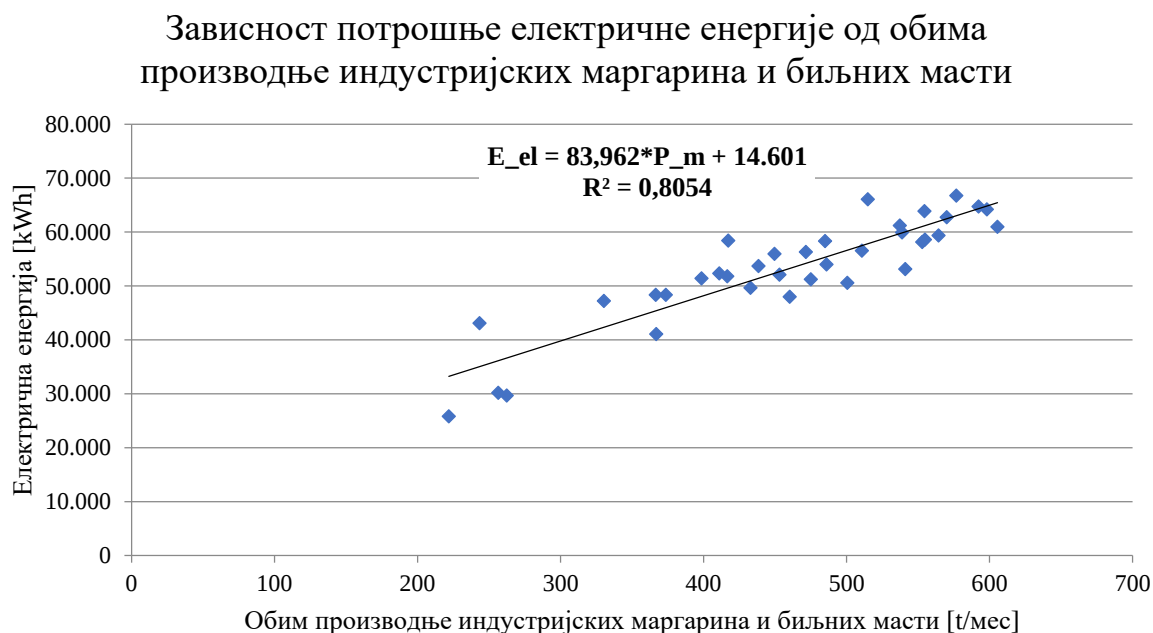
На основу прикупљених података о месечној потрошњи електричне енергије и месечном обиму производње у периоду од 2018. до 2020. године, зависност месечне потрошње електричне енергије и месечног обима индустријских маргарина и биљних масти (табела 4.4) приказани су на слици 4.37.

Са слике 4.37 може се уочити да је зависност потрошње електричне енергије од обима производње индустријских маргарина и биљних масти приказана је следећим обрасцем:

$$E_{el} = 83,962 \cdot P_{marg} + 14.601 \quad (4.16)$$

где су:

- E_{el} [kWh/mes] - месечна потрошња електричне енергије,
- P_{marg} [t/mes] - месечни обим производње индустријских маргарина и биљних масти.



Слика 4.37 Дијаграм зависности потрошње електричне енергије од обима производње индустријских маргарина и биљних масти

У поглављу 4.2.1 наведено је да је основу података о часовној потрошњи електричне енергије и података о дневном обиму производње за период од 03.07. до 06.10.2021. године процењена потрошња електричне енергије у производњи пекарских побољшивача и смеша 6,2 kWh/t производа, тако да се образац 4.16 може проширити, те је зависност месечне потрошње електричне енергије од месечног обима производње у оба производна погона приказана је следећом једначином:

$$E_{el} = 83,961 \cdot P_{marg} + 6,2 \cdot P_{pek} + 14,601 \quad (4.17)$$

где је:

- P_{pek} [t/mes] - месечни обим производње пекарских побољшивача и смеша.

Из израза 4.17 може закључити да просечна месечна потрошња електричне енергије која не зависи од обима производње износи 14.601 kWh и односи се претежно на непроизводне активности које се одвијају у административном делу Предузећа и магацинском простору.

Зависност месечне потрошње природног гаса и месечног обима производње индустријских маргарина и биљних масти датих (табела 4.38), без узимања у обзир топлотне енергије утрошене за грејање просторија предузећа у зимском периоду, приказани су на слици 4.38.

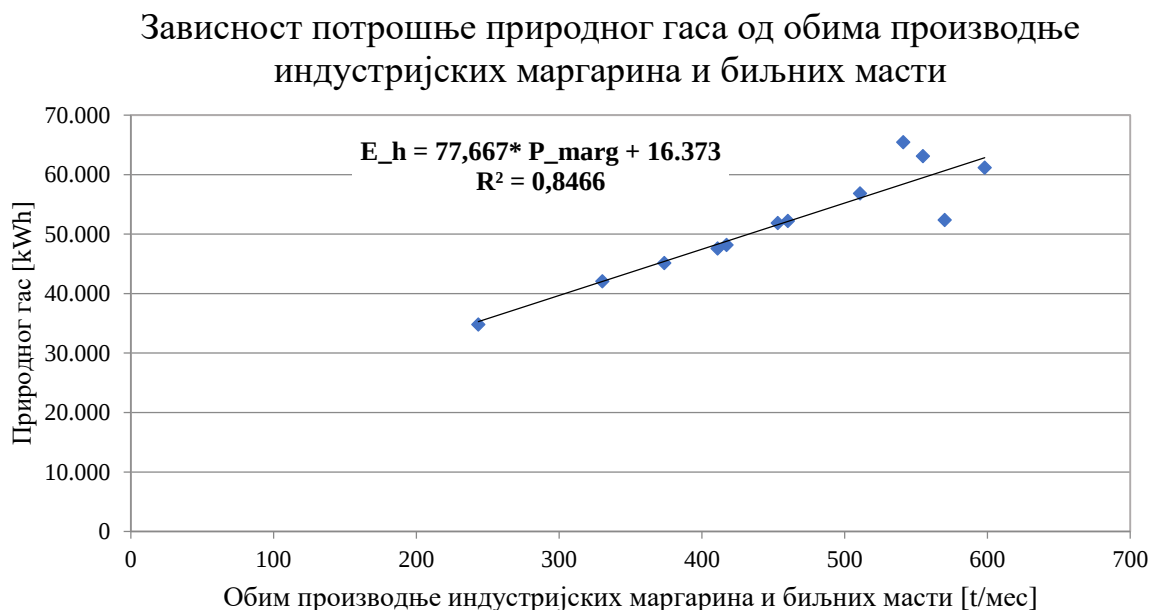
Зависност месечне потрошње природног гаса од месечног обима производње приказана је следећим обрасцем:

$$E_h = 77,667 \cdot P_{marg} + 16,373 \quad (4.18)$$

где су:

- E_h [kWh/mes] - месечна потрошња природног гаса,

- P_{marg} [t/mes] - месечни обим производње индустријских маргарина и биљних масти.



Слика 4.38 Дијаграм зависности потрошње природног гаса од обима производње индустријских маргарина и биљних масти

Из израза 4.18 може се закључити да просечна месечна потрошња природног гаса (топлотне енергије) која не зависи од обима производње износи 16.373 kWh и односи се претежно на грејање ускладиштеног уља у резервоарима током викенда и током нерадних дана у Предузећу.

4.2.5 Одређивање угљеничног отиска у функцији од обима производње

Количина утрошене енергије у Предузећу у току референте 2019. године добијена је на основу увида у рачуне за утрошени природни гас и електричну енергију. На основу познате потрошње енергената, може се одредити почетна вредност угљеничног отиска Предузећа (која одговара уобичајном пословању) у току референтне године. Применом обрасца 3.2, при чему је број различитих енергената који се користе $n = 2$ (електрична енергија и природни гас) добија се:

$$\text{Емисија } GHG = E_{el} \cdot f_{el} + E_h \cdot f_h \quad (4.19)$$

где су:

- E_{el} [MWh] - потрошња електричне енергије,
- f_{el} [t/MWh] - емисиони фактор конверзије утрошене електричне енергије у tCO_{2e},
- E_h [MWh] - потрошња природног гаса,
- f_h [t/MWh] - емисиони фактор конверзије утрошеног природног гаса у tCO_{2e}.

Вредност емисионих фактора конверзије за електричну енергију је карактеристична је за сваку државу и зависи од начина производње електричне енергије, односно удела коришћења ОИЕ у њеној производњи. Државе у којима је удео коришћења ОИЕ већи, попут Данске или Шведске, имају знатно мањи фактор конверзије (0,166 t/MWh, 0,013 t/MWh, респективно), у поређењу са државама у којима се електрична енергија добија примарно употребом фосилних горива (на пр. Пољска где је 0,773 t/MWh).

У Републици Србији, доминантан начин производње електричне енергије је производња у термоелектранама која се базира на коришћењу угља као фосилног горива што има утицаја на релативно високу вредност емисионог фактора конверзије. На основу литературних података, вредност фактора конверзије за електричну енергију у tCO_{2e} у Републици Србији износи 0,76253 tCO_{2e}/MWh (AIB, 2022).

На основу података из табеле 3.3 дате у поглављу 3, вредност емисионог фактора конверзије за природни гас за референтну 2019. годину износи 0,20431 tCO_{2e}/MWh.

Коришћењем обрасца 4.19 и одговарајућих емисионих фактора конверзије, почетна вредност угљеничног отиска Предузећа изражена у tCO_{2e} у за референтну 2019. годину приказана је у табели 4.62.

	Утрошена количина [MWh]	Емисиони фактор конверзије [t/MWh]	Угљенични отисак [tCO _{2e}]
Електрична енергија	655,00	0,76253	499,46
Природни гас	712,83	0,20431	145,64
Укупно			645,10

Табела 4.62 Почетна вредност угљеничног отиска Предузећа (емисија GHG изражена у tCO_{2e}) у току референте 2019. године

Коришћењем израза 4.17 и 4.18 и вредности фактора конверзије из табеле 4.62 добија се следећи израз за месечну емисију GHG:

$$\text{Емисија } GHG_{mes} = 0,079892 \cdot P_{marg} + 0,004733 \cdot P_{pek} + 14,4788 \quad (4.20)$$

Из израза 4.20 може закључити да месечни угљенични отисак (емисија GHG) Предузећа који не зависи од обима производње, износи 14,4788 tCO_{2e}, и односи се на непродуктивне активности као што су вентилација и климатизација, осветљење и сл. Уколико се претпостави да је ова вредност угљеничног отиска више-мање константна, она ће на годишњем нивоу износити 173,75 tCO_{2e}, па се годишње емисије GHG у функцији од годишњег обима производње могу добити коришћењем следећег обрасца:

$$\text{Емисија } GHG_{god} = 0,079892 \cdot P_{marg} + 0,004733 \cdot P_{pek} + 173,75 \quad (4.21)$$

Узевши у обзир и потрошњу природног гаса за грејање простора (табела 4.3) која је за референтну 2019. годину износила 91,998 MWh, коришћењем израза 4.21 и вредности фактора конверзије дате у табели 4.62 добија се процењена годишња емисије GHG (угљенични отисак) Предузећа:

$$\text{Емисија } GHG_{proc} = 0,079892 \cdot P_{marg} + 0,004733 \cdot P_{pek} + 192,54 \quad (4.22)$$

На овај начин Предузеће може одредити очекивану годишњу вредност свог угљеничног отиска у наредном периоду, а на основу планиране производње. Конкретно,

уколико је познат план производње за наредну годину, што свако предузеће доноси као неизоставни параметар свог пословања, може се доста прецизно проценити очекивани годишњи угљенични отисак, па Предузеће може планирати своје активности у правцу његовог смањења. На основу података из табеле 4.60 и применом образаца 4.19 и 4.22, може се одредити вредност процењена вредност угљеничног отиска за 2020. годину, односно за годину која је следила референтну 2019., што је приказано у табели 4.63. Применом израза за одређивање угљеничног отиска у функцији од обима производње добијају се вредности прихватљиве тачности које одступају за 1,7% од оних које су одређене на основу стварне потрошње електричне и топлотне енергије.

год.	Процењени угљенични отисак	Остварени угљенични отисак
ј.м.	[tCO ₂ e]	[tCO ₂ e]
2020.	618,94	608,76

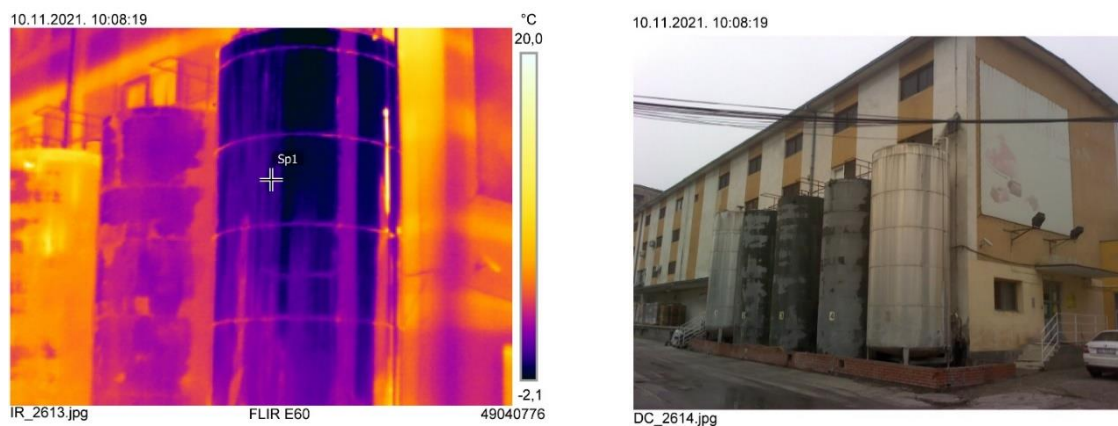
Табела 4.63 Поређење вредности процењеног и оствареног угљеничног отиска

4.3 Дефинисање мера и активности смањења угљеничног отиска

На основу резултата спроведеног детаљног енергетског прегледа Предузећа, као најпрактичније и техничко-технолошки изводљиве, предложене следеће МАСУО:

- 4.3.1 Замена оштећене изолације на складишним резервоарима, постављање изолације на процесним резервоарима и замена изолације на цевоводима и пароводима

Потрошња топлотне енергије у складишним и процесним резервоарима износи 298,61 MWh што представља око 58,40% укупне потрошње топлотне енергије. Резервоари који се користе за пријем и складиштење сировина се налазе ван зграде и адекватно су изоловани минералном вуном дебљине 80 mm са алуминијумском оплатом. Процесни резервоари који се налазе у погону за производњу индустријских маргарина и биљних масти су неизоловани и имају значајне губитке топлоте. Удео топлотне енергије која се троши у резервоарима у различитим деловима процеса производње приказан је у табели 4.64.



Слика 4.39 Стање изолације складишних резервоара

	Укупна потрошња топлотне енергија [MWh]	Потрошња топлотне енергије у резервоарима [MWh]
ЦПЕ 1: Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	406,613	-
П1. Пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)	127,982	115,172
П2. Припремање уљне фазе	42,008	-
П3. Припремање водене фазе	70,545	66,242
П4. Припремање емулзије	37,185	27,941
П5. Процес пастеризације	25,903	-
П6. Процес кристализације	0,000	-
П7. Претапање готовог производа (дорадни резервоар)	102,990	89,260
П8. Паковање готовог производа	-	-
ЦПЕ 2: Производни погон за производњу пекарских побољшивача и пекарских и смеша	-	-
ЦПЕ 3: Магацин готових производа	-	-
ЦПЕ 4: Котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде	38,739	-
ЦПЕ 5: Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације	-	-
ЦПЕ 6: Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације	-	-
ЦПЕ 7: Ваздушни компресори са системом за дистрибуцију компримованог ваздуха	-	-
ЦПЕ 8: Административни део предузећа и остало	66,000	-
Укупно	511,352	298,61

Табела 4.64 Потрошња топлотне енергије у складишним и процесним резервоарима

Стање изолације резервоара је испитано термовизијском камером. На слици 4.39 приказана је фотографија која је направљена термовизијском камером, како би се илустровало стање изолације.

Како су процесни резервоари у производном погону неизоловани, неопходно је извршити њихову изолацију. На тржишту постоји већи број произвођача који нуде изолацију од минералне вуне са оплатом од алуминијума (слика 4.40).

Применом изолације од минералне вуне дебљине 80 mm, оствариле би се значајне уштеде. Потребе за топлотом енергијом у резервоарима би се смањиле са 298,61 MWh, на 246,55 MWh, односно укупна потрошња топлотне енергије би се смањила са 511,352 MWh на 459,292 MWh. У табели 4.65 дат је приказ потенцијалних уштеда у ЦПЕ 1 које би се оствариле изолацијом резервоара.

Изолацијом резервоара постигле би се годишње уштеде топлотне енергије од 52,06 MWh, односно 10,18% укупне потрошње топлотне енергије.

Укупни потрошња топлотне енергије у цевоводима износи 135,96 MWh што представља 26,59% укупне потрошње топлотне енергије. Цевоводи којима се транспортују водена пара, топла вода, јестива уља, емулзија или индустријски маргарини и биљне масти су углавном неизоловани или је изолација у лошем стању

(процењено је да је изолација код изолованих цевовода адекватна на 40% дужине, осим код спољашњих цевовода за транспорт јестивих уља где је процењено је да је изолација адекватна на 80% дужине). Удео топлотне енергије која се троши у цевоводима у различитим деловима процеса производње приказан је у табели 4.66.



Слика 4.40 Предлог изолационог материјала за процесне резервоаре - минерална вуна

	Потребна топлотна енергија за неизоловане резервоаре [MWh]	Потребна топлотна енергија за изоловане резервоаре [MWh]
ЦПЕ 1: Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	-	-
П1. Пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)	115,17	115,17
П2. Припремање уљне фазе	-	-
П3. Припремање водене фазе	66,24	61,10
П4. Припремање емулзије	27,94	2,35
П5. Процес пастеризације	-	-
П6. Процес кристализације	-	-
П7. Претапање готовог производа (дорадни резервоар)	89,26	67,93
П8. Паковање готовог производа	-	-
Укупно	298,61	246,55

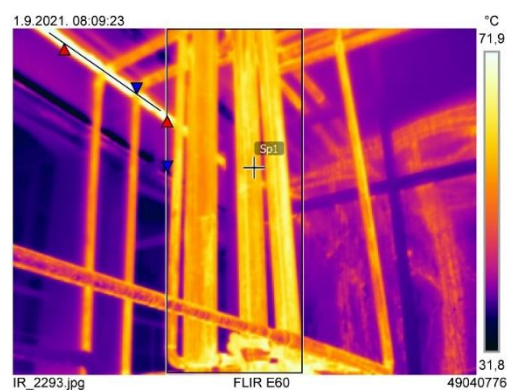
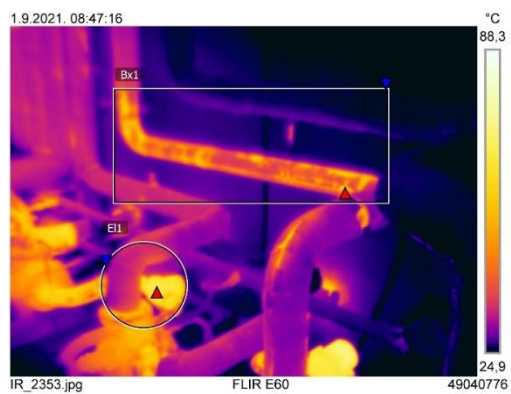
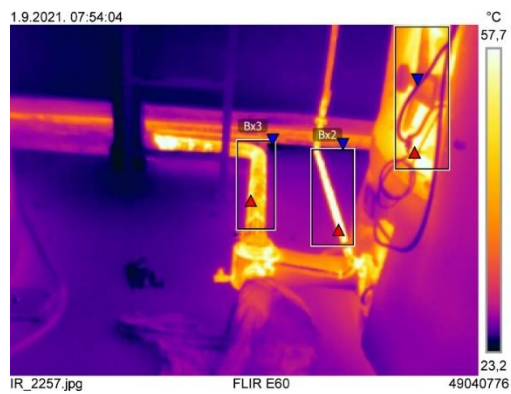
Табела 4.65 Очекивано смањење топлотних губитака након изолације резервоара

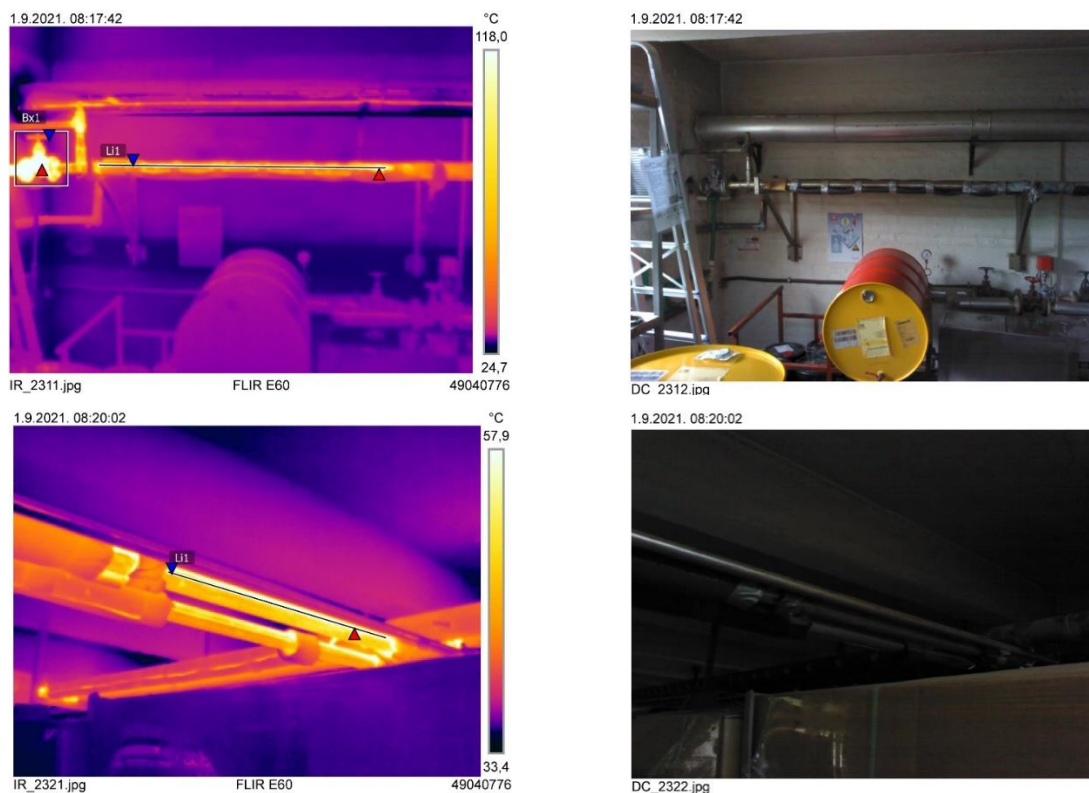
Стање изолације је испитано термовизијском камером. На слици 4.41 приказан је део фотографија направљених термовизијском камером, како би се илустровало стање изолације цевовода.

	Укупна потрошња топлотне енергија [MWh]	Потрошња топлотне енергије у цевоводима [MWh]
ЦПЕ 1: Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	406,613	-
П1. Пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)	127,982	12,81
П2. Припремање уљне фазе	42,008	42,01
П3. Припремање водене фазе	70,545	4,30
П4. Припремање емулзије	37,185	9,25
П5. Процес пастеризације	25,903	15,12
П6. Процес кристализације	-	-
П7. Претапање готовог производа (дорадни резервоар)	102,990	13,73
П8. Паковање готовог производа	-	-
ЦПЕ 2: Производни погон за производњу пекарских побољшивача и пекарских и смеша	-	-
ЦПЕ 3: Магацин готових производа	-	-
ЦПЕ 4: Котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде	38,739	38,74
ЦПЕ 5: Расхладно амонијачно постројење за процес кристализације	-	-
ЦПЕ 6: Расхладне куле за хлађење воде из процеса пастеризације	-	-
ЦПЕ 7: Ваздушни компресори са системом за дистрибуцију компримованог ваздуха	-	-
ЦПЕ 8: Административни део предузећа и остало	66,000	-
Укупно	511,352	135,96

Табела 4.66 Потрошња топлотне енергије у цевоводима

Са слике 4.1 се види да је неопходно заменити постојећу дотрајалу и оштећену изолацију, као и изоловати цевоводе који нису изоловани. На тржишту постоји већи број произвођача који нуде префабриковану изолацију за цеви стандардног пречника. Цеви код којих температуре ниже од 95 °C примењује се изолација од полиетилена (слика 4.42 а) или од еластомера на бази каучука (слика 4.42 б), док се за спољашње цевоводе и цевоводе на вишим температурама примењује изолација од минералне вуне са оплатом од алуминијума (слика 4.43).





Слика 4.41 Стање изолације цевовода



Слика 4.42 а) Предлог изолационог материјала за цеви, полиетилен (Plamaflex ISO)



Слика 4.42 б) Предлог изолационог материјала, еластомер (ARMAFLEX ACE)



Слика 4.43 Предлог изолационог материјала за цеви, минерална вуна

Како би се умањили губици топлоте у цевоводима, предлаже се изоловање цеви полиетиленском изолацијом за цевоводе код којих су температуре до 65 °C, док се за спољашње цеви, као и за пароводе предлаже изолација од минералне вуне. Применом изолације од полиетилена дебљине 13 mm и минералне вуне дебљине 20 mm, оствариле би се значајне уштеде. Потребне за топлотом енергијом би се смањиле са 135,96 MWh, на 70,53 MWh, односно укупна потрошња топлоте би се смањила са 511,35 MWh на 445,91 MWh. У табели 4.67 дат је приказ потенцијалних уштеда у ЦПЕ 1 и ЦПЕ 4 које би се оствариле изолацијом цевовода.

	Потребна топлотна енергија за тренутно стање цевовода [MWh]	Потребна топлотна енергија за изоловане цевовода [MWh]
ЦПЕ 1: Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	-	-
П1. Пријем и складиштење јестивих биљних уља (сировина)	12,81	5,78
П2. Припремање уљне фазе	42,01	19,75
П3. Припремање водене фазе	4,30	3,01
П4. Припремање емулзије	9,25	4,94
П5. Процес пастеризације	15,12	9,48
П6. Процес кристализације	-	-
П7. Претапање готовог производа (дорадни резервоар)	13,73	7,42
П8. Паковање готовог производа	-	-
ЦПЕ 4: Котларница на природни гас са системом за дистрибуцију паре и технолошке топле воде	38,74	20,14
Укупно	135,96	70,53

Табела 4.67 Очекивано смањење топлотних губитака након изолације цевовода

Изолацијом цевовода постигле би се годишње уштеде топлотне енергије од 65,44 MWh, односно 12,80% од укупне потрошње топлотне енергије.

Истовременим санирањем и заменом изолације складишних и процесних резервоара и свих цевовода постигле би се годишње уштеде топлотне енергије од 117,50 MWh, односно 22,98% укупне потрошње топлотне енергије.

4.3.2 Оптимизација технолошког процеса производње усклађивањем капацитета кристализатора и уређаја за паковање готовог производа

Паковање готовог производа (индустријског маргарина и биљних масти) обавља се на уређајима за паковање радног капацитета 850 kg/h, што је мање од радног капацитета кристализатора, који износи 1.000 kg/h. Ова неусклађеност доводи до појаве уског грла на паковању. Услед немогућности паковања целокупно произведене количине која се континуално доводи до уређаја за паковање, то резултује значајном количином готовог производа који се претапа у дорадном резервоару. Претапање готовог производа представља један од енергетски најинтензивнијих делова производног процеса и захтева коришћење велике количине топлотне енергије. Количина топлоте која се троши

током овог процеса директно је зависна од количине готовог производа који се претапа и која је процењена на 150 kg по једној шаржи. Пошто је раније наведено да је у референтној 2019. години произведен укупно шаржи 5.463, може се закључити да количина топлотне енергије која се троши за претапање у дорадном резервоару услед немогућности паковања износи 102,99 MWh на годишњем нивоу.

Уколико би уређаји за паковање имали исти радни капацитет као и као кристализатор, количина готовог производа који се шаље на претапање у дорадни резервоар могла би се смањити са 150 kg, на оквирно 50 kg по шаржи, па се може проценити да би смањење потрошње топлотне енергије износило оквирно 40 MWh на годишњем нивоу, односно 7,82% укупне потрошње топлотне енергије. Предлог повећања капацитета уређаја за паковање је делимична аутоматизација овог дела процеса производње импементаацијом кобот подизача (енг. *cobot lifter*). Коботи (слика 4.44) су колаборативни роботи, намењени директној интеракцији са запосленима унутар заједничког радног простора. Кобот апликације су у супротности са традиционалним апликацијама индустријских робота у којима су роботи изоловани од људског контакта.



Слика 4.44 Предлог примене кобота за палетизирање збирних паковања индустријског маргарина и биљних масти (Industry USA , 2020)

4.3.3 Замена парног котла, енергетски ефикаснијим котлом или парогенератором одговарајућих карактеристика

Поређењем потрошње природног гаса (712,82 MWh) и потребне количине топлотне енергије (511,35 MWh) за референтну 2019. годину, утврђен је степен корисности котларнице на природни гас и система за дистрибуцију паре и технолошке топле воде од 71,7%. Разлог релативно ниском степену корисности је чињеница да је парни котао стар преко 20 година, да су одвајачи кондензата у лошем стању и да делом пропуштају „живу водену пару“, па се део кондензата из производног погона за производњу се испушта у канализацију. Заменом парног котла, енергетски ефикаснијим котлом или парогенератором одговарајућих карактеристика, постоји могућност за значајно смањење потрошње природног гаса. Код савремених котлова степен корисности се креће од 92% до 95%, што би уз реконструкцију цевовода кондензата и замену одвајача кондензата који нису у функцији, омогућило годишњу уштеду топлотне енергије око 135 MWh.

4.3.4 Санирање цурења компримованог ваздуха система за дистрибуцију компримованог ваздуха

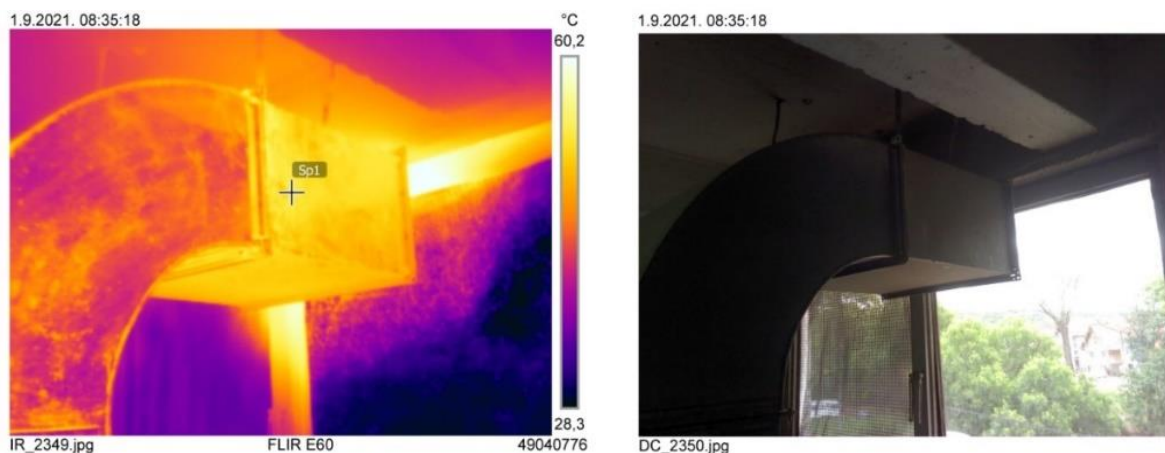
Компримовани ваздух се примењује за покретање извршних органа аутоматског управљања, као и за покретање извршних елемената на уређајима за паковање индустријског маргарина и биљних масти. Коришћењем уређаја за детекцију цурења у систему развода компримованог ваздуха (слика 4.45), уочено је да постоје извесна цурења на више локација у производном погону. Санирањем места цурења, процењена годишња уштеда које би се могла остварити износи оквирно око 3 MWh електричне енергије.



Слика 4.45 Детекција цурења компримованог ваздуха

4.3.5 Промена локације ваздушних компресора у циља снижавања температуре ваздуха на усису

Просторија у којој се налазе ваздушни компресори је у непосредној близини размењивача топлоте за грејање објекта што уз неадекватну изолованости система за дистрибуцију водене паре и топле воде, доводи до знатно више температуре усисног ваздуха компресора од препоручене па је и веће оптерећење компресора више што доводи до веће потрошње електричне енергије. Осим тога, компресори избацују загрејани ваздух, делимично и у саму просторију у којој се налазе, а сами канали за одвођење тог загрејаног ваздуха су неизоловани (слика 4.46).



Слика 4.46 Канал за одвод загрејаног отпадног ваздуха

Одабиром боље локације за ваздушне компресоре, односно омогућавање уписавања свежег ваздуха ниже температуре и изоловањем канала за свеж и загрејани (отпадни) ваздух процењује се да је могућа годишња уштеда потрошње електричне енергије око 0,6 MWh.

4.3.6 Замена предимензионисаних електромотора

Извршеним мерењима и упоређивањем са карактеристикама, утврђено да су поједини електромотори предимензионисани и да су им називне снаге вишеструко веће од ангажованих снага. У свим случајевима где се вршна оптерећења могу смањити уградњом електромотора мање снаге може се смањити потрошња електричне енергије за 1,2%, а код електромотора мањих снага и знатно више. Усвојена вредност уштеде у потрошњи електричне енергије која се остварује заменом предимензионисаних електромотора је 2%. У случају отказа постојећих, предлаже се замена мотора приказаних у табели 4.68.

Електромотор	Номинална снага	Израчуната ангажована снага	Годишња потрошња електричне енергије	Очекивано смањење потрошње електричне енергије
Ј.м.	[kW]	[kW]	[MWh]	[MWh]
Мешач водене фазе	3	0,24	1,564	0,03
Мешач у дорадном суду	2	0,68	4,397	0,09
Укупно				0,12

Табела 4.68 Очекивано смањење потрошње електричне енергије након замене предимензионисаних електромотора

Структурни приказ предлога мера повећања ЕЕ наведених у тачкама 4.3.1 до 4.3.6 и процењено смањење угљеничног отиска добијено коришћењем одговарајућих емисионих фактора конверзије из табеле 4.63, дато је у табели 4.69.

Предложена мера за повећање ЕЕ	ЦПЕ	Врста уштеде енергије	Процењена годишња уштеда енергије	Процењено смањење угљеничног отиска
Замена оштећене изолације на складишним резервоарима, постављање изолације на процесним резервоарима и замена изолације на цевоводима и пароводима	ЦПЕ 1, ЦПЕ 4	топлотна енергија	117,5 MWh	24,01 tCO ₂ e
Оптимизација технолошког процеса производње усклађивањем капацитета кристализатора и уређаја за паковање готовог производа	ЦПЕ 1	топлотна енергија	40,0 MWh	8,17 tCO ₂ e
Замена парног котла енергетски ефикаснијим котлом или парогенератором одговарајућих карактеристика и реконструкција цевовода за повраћај кондензата	ЦПЕ 4	топлотна енергија	135,0 MWh	27,58 tCO ₂ e
Санитрање цурења компримованог ваздуха система за дистрибуцију компримованог ваздуха	ЦПЕ 7	електрична енергија	3,0 MWh	2,29 tCO ₂ e
Промена локације ваздушних компресора у циља снижавања температуре ваздуха на усису	ЦПЕ 7	електрична енергија	0,6 MWh	0,46 tCO ₂ e
Замена предимензионисаних електромотора мешача на процесним резервоарима	ЦПЕ 1	електрична енергија	0,12 MWh	0,09 tCO ₂ e

Табела 4.69 Предлог мера за повећање ЕЕ у Предузећу

4.3.7 Примена соларних фотонапонских система

Фотонапонски системи су у последњој деценији постали веома популарно решење обзиром на све веће проблеме и изазове у погледу обезбеђивања поузданог снабдевања електричном енергијом и смањења емисија GHG. Популарности оваквих система допринео је и значајан пад цене фотонапонских панела на тржишту, као и све чешће институционалне подршке које су учиниле ове системе исплативим и при малим инсталисаним снагама, па се из тог разлога може разматрати као могућност примене локалног ОИЕ у Предузећу (Gordić, Nikolić, Josijević, Aleksić, & Vukašinović, 2023).

Зграда у којој се налази производни погон Предузећа је вишеспратна спољашње висине 12,5 m, дужом страном оријентисана у правцу североисток – југозапад, кровне конструкције са двоструким падом малог нагиба од 2 ° и површином крова од 665 m² (слика 4.47).



Слика 4.47 Локација производног погона Предузећа⁶

Како би ефикасност фотонапонских панела била што већа, потребно их је поставити под одговарајућим углом, који се одређује у односу на географску дужину и ширину. Међутим, ово често није могуће остварити, посебно када се ради о системима који су инсталирани на кровној конструкцији зграде. Положај и оријентација панела, условљени су оријентацијом зграде (крова), али и самом кровном конструкцијом. Коришћењем софтверског алата K2 Systems (K2 Systems, n.d.) дефинисан је предлог решења фотонапонског система који би се налазио на приказаном крову. Софтверски алат K2 Systems нуди могућност одређивања оптималног распореда одабраног типа панела, али и одабир одговарајућег система везивања панела за кровну конструкцију. Приликом приказа техничког решења, пошло се од претпоставке да спроведена анализа има за циљ да покаже потенцијал за имплементацију фотонапонског система као могућност примене ОИЕ у Предузећу, али да се пројектно решење може значајније разликовати у пракси.

Применом софтверског алата усвојене су следеће претпоставке техничког решења:

- одабрани су Si монокристални панели AbiSolar AB-60M 310-320W спољашњих димензија (1665 x 100 x 35 mm) чија је снага 320 W и који се могу пронаћи на нашем тржишту (AbiSolar, n.d.),
- предвиђено је да нагиб панела буде 10° у односу на површину крова, обзиром на доступне начине везивања и евентуалну појаву ветра,
- одабран је начин везивања панела за кровну конструкцију S-Dome 6.10 Xpress,
- панели су груписани према препорукама софтверског алата, а усвојени приступни пролаз између група панела за потребе одржавања је 500 mm,
- кроз софтверски алат узета је у обзир висина парапета зграде и сенка која се може појавити на панелима.

⁶ Локација производног погона Предузећа преузета са сервиса Google Maps

Софтверски алат је показао да је на крову могуће инсталирати 210 панела чија је укупна инсталисана снага 67,2 kW, према распореду који је приказан на слици 4.48.



Слика 4.48 Предложен распоред и груписање фотонапонских панела

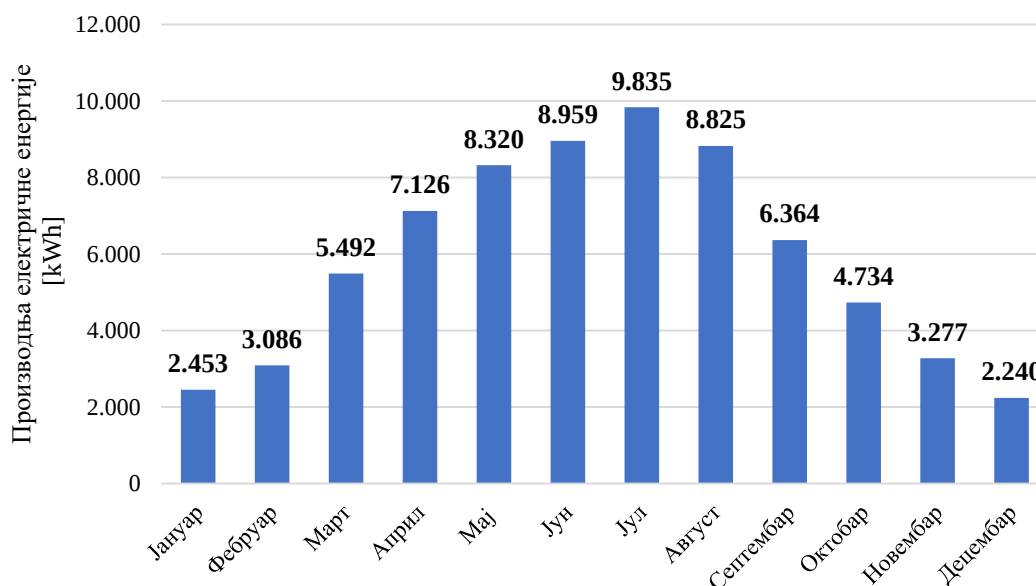
Добијени распоред панела и могућа инсталисана снага интегрисани су са доступним подацима о соларном зрачењу како би се проценила годишња продукција електричне енергије. У табели 4.70 су приказани улазни подаци који су коришћени за анализу, као и и излазни подаци који су добијени применом одговарајуће базе података (PVGIS, n.d.).

Улазни подаци	
Коришћена база:	PVGIS-SARAH
Фотонапонска технологија:	Si монокристал
Инсталисана снага:	67,2 kW
Процењени губици:	14%
Нагиб панела:	10 °
Угао азимута:	- 44,3 °

Добијени резултати	
Годишња продукција:	70.712 kWh
Просечна инсолација:	1.405 kWh/m ²
Могућа годишња варијација:	3.303 kWh
Укупни губици:	-25,14%

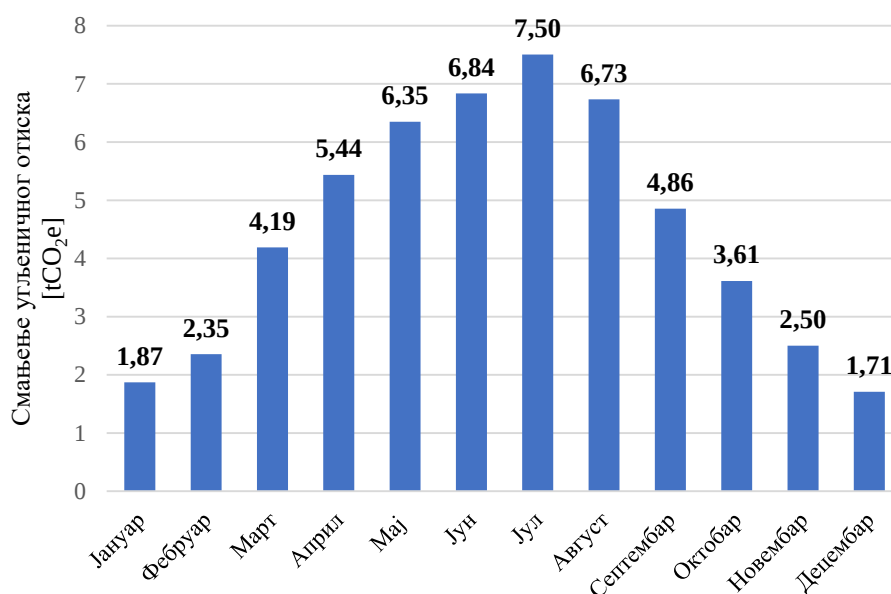
Табела 4.70 Подаци добијени прорачуном инсталације фотонапонских панела

Постављањем приказаног фотонапонског соларног система на кров Предузећа, могло би се генерисати око 70,71 MWh електричне енергије, што би довело до смањења угљеничног отиска од 53,92 tCO_{2e} на годишњем нивоу. Поменута продукција електричне енергије не би била константна током целе године, већ би варијирала на месечном нивоу, што је приказано на слици 4.49.



Слика 4.49 Очекивана месечна продукција електричне енергије која би била остварена постављањем фотонапонског система

У складу са очекиваном месечном продукцијом електричне енергије из фотонапонског система, јавила би се варијација смањења угљеничног отиска, што је приказано на слици 4.50.

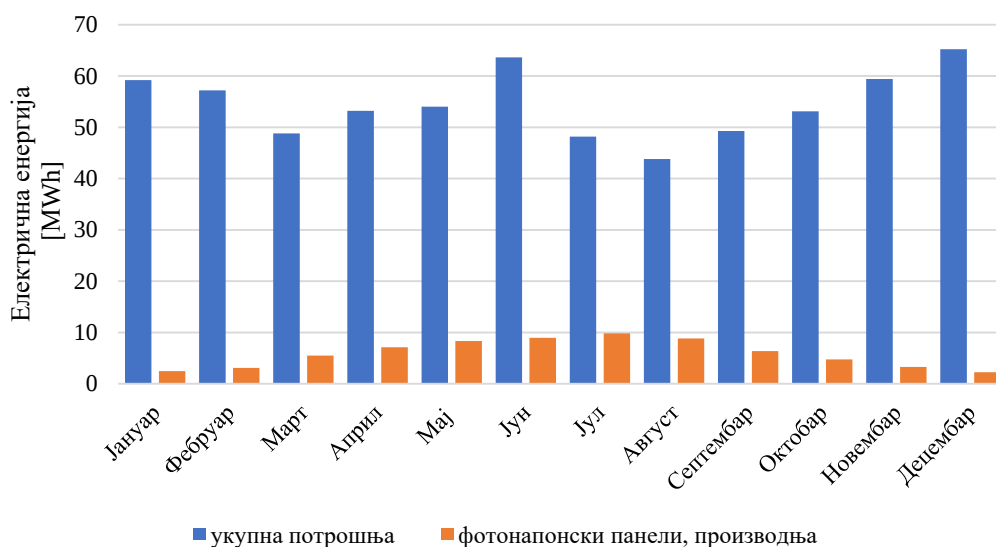


Слика 4.50 Очекивано месечно смањење угљеничног отиска које би се остварило постављањем фотонапонског система

Инсталацијом фотонапонских панела и производњом електричне енергије из ОИЕ стиче се право на прикључење на електродистрибутивни систем чиме се добија статус купца-произвођача у складу са Уредбом о критеријумима, условима и начину обрачуна потраживања и обавеза између купца-произвођача и снабдевача ("Службени гласник Републике Србије", бр. 83/2021 и 74/2022), што би омогућило Предузећу да

вишак произведене електричне енергије испоручи у мрежу и да, када буде потребно, преузме из мреже, при чему се обрачун врши на месечном нивоу.

Анализом процењене производње електричне енергије из ОИЕ и електричне енергије која је потребна при тренутном обиму производње, инсталација фотонапонских панела би задовољила око 10,8% потреба Предузећа (базирано на потрошњи електричне енергије у референтној 2019. години). Однос производње електричне енергије из фотонапонских панела и потрошње електричне енергије у референтној 2019. години приказан је на слици 4.51.



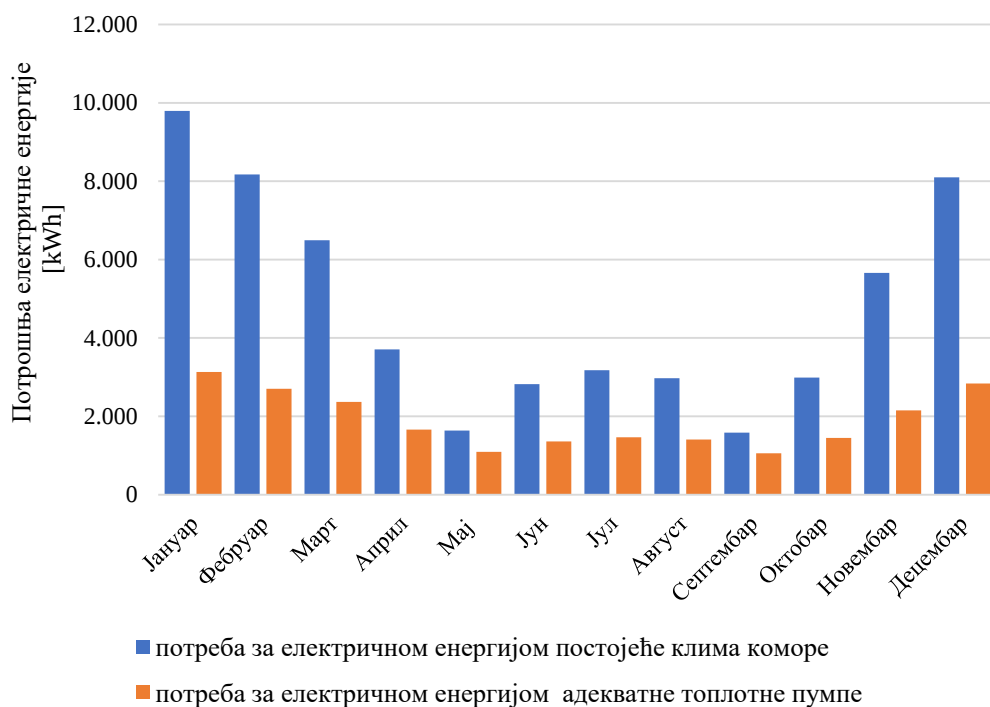
Слика 4.51 Однос производње електричне енергије из фотонапонских панела и потрошње електричне енергије у референтној 2019. години

4.3.8 Замена клима коморе у магацинском простору топлотном пумпом одговарајућег капацитета

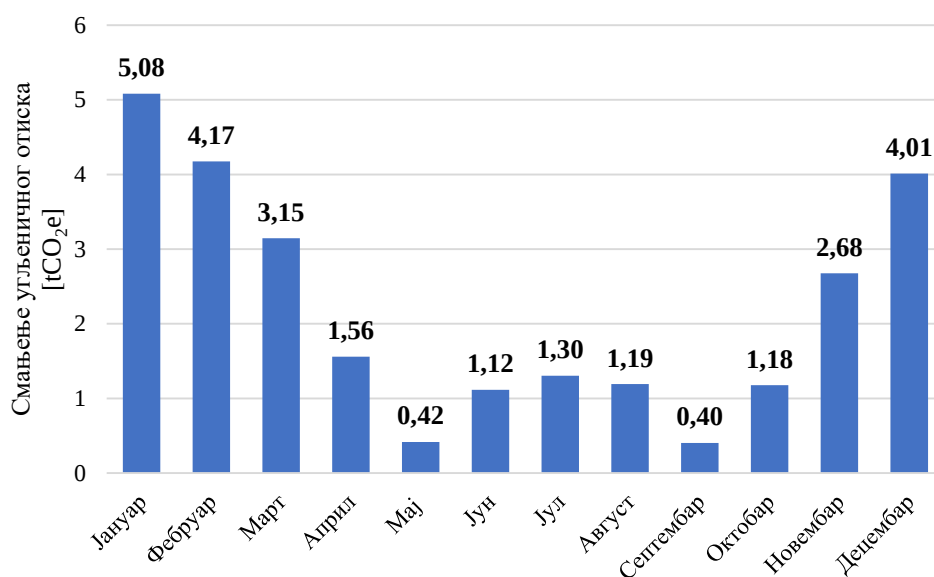
Заменом клима коморе у магацинском простору, топлотном пумпом одговарајућег капацитета са знатно већим COP, могуће је остварити значајно смањење потрошње електричне енергије. Адекватна топлотна пумпе којом се може заменити постојећа клима комора у магацинском простору доступна на нашем тржишту има техничке карактеристике приказане у табели 4.71. (Klima Uredjaji, n.d.)

Техничке карактеристике	
Номинални капацитет грејања (на +7 °C):	9,00 kW
COP на +7 °C и t _v 35 °C:	4,48
Капацитет грејања (на -15 °C):	7,60 kW
COP на -15 °C и t _v 35 °C:	2,23
Капацитет хлађења (на +35 °C):	9,00 kW
Капацитет електрогрејача:	3,00 kW
Номинална прикључна снага:	3,32 kW

Табела 4.71 Техничке карактеристике топлотне пумпе



Слика 4.52 Однос потреба за електричном енергијом постојеће клима коморе и адекватне топлотне пумпе у магацину готових производа Предузећа



Слика 4.53 Очекивано месечно смањење угљеничног отиска које би се остварило заменом клима коморе у магацинском простору топлотном пумпом

Приликом избора топлотне пумпе и предлога техничког решења, пошло се од претпоставке да спроведена анализа има за циљ да покаже потенцијал за имплементацију овог ОИЕ у Предузећу, али се пројектно решење може значајније разликовати у пракси. Прорачунска вредност COP топлотне пумпе варира у зависности

од периода у години и креће се опсегу од 3,5 до 4,3 (De Rosa, Brennenstuhl, Cabrera, Eicker, & Finn, 2019). Заменом клима коморе у магацинском простору, постигле би се годишње уштеде електричне енергије од 34,42 MWh, односно 5,45% укупне потрошње електричне енергије (базирано на потрошњи електричне енергије у референтној 2019. години). Однос потреба за електричном енергијом постојеће клима коморе и адекватне топлотне пумпе у магацину готових производа Предузећа приказан је на слици 4.52.

Смањење потрошње електричне енергије које би се остварило заменом клима коморе у магацинском простору, довело би и до смањења угљеничног отиска од 26,25 tCO₂e на годишњем нивоу. Ово смањење угљеничног отиска не би било константно, већ би пратило потрошњу електричне енергије и COP уграђене топлотне пумпе, што је приказано на слици 4.53.

4.3.9 Могућност коришћења отпадне топлоте са ваздушних компресора

Поред уштеде у потрошњи електричне енергије, употребом отпадне топлоте која се генерише у процесу хлађења ваздушних компресора, могуће је остварити додатне уштеде у потрошњи топлотне енергије. Отпадна топлота која се генерише у просторији у којој се налазе ваздушни компресори, може се под одређеним условима користити за грејање дела производног погона пошто температура загрејаног (отпадног) ваздуха износи око 50 °C (Gordic, Vukasinovic, Josijevic, Nikolic, & Aleksic, 2024).

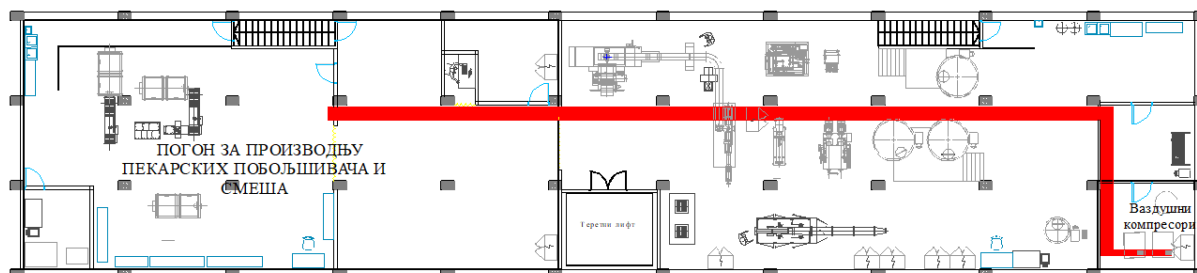
Количина топлоте која је потенцијално доступна у загрејаном (отпадном) ваздуху одређена је непосредним мерењем потребних параметара, што је приказано у табели 4.72.

Параметар	Измерене вредности
Температура ваздуха:	50 °C
Густина ваздуха:	1,196 kg/m ³
Средња брзина ваздуха	1,9 m/s
Димензије ваздушног канала:	300 mm x 600 mm
Површина попречног пресека ваздушног канала:	0,18 m ²
Проток ваздуха:	1.233 m ³ /h
Масени проток ваздуха:	1.475 kg/h
Специфична топлота ваздуха:	787 J/kgK

Табела 4.72 Измерени параметри загрејаног (отпадног) ваздуха са ваздушних компресора

Уколико би се отпадни ваздух користио за загревање дела радног простора на температуру од 22 °C, расположиви топлотни капацитет би износио око 9 kW, када ваздушни компресори раде у оптерећеном режиму, односно око 5,9 kW када они раде у растерећеном режиму. Уколико се узме у обзир годишњи број радних сати ваздушних компресора када они раде у оптерећеном, односно растерећеном режиму (табела 4.56) годишња количина отпадне топлоте која се може користити износи 43 MWh, што није занемариво.

Међутим, локација просторије у којој се налазе ваздушни компресори и локација радног простора у производном погону у којој би се отпадни загрејани ваздух могао користити за загревање, одређују могућност коришћења отпадне топлоте. Анализом топлотних потреба и међусобног положаја просторија, као место за коришћење отпадне топлоте идентификован је погон за производњу пекарских побољшивача и пекарских и послатичарских смеша, приказано на слици 4.54.



Слика 4.54 Положај просторије у којој се налазе ваздушни компресори и места коришћења отпадне топлоте

Како је просторија у којој се налазе ваздушни компресори и погон за производњу пекарских побољшивача и пекарских и послатичарских смеша међусобно удаљени око 40 метара, потребно је постављање ваздушног разводног канала за дистрибуцију загрејаног ваздуха дужине од око 47 m. Због ове дужине дошло би до пада температуре ваздуха, односно значајан део топлоте би се изгубио кроз зидове ваздушног разводног канала, тако да би температура ваздуха на излазу канала износила око 37 °C. У том случају топлотни капацитет за загревање погона за производњу пекарских побољшивача и пекарских и послатичарских смеша износио би око 4,8 kW када ваздушни компресори раде у оптерећеном режиму, односно око 3,1 kW када они раде у растерећеном режиму. Годишња количина топлоте која би се могла користити за загревање погона износила би у том случају 23 MWh. Пошто се грејање радног простора врши само у току грејне сезоне (од средине октобра до средине априла), од ове отпадне топлоте могло би се искористити 50%, тако да би се постигле годишње уштеде топлотне енергије од 11,50 MWh, односно 2,25% укупне потрошње топлотне енергије. Ове уштеде топлотне енергије, довеле би и до смањења угљеничног отиска од 2,35 tCO_{2e} на годишњем нивоу.

Дужина ваздушног разводног канала за дистрибуцију загрејаног ваздуха од 47m, распоред осталих просторија у производном погону, конфигурација производне опреме и осталих инсталација, значајно би утицали на инвестиционе трошкове, што утиче на одрживост предложеног решења. Поред тога, постављање разводног канала велике дужине, пореметило би радне карактеристике постојећег ваздушног компресора, што би могло довести до неадекватног хлађења и нарушавања рада компресора.

4.4 Рангирање и избор дефинисаних МАСУО применом MCDM

У циљу рангирања дефинисаних и избора дефинисаних МАСУО (тачка 4.3), као MCDM примењена је SAW метода уз следеће почетне претпоставке које су дефинисане заједно са менаџментом Предузећа:

- инвестициона улагања за сваку од предложених МАСУО базирана су на информативним буџетским понудама добијеним од стране потенцијалних добављача,
- пошто су изложене анализе имале за циљ да покажу потенцијал за имплементацију МАСУО приликом имплементације пројектна решења се могу значајније разликовати,
- приликом додељивања значаја критеријумима одлучивања, предност је дата економским и еколошким критеријумима,
- од економских критеријума одлучивања Предузеће приликом доношења одлука о капиталним инвестицијама, према интерним процедурама, користи ROI, PBP и IRR,
- за одређивање очекиване годишње уштеде, усвојена је цена електричне енергије од 75 EUR/MWh и цена природног гаса од 38 EUR/MWh,
- очекивани радни век сваке од предложених мера ЕЕ и локалних ОИЕ је одређен у складу са Правилником Предузећа о амортизацији основних средстава,
- усвојена је пореска стопа је 20%.

4.4.1 Одређивање економских критеријума одлучивања

У табели 4.73 приказане су предложене МАСУО са висином инвестиционих улагања.

	Предложене МАСУО	Уштеда Енергије [MWh]	Инвестиционо улагање [EUR]
МАСУО_1	Замена оштећене изолације	117,50	27.465
МАСУО_2	Оптимизација технолошког процеса производње	40,00	67.601 ⁷
МАСУО_3	Замена парног котла и реконструкција цевовода за повраћај кондензата	135,00	44.562
МАСУО_4	Санирање цурења компримованог ваздуха	3,00	1.850
МАСУО_5	Промена локације ваздушних компресора	0,60	2.150
МАСУО_6	Замена предимензионисаних електромотора	0,12	1.215
МАСУО_7	Примена соларних фотонапонских система	70,71	63.882
МАСУО_8	Замена клима коморе топлотном пумпом	34,42	9.429
МАСУО_9	Могућност коришћења отпадне топлоте ваздушних компресора	11,50	8.325

Табела 4.73 Инвестициона улагања у предложене МАСУО

⁷ Односи се на имплементацију кобот апликације поменуте у тачки 4.3.2

Применом образаца 3.9 до 3.15, могу се одредити економски критеријуми одлучивања ROI, PBP и IRR значајни за Предузеће који су приказани у табели 4.74.

	Почетна књигов. вредност инвестиције	Очекиване годишње уштеде	Очекиване годишње уштеде	Годишњи трошкови рада и одржавања	Очекивани радни век	Стопа за обрачун пореза	ROI	PBP	IRR
J.M.	[EUR]	[MWh]	[EUR]	[EUR]	[god]	[%]	[%]	[god]	[%]
MACYO_1	27.465	117,50	4.465	0	10	20%	15,01%	6,2	8,15%
MACYO_2	67.601	40,00	1.520	400	25	20%	2,13%	60,4	-4,37%
MACYO_3	44.562	135,00	5.130	1.200	20	20%	8,06%	11,3	5,05%
MACYO_4	1.850	3,00	225	0	10	20%	11,73%	8,2	3,01%
MACYO_5	2.150	0,60	45	0	20	20%	2,67%	47,8	-5,34%
MACYO_6	1.215	0,12	9	35	10	20%	0,29%	46,7	-38,80%
MACYO_7	63.882	70,71	5.303	950	20	20%	6,45%	14,7	-7,27%
MACYO_8	9.429	34,42	2.582	935	10	20%	15,97%	5,7	9,56%
MACYO_9	8.325	11,5	437	50	25	20%	4,52%	21,5	3,37%

Табела 4.74 Вредности економских критеријума одлучивања ROI, PBP и IRR за предложене MACYO

4.4.2 Одређивање техничко-технолошког критеријума одлучивања

Као мерило техничко-технолошког критеријума одлучивања за Предузеће је важна сложеност имплементације предложених МАСУО. Фактори који на то утичу су у првом реду поузданост и животни век опреме, њен дизајн, обим потребних радова приликом монтаже, али и примењене мере безбедности на раду и усклађеност са правним актима и стандардима из ове области. На основу тога, одређен је ранг вредновања техничко-технолошког критеријума одлучивања који је приказан у табели 4.75.

	Опис	Вредност
Техничко-технолошки критеријум одлучивања	једноставно за имплементацију	1
	прихватљиво за имплементацију	2
	сложено за имплементацију	3

Табела 4.75 Вредновање техничко-технолошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО

На основу информација од одговорних из Предузећа и података добијених из буџетских понуда потенцијалних добављача, уз одређену субјективност при процењивању, на основу ранга вредновања из табеле 4.75 додељене су вредности предложених МАСУО што је приказано у табели 4.76.

	Предложене МАСУО	Усвојене вредности
МАСУО_1	Замена оштећене изолације	1
МАСУО_2	Оптимизација технолошког процеса производње	2
МАСУО_3	Замена парног котла и реконструкција цевовода за повраћај кондензата	3
МАСУО_4	Санитрање цурења компримованог ваздуха	1
МАСУО_5	Промена локације ваздушних компресора	2
МАСУО_6	Замена предимензионисаних електромотора	2
МАСУО_7	Примена соларних фотонапонских система	3
МАСУО_8	Замена клима коморе топлотном пумпом	3
МАСУО_9	Могућност коришћења отпадне топлоте ваздушних компресора	3

Табела 4.76 Вредности техничко-технолошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО

4.4.3 Одређивање еколошког критеријума одлучивања

Приликом одлучивања између предложених МАСУО, еколошки критеријум одлучивања сагледава међусобно поређење кроз остварене уштеде енергије, односно смањења угљеничног отиска. У табели 4.77 приказане су остварене вредности смањења

угљеничног отиска израженог у tCO_2e , што представља еколошки критеријум одлучивања приликом избора предложених МАСУО.

	Предложене МАСУО	Врста енергије	Годишња уштеда енергије	Фактор конверзије	Годишње смањење угљеничног отиска
Ј.м.	[-]	[-]	[MWh]	[t/MWh]	[tCO_2e]
МАСУО_1	Замена оштећене изолације	топлотна	117,50	0,20431	23,50
МАСУО_2	Оптимизација технолошког процеса производње	топлотна	40,00	0,20431	8,00
МАСУО_3	Замена парног котла и реконструкција цевовода за повраћај кондензата	топлотна	135,00	0,20431	27,00
МАСУО_4	Санирање цурења компримованог ваздуха	електрична	3,00	0,76253	2,29
МАСУО_5	Промена локације ваздушних компресора	електрична	0,60	0,76253	0,46
МАСУО_6	Замена предимензионисаних електромотора	електрична	0,12	0,76253	0,09
МАСУО_7	Примена соларних фотонапонских система	електрична	70,71	0,76253	53,95
МАСУО_8	Замена клима коморе топлотном пумпом	електрична	34,42	0,76253	26,26
МАСУО_9	Могућност коришћења отпадне топлоте ваздушних компресора	топлотна	11,50	0,20431	2,30

Табела 4.77 Вредности еколошког критеријума одлучивања за предложене МАСУО

4.4.4 Одређивање друштвеног критеријума одлучивања

Као друштвени критеријум одлучивања за Предузеће је важна друштвена корист која би се остварила имплементацијом предложених МАСУО која се огледа, у првом реду, у ублажавању последица климатских промена, али важан је и став запослених у Предузећу према имплементацији тих мера, односно према унапређењу технолошког процеса производње, инвестицијама у енергетски ефикаснију опрему и примени ОИЕ. На основу тога, одређен је ранг вредновања приказан у табела 4.78.

	Опис	Вредност
Друштвени критеријум одлучивања	изузетно значајно	4
	веома значајно	3
	значајно	2
	од малог значаја	1

Табела 4.78 Вредновање друштвеног критеријума одлучивања за предложене МАСУО

На основу информација од одговорних из Предузећа, уз одређену субјективност при процењивању, на основу ранга вредновања из табеле 4.78 додељене су вредности предложених МАСУО што је приказано у табели 4.79.

	Предложене МАСУО	Усвојене вредности
МАСУО_1	Замена оштећене изолације	1
МАСУО_2	Оптимизација технолошког процеса производње	3
МАСУО_3	Замена парног котла и реконструкција цевовода за повраћај кондензата	2
МАСУО_4	Санирање цурења компримованог ваздуха	1
МАСУО_5	Промена локације ваздушних компресора	1
МАСУО_6	Замена предимензионисаних електромотора	1
МАСУО_7	Примена соларних фотонапонских система	4
МАСУО_8	Замена клима коморе топлотном пумпом	3
МАСУО_9	Могућност коришћења отпадне топлоте ваздушних компресора	2

Табела 4.79 Вредности друштвеног критеријума одлучивања за предложене МАСУО

4.4.5 Примена SAW методе за рангирање предложених МАСУО

Вредности критеријума одлучивања за предложене МАСУО и одређивање одговарајућег типа сваког критеријума у зависности од тога да ли је пожељнија његова максимизирана, већа или минимизирана, мања вредност, приказане су у табели 4.80

Вредности тежинских фактора појединих критеријума одлучивања дате су у табели 4.81 и оне су одређене у разговорима са менаџментом Предузећа, при чему је предност дата економским и еколошким критеријумима.

У зависности од тога да ли је одређени критеријум одлучивања максимизирани или минимизирани типа извршена је нормализација матрице одлучивања. Резултати рангирања предложених МАСУО добијени су множењем нормализоване матрице одлучивања одговарајућим тежинским факторима табеле 4.81 у односу на сваки од шест критеријума. Нормализована матрица одлучивања и рангирање предложених МАСУО приказани су у табели 4.82.

	Економски критеријум ROI	Економски критеријум PBP	Економски критеријум IRR	Тех.-технолошки критеријум	Еколошки критеријум смањење угљеничног отиска	Друштвени критеријум
Критеријум	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Ј.м	[%]	[god]	[%]	[-]	[tCO ₂ e]	[-]
Тип	Max	Min	Max	Min	Max	Max
MACYO_1	15,01%	6,15	8,15%	1	24,01	1
MACYO_2	2,13%	60,36	-4,37%	2	8,17	3
MACYO_3	8,06%	11,34	5,05%	3	27,58	2
MACYO_4	11,73%	10,89	3,01%	1	2,29	1
MACYO_5	2,67%	138,89	-5,34%	2	0,46	1
MACYO_6	0,44%	43,14	-11,26%	2	0,09	1
MACYO_7	10,07%	8,82	0,13%	3	53,92	4
MACYO_8	15,97%	5,73	9,56%	3	26,25	3
MACYO_9	4,52%	21,51	3,37%	3	7,03	2
MIN/MAX	15,97%	5,73	9,56%	1	53,92	4

Табела 4.80 Вредности критеријума одлучивања за предложене MACYO

	Економски критеријум ROI	Економски критеријум PBP	Економски критеријум IRR	Тех.-технолошки критеријум	Еколошки критеријум, смањење угљеничног отиска	Друштвени критеријум
Критеријум	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Тип	Max	Min	Max	Min	Max	Max
w _j	15%	10%	25%	10%	30%	10%

Табела 4.81 Вредности тежинских фактора за предложене MACYO

	Економски критеријум ROI	Економски критеријум PBP	Економски критеријум IRR	Тех.-технолошки критеријум	Еколошки критеријум, смањење угљеничног отиска	Друштвени критеријум	Вредност	Рангирање
Критеријум	K1	K2	K3	K4	K5	K6	[V]	[-]
MACYO_1	0,94	0,93	0,85	1,00	0,45	0,25	0,71	2
MACYO_2	0,13	0,09	-0,46	0,50	0,15	0,75	0,09	7
MACYO_3	0,50	0,51	0,53	0,33	0,51	0,50	0,49	4
MACYO_4	0,73	0,53	0,32	1,00	0,04	0,25	0,38	5
MACYO_5	0,17	0,04	-0,56	0,50	0,01	0,25	-0,03	8
MACYO_6	0,03	0,13	-1,18	0,50	0,00	0,25	-0,20	9
MACYO_7	0,63	0,65	0,01	0,33	1,00	1,00	0,60	3
MACYO_8	1,00	1,00	1,00	0,33	0,49	0,75	0,75	1
MACYO_9	0,28	0,27	0,35	0,33	0,13	0,50	0,28	6

Табела 4.82 Нормализована матрица одлучивања и рангирање предложених MACYO

Приликом одлучивања које МАСУО имплементирати, искључене су оне са негативним вредностима за било који нормализовани критеријум, а то су:

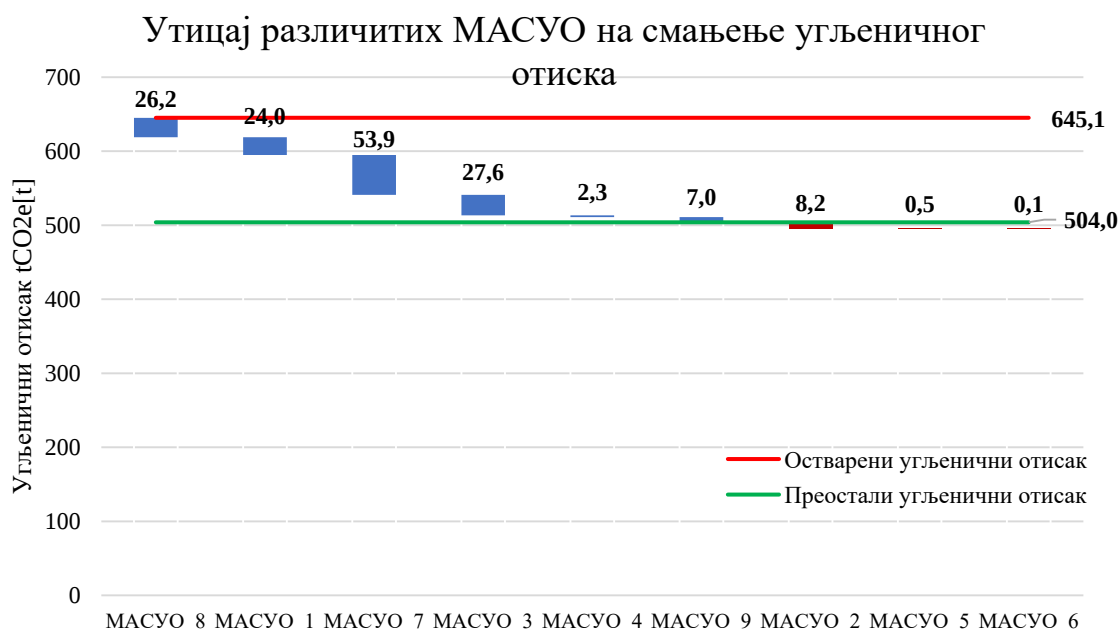
- МАСУО_2, Оптимизација технолошког процеса производње,
- МАСУО_5, Промена локације ваздушних компресора,
- МАСУО_6, Замена предимензионисаних електромотора.

На основу добијених резултата применом SAW методе за рангирање предложених МАСУО Предузећу може се предложити следећи редослед примене:

1. МАСУО_8, Замена клима коморе топлотном пумпом,
2. МАСУО_1, Замена оштећене изолације,
3. МАСУО_3, Замена парног котла и реконструкција цевовода за повраћај кондензата,
4. МАСУО_4, Санирање цурења компримованог ваздуха,
5. МАСУО_7, Примена соларних фотонапонских система,
6. МАСУО_9, Могућност коришћења отпадне топлоте ваздушних компресора.

Најбоља МАСУО по свим разматраним критеријумима је замена клима коморе адекватном топлотном пумпом, чиме би се остварило годишње смањење угљеничног отиска од 26,25 tCO₂e, уз инвестиционо улагање од 9.429 EUR, при чему би ROI, PBP и IRR износили 15,97%, 5,73% и 9,56% респективно, и остварену веома значајну друштвену корист, али уз сложену техничко-технолошку имплементацију.

Утицај различитих МАСУО на смањење угљеничног отиска представљен је на слици 4.55.



Слика 4.55 Утицај различитих МАСУО на смањење угљеничног отиска

4.5 Компензација преосталог угљеничног отиска

Анализом пројеката на карбонском тржишту, чији је списак доступан на званичној страници организација Ecosystem Market Place (Ecosystem Marketplace, 2021),

утврђена је листа еколошких пројеката у оквиру којих се може купити довољан број угљеничних кредита за компензацију угљеничног отисака одређеног у тачки 4.2.5, на основу укупне годишње емисије CO₂e у Предузећу.

Списак доступних еколошких пројеката, цене угљеничних кредита и везе ка веб-страницама на којима је могућа куповина угљеничних кредита, налази се у Прилогу 2. На основу опсежног разматрања, сви еколошки пројекти су сврстани у четири категорије:

- улагања у енергетски ефикасне технологије у земљама у развоју (укључујући и постројења за снабдевање пијаћом водом),
- пошумљавање, очување шума и узгој различитих пољопривредних култура широм света,
- могућност одлагања комуналног отпада у циљу производње енергије,
- инвестирање у нове ОИЕ или учешће у одржавању постојећих, у земљама у развоју.

Најмања и највећа доступна цена на карбонском тржишту, која подразумева неутралисање 1 тоне CO₂e, за сваки тип претходно наведених еколошких пројекта приказана је у табели 4.83.

Тип еколошких пројекта	Доступна цена	
	најмања [EUR]	највећа [EUR]
Енергетски ефикасне технологије (ЕЕТ)	6,79	26,60
Пошумљавање и пољопривреда (ПП)	13,30	56,60
Одлагања комуналног отпада (ОКО)	8,86	65,00
Инвестирање у ОИЕ (ОИЕ)	6,79	21,60

Табела 4.83 Јединичне цене угљеничних кредита за различите типове еколошких пројекта⁸

Из претходне табеле види се да је вредност угљеничних кредита који се односе на улагање у пројекте одлагања комуналног отпада у циљу производње електричне енергије највећа, а да је финансијски најповољније улагање у карбонске кредите који се односе на пројекте инвестирања у нове ОИЕ или учешће у одржавању постојећих ОИЕ, као и у пројекте улагања у постројења за снабдевање пијаћом водом.

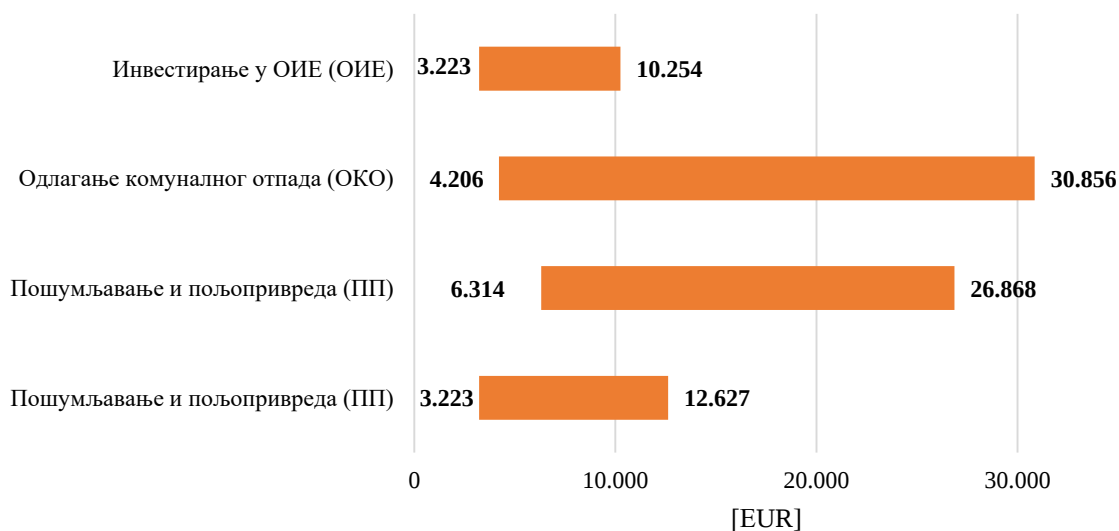
На слици 4.56 приказани су трошкови куповине угљеничних кредита ради компензације угљеничног отиска Предузећа. На основу разматрања доступних еколошких пројеката и груписаних података о трошковима куповине угљеничних кредита, може се закључити да би Предузеће у циљу декарбонизације свог технолошког процеса производње требало да уложи одређена финансијска средства која би се у зависности од типа одабраних пројекта (ЕЕТ, ПП, ОКО, или ОИЕ пројекти) кретала на годишњем нивоу у опсегу од 3.223 EUR па до 30.856 EUR.

Може се закључити, без обзира на улагања у мере за повећање ЕЕ, локалне ОИЕ и коришћење отпадне топлоте, Предузеће и даље мора да издваја извесна финансијска средства за куповину угљеничних кредита да би остварило потпуну декарбонизацију свог технолошког процеса производње, па се поставља питање смисла улагања у мере

⁸ На основу података из Прилога 2

за повећање ЕЕ, локалне ОИЕ и коришћење отпадне топлоте, односно да ли је предузећу повољније да декарбонизацију оствари искључиво кроз куповину угљеничних кредита? Куповина угљеничних кредита не сме да буде дугорочно решење и подстицај за избегавање смањења емисија CO₂ и GHG. Предузеће мора да предузме сопствене МАСУО, ради што већег смањења свог угљеничног отиска, а да карбонске кредите користи искључиво као секундарно средство за постизање целокупног циља постизања нето-нулте емисије GHG.

Опсег трошкова куповине угљеничних кредита за Предузеће на годишњем нивоу



Слика 4.56 Опсег трошкова куповине угљеничних кредита на годишњем нивоу у циљу потпуне декарбонизације производног процеса Предузећа (Gordic, Nikolic, Vukasinovic, Josijevic, & Aleksic, 2023)

Студија случаја је показала да је при уобичајеном пословању, за референтну 2019. годину, угљенични отисак Предузећа износио 645,1 tCO₂e, а да би се применом свих предложених МАСУО он смањio на 504 tCO₂e, односно за 21,9%, под условом да нема већих одступања у планираном обиму производње, што би несумњиво био позитиван резултат који би указивао на одговорно пословање и ангажман Предузећа на смањењу негативног утицаја на животну средину. То даље може донети различите предности, укључујући регулаторну усклађеност, побољшање имиџа међу потрошачима и инвеститорима, финансијске уштеде и могућност даљег приступа евентуалним државним подстицајима.

5. ЗАКЉУЧАК

Због значајног учешћа индустријског сектора у глобалним GHG емисијама, немогуће је остварити глобалне еколошке циљеве без декарбонизације индустријског сектора. То је један од главних разлога зашто декарбонизација и на крају производња са нултом нето емисијом CO₂, брзо постају главни приоритети у данашњем корпоративном окружењу. Прехрамбена индустрија је идентификована као једна од кључних индустрија у процесу декарбонизације читавог индустријског сектора. Иако се индустрија сматра умерено енергетски интензивном, она је један од индустријских сектора са најзначајнијим емисијама GHG. До потрошње енергије долази у свим фазама прехрамбеног ланца, од производње вештачких ђубрива, преко горива потребног за рад пољопривредних машина, затим за различите транспортне активности, кроз потрошњу енергије у технолошким процесима обраде и производње прехрамбених производа, за њихово складиштење, па до саме припреме хране од стране крајњих потрошача.

И поред још увек релативно ниске цене енергената у Републици Србији, удео трошкова енергије у структури трошкова предузећа прехрамбеног сектора није занемарљив. То је најчешће последица нерационалне употребе енергије или коришћења застарелих технолошких процеса. Оваква интензивна потрошња енергије доприноси значајним емисијама GHG. Декарбонизацијом процеса производње и прераде хране, поред смањења емисија GHG, помогло би се предузећима да побољшају своју репутацију и повећају своју конкурентност на тржишту пошто крајњи потрошачи постају еколошки свеснији и преферирају пословање са онима који предузимају кораке у правцу смањења свог угљеничног отиска.

У оквиру истраживања у докторској дисертацији дефинисана је методологија увођења одрживе декарбонизације у индустријском сектору, са фокусом на технолошки процес производње и прераде хране. Одржива декарбонизација у прехрамбеној индустрији подразумева имплементацију мера енергетске ефикасности и замену фосилних горива изворима енергије са ниским до нултим садржајем угљеника како би се смањиле емисије GHG. Крајњи циљ декарбонизације процеса производње и прераде хране је постизање угљенично неутралне производње, која се одликује нето-нултом емисијом CO₂. Нажалост, практично је немогуће постизање угљенично неутралне производње само имплементацијом MACУO, па је потребно остварити неку врсту компензације преосталог угљеничног отиска кроз куповину угљеничних кредита.

У том смислу, научни циљ ове дисертације био је дефинисање методологије за постизање одрживе угљенично неутралне производње у прехрамбеној индустрији која укључује:

1. одређивање (почетне) вредности угљеничног отиска,
2. дефинисање, рангирање и имплементацију MACУO и
3. сценарије компензације угљеничног отиска.

Пошто обим производње утиче на угљенични отисак предузећа, методологија обухвата и процену будућних емисија GHG на основу пројектованог обима производње. Ово је кључно за буџетирање финансијских средстава потребних за компензације будућег угљеничног отиска.

На почетку истраживања, полазећи од постављених циљева и задатака теме докторске дисертације, дефинисане су следеће основне хипотезе, које су доказане кроз студију случаја спроведену у Предузећу прехранбене индустрије које послује у Централној Србији:

1. *На начин остваривања угљеничне неутралности једног индустријског предузећа прехранбене индустрије најзначајније утиче специфична емисија CO₂ електричне мреже на коју је индустријско предузеће прикључено.*

Предузећа у прехранбеној индустрији обично не могу произвести довољно електричне енергије из локалних ОИЕ на лицу места да задовоље све своје потребе. У оквиру анализе студије случаја, анализиран је и процењен утицај електричне мреже на угљенични отисак Предузећа. Анализа је спроведена коришћењем литературних података о фактору емисије од електричне енергије (фактору електричне мреже). Утврђене вредности фактора мреже су вишеструко веће од фактора емисије топлотне енергије добијене од природног гаса, што потврђује да специфична емисија CO₂ електричне мреже на коју је индустријско предузеће прикључено најзначајније утиче на емисије предузећа. Штавише, у оваквој ситуацији, чак и употреба топлотних пумпи, као тренутна парадигма за декарбонизацију топлотне енергије у индустријским предузећима прехранбене индустрије на глобалном новоу, не би била оправдана са становишта смањења угљеничног отиска. На примеру Предузећа које је узето за студију случаја показано је да је електрична енергија одговорна за 499,46 tCO₂e од укупних 645,10 tCO₂e, што представља чак 77,42% укупних емисија. Као МАСУО са највећим ефектом смањења угљеничног отиска, предложена је уградња соларних фотонапонских система за локалну производњу електричне енергије која би омогућила смањење од 53,95 tCO₂e на годишњем нивоу. Приоритизацијом, тј. рангирањем и избором потенцијалних МАСУО, уз узимање у обзир свих предложених критеријума одлучивања, ова МАСУО је рангирана тек на 5. место. Као најповољнија МАСУО издвојила се замена постојеће клима коморе у магацинском простору, одговарајућом топлотном пумпом, што би омогућило смањење угљеничног отиска за 26,26 tCO₂e на годишњем нивоу. Главни разлог за такво стање лежи у чињеници да је емисиони фактор електричне мреже у Републици Србији релативно висок. Ипак, треба нагласити, да предвиђена транзиција националног електро-енергетског сектора ка декарбонизованим изворима за производњу електричне енергије у Републици Србији, отвора пут за увођење додатних могућности декарбонизације индустријског предузећа прехранбене индустрије кроз електрификацију производње топлотне енергије.

2. *Смањење емисије GHG изражено у tCO₂e настало због коришћења топлотне енергије највише зависи од предузетих активности на повећању ЕЕ и примени доступних декарбонизованих извора топлотне енергије.*

Доказивање ове хипотезе извршено је кроз одређивање почетне вредности угљеничног отиска Предузећа узетог за студију случаја, у коме је удео емисија GHG насталих као последица коришћења топлотне енергије износио 22,57% у референтној години (односно 145,64 tCO₂e, у односу на укупну вредност од 645,10 tCO₂e). МАСУО које су идентификоване као могућности које би требало да доведу до очекиваног смањења потрошње топлотне енергије, а тиме и до смањења угљеничног отиска Предузећа, односе се на мере повећања ЕЕ.

Примена ових мера доприноси значајном смањењу угљеничног отиска од 66,79 tCO₂e на годишњем нивоу. Уколико би постојала могућност замене природног гаса нискоугљеничним изворима енергије (коришћење биогаса) или генерисања топлотне енергије коришћењем електричне енергије произведене из нискоугљеничних примарних извора, овај резултат би могао да буде још значајнији.

3. *За предузећа прехрамбене индустрије која припадају групи умерено енергетски интензивних индустријских предузећа, за остваривање угљеничне неутралности неопходна је компензација преосталог дела угљеничног отиска која се остварује кроз куповину угљеничних кредита.*

Применом дефинисане методологије на предузеће из студију случаја утврђено је да применом предложених МАСУО у циљу остваривања декарбонизације технолошког процеса, није могуће остварити угљеничну неутралност производног процеса. Поред коришћеног природног гаса за добијање топлотне енергије, значајан утицај на преостали ниво емисија има чињеница да предузеће не поседује довољне просторне капацитете (пре свега површине кровова грађевинских индустријских објеката) за инсталацију фотонапонских електрана, којима би се задовољили сви енергетски захтеви за електричном енергијом. Једно до решења је и куповина електричне енергије гарантованог порекла од испоручиоца, али су у Републици Србији тржишни капацитети гаранције порекла електричне енергије из ОИЕ врло ограничени. Зато је неопходно да преостали део угљеничног отиска предузећа компензују кроз куповину угљеничних кредита чиме би се остварила потпуна угљенична неутралност. Истраживање је показало да су трошкови компензације прихватљиви менаџменту (надокнада угљеника додаје од 3,33% до 6,52% трошкова на цену купљене енергије) и предузеће ће додатне трошкове надокнадити из остварене добити. Штавише, ово не утиче на коначну тржишну цену финалних производа и не представља никакво финансијско оптерећење за крајњег потрошача.

Теоријски допринос дисертације лежи у креирању свеобухватне методологије декарбонизације индустријских предузећа из прехрамбене индустрије, иновативном начину на који се обим производње узима у обзир приликом предвиђања емисија и примени ове методологије на специфични сектор производње коме је до сада посвећено мало пажње на глобалном нивоу (производња маргарина). Ови доприноси помажу да се попуне значајне празнине у постојећој литератури о индустријској декарбонизацији, посебно у прехрамбеној индустрији.

Практични допринос дисертације огледа се у дефинисању система за доношење оптималних одлука везаних за примену конкретних МАСУО и развој инструмената за евалуацију и праћење напретка ка постизању потпуне угљеничне неутралности предузећа. Резултати рада на дисертацији могу омогућити доносиоцима одлука у предузећима да одаберу адекватна решења за примену мера у правцу повећања ЕЕ, примене ОИЕ, замене фосилних горива нискоугљеничним изворима енергије, електрификације производње топлотне енергије и коришћења отпадне топлоте из производног процеса. Примена ових решења требало би да резултује значајно смањеном емисијом GHG чиме би предузећа уз компензацију преосталог угљеничног отиска могла да остваре очекиване циљеве угљенично неутралне производње.

Развијена методологија декарбонизације технолошког процеса производње и прераде хране може се ставити на располагање различитим заинтересованим странама:

- истраживачким институцијама и академској заједници развијени модел може послужити за додатна истраживања и анализе у области декарбонизације технолошког процеса производње. Методологија им пружа основу и почетне податке за њихове даље анализе и модификације у правцу развоја нових унапређених методологија, анализу ефеката различитих мера и праћење напретка у области декарбонизације,
- предузећима у прехранбеној индустрији како би преузела конкретне мере и акције у правцу декарбонизације своје производње. Она пружа инструменте за анализу и преиспитивање постојећих технолошких процеса, идентификацију кључних тачака које генеришу њихов угљенични отисак и за проналажење најбољих начина за смањење емисија GHG. Овај модел омогућава предузећима да сагледају потенцијалне економске и еколошке користи декарбонизације своје производње и да проуче најбоље приступе за остваривање угљеничне неутралности,
- владиним институцијама и регулаторним органима овај модел може бити од користи уколико желе да дефинишу и развију стратегију која подржава декарбонизацију у прехранбеној индустрији као законску обавезу. Она им пружа научно засноване информације и примере успешног приступа који се могу практично применити.

Ово су само неки примери за које би развијена методологија могла бити корисна. У зависности од конкретних потреба и циљева, модел може бити расположив различитим заинтересованим странама. Резултати и препоруке ове докторске дисертације могу послужити као основа за развој одговарајућих стратегија и политика у прехранбеној индустрији, али и широм индустријског сектора.

За практичну примену развијене методологије неопходна су финансијска улагања предузећа у МАСУО. Недостатак буџета и времена за реализацију оваквих иницијатива је најчешће и главна препрека са којом се сусреће већина климатски проактивних произвођача хране. Минимални повраћај улагања у пројекте декарбонизације са мерљивим еколошким ефектом доводи до потешкоћа у финансирању и подршци оваквих пројекта од стране менаџмента предузећа. Поред тога, постоје препреке које се односе на недостатак информисаности, неразвијену еколошку свест и одсуство или лоше осмишљену еколошку политику предузећа. Недостатак јасно дефинисане законске регулативе, непостојање стандардизованог приступа енергетском прегледу, нетачност података о потрошњи енергије, непознавање стварне вредности угљеничног отиска могу бити озбиљан проблем у примени развијене методологије декарбонизације. Коначно, трошкови компензације преосталог угљеничног отиска који се огледају кроз куповину угљеничних кредита, могу представљати баријеру доносиоцима одлука, уколико се та куповина сагледава само као додатно финансијско оптерећење, што је нарочито изражено у случајевима високих емисија GHG. Осим тога, тржишта угљеничних кредита могу бити подложна флукуацијама, променљивом законодавству и прописима, што може отежати планирање и предвидљивост. Ипак, предходно наведени фактори су субјективни и зависе од специфичних услова и контекста у којима се предузеће налази, тако да одлуку о куповини угљеничних кредита треба пажљиво размотрити и интегрисати у ширу пословну стратегију предузећа имајући у виду бенефите коју карбонски неутрална производња доноси.

Методологија представљена у раду односи се на директне емисије GHG које припадају Опсегу 1 и које се односе искључиво на производне активности, као и на индиректне емисије GHG које припадају Опсегу 2. Проширење методологије на друге

директне емисије које припадају Опсегу 1, а које се односе на емисије које потичу из сопствене транспортне флоте предузећа или на друге активности које нису у директној вези са процесом производње, као и индиректне емисије GHG које припадају Опсегу 3, (емисије које предузеће не ствара и нису резултат директних активности и имовине коју поседује или контролише предузеће), биће предмет будућих истраживања аутора.

ЛИТЕРАТУРА

- AbiSolar. (n.d.). *AbiSolar*. Преузето 01 17, 2023 са
<https://www.parenasunce.com/proizvod/abisolar-ab-60m-310-320w/96/>
- Acampora, A., Ruini, L., Mattia, G., Pratesi, C. A., & Lucchetti, M. C. (2023). Towards carbon neutrality in the agri-food sector: Drivers and barriers. *Resources, Conservation & Recycling*, 189, 106755. doi:10.1007/978-3-030-88048-4
- AIB. (2022). *European Residual Mixes 2021*. Brussels, Belgium: Association of Issuing Bodies. Преузето 05 05, 2023 са https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2022/AIB_2022_Residual_Mix_Results_inclAnnex.pdf
- Aleksic, A. D., Gordic, D. R., & Vanja M. Sustersic, M. J. (2014). Application of fat trap for the wastewater treatment in margarine production. *Desalination and Water Treatment*, 57(8), 3466–3472. doi:10.1080/19443994.2014.986529
- Aleksić, A., Gordić, D., Vukašinović, V., Josijevic, M., & Nikolic, J. (2025). Achieving sustainable carbon neutrality of food processing: Toward a net-zero margarine production facility. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 44(1). doi:10.1002/ep.14570
- Altenburg, M. D., Schure, K. M., & Blok, K. (2021). Cost-effectiveness of decarbonisation options for the vegetable-oil and fat industry in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127270. doi:10.1016/j.jclepro.2021.127270
- Anderson, B., & Bernauer, T. (2016). How much carbon offsetting and where? Implications of efficiency, effectiveness, and ethicality considerations for public opinion formation. *Energy Policy*, 94, 387-395. doi:10.1016/j.enpol.2016.04.016
- Anjos, M. F., Feijoo, F., & Sankaranarayanan, S. (2022). A multinational carbon-credit market integrating distinct national carbon allowance strategies. *Applied Energy*, 319. doi:10.1016/j.apenergy.2022.119181
- Atuonwu, J., & Tassou, S. (2021). Decarbonisation of food manufacturing by the electrification of heat: A review of developments, technology options and future directions. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 168-182. doi:10.1016/j.tifs.2020.10.011
- Atuonwu, J., Leadley, C., Bosman, A., Tassou, S., Lopez-Quiroga, E., & Fryer, P. (2018). Comparative assessment of innovative and conventional food preservation technologies: Process energy performance and greenhouse gas emissions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 174-187. doi:10.1016/j.ifset.2018.09.008
- Başaran, A., Yılmaz, T., & Çivi, C. (2018). Application of inductive forced heating as a new approach to food industry heat exchangers: A case study-Tomato paste pasteurization. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134, 2265-2274. doi:10.1007/s10973-018-7250-7

- Bendig, M., Maréchal, F., & Favrat, D. (2013). Defining “Waste Heat” for industrial processes. *Applied Thermal Engineering*, 61(1), 134-142. doi:10.1016/j.applthermaleng.2013.03.020
- BizEE. (n.d.). *Degree Days Calculated Accurately for Locations Worldwide*. Преузето 12 20, 2021 са BizEE Degree Days Weather Data for Energy Saving: <https://www.degreedays.net/>
- Bonilla-Campos, I., Nieto, N., Portillo-Valdes, L. d., Manzanedo, J., & Gaztañaga, H. (2020). Energy efficiency optimisation in industrial processes: Integral decision support tool. *Energy*, 191, 116480. doi:10.1016/j.energy.2019.116480
- Briceño-León, M., Pazmiño-Quishpe, D., Clairand, J.-M., & Escrivá-Escrivá, G. (2021). Energy Efficiency Measures in Bakeries toward Competitiveness and Sustainability—Case Studies in Quito, Ecuador. *Sustainability*, 13(9), 5209. doi:10.3390/su13095209
- Broberg, S., & Johansson, V. M. (2014). Technologies for utilization of industrial excess heat: Potentials for energy recovery and CO2 emission reduction. *Energy Conversion and Management*, 77, 369-379. doi:10.1016/j.enconman.2013
- Broekhoff, Gillenwater, M., Colbert-Sangree, T., & Cage, P. (2019). *Securing Climate Benefit: A Guide to Using Carbon Offsets*. Преузето 05 06, 2023 са https://www.offsetguide.org/wp-content/uploads/2020/03/Carbon-Offset-Guide_3122020.pdf
- Bühler, F., Zühlsdorf, B., Nguyen, T.-V., & Elmegaard, B. (2019). A comparative assessment of electrification strategies for industrial sites: Case of milk powder production. *Applied Energy*, 250, 1383-1401. doi:10.1016/j.apenergy.2019.05.071
- Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak.
- Canning, P., Charles, A., Huang, S., Polenske, K. R., Arnold, W., & . (2010). *Energy Use in the U.S. Food System*. United States Department of Agriculture. United States Department of Agriculture. Преузето 9 21, 2022 са <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details?pubid=46377>
- Carbon Credits. (2022). *The 4 best carbon offset programs for 2022*. Преузето 12 25, 2022 са <https://carboncredits.com/the-4-best-carbon-offset-programs-for-2022/>
- Chowdhury, J., Hu, Y., Haltas, I., Balta-Ozkan, N., Matthew, G., & Varga, L. (2018). Reducing industrial energy demand in the UK: A review of energy efficiency technologies and energy saving potential in selected sectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 1153-1178. doi:10.1016/j.rser.2018.06.040
- Clairand, J.-M., Briceño-León, M., Escrivá-Escrivá, G., & Pantaleo, A. M. (2020). Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities. *IEEE Access*, 8, 48015-48029. doi:10.1109/ACCESS.2020.2979077
- Compton, M., Willis, S., Rezaie, B., & Humes, K. (2018). Food processing industry energy and water consumption in the Pacific northwest. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 371-383. doi:10.1016/j.ifset.2018.04.001

- Covert, T., Greenstone, M., & Knittel, C. R. (2016). Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? *Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 117–138. doi:10.1257/jep.30.1.117
- Dahlman, R. L. (2024). *Climate Change: Global Temperature*. Преузето 9 25, 2024 са Climate.gov: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- De Pee, A., Pinner, D., Occo, R., Ken, S., Speelman, E., & Witteveen, M. (2018, 6). *Decarbonization of industrial sectors: the next frontier*. Преузето 9 25, 2022 са McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.pdf>
- De Rosa, M., Brennenstuhl, M., Cabrera, C. A., Eicker, U., & Finn, D. P. (2019). An Iterative Methodology for Model Complexity Reduction in Residential Building Simulation. *Energies*, 12(12), 2448. doi:10.3390/en12122448
- DOE. (2022). *Industrial Decarbonization Roadmap*. US Department of Energy. Преузето 10 10, 2024 са INDUSTRIAL TECHNOLOGIES: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2022-09/Industrial%20Decarbonization%20Roadmap.pdf>
- Ecosystem Marketplace. (2021). *Directory of EM Global Carbon Survey Respondents*. Преузето 01 22, 2023 са Ecosystem Market Place: <https://www.ecosystemmarketplace.com/carbon-markets/em-carbon-survey-respondents/>
- EEA. (2011). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011*. European Environment Agency. Преузето 2 2, 2022 са European Environmental Agency: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011>
- Egas, D., Ponsá, S., Llenas, L., & Colón, J. (2021). Towards energy-efficient small dairy production systems: An environmental and economic assessment. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 39-51. doi:10.1016/j.spc.2021.03.021
- Einstein, D., Ernst, W., & Khrushch, M. (2001). *Steam systems in industry: Energy use and energy efficiency improvement potentials*. Laboratory, Lawrence Berkeley National. Преузето 5 5, 2022 са <https://escholarship.org/uc/item/3m1781f1>
- EPA. (n.d.). *Global Emissions by Economic Sector*. Преузето 9 25, 2022 са US Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- Eurostat ETS. (n.d.). *Emissions trading system (ETS)*. Преузето 12 17, 2022 са Eurostat Statistics: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Emissions_trading_system_\(ETS\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Emissions_trading_system_(ETS))
- Eurostat FEI. (n.d.). *Final energy consumption in industry*. Преузето 9 12, 2022 са <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

- explained/index.php?title=Final_energy_consumption_in_industry_-_detailed_statistics#cite_note-2
- Eurostat PE. (n.d.). *Primary energy production*. Преузето 9 12, 2022 са https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview#Primary_energy_production
- FAO. (2010). *Carbon Finance Possibilities for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects in a Smallholder Context*. Преузето 12 15, 2022 са Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/3/i1632e/i1632e02.pdf>
- Ferreira, C. C., Vieira, E., Gouvea da Gosta, S. E., Loures, E. R., & Pinheiro de Lima, E. (2019). Application of MCDM Method for Technologies Selection to Support Energy Management. *Procedia Manufacturing*, 39, 1289-1296. doi:10.1016/j.promfg.2020.01.340
- Fooddrink Europe. (2012). *Environmental sustainability vision-Towards 2030*. Преузето 7 8, 2022 са <https://www.yumpu.com/en/document/read/46865820/fooddrinkeurope-environmental-sustainability-vision-towards-2030>
- Furszyfer Del Rio-a, D. D., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the glass industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111885. doi:10.1016/j.rser.2021.111885
- Furszyfer Del Rio-b, D. D., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the ceramics industry: A systematic and critical review of policy options, developments and sociotechnical systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112081. doi:10.1016/j.rser.202
- GCI. (2021). *Direct and indirect emissions*. Преузето 10 15, 2022 са Global climate initiatives: <https://globalclimateinitiatives.com/en/e-brochures-knowledge/direct-and-indirect-emissions/>
- Gerres, T., Chaves Ávila, J. P., Linares Llamas, P., & Tomás Gómez, S. R. (2019). A review of cross-sector decarbonisation potentials in the European energy intensive industry. *Journal of Cleaner Production*, 210, 585-601. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.036
- Gillenwater, M. (2010 , 6 28). *What is a global warming potential? And which one do i use? .* Преузето 10 5, 2022 са GHG Management Institute.: <https://ghginstitute.org/2010/06/28/what-is-a-global-warming-potential/>
- Gitan, A., & Al-Kayiem, H. (2023). Assessment of hybrid solar-thermal multi-chamber dryer integrated with desiccant dehumidifier for uniform drying. *Solar Energy*, 262, 111880. doi:10.1016/j.solener.2023.111880
- González-Ramírez, J., Leducq, D., Arellano, M., & Alvarez, G. (2013). Energy consumption optimization of a continuous ice cream process. *Energy Conversion and Management*, 70, 230-238. doi:10.1016/j.enconman.2013.03.015

- Gordić, D., Nikolić, J., Josijević, M., Aleksić, A., & Vukašinović, V. (2023). Decarbonizing the margarine production process with rooftop photovoltaics and cogeneration. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 26(2), 58-62. doi:10.5937/jpea26-46734
- Gordic, D., Nikolic, J., Vukasinovic, V., Josijevic, M., & Aleksic, A. D. (2023). Offsetting carbon emissions from household electricity consumption in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 175. doi:10.1016/j.rser.2023.113154
- Gordic, D., Vukasinovic, V., Josijevic, M., Nikolic, J., & Aleksic, A. D. (2024). Utilization of Waste Heat from Industrial Air-Cooled Compressors. *9th International Conference on the Development of Industrial Engineering* (стр. 9-14). Novo mesto, Slovenia: Faculty of Industrial Engineering Novo Mesto.
- GOV.UK. (2023). *Greenhouse gas reporting: conversion factors 2023*. Преузето 01 15, 2024 са <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>
- Griffiths, S., Sovacool, B. K., Kim, J., Bazilian, M., & Uratani, J. M. (2022). Decarbonizing the oil refining industry: A systematic review of sociotechnical systems, technological innovations, and policy options. *Energy Research & Social Science*, 89, 102542. doi:10.1016/j.erss.2022.102542
- Grossmann, L., Hinrichs, J., & Weiss, J. (2022, 08 15). Technologies for sustainable heat generation in food processing. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 21, 4971-5003. doi:10.1111/1541-4337.13035
- Halkos, G., & Gkampoura, E.-C. (2020). Reviewing Usage, Potentials, and Limitations of Renewable Energy Sources. *Energies*, 13(11), 2906. doi:10.3390/en13112906
- Hamrick, K., & Gallant, M. (2018, 8). *Voluntary Carbon Markets Outlooks and Trends, January to March 2018*. Ecosystem Marketplace. Retrieved 5 8, 2022, from <https://www.forest-trends.org/>: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2018/09/VCM-Q1-Report_Full-Version-2.pdf
- IAC. (n.d.). *Industrial Assessment Centers*. Retrieved 12 12, 2023, from <https://iac.university/>
- Ibrahim, A., & Surya, R. (2018). The Implementation of Simple Additive Weighting (SAW) Method in Decision Support System for the Best School Selection in Jambi. *Journal of Physics: Conference Series, The 2nd International Conference on Applied Sciences Mathematics and Informatics*. 1338. Bandar Lampung, Indonesia: IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1742-6596/1338/1/012054
- IEA. (2020). *World Energy Balances*. International Energy Agency. Преузето са https://iea.blob.core.windows.net/assets/23f096ab-5872-4eb0-91c4-418625c2c9d7/World_Energy_Balances_Overview_2020_edition.pdf
- IEA. (2023). *CO2 Emissions in 2022*. International Energy Agency. Преузето 11 11, 2024 са International Energy Agency: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>

- IEA HPT. (n.d.). *High-Temperature Heat Pumps*. Преузето 8 8, 2022 са Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies by IEA (HPT TCP):
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex58/>
- Industry USA . (2020). *Universal Robots Showcases New Cobot Powered Solutions for Palletizing, Metrology and Machine Tending at ATX West*. Преузето 12 26, 2022 са Industry USA:
<https://magazine-industry-usa.com/news/24548-universal-robots-showcases-new-cobot-powered-solutions-for-palletizing,-metrology-and-machine-tending-at-atx-west>
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Options for the Industry Sector: Global and Regional Potential Until 2030*. Преузето 04 04, 2024 са https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/Aug/IRENA_RE_Potential_for_Industry_BP_2015.pdf
- Ismail, M., Yunus, N., & Hashim, H. (2021). Integration of solar heating systems for low-temperature heat demand in food processing industry – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111192. doi:10.1016/j.rser.2021.111192
- Jagtap, S., Rahimifard, S., & Duong, L. N. (2019). Real-time data collection to improve energy efficiency: A case study of food manufacturer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1–7. doi:doi.org/10.1111/jfpp.14338
- Jibran, S. M., Frédéric, B., Jonathan, C., Cordin, A., Stefan, S. B., & Martin, K. P. (2018). Excess heat recovery: An invisible energy resource for the Swiss industry sector. *Applied Energy*, 228, 390–408. doi:10.1016/j.apenergy.2018.06.070
- Josijević, M. M., Šušteršič, V. M., & Gordić, D. R. (2020). Ranking energy performance opportunities obtained with energy audit in dairies. *Thermal Science*, 24(5 Part A), 2865–2878. doi:10.2298/TSCI191125100J
- K2 Systems. (n.d.). *K2 Systems Base*. Преузето 01 15, 2023 са <https://base.k2-systems.com/#/project>
- Kapidžić, D., & Hivziefendić, J. (2021). *Preliminarni energetska audit za mala i srednja preduzeća metodološki priručnik*. Преузето 11 11, 2023 са Projekat Mreža energetske efikasnosti u industriji BiH – MEEI: <https://edabl.org/wp-content/uploads/2021/12/Preliminarni-energetski-audit-za-MSP-Metodolo%C5%A1ki-priru%C4%8Dnik.pdf>
- Kaya, İ., Çolak, M., & Terzi, F. (2018). Use of MCDM techniques for energy policy and decision-making problems: A review. *International Journal of Energy Research*, 42(7), 2344–2372. doi:doi.org/10.1002/er.4016
- Klima Uredjaji. (n.d.). *Panasonic toplotna pumpa Aquarea WH-MDC09J3E5 R32*. Преузето 01 18, 2023 са <https://klimauredjaji.com/toplotne-pumpe/panasonic/panasonic-toplotna-pumpa-aquarea-wh-mdc09j3e5-r32#characteristic>
- Kluczek, A., & Olszewski, P. (2017). Energy audits in industrial processes. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3437–3453. doi:10.1016/j.jclepro.2016.10.123

- KnaufTerm 2 PRO. (n.d.). Knauf Insulation софтвер за прорачун енергетских карактеристика и одређивање енергетског разреда. Преузето 12 05, 2022 са <https://www.knaufinsulation.rs/knaufterm-2-pro-srbija>
- Kumar, D. S., Khawas, E., & Kumar, M. V. (2022). Carbon neutrality benefits and importance under changing climate. *Food and Scientific Reports*, 3, 39-41.
- Ladha-Sabur, A., Bakalis, S., Fryer, P. J., & Lopez-Quiroga, E. (2019). Mapping energy consumption in food manufacturing. *Trends in Food Science & Technology*, 86(April), 270-280. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.034
- LDK Consultants. (2005). *Training programme on industrial energy management systems*. Republic of Serbia; Energy Efficiency Agency.
- Lee, K., & Kim, O. (2009). Investigation on Drying Performance and Energy Savings of the Batch-Type Heat Pump Dryer. *Drying Technology*, 27(4), 565-573. doi:10.1080/07373930802715708
- Lobodovsky, K., & Lawrence, R. (2020). Motors, Drives, and Electric Energy Management. У S. Roosa, S. Doty, & W. Turner, *Energy Management Handbook, 9th Edition*. River Publishers. doi:10.1201/9781003151364
- Lorenz, H., Fischer, P., Schumacher, B., & Adler, P. (2013). Current EU-27 technical potential of organic waste streams for biogas and energy production. *Waste Management*, 33(11), 2434-2448. doi:10.1016/j.wasman.2013.06.018
- Luo, Y., Jagtap, S., Trollman, H., & Garcia-Garcia, G. (2023). A Framework for Recovering Waste Heat Energy from Food Processing Effluent. *Water*, 15(12). doi:10.3390/w15010012
- Marculescu, C., Alexe, F., Bacalum, F., & Doncea, S. (2016). Iterative fuels production and properties characterization using food industry waste to energy conversion. *2016 IEEE International Conference on Emerging Technologies and Innovative Business Practices for the Transformation of Societies (EmergiTech)*, (стр. 345-350). Balaclava, Mauritius. doi:10.1109/EmergiTech.2016.7737364
- Marttunen, M. (2010). Description of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). Преузето 4 4, 2024 са <http://environment.sal.aalto.fi/MCDA/>
- Mathur, S., Gosnell, G., Sovacool, B. K., Furszyfer Del Rio, D. D., Griffiths, S., Bazilian, M., & Kim, J. (2022). Industrial decarbonization via natural gas: A critical and systematic review of developments, socio-technical systems and policy options. *Energy Research & Social Science*, 90, 102638. doi:10.1016/j.erss.2022.102638
- Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636-648. doi:10.1016/j.jclepro.2005.07.015
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.

- Meitz, S., Reiter, J., Fluch, J., & Tugores, C. R. (2023). Decarbonization of the Food Industry - The Solution for System Design and Operation. *Sustainability*, 15, 14262. doi:10.3390/su151914262
- Meyers, S., Schmitt, B., Chester-Jones, M., & Sturm, B. (2016). Energy efficiency, carbon emissions, and measures towards their improvement in the food and beverage sector for six European countries. *Energy*, 104, 266-283. doi:10.1016/j.energy.2016.03.117
- Mohana, Y., Mohanapriya, R., Anukiruthika, T., Yoha, K., Moses, J., & Anandharamakrishnan, C. (2020). Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. *Solar Energy*, 208, 321-344. doi:10.1016/j.solener.2020.07.098
- Morvey, Z., & Gvozdenac, D. (2008). *Applied Industrial Energy and Environmental Management*. John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/9780470714379
- Mourits, M., & Oude Lansink, A. (2007). Multi-criteria decision making to evaluate quarantine disease control strategies. У А. G. Oude Lansink, *New Approaches to the Economics of Plant Health* (Т. 20, стр. 131–144). Springer. Преузето 6 9, 2023 са <https://library.wur.nl/ojs/index.php/frontis/article/view/1285>
- Mrkić-Bosančić, M., Vasković, S., & Gvero, P. (2023). Optimization of energy mix and possibilities of its application in energy transition using multicriteria approach. *Thermal Science*, 27(3), 2501-2512. doi:10.2298/TSCI221013224M
- Mujumdar, A. (2014). *Handbook of industrial drying* (4th ed изд.). USA: CRC Press.
- Nikolic, J., Gordic, D., Jurisevic, N., Vukasinovic, V., & Milovanović, D. (2021). Energy auditing of indoor swimming facility with multi-criteria decision analysis for ranking the proposed energy savings measures. *Energy Efficiency*, 14, 36. doi:10.1007/s12053-021-09949-w
- Nunes, J., Silva, P., Andrade, L., & Gaspar, P. (2016). Key points on the energy sustainable development of the food industry – Case study of the Portuguese sausages industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 339-441. doi:10.1016/j.rser.2015.12.019
- Nurmalini, & R. (2017). Study Approach of Simple Additive Weighting For Decision Support System. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3(3), 541-544. Преузето 10 11, 2023 са <https://osf.io/8sjvt/download/?format=pdf>
- Ogundu Owhondah, R. (2019). *Optimization of small-scale low-cost anaerobic digestion system: Model based analysis*. PhD thesis, The University of Leeds. Преузето 12 17, 2022 са <https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/25509/>
- Olsson, O., & Schipfer, F. (2021). *Decarbonizing industrial process heat: the role of biomass*. IEA Bioenergy. Преузето 10 8, 2024 са <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/decarbonizing-industrial-process-heat-the-role-of-biomass/>
- Our World in Data 1. (n.d.). *Electricity production by source*. Преузето 10 6, 2023 са <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>

- Our World in Data 2. (n.d.). *Total greenhouse gas emissions 2021*. Преузето 10 8, 2022 са <https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions?time=latest>
- Pagan, R., Prasad, P., Price, N., & Kemp, E. (2004). *Eco-efficiency for the Queensland Food Processing Industry*. Australian Industry Group. Преузето 1 25, 2021 са <https://www.ecoefficiencygroup.com.au/wp-content/uploads/2017/12/Eco-efficiency-Toolkit-for-the-Queensland-Food-Processing-Industry.pdf>
- Pan, Y. (2023). Review of energy saving technologies research in HVAC systems. *4th International Conference on Air Pollution and Environmental Engineering (APEE 2023)*, 438, стр. 01006. doi:10.1051/e3sconf/202343801006
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178, 135–160. doi:10.1007/s10661-010-1678-y
- Pask, F., Sadhukhan, J., Lake, P., McKenna, S., Perez, E., & Yang, A. (2014). Systematic approach to industrial oven optimisation for energy saving. *Applied Thermal Engineering*, 71(1), 72-77. doi:10.1016/j.applthermaleng.2014.06.013
- Philipp, M., Schumm, G., Heck, P., Schlosser, F., Peesel, R.-H., Walmsley, T., & Atkins, M. (2018). Increasing energy efficiency of milk product batch sterilisation. *Energy*, 164, 995-1010. doi:10.1016/j.energy.2018.09.002
- Philipp, M., Schumm, G., Peesel, R.-H., Walmsley, T., Atkins, M., Schlosser, F., & Hesselbach, J. (2018). Optimal energy supply structures for industrial food processing sites in different countries considering energy transitions. *Energy*, 146, 112-123. doi:10.1016/j.energy.2017.05.062
- Popkin, B. M. (2006). Technology, transport, globalization and the nutrition transition food policy. *Food Policy*, 31(6), 554-569. doi:10.1016/j.foodpol.2006.02.008
- PVGIS. (n.d.). *Photovoltaic Geographical Information System, PVGIS-5.2*. Преузето 01 17, 2023 са https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. (2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161. doi:10.1016/j.rser.2022.112279
- Rajabloo, T., Valee, J., Marenne, Y., Coppens, L., & De Ceuninck, W. (2023). Carbon capture and utilization for industrial applications. *Energy Reports*, 9(S2), 111-116. doi:10.1016/j.egyr.2022.12.009
- Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow, W. R., Zhou, N., . . . Cremmins, B. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied Energy*, 266, 114848. doi:10.1016/j.apenergy.2020.114848

- Saidur, R. (2010). A review on electrical motors energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(3), 877-898. doi:10.1016/j.rser.2009.10.018.
- SCCS. (n.d.). Преузето 12.12.2022 са Global CCS Map: <https://www.sccs.org.uk/expertise/global-ccs-map>
- Shabir, I., Kumar, D., Hussain, D. A., Pandey, K. V., Fayaz, U., Srivastava, S., & Nisha, R. (2023). Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review. *Future Foods*, 7, 100215. doi:10.1016/j.fufo.2023.100215
- Shah, C., Raut, S., Kacha, H., Patel, H., & Shah, M. (2021). Carbon capture using membrane-based materials and its utilization pathways. *Chemical Papers*, 75, 4413-4429. doi:10.1007/s11696-021-01674-z
- Sharaf Eldean, M., & Soliman, A. (2015). Study of Using Solar Thermal Power for the Margarine Melting Heat Process. *Journal of Solar Energy Engineering*, 137, 1-13. doi:10.1115/1.4028367
- Sharaf Eldean, M., & Soliman, A. (2015). Study of Using Solar Thermal Power for the Margarine Melting Heat Process. *Journal of Solar Energy Engineering*, 137(2), 021004. doi:10.1115/1.4028367
- Sheppard, P., & Rahimifard, S. (2019). Improving energy efficiency in manufacturing using peer benchmarking to influence machine design innovation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21, 1213-1235. doi:10.1007/s10098-019-01701-4
- Sihn, W., Sobottka, T., Heinzl, B., & Kamhuber, F. (2018). Interdisciplinary multi-criteria optimization using hybrid simulation to pursue energy efficiency through production planning. *CIRP Annals*, 67(1), 447-450. doi:10.1016/j.cirp.2018.04.059
- Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A., & Rooney, D. (2021). Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110856. doi:10.1016/j.rser.2021.110856
- Spirax Sarco. (2018). *Food and beverage - best practice guide to managing steam quality*. Преузето 10.12.2023 са https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/us/sb/food_and_beverage_best_practise_guide_to_managing_steam_quality-spb1071-us.ashx?rev=0f40b2c7a43149819d10af98da08d0e2
- Sutherland, B. R. (2019). Tax Carbon Emissions and Credit Removal. *Joule*, 3(9), 2071-2073. doi:10.1016/j.joule.2019.08.024
- Sutherland, R. (1991). Market Barriers to Energy-Efficiency Investments. *The Energy Journal*, 12(3), 15-34. Преузето са <http://www.jstor.org/stable/41322426>
- The Agility Effect. (2017). *75,000 solar panels to light up Senegal*. Преузето 12.17.2022 са <https://www.theagilityeffect.com/en/article/75000-solar-panels-light-senegal/>

- Thiel, G. P., & Stark, A. K. (2021). To decarbonize industry, we must decarbonize heat. *Joule*, 5(3), 531-550. doi:10.1016/j.joule.2020.12.007
- Trading Economics. (n.d.). *EU Carbon Permits*. Преузето 12 17, 2022 са <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>
- UKGOV. (2015, March). *Industrial Decarbonisation & Energy Efficiency Roadmaps to 2050, Food and Drinks*. Преузето са Department of Energy and Climate Change and the Department for Business, Innovation and Skills: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/416672/Food_and_Drink_Report.pdf
- Usubiaga-Liaño, A., Behrens, P., & Daioglou, V. (2020). Energy use in the global food system. *Jurnal of industrial ecology*, 24(4), 830-840. doi:10.1111/jiec.12982
- van der Gaast, W., & Sikkema, R. (2018). The contribution of forest carbon credit projects to addressing the climate change challenge. *Climate Policy*, 18(1), 42-48. doi:10.1080/14693062.2016.1242056
- Vítězslav, B. (2018). Photovoltaics: The Basics. У М. L. Trevor, & M. F. Vasilis, *A Comprehensive Guide to Solar Energy Systems* (стр. 151-179). Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-811479-7.00008-7
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Yuan, Z., Wang, M., Wang, F., Li, S., . . . Chen, J. (2021, 11 28). Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *The Innovation*, 2(4), 100180. doi:10.1016/j.xinn.2021.100180
- Wang, L. (2014). Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Efficiency*, 7(5), 791-810. doi:10.1007/s12053-014-9256-8
- Wang, Y., Cao, Q., Liu, L., Wu, Y., Liu, H., Gu, Z., & Zhu, C. (2022). A review of low and zero carbon fuel technologies: Achieving ship carbon reduction targets. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 54, 102762. doi:10.1016/j.seta.2022.102762
- Waste-to-energy (Municipal Solid Waste)*. (2020). Преузето 12 17, 2022 са U.S. Energy Information Administration: <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/waste-to-energy.php>
- Water, Sanitation and Hygiene (WASH)*. (2021). Преузето 12 17, 2022 са World Vision International: <https://www.wvi.org/ethiopia/our-work/water-sanitation-and-hygiene-wash>
- Wojdalski, J., Grochowicz, J., Drózd, B., Bartoszewska, K., Zdanowska, P., Kupczyk, A., . . . Wójcik, G. (2015). Energy efficiency of a confectionery plant – Case study. *Journal of Food Engineering*, 146(2), 182-191. doi:10.1016/j.jfoodeng.2014.08.019
- Woods, J., Williams, A., Hughes, J. K., Black, M., & Murphy, R. (2010). Energy and the food system. *Philosophical Transactions B*, 365(1554), 2991–3006. doi:10.1098/rstb.2010.0172

- Woolley, E., Luo, Y., & Simeone, A. (2018). Industrial waste heat recovery: A systematic approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 29, 50-59. doi:10.1016/j.seta.2018.07.001
- World Bank. (2022). *State and Trends of Carbon Pricing 2022*. doi:10.1596/978-1-4648-1895-0
- WRI. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Преузето 12 12, 2022 са <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>
- Zhang, S., Luo, J., Wang, Q., & Chen, G. (2018). Step utilization of energy with ejector in a heat driven freeze drying system. *Energy*, 164, 734-744. doi:10.1016/j.energy.2018.08.195
- Агенција за енергетску ефикасност. (2006). *Упутства за опште енергетске ревизије*. Агенција за енергетску ефикасност, Република Србија.
- Бабић, М., Гордић, Д., Живковић, Д., Кончаловић, Д., Бошковић, Г., Вукашиновић, В., . . . Јосијевић, М. (2015). *Анализа потрошње енергије и могућности за употребу локалних извора енергије у општинама*. Крагујевац: Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.
- Вукашиновић, В. (2022). *Технологије коришћења биомасе*. Крагујевац: Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.
- Гордић, Д. (2011). *Енерго-еко менаџмент у индустрији намештаја*. Крагујевац: Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.
- ЕФС. (n.d.). *Пројекција развоја светске пољопривреде и производње хране до 2050. године*. Преузето 5 5, 2023 са <https://www.ef.uns.ac.rs/predmeti/mas/svetski-prehrambeni-sistem/2014-01-27-Projekcije-razvoja-poljoprivrede-do-2050.pdf>
- Љубичић, А., Радосављевић, А., Трипић Станковић, А., Јовић, Б., Димић, Б., Јовановић, Г., & Стаменковић, Д. (2021). *Извештај о стању животне средине у Републици Србији за 2020. годину*. Преузето 5 5, 2022 са Министарство за заштиту животне средине Републике Србије, Агенција за заштиту животне средине: http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_2020.pdf
- Министарство привреде Републике Србије. (2021). *Преглед актуелног стања са SWOT анализом за прехранбену индустрију у Србији*. Преузето 9 8, 2024 са <https://privreda.gov.rs/sites/default/files/documents/2021-08/2-PR-Analiza-Stanja-Sa-SWOT-1.pdf>
- РХМЗ. (n.d.). *Републички хидрометеоролошки завод Србије*. Преузето 12 15, 2022 са http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/stanica_sr.php?moss_id=13278

Прилог 1

УПИТНИК ЗА ПРЕЛИМИНАРНИ ЕНЕРГЕТСКИ ПРЕГЛЕД ПРЕДУЗЕЋА

Датум енергетског прегледа: 21.06.2021. године

А) ОПШТЕ ИНФОРМАЦИЈЕ О ПРЕДУЗЕЋУ И ПОТРОШЊИ ЕНЕРГИЈЕ

1. Основни подаци:

Назив предузећа:	Предузеће узето за студију случаја
Локација (адреса):	Централна Србија
Број запослених:	30 (у производним операцијама)
Производни програм:	– индустријски маргарини и биљне масти, – пекарски побољшивачи и смеше.
Дневно ангажовање постројења у сатима:	24
Годишње ангажовање:	око 290 радних дана
Искоришћеност капацитета:	око 70%

Одговоран за достављање података	
Име и презиме:	-
Функција у предузећу:	Менаџер операција
Коме подноси извештај:	Генералном директору Предузећа

2. Потрошња енергената који се користе у предузећу (додати по потреби):

Енергент	Јединица	2018. година	2019. година	2020. година
Електрична енергија	[MWh]	683,800	655,500	604,800
Природни гас	[MWh]	771,155	712,825	722,337

3. Потрошња воде у предузећу:

	Јединица	2018. година	2019. година	2020. година
Вода	[m ³]	3.120	3.184	2.481

4. Годишњи трошкови енергената који се користе у предузећу (додати по потреби)

Енергент	Јединица	2018. година	2019. година	2020. година
Електрична енергија	[РСД]	5.963.234	6.404.692	5.893.236
Природни гас	[РСД]	3.014.134	2.437.043	2.471.428

По могућству, доставити у прилогу рачуне за енергију у претходном периоду (минимално за период од годину дана).

5. Годишњи трошкови воде у предузећу:

Енергент	Јединица	2018. година	2019. година	2020. година
Вода	[РСД]	371.186	378.800	295.164

По могућству, доставити у прилогу рачуне за утрошак воде у претходном периоду (минимално за период од годину дана)

6. Годишњи обим производње у претходном периоду (минимално за период од годину дана):

Обим производње	Јединица	2018. година	2019. година	2020. година
Маргарини биљне масти	[t]	5.821,53	5.463,75	5.244,60
Пекарски побољшивачи и смеше	[t]	1.611,40	1.679,87	1.560,91

7. Систем за коришћење електричне енергије:

Напонски ниво прикључења на електро мрежу:	Ниско напонски ниво 380 V; 50 Hz
Број трансформатора и њихов капацитет:	1
Број струјних мерила:	1
Тарифни систем (структура):	Двотарифни
Да ли сте упознати са постојањем могућих другачијих тарифних структура?	Да
Укупна инсталисана снага потрошача [kW]:	P _i =293 P _j =150
Фактор снаге (cosφ) [-]:	Податак ће бити обезбеђен накнадно
Да ли је инсталисан систем за аутоматску компензацију фактора снаге?	Да
Ако је одговор на претходно питање да, онда опишите систем	Капацитивне батерије у трафо станици
Да ли постоје агрегати за резервно снабдевање електричном енергијом (описати агрегате и енергенте који користе)?	Не
Да ли постоји систем за когенерацију електричне и топлотне енергије?	Не

8. Највећи потрошачи електричне енергије:

Назив	Номинална снага [kW]	Дневно ангажовање [h]
Производни погон за производњу индустријских маргарина и биљних масти	P _i =158,5 P _j =75	24
Амонијачно расхладно постројење (расхладни компресор)	P _i =P _j =75	24
Производни погон за производњу пекарских побољшивача и смеша	P _i =100 P _j =60	16

Клима комора у магацинском простору	$P_i=30$ $P_j=20$	24
Административни део предузећа и остало (развод 220 V)	$P_i=50$ $P_j=30$	8
Лифт	$P_i=P_j=14,5$	24
Расвета и остали протрошачи (развод 220 V)	$P_i=10,5$ $P_j=8$	8
Котларница	$P_i=12$ $P_j=8$	24
Лабораторија	$P_i=42,2$ $P_j=28$	8

9. Расвета:

Тип расвете	Укупна номинална снага [W]	Број сијалица [-]
Инкадесцентне сијалице (са ужареним влакном) (IL)	-	-
Компакт флуоресцентне сијалице (CFL)	-	-
Флуоресцентна (FL)	2 x 40	11
Металхалогена (металхалидне) (MH)	-	-
Натријумска ниског притиска (LPS),	-	-
Натријумска високог притиска (HPS),	-	-
Живина високог притиска (HPM)	-	-
LED расвета	2 x 6	49

10. Систем за производњу и коришћење топлотне енергије:

Подаци о котловима, пећима и ложиштима				
Тип	Номинална снага/капацитет [kW]	Енергент	Радни притисак [bar]	Температура [°C]
Котао 1	350	Природни гас	3,7	140

11. Компримовани ваздух:

Ваздушни компресор	Тип (клипни/вијчани)	Радни притисак [bar]	Капацитет [Nm ³ /h]	Снага електромотора [kW]	Тачка росе [°C]
Компресор 1	клипни	10	104,8	15	3
Компресор 2	клипни	10	102,6	11	3

12. Укупне потребе за компримованим ваздухом:

Притисак	[bar]	9,5
Укупна потрошња компримованог ваздуха	[Nm ³ / h]	96,8

13. Расхладни технолошки системи и расхладне коморе:

Тип расхладног компресора	Расхладно средство	Расхладни капацитет [kW]	Температура кондензације [°C]	Температура испаравања [°C]	Снага електромотора [kW]
Клипни	Амонијак	120	35	– 20	75

14. Тип кондензатора:

	Расхладна кула
X	Евапоративни кондензатор
	Сув кондензатор

15. Термички процеси:

Термички процеси	Технолошка температура [°C]
Грејање резервоара за складиштење јестивих биљних уља	65
Грејање цевовода за транспорт јестивих уља од складишних резервоара до размерног резервоара	65
Грејање резервоара за припремање водене фазе	65
Грејање цевовода за транспорт водене фазе	65
Грејање припремног резервоара	65
Грејање цевовода за транспорт емулзије од припремног до напојног резервоара	65
Грејање напојног резервоара	65
Пастеризација	85
Грејање цевовода за транспорт емулзије од напојног резервоара до пастеризатора	65
Хлађење у процесу кристализације	-20
Претапање готовог производа и грејање дорадног резервоара	135
Грејање цевовода за транспорт растопљеног готовог производа од уређаја за паковање до дорадног резервоара и од дорадног резервоара до напојног резервоара	65

16. Кондиционирање сировина, полупроизвода и готових производа у расхладним коморама:

Просторије за кондиционирање	Капацитет коморе [t]	Температура [°C]
Климатизациона комора магацина готових	200	18

производа		
-----------	--	--

17. Обновљиви извори енергије који се користе у предузећу (описати):

У предузећу се не користе обновљиви извори енергије

18. Активности на повећању енергетске ефикасности у последње 3 године (описати):

Није било активности на повећању енергетске ефикасности у последње 3 године

19. Да ли је дефинисана политика енергетског менаџмента (енергетска политика) предузећа?

Да **Не**

20. Како се анализира потрошња енергије (означити одговарајуће поље)?

	Од стране управе (централизовано)
X	На локацији
X	Периодично, по утврђеном распореду
	Нередовно

21. Како се потрошња енергије анализира (означити одговарајуће поље)?

X	По производним целинама
X	По врсти производа
X	По изворима енергије
X	По месецима или броју радних дана (по сменама)
X	По месецима
X	По трошковима
	По категорији уређаја (производна опрема, осветљење, топла вода, климатизација просторија, расхладни системи, итд.)
	По функционалним категоријама (производни погон, канцеларија, магацини)

22. Да ли анализа укључује анализу везе (односа) између потрошње енергије и нивоа активности (обима производње)?

Да

23. Које се јединице користе приликом мерења? (Да ли се користи иста јединица за приказ потрошње различитих облика енергије, да ли се потрошња свих облика енергије своди на новчане трошкове?)

kWh

24. Како се обавља контрола система мерења? (Колико се често врши читавање потрошње, у којој мери се врше додатна мерења (мерење на nižем нивоу процеса), шта се од података евидентира и чува, ко анализира податке, коме се достављају извештаји?)

Читавање потрошње се врши на месечном нивоу, податке анализира Менаџер операција, извештаји се достављају Генералном директору на кварталном нивоу

25. Да ли се предвиђа потрошња енергије према планираном обиму производње у наредном периоду ?

Да Не

26. Да ли су успостављени индикатори учинка тј. да ли се зна стандардна потрошња енергије за сваки процес?

Да Не

27. Индикатори учинка се упоређују са (попунити одговарајуће поље):

X	Претходним периодима
	Другим локацијама
X	Другим предузећима

28. Да ли су постављени циљеви енергетске потрошње (попунити одговарајуће поље)?

	За апсолутне нивое потрошње
X	За нивое потрошње на основу активности
	За нивое у периоду када нема производње
	За процентуално смањење потрошње

29. Да ли руководство предузећа разматра извештаје (информације) о потрошњи енергије као кључни део информационог система управљања ?

Да Не

Ако Не, зашто?

Руководству предузећа је потрошња енергије једино интересантна кроз финансијске извештаје као део оперативних трошкова и њихов однос у укупним трошковима за

биланс успешности.

30. Који су кораци предузети у циљу промовисања енергетског менаџмента (едукација запослених, и сл.)?

Елементарни, комуникација са запосленима се своди претежно на указивање потреба за домаћинским коришћењем енергије у циљу смањења трошкова.

31. Који кораци се предузимају у циљу поновне употребе енергије (продаја нус-производа који имају енергетску вредност), рекулпација отпадне топлоте (ваздух, вода, врели продукти производње, итд.), да ли се отпад користи као гориво?

Рекулпација воде за хлађење пастеризатора, хладњака уља амонијачног расхладног компресора, евапоративних кондензатора и коришћење дела повратног кондензата за предгревање напојне воде парног котла.

32. У којој мери се спроводи превентивно одржавање?

На нивоу годишњег ремонта, као и на нивоу недељних, месечних и кварталних активности према плану превентивног одржавања.

33. Колико се често врши преглед и тестирање разних делова постројења (корозија, пуцање, непотребно грејање, цурење, неисправни одвајачи кондензата, непрецизни или нефункционални управљачки уређаји)?

Према плану превентивног одржавања (недељни, месечни, квартални, годишњи визуелни прегледи без мерења и тестирања) и према законској регулативи за преглед опреме под притиском

Напомене:

Б) ОПЕРАТИВНО УПРАВЉАЊЕ И ОДРЖАВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ ПОСТРОЈЕЊА И ПРОИЗВОДНЕ ОПРЕМЕ

Котлови

34. Да ли у димном каналу постоји отвор за узорковање или постављање мерне сонде?

Да	Не
----	----

35. Да ли се прати садржај кисеоника у димним гасовима и да ли су резултати претходних мерења доступни?

Да	Не
----	----

36. Да ли је изолација на котлу или околним цевима општећена или недовољна?

Да	Не
----	----

37. Да ли је унутрашња ватростална оплата у добром стању?

Да	Не
----	----

38. Да ли постоји ефикасан систем припреме воде? Да ли је кисеоник успешно уклоњен из напојне воде?

Да	Не
----	----

39. Да ли је напојна вода котла одговарајућег квалитета?

Да	Не
----	----

40. Да ли се одмуљивање контролише путем мерења електропроводљивости котловске воде?

Да	Не
----	----

41. Да ли постоји видљиво цурење водене паре и воде из котла?

Да	Не
----	----

42. Да ли постоје проблеми са коришћењем капацитета (нпр, више котлова са ниским оптерећењем)?

Да	Не
----	----

43. Да ли су постављени регулатори за проток димних гасова?

Да Не

Горионици

44. Да ли пламен има необичан облик или је непостојан, или пак има необичну боју?

Да **Не**

45. Да ли је видљив пламени удар?

Да Не

46. Да ли је горионик подешен да одржи одговарајући однос ваздух и горива?

Да Не

47. Да ли су наслаге чађи на димној страни котла и димњаку велике?

Да **Не**

48. Да ли постоји евиденција о одржавању?

Да Не

49. Да ли постоји предгревање ваздуха, нпр. рекуперационим системом?

Да **Не**

50. Да ли постоји регулација на бази садржаја кисеоника у димним гасовима?

Да Не

Системи за дистрибуцију паре

51. Да ли постоје цурења водене паре?

Да **Не**

52. Да ли се на цевима види да изолација недостаје, да је оштећена или непотпуна?

Да Не

53. Да ли постоји изолација на цевном прибору, спојницама, атрматури, вентилима
итд.?

Да	Не
-----------	----

54. Да ли су сви одвајачи кондензата покварени, пропуштају водену пару или не пропуштају кондензат?

Да	Не
----	-----------

55. Да ли се термостатски одвајачи кондензата отварају и затварају редовно (али не сувише често)?

Да	Не
-----------	----

56. Да ли постоји повраћај кондензата?

Да	Не
-----------	----

57. Да ли постоји преливање резервоара за сакупљање кондензата?

Да	Не
----	-----------

58. Да ли се одвојена пара може поново користити?

Да	Не
----	-----------

59. Да ли су цеви великом дужином ван употребе и без изолације?

Да	Не
----	-----------

60. Да ли се значајни делови дистрибутивне мреже користе за минималан проток водене паре?

Да	Не
-----------	----

61. Да ли је мрежа цевовода под нагибом који омогућава правилан одвод кондензата?

Да	Не
-----------	----

62. Да ли су на опрему постављени аутоматски регулатори температуре?

Да	Не
-----------	----

Коришћење топле воде

63. Да ли се топла вода користи само тамо где треба, а не тамо где је и хладна вода довољна?

☒ Да ☐ Не

64. Да ли је температура топле воде оптимална?

☒ Да ☐ Не

65. Да ли су топловодни цевоводи изоловани?

☒ Да ☐ Не

66. Да ли су резервоари за топлу воду изоловани?

☒ Да ☐ Не

67. Да ли је систем грејања резервоара топле воде са повраћајем кондензата?

☐ Да ☒ Не

Расхладни технолошки системи

68. Да ли је расхладна кула /евапоартивни кондезатор задрљан?

☐ Да ☒ Не

69. Да ли су цеви и опрема изоловани?

☒ Да ☐ Не

70. Да ли постоји пропуштање или рецикулација ваздуха у кондезатору?

☐ Да ☒ Не

71. Да ли су спирале, испуна, ваздушни филтери, заштитне решетке довода ваздуха или млазнице кондезатора чисти?

☒ Да ☐ Не

72. Да ли је проток воде за хлађење (снага пумпе) оптималан?

☒ Да ☐ Не

73. Да ли постоји аутоматска регулација рада пумпи за хлађење и вентилатора?

☒ Да ☐ Не

74. Да ли постоји поновно коришћење топлоте из расхладног компресора?

☐ Да ☒ Не

Процесна опрема

75. Да ли су електромотори правилно димензионисани?

☒ Да ☐ Не

76. Да ли су оптерећења електромотора променљива и да ли постоје дуги периоди рада без оптерећења?

☐ Да ☒ Не

77. Да ли су редуктори врући и бучни у току рада?

☐ Да ☒ Не

78. Да ли су каишеви преносника излизани или опуштени око каишника?

☐ Да ☒ Не

79. Да ли су сви каишеви на броју?

☒ Да ☐ Не

80. Да ли су лежајеви електромотора врући и бучни у току рада?

☐ Да ☒ Не

81. Да ли се користе високо ефикасни електромотори класе IE3 или IE4?

☒ Да ☐ Не

82. Да ли се користе електромотори са променљивом брзином (са фреквентним регулаторима тзв. VSD)?

☐ Да ☒ Не

83. Да ли је у употреби меки старт (тзв. софт старт) електромотора?

Да Не

84. Да ли су филтери пумпи запущени?

Да **Не**

85. Да ли су оптерећења пумпи променљива?

Да **Не**

86. Да ли се користе погони пумпи са променљивом брзином (са фреквентним регулаторима тзв. VSD)?

Да **Не**

87. Да ли постоји цурење процесних течности на заптивкама вратила пумпи?

Да **Не**

88. Да ли је капацитет млинова усклађен са стварном производњом?

Да Не

89. Да ли опрема за млевење ради и када нема сировина која треба самлети?

Да Не

90. Да ли постоји одређени ниво аутоматизације процеса млевења (на пр, аутоматски вибрациони дозери, уређаји за мерење нивоа сировине која треба да се самеле, системи затезања каишева и сл.)?

Да **Не**

91. Да ли се врши узорковање самлевених сировина, када се опрема зауставља и поново покреће?

Да **Не**

92. Да ли се за погон млинова користе високо ефикасни мотори класе IE3 или IE4, софт старт мотора и VSD мотори?

Да **Не**

93. Да ли је време мешања адекватно одређено?

Да	Не
----	----

94. Да ли су лопатике мешача у добром стању и избалансиране?

Да	Не
----	----

95. Да ли је могуће процес мешања у партијама претворити у континуално мешање?

Да	Не
----	----

96. Да ли се користи компримовани ваздух за мешање?

Да	Не
----	----

97. Да ли је брзина мешања оптимизована?

Да	Не
----	----

98. Да ли се за погон мешача користе високо ефикасни мотори класе IE3 или IE4, софт старт мотора и VSD мотори?

Да	Не
----	----

99. Да ли се паузе за одмор запослених у погонима за производњу и паковање могу организовати тако да их сви запослени не користе истовремено, односно да производна опрема не ради у празном ходу?

Да	Не
----	----

100. Да ли се на производној опреми и опреми за паковање користе високо ефикасни мотори класе IE3 или IE4, софт старт мотора и VSD мотори?

Да	Не
----	----

Ваздушни компресори и системи дистрибуције компримованог ваздуха

101. Да ли се компримовани ваздух неадекватно користи (на пр. одувавање прашине и чишћење производне опреме и сл)?

Да	Не
----	----

102. Да ли ваздушни компресори раде и када није потребно?

Да Не

103. Да ли ваздушни компресори раде већи део времена, а да се при томе често искључују/укључују?

Да **Не**

104. Да ли постоји неодговарајуће коришћење компримованог ваздуха (на пр. за одување прашине, чишћење производне опреме итд.)?

Да Не

105. Да ли је притисак у систему дистрибуције компримованог ваздуха оптималан?

Да **Не**

106. Да ли постоји цурење компримованог ваздуха, посебно на спојницама, прикључцима црева, вентилима, сигурносним вентилима?

Да Не

107. Да ли се неки делови разводног цевовода у систему дистрибуције компримованог ваздуха не користе?

Да Не

108. Да ли се вентили за дренажу влаге остављају отворени?

Да **Не**

109. Да ли се приликом тишине у производном погону чује шуштање као индикатор да потоји цурење компримованог ваздуха?

Да Не

110. Да ли се врши редовна контрола задрљности филтера и зауљивача?

Да **Не**

111. Да ли се за погон компресора користе високо ефикасни мотори класе IE3 или IE4, софт старт мотора и VSD мотори?

Да	Не
----	----

Расвета

112. Да ли су светиљке чисте?

Да	Не
----	----

113. Да ли су унутрашњи зидови и плафони окречени у светле боје?

Да	Не
----	----

114. Да ли се расвета гаси при дневном светлу, и да ли се расвета гаси у празним просторијама у којима нема активности?

Да	Не
----	----

115. Да ли постоје зонски прекидачи, сензори покрета и сензори осветљености?

Да	Не
----	----

116. Да ли је степен осветљености за одређени радни простор у складу са законском регулативом?

Да	Не
----	----

117. Да ли је расвета монтирана у нивоу плафона, ради постизања оптималног усмерења светла?

Да	Не
----	----

Грејање радног (производног и канцеларијског) простора

118. Да ли се радни простор греје и ван радног времена када за то нема потребе, да ли циркулационе пумпе раде и када грејање није потребно?

Да	Не
----	----

119. Да ли је температура радног простора оптимална и у складу са прописима?

Да	Не
----	----

120. Да ли постоји пракса недозвољеног додатног грејања уређајима који користе електричну енергију (грејалице, електрични калолитери и сл.)?

Да	Не
----	----

121. Да ли је радни простор са високим плафонима тако да се топао ваздух задржава при врху?

Да	Не
----	----

122. Да ли су температурни сензори и термостати постављени на одговарајућим местима?

Да	Не
----	----

123. Да ли топлота може несметано да се просторе по радном простору, односно да ли су грејна тела блокирана?

Да	Не
----	----

124. Да ли врата и прозори добро заптивају и да ли постоји термо прекид на њима?

Да	Не
----	----

125. Да ли су аутоматски затварачи врата исправни?

Да	Не
----	----

126. Да ли су зидови и плафони радног простора адекватно изоловани у складу са стандардима?

Да	Не
----	----

127. Да ли постоје ваздушне завесе на утоварно/истоварним вратима?

Да	Не
----	----

128. Да ли постоји ризик од истовременог хлађења и грејања радног простора и/или суседних просторија?

Да	Не
----	----

Климатизација и вентилација

129. Да ли се климатизација и вентилација користе непотребно ван радног времена?

Да	Не
----	-----------

130. Да ли су радни режими климатизационих система усаглашени са спољним условима?

Да	Не
-----------	----

131. Да ли постоји прекомеран рад климатизационих система или њихово често циклично укључивање/искључивање?

Да	Не
----	-----------

132. Да ли су температурни сензори и термостати постављени на одговарајућим местима?

Да	Не
-----------	----

133. Да ли је температура хлађења адекватно постављена (не ниже од 22 °C)?

Да	Не
-----------	----

134. Да ли доводни канали изоловани?

Да	Не
-----------	----

135. Да ли су филтери чисти, да ли су спирале испаривача или хладњака чисте?

Да	Не
-----------	----

136. Да ли постоји ризик од истовременог хлађења и грејања радног простора и/или суседних просторија?

Да	Не
----	-----------

Прилог 2

СПИСАК ДОСТУПНИХ ЕКОЛОШКИХ ПРОЈЕКТА, ЦЕНЕ УГЉЕНИЧНИХ КРЕДИТА И ВЕЗЕ КА ИНТЕРНЕТ СТРАНИЦАМА

Датум приступа веб страницама: 28.12.2022. године

Програми компензације угљеничног отиска	Назив еколошког пројекта	Цена угљеничног кредита [EUR] ⁹	Држава у којој се пројекат реализује	Тип пројекта	Веза ка веб страници
South pole	Za Hung Hydropower	18	Vietnam	ОИЕ	https://market.southpole.com/home/offset-emissions
	Kariba FoOIEt Protection	20,4	Zimbabwe	ПП	
	Aura Solar	18	Latin America	ОИЕ	
	Afogak Island Forest Preservation	30	USA	ПП	
	Huoshui Small Hydropower	13,2	China	ОИЕ	
	Changib an Taichung Wind	18	Taiwan	ОИЕ	
	Everbright Landfill Gas Recovery	18	China	ОИЕ, ОКО	
	Prony Wind Power	18	New caledonia	ОИЕ	
	Clean Tech for the Steel Industry	18	China	ЕЕТ	
	Kornburi Wastewater Treatment	10,8	Thiland	ОКО	
	Siam Cement Biomass to Energy, Thailand	10,2	Thiland	ОИЕ	
	Gunug Salak Geothermal Energy	13	Indonesia	ОИЕ	
	Efficient cookstoves	23,7	Rwanda	ЕЕТ	
	Xenamnoy Clean Hydropower	20,4	Laos	ОИЕ	
	Bac Lieu Wind Farm	21,6	Vietnam	ОИЕ	

⁹ Цене су изражене у EUR, осим тамо где је другачије назначено

	Safe Community Eater Supply	19,2	Rwanda	EET	
	Lacandon-Forest for Life	20,4	Guatemala	ПП	
	Cookstoves for Maasai Communities	18	Kenya	EET	
	Dora-II Geothermal Power	13,2	Turkey	ОИЕ	
	Crow Lake Wind	13,2	Usa	ОИЕ	
	EcoAustria	19,2	Australia	ПП	
	Clean Cookstoves for Mamize Nature Reserve with WWF	20	China	EET	
	Vietstar Sustainable Waste Treatment	18	Vietnam	ОКО	
	Bhadla Solar	18	India	ОИЕ	
	Musi River Hydro	12	Indonesia	ОИЕ	
	Vichada Forest Restoration	30	Colombia	ПП	
Crediable Carbon	ReCarbon Hermanus	6,79	South africa	ОИЕ	https://www.crediblecarbon.com/mechanics/allocated.php
	Kuyasa	6,79	Western cape	EET	
	Grootbos Private Nature Reserve	56,6	Cape	ПП	
Green TRIPPER	Avoid deforestation through efficient cookstoves in Ghana	20	Gana	EET	https://www.greentripper.org/default.aspx?cl=en&ct=impact
	Reduce desertification in Burkina Faso	22	Burkina faso	ПП	
BOKU klimaneutralitt	Clean air and safe water for Soroti	20	Uganda	EET, ОКО	https://xn--klimaneutralitt-elb.boku.ac.at/en/co2-kompensation/
	Aufforstung, Waldschutz, Agroforst und effiziente Kochöfen in Nepal	22	Nepal	ПП	
	Decentralized Composting in Addis Ababa / Ethiopia	65	Ethiopia	ОКО	
	Forest Protection in the Colombian Rainforest (REDD+) / La Dorada	15,5	Colombia	ПП	
	Community Bio-gas Plants in Gulu / Uganda	19,5	Uganda	ОКО	

Ecosphere+	Forest carbon projects (one of their projects):	16	Peru, guatemala, indonesia, east africa	ПП	https://ecosphere.plus/net-zero-hub/
aESTI	Agricultural soil improvement project - composting	20	Cape town	ОКО	https://aesti-impact.com/en/marketplace
	Gula Gula project	30	Sumatra	ПП	
	Agroforestry with smallholder cocoa farmers	30	Philippines	ПП	
Gold Standard	Utsil Naj - healthy homes for all in Mexico	30\$	Mexico	EET	https://marketplace.goldstandard.org/collections/projects#market-place
	22.5 MW Wind Power Project in Rajasthan, India	15\$	India	OIE	
	Myanmar Stoves Campaign	15\$	Myanmar	EET	
	20 MW Biomass Power Project in Chhattisgarh, India	11\$	India	OIE	
	100.5 MW Wind Power Project in Madhya Pradesh, India	12\$	India	OIE	
	Terraclear - Clean water access for families in Laos	15\$	Laos	EET	
	Sidrap Wind Farm Project, Indonesia	15\$	Indonesia	OIE	
	WithOneSeed Community Forest Programme	35\$	Timor lest	ПП	
	Utsil Naj - healthy homes for all in Guatemala	25\$	Guatemala	EET	
	Kenya Biogas Programme	24\$	Kenya	OIE	
	Improved Cookstoves in Guinea	20\$	Guinea	EET	
	KronoClimate biomass project in Russia	15\$	Russia	OIE	
	Betulia Hydroelectric Project in	15\$	Honduras	OIE	

	Honduras				
	Solar Cooking for Refugee Families in Chad	16\$	Chad	ОИЕ	
	Planting Biodiverse Forests in Panama	25\$	Panama	ПП	
	More Efficient Cooking and Heating in China	15\$	China	ЕЕТ	
	BaumInvest Mixed Reforestation in Costa Rica	29\$	Costa rica	ПП	
	Buenos Aires Renewable Energy Project, Brazil	15\$	Brazil	ОИЕ	
	Climate+ Portfolio: Variety of projects	11\$		ОИЕ, ПП, ОКО, ЕЕТ	
	The Nicaforest High Impact Reforestation Program	39\$	Nicaragua	ПП	
BEF	Water Restoration Certificates	4\$		ЕЕТ	https://store.b-e-f.org/business/
	Carbon Offset — Regenerative Agriculture	15\$		ПП	
	Carbon Offset — Forest Conservation and Restoration	15\$		ПП	
	Carbon Offset — Energy	10\$		ОИЕ	
	Carbon Offset — Waste	10\$		ОКО	
	Carbon Offset — REDD+	15\$	Brasil	ПП	
Carbone Boreal	Forestry project	28	Lac-st-jean	ПП	https://carboneboreal.ugac.ca/en/offset/
	Agricultural	35	Quebec	ПП	
Native Eco	REDD in the Yaeda Valley	15,5 \$	Tanzania	ЕЕТ, ПП	https://native.eco/small-business-calculator/
	Medford Spring Grassland Conservation	15,5	Colorado	ПП	
Taking root enracne	Economic development amongst smallholder farmers in Central America	21,2	Nicaragua	ПП	https://takingroot.org/calculate-your-carbon-footprint/offset-my-

					carbon-footprint/
WildLifeWorks	Kasigau wildlife sanctuary	13	Kenya	III	https://www.wildlifeworks.com/shopcarbon
	Mai ndombe	13	Congo	III	
	Southern cardamom	13	Cambodia	III	
Toitu	Projects in developing and newly industrialising countries.	20,8		EET	https://www.toitu.co.nz/calculators
Myclamate	Small farmers in Nicaragua with reforestation	19,6	Nicaragua	III	https://www.myclimate.org/
	Swiss carbon offset projects	60,8	Swiss	III	
	Provide more efficient cook stoves for women in Kenya	20,6	Kenya	EET	

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Александар Д. Алексић, рођен је 08.04.1972. године у Јагодини, Република Србија, основне академске студије у трајању од пет година (10 семестара) на Машинском факултету у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука) уписао је школске 1991./1992. године. Одбранио је дипломски испит на основним студијама 23.03.1998. године из предмета Транспорт цевима, на тему Пнеуматски транспорт угљене прашине, оценом 10 (десет) и просечном оценом у току студија 8,09 (осам и 09/100) чиме је завршио академске студије на смеру Процесна техника и стекао академско звање дипломирани инжењер машинства.

У периоду од јуна 1998. до септембра 2001. године, радио је у предузећу „Индустрија каблова“ из Јагодине као конструктор кабловске опреме и уређаја, одговоран за конструисање опреме за пуњење каблова заштитним масама, опреме за пнеуматски транспорт гранулата и друге процесне опреме.

У периоду од септембра 2001. до августа 2010. године радио је као Технички директор у предузећу „Пуратос“ д.о.о., као руководиоца одржавања производних линија за производњу индустријских маргарина, биљних масти, пекарских побољшивача и смеша, укључујући и одржавање енергетских јединица (парног котла и амонијачног расхладног система), одговоран за праћење и анализу потрошње енергије (електричне енергије, природног гаса, компримованог ваздуха и воде). Александар Д. Алексић је у овом периоду учествовао у спровођењу енергетских прегледа у регионалним „Пуратосовим“ производним погонима у Румунији, Бугарској, Турској и Украјини. Поред тога био је укључен у инсталацију нове производне опреме за производњу маргарина и биљних масноћа у „Пуратосовим“ производним погонима у Украјини и Ирану.

Од августа 2010. године до данас, ради као Менаџер операција у предузећу „Пуратос“ д.о.о. Поред претходно наведених задужења Техничког директора, на овој позицији има задужења везана за управљање ланцем набавке, што укључује процес набавке сировина, учествовање у планирању производње, праћење и планирање нивоа залиха, организацију и праћење транспорта робе ка дистрибутивним центрима, контролу и управљање радом дистрибутивних центара.

У периоду од априла 2022. до јула 2024. године Александар Д. Алексић је поред својих редовних обавеза, био Менаџер пројекта изградње нове фабрике „Пуратос“ д.о.о. у Крагујевцу, од фазе идејног решења, до добијања употребне дозволе и пробне производње новопостављене линије за производњу индустријских маргарина и биљних масти.

Докторске академске студије у трајању од три године уписао је школске 2019./2020. године као самофинансирајући студент на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, научна област Енергетика и процесна техника, под менторством проф. др. Душана Гордића. Све предмете предвиђене програмом, положио је са просечном оценом 9,83 (девет и 83/100).

Као аутор и коаутор, Александар Д. Алексић објавио је девет радова у научно-стручним часописима и међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

„Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране“

представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- ☒ да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

У Крагујевцу 03.03.2025. године



потпис аутора

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Александар Д. Алексић, изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

„Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране“

истоветне.

У Крагујевцу 03.03.2025. године



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Александар Д. Алексић,

☒

дозвољавам

☐

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

„Декарбонизација технолошког процеса производње и прераде хране“

и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☒

дозвољавам

☐

не дозвољавам

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима

6) Ауторство - некомерцијално - без прерада¹

У Крагујевцу 03.03.2025. године



потпис аутора

¹ Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>

