



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

BAZA DANYCH Z POMIARÓW



Badania realizowane w ramach:

*Zadanie 5. Monitoring gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza
Zadanie IBPRS-PIB: Monitoring gazów cieplarnianych poprzez pomiar
rzeczywistego zużycia energii elektrycznej w działalności przetwórczej i
przechowalniczej w gospodarstwach rolnych
na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi
Umowa nr DRR.prz.070.1.2022.*



Opracowanie:

dr inż. Elżbieta Polak
dr inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska
mgr inż. Ewelina Włodarczyk
mgr inż. Paweł Kuleta
mgr inż. Łukasz Przybysz
dr inż. Joanna Markowska
dr inż. Agnieszka Tyfa
mgr inż. Anna Drabent

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
Państwowy Instytut Badawczy

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa

Łódź, grudzień 2022

Rezolucja Parlamentu Europejskiego (20 października 2021 r.) w sprawie strategii „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego kładzie duży nacisk na prowadzenie działań z poszanowaniem środowiska naturalnego, ze szczególnym uwzględnieniem **konieczności obniżenia poziomu emisji gazów cieplarnianych**, w celu dostarczenia żywności charakteryzującej się wysoką jakością. Wdraża ona założenia nowej Wspólnej Polityki Rolnej. Aby realizować zadania poprawiające efektywność energetyczną nie wystarczy już tylko pomiar parametrów mediów energetycznych, lecz należy w sposób ciągły aktywnie nimi zarządzać. Jest to jednoznaczne z koniecznością monitoringu mediów energetycznych. Gospodarka energetyczna w polskim rolnictwie charakteryzuje się nadal nadmiernym zużyciem energii, surowców i materiałów. Dlatego niezwykle istotnym problemem jest racjonalne użytkowanie energii we wszystkich gałęziach gospodarki rolnej.

Monitoring gazów cieplarnianych może być przeprowadzony poprzez pomiar rzeczywistego zużycia energii elektrycznej i paliw w działalności przetwórczej i przechowalniczej, w tych gospodarstwach rolnych, które taką działalność prowadzą. Monitoring energii umożliwia:

- analizowanie zużycia różnych mediów energetycznych, np. energii elektrycznej i ciepłej, ilości gazu, wody oraz sprężonego powietrza przez maszyny lub ciągi produkcyjne,
- sprawdzenie wartości progowych i ich przekroczeń,
- generowanie raportów dla właścicieli, personelu nadzorującego i technicznego,
- dokonanie wyboru najkorzystniejszych taryf – na podstawie analizy kosztów zużycia energii w danym gospodarstwie czy firmie,
- kontrolowanie zużycia energii elektrycznej i gazu w celu uniknięcia przekroczeń,
- analizę rozdziału kosztów mediów energetycznych na poszczególne ciągi technologiczne i procesy,
- optymalizację produkcji dzięki przesunięciu obciążenia na tańsze taryfy czasowe.

Systemowe podejście do oceny efektywności energetycznej w gospodarstwie wymaga:

- przeglądu stanu opomiarowania,
- analizy rzeczywistego zużycia mediów energetycznych,
- kontroli zużycia energii lub efektywności energetycznej,
- wykonania układów monitoringu mediów energetycznych,
- wprowadzenia działań dla poprawy efektywności zużycia mediów energetycznych.

Pozytywny wpływ na środowisko poprawy efektywności energetycznej wyraża się w kilku dziedzinach:

- zużycie energii i związane z tym zmiany klimatu - zmniejszenie zapotrzebowania na energię prowadzi do obniżenia zasobów wykorzystywanych do jej generowania, co przekłada się na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.
- zrównoważenie działalności człowieka - optymalizacja efektywności energetycznej umożliwia obniżenie emisji siarki, cząstek stałych i innych zanieczyszczeń. Może jednak prowadzić do zwiększenia zużycia materiałów.
- ekologia środowiskowa: zmniejszenie zapotrzebowania na media energetyczne obniża zapotrzebowanie na wodę i zmniejsza poziom wykorzystania gruntów.

Do oceny oddziaływania przemysłu rolno-spożywczego na środowisko wykorzystuje się wskaźniki, które powinny umożliwiać:

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych,
- określenie związków między oszczędnością energii a emisjami dwutlenku węgla jeżeli rozpatrywać go w aspekcie nośników energii. Zazwyczaj stosuje się podejście liniowe z wykorzystaniem stałych współczynników emisji jednostek CO₂ na jednostkę zużycia paliwa. Można to zrobić na dwa sposoby: wyprowadzając współczynniki emisji z danych historycznych albo korzystając z publikowanych współczynników emisji (np. publikowanych przez IPCC lub KOBiZE).

Określanie wskaźników monitorowania mediów energetycznych powinno uwzględniać:

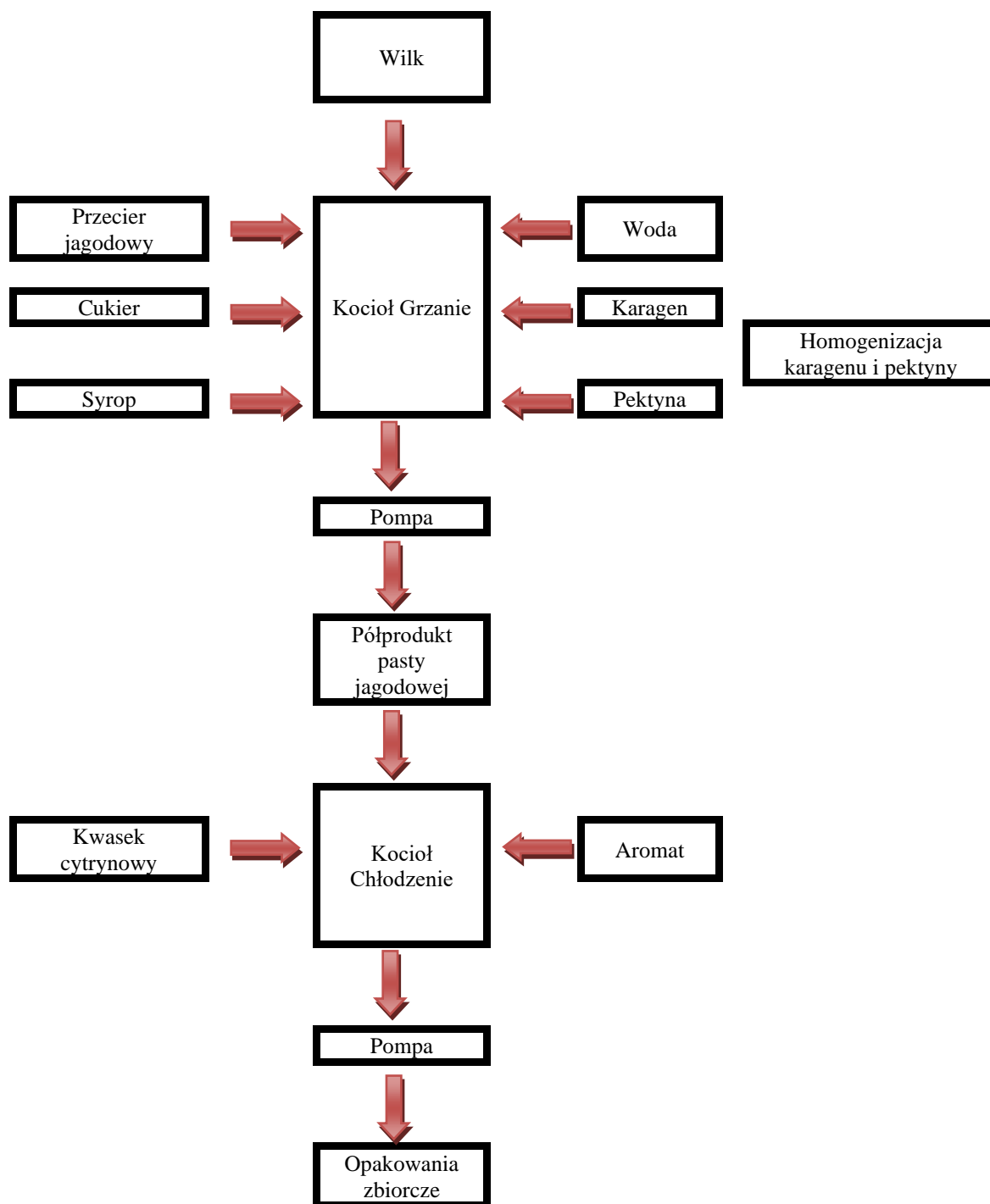
- monitoring działań lub procesów przy uwzględnieniu osiągniętej oszczędności energii,
- zużycie energii określone dla wartości bezwzględnych w odniesieniu do okresu objętego działaniem np. miesiąc, kwartał lub rok.
- oszczędność zużycia energii monitorowaną jako łączną lub całkowitą oszczędność,
- szacowanie skutków działań pod względem oszczędności energii przy uwzględnieniu zmienności warunków zewnętrznych np. pory roku, rotację towaru w komorach chłodniczych, warunki pogodowe.
- oszacowanie pożądanej oszczędności energii zgodne z metodami pomiaru ustanowionymi na podstawie Komisji (UE) 2019/1658.
- określenie kosztów inwestycji ze wskazaniem kosztów poniesionych na zaoszczędzenie energii.

Warto zwrócić uwagę na ocenę rzeczywistego wpływu danych procesów jednostkowych na całkowite zużycie energii w trakcie procesów przetwórstwa i przechowywania

w gospodarstwach rolnych. Ocenę tą należy wykorzystać również w planowanych rozwiązaniach w przyszłości. Istnieje wiele czynników wpływających na efektywność energetyczną analizowanych działalności. Są one związane z czynnikami zewnętrznymi, ale także z sposobem prowadzenia procesów. Bez właściwej analizy tych czynników trudno jest wdrożyć środki służące poprawie efektywności energetycznej a co za tym idzie powodujących zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza. Ocenę, w której uwzględniono rzeczywisty wpływ analizowanych procesów produkcyjnych na zapotrzebowanie na energię, szersze korzyści i czynniki, które mogą na nie wpływać, należy zaplanować już na początkowym etapie przygotowania do prowadzenia działalności przetwórczej i przechowalniczej.

Baza danych z pomiarów do analizy śladu węglowego procesów przetwórczych owoców z wykorzystaniem systemu opomiarowania

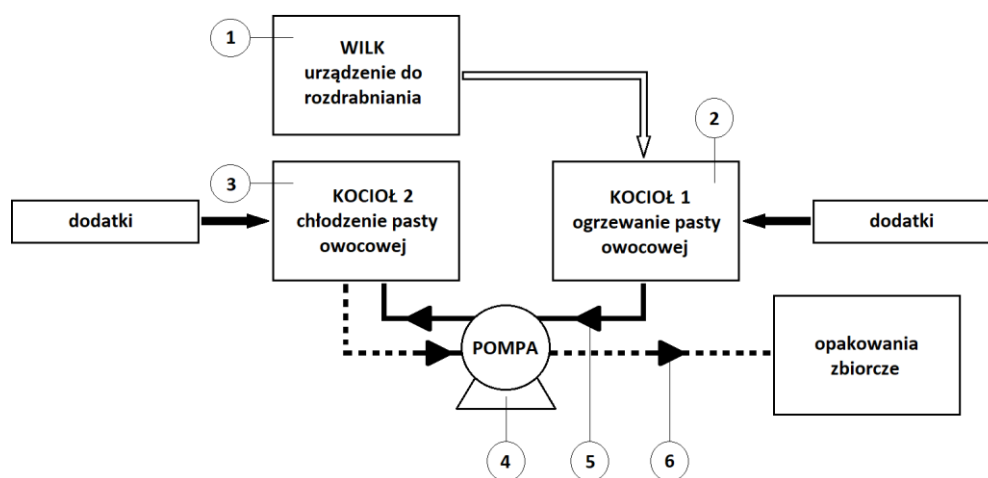
Przeanalizowano „cykl życia pasty jagodowej z cząstkami owoców” definiując wszystkie procesy jednostkowe wchodzące w skład tej produkcji. Szczegółowej analizie poddano proces produkcji pasty owocowej (rys. 1). Każdy cykl produkcyjny obejmował etapy: pobieranie odpowiedniej ilości surowców z magazynu, rozmrażanie owoców, rozdrabnianie owoców, łączenie składników i dodatków, kontrola jakościowa, pakowanie i przechowywanie. Recepturę pasty jagodowej z cząstkami owoców zamieszczono w tabeli 1, a schemat produkcji wraz z punktami pomiarowymi zaprezentowano na rysunku 2. Proces produkcyjny rozpoczynał się od rozmrożenia, do temperatury otoczenia, owoców pobranych z komory zamrażalniczej. Następnie poddano je rozdrobnieniu w urządzeniu rozdrabniającym (wilk). Tak przygotowany surowiec przetransportowano w wiaderkach do kotła 1 (rys. 2), zaopatrzonego w mieszadło i grzałkę, w celu ogrzania i uzupełnienia o niezbędne dodatki. Po podgrzaniu, pastę przepompowywano do kotła 2 (rys. 2), zaopatrzonego w mieszadło, dzięki któremu przyspieszany był proces chłodzenia pasty. Po wychłodzeniu, pastę przepompowywano była do opakowań zbiorczych (beczek) i przetransportowano do komory zamrażalniczej.



Rys. 1. Schemat produkcji pasty jagodowej

Tabela 1. Receptura pasty jagodowej

Składniki	Ilość	Jednostka
owoce	350,00	kg
woda	50,00	litr
cukier	584,00	kg
syrop glukozowo-fruktozowy	116,00	kg
kwasek cytrynowy	1,00	kg
pektyna	2,40	kg
karagen	1,16	kg
aromat	0,58	litr



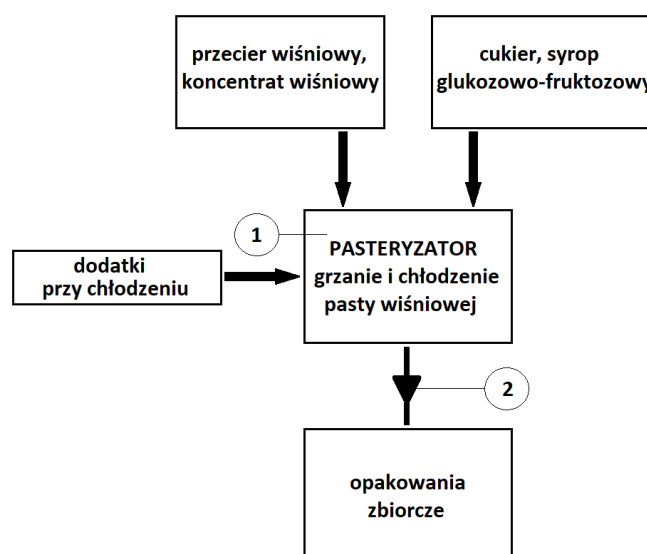
Rys. 2. Schemat produkcji pasty jagodowej z naniesionymi punktami pomiarowymi: 1 – pomiar zużycia energii na Wilku, 2 – pomiar zużycia energii grzałki i mieszadła na kotle 1, 3 – pomiar zużycia energii mieszadła na kotle 2, 4 – pomiar zużycia energii przez pompę, 5 – transport pasty do chłodzenia, 6 – transport pasty gotowej do opakowań zbiorczych

Każdy cykl produkcyjny dla produkcji pasty wiśniowej obejmował następujące etapy: pobieranie odpowiedniej ilości surowców z magazynu, łączenie składników i dodatków, kontrola jakościowa, pakowanie i przechowywanie. Recepturę pasty wiśniowej zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Receptura pasty wiśniowej

Składniki	Ilość [kg]
przecier wiśniowy	27,00
koncentrat wiśniowy	13,00
cukier	70,00
kwasek cytrynowy	2,80
syrop	14,00
betamina	1,00
aromat	0,35
woda	13,00

Odważone, zgodnie z receptura składniki, tj. przecier wiśniowy, koncentrat wiśniowy oraz wodę dodano do pasteryzatorów 1 i 2. Następnie wprowadzono dodatki (cukier, syrop glukozowo-fruktozowy). Wszystkie składniki podgrzano do temperatury 80 °C i dokładnie wymieszano. Kolejny etap to schładzanie zawartości pasteryzatora do 70 °C. W tej temperaturze dodawany był kwasek cytrynowy, a przy 50 °C aromat i barwnik betanina. Wychłodzoną pastę przelano do opakowań (wiaderek) i do komory zamrażalniczej. Schemat produkcji wraz z punktami pomiarowymi został zaprezentowany na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat produkcji pasty wiśniowej: 1 - pomiar zużycia energii przez pasteryzator, 2 - transport pasty gotowej do opakowań zbiorczych

Bazując na metodologii oceny cyklu życia produktu, metodyka wyliczania CF została ujęta w postaci następujących kroków: zdefiniowanie metodologii, ustanowienie granic i zakresu analiz, zebranie danych emisyjnych, wyliczenie śladu węglowego i jego weryfikacja z

uwzględnieniem wszystkich etapów procesu produkcyjnego, przedstawienie wyników analizy i wyliczonego CF wraz ze wskazaniem obszarów o największej emisyjności.

Po scharakteryzowaniu procesu technologicznego w warunkach rzeczywistej pracy określono zakres pomiarowy CF. Podejście do analizy zagadnienia przedstawiono jako metodę badawczą. Przeanalizowano bilans masowy składników wykorzystanych do produkcji w oparciu o wybraną technologię. Opracowano metodę liczenia śladu węglowego. Zaprojektowano i wykonano przenośne opomiarowanie linii technologicznej. Następnie przeprowadzono pomiar zużycia energii w czasie, w warunkach rzeczywistej produkcji, wraz z rejestracją jej wielkości oraz ilości cykli produkcyjnych na poszczególnych etapach.

Do analizy CF zastosowano metodologię, zgodnie z dokumentami: ISO 14067 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication [ISO, 14067:2013]; ISO 14040 Zarządzanie środowiskowe, Ocena cyklu życia - Zasady i struktura; ISO 14044 Zarządzanie środowiskowe, Ocena cyklu życia - Wymagania i Wytyczne; PAS 2050 Publicly Available Specification 2050 [PAS 2050, 2008]. Wg w/w dokumentów analiza i wyznaczenie CF obejmowały następujące etapy: określenie zakresu analizy, jednostki funkcjonalnej oraz zakresu pomiarowego oraz analizę danych pomiarowych oraz ocenę technologii produkcji.

Ślad węglowy określono w odniesieniu do 1 kg produktu (jednostka funkcjonalna). Do rejestrowania pomiarów energii wykorzystano liczniki energii elektrycznej KE-N80 MID umieszczone w odpowiednich obudowach. Licznik z certyfikatem MID przeznaczony był do pomiarów parametrów elektrycznych w sieciach trójfazowych. Miernik został wyposażony w wewnętrzny zegar czasu rzeczywistego oraz moduł zapisu danych pomiarowych na karcie pamięci SD, w której rejestrowano zmierzone wielkości, nastawy i parametry. Dane emisyjne i produkcyjne rejestrowano za pomocą opracowanego systemu opomiarowania linii. Na podstawie uzyskanych danych z urządzeń pomiarowych oraz danych produkcyjnych, wyliczono ślad węglowy.

Opracowano system opomiarowania zużycia energii (CF bezpośredni) w przetwórstwie oraz sposobu zbierania danych zgodnie z wybraną metodą analizy - opracowanie struktury bazy danych. W oparciu o analizę produkcji pasty, opracowano tabele 3-15 zawierające dane pomiarowe zużycia energii elektrycznej. Dzięki takiemu działaniu utworzono bazę danych opartą na zmierzonych parametrach procesów wytwarzania.

Tabela 3. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 18.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	134	-
energia [kWh]	80	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	138	-	-
energia [kWh]	0,49	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

Tabela 4. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 19.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,39		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	161	134	-
energia [kWh]	80,50	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1190	138	-
energia [kWh]	4,27	0,49	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

Tabela 5. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 20.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,43		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	133	-
energia [kWh]	80	66,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1188	140	-
energia [kWh]	4,26	0,47	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

Tabela 6. Pomiary parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 21.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,40		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	184	131	-
energia [kWh]	0,41	0,31	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	171	116	-
energia [kWh]	85,50	58	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1184	124	-
energia [kWh]	4,23	0,46	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	-
energia [kWh]	0,20	0,20	-

Tabela 7. Pomiarów parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 22.07.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,42	0,21	
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	199	148	-
energia [kWh]	0,45	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	151	140	-
energia [kWh]	75,50	70	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1188	166	141
energia [kWh]	4,27	0,56	0,51
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	20	20
energia [kWh]	0,20	0,20	0,20

Tabela 8. Pomiarów parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 01.08.2022

Ilość cykli	2		
Wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	173	134	-
energia [kWh]	0,40	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	160	134	-
energia [kWh]	80	67	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	138	-	-
energia [kWh]	0,49	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	15	-
energia [kWh]	0,15	0,15	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]		20	-
energia [kWh]		0,20	-

Tabela 9. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 02.08.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,38		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	144	-
energia [kWh]	0,40	0,33	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	155	130	-
energia [kWh]	77,50	65	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1190	138	-
energia [kWh]	4,27	0,49	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	17	-
energia [kWh]	0,15	0,17	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	25	20	-
energia [kWh]	0,25	0,20	-

Tabela 10. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 03.08.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,41		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	174	149	-
energia [kWh]	0,42	0,34	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	159	149	-
energia [kWh]	79,5	74,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1198	152	-
energia [kWh]	4,32	0,51	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	20	-
energia [kWh]	0,15	0,2	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	20	23	-
energia [kWh]	0,20	0,23	-

Tabela 11. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 04.08.2022

Ilość cykli	1		
wilk			
włączenie			
energia [kWh]			
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1197	-	-
energia [kWh]	4,27	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	-	-	-
energia [kWh]	-	-	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	29	-	-
energia [kWh]	0,29	-	-

Tabela 12. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dni 08-09.08.2022

Ilość cykli	2		
wilk			
energia [kWh]	0,40		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	182	152	-
energia [kWh]	0,45	0,35	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	169	133	-
energia [kWh]	84,5	66	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	155	-	-
energia [kWh]	0,54	-	-
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	19	17	-
energia [kWh]	0,19	0,17	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]		22	-
energia [kWh]		0,22	-

Tabela 13. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty jagodowej z dnia 10.08.2022

Ilość cykli	3		
Wilk			
energia [kWh]	0,42		
kocioł 1 (grzanie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	155	135	-
energia [kWh]	0,38	0,29	-
grzanie	1	2	3
czas [min]	144	119	-
energia [kWh]	72	59,5	-
kocioł 2 (chłodzenie)			
mieszanie	1	2	3
czas [min]	1162	131	135
energia [kWh]	4,31	0,47	0,48
pompa			
przepompowanie z kotła do kotła	1	2	3
czas [min]	15	14	-
energia [kWh]	0,15	0,14	-
przepompowanie z kotła do beczek	1	2	3
czas [min]	25	21	20
energia [kWh]	0,25	0,21	0,2

Tabela 14. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty wiśniowej z dnia 25.07.2022

Ilość cykli	4 (dwa załadowania każdego pasteryzatora)	
pasteryzator 1		
	1	2
czas [min]	140	139
energia [kWh]	14,83	14,98
pasteryzator 2		
	1	2
czas [min]	147	143
energia [kWh]	14,76	14,83

Tabela 15. Pomiarzy parametrów produkcyjnych pasty wiśniowej z dnia 26.07.2022

Ilość cykli	3 (dwa załadowania pasteryzatora 1 i jedno załadowanie pasteryzatora 2)	
pasteryzator 1		
	1	2
czas [min]	136	133
energia [kWh]	14,70	13,42
pasteryzator 2		
	1	2
czas [min]	151	-
energia [kWh]	14,46	-

Oszacowano emisje gazów cieplarnianych w związku ze zużyciem energii elektrycznej w wybranych procesach przetwórstwa. Uwzględniając dostępne dane dotyczące produkcji, zgromadzone dane emisyjne oraz założone wskaźniki, dokonano obliczeń emisyjności CO₂ oraz udziałów zużycia energii (tabele 16-22) dla produkcji pasty jagodowej z cząstkami owoców i wiśniowej.

Tabela 16. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 18-22.07.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO ₂		CF/kg
18 07 2022	1	525	kg	81,45	kWh	56,85	kg CO ₂	0,1083
	2	525	kg	72,17	kWh	50,37	kg CO ₂	0,0960
19 07 2022	3	525	kg	81,94	kWh	57,19	kg CO ₂	0,1090
	4	525	kg	72,15	kWh	50,36	kg CO ₂	0,0959
20 07 2022	5	525	kg	81,44	kWh	56,84	kg CO ₂	0,1083
	6	525	kg	71,64	kWh	50,00	kg CO ₂	0,0952
21 07 2022	7	525	kg	86,92	kWh	60,67	kg CO ₂	0,1156
	8	525	kg	63,13	kWh	44,06	kg CO ₂	0,0839
22 07 2022	9	525	kg	77,18	kWh	53,87	kg CO ₂	0,1026
	10	525	kg	71,52	kWh	49,92	kg CO ₂	0,0951
	RAZEM	5250	kg	759,50	kWh	530,13	kg CO₂	0,1010

Tabela 17. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 18-22.07.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4		partia 5	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,205	0,25	0,205	0,28	0,195	0,24	0,195	0,27	0,215	0,26
podgrzewanie	80,4	98,72	67,34	93,31	80,9	98,74	67,34	93,34	80,4	98,73
chłodzenie	0,49	0,60	4,27	5,92	0,49	0,60	4,26	5,90	0,47	0,58
pompowanie	0,35	0,43	0,35	0,48	0,35	0,43	0,35	0,49	0,35	0,43
RAZEM	81,445	100,0	72,165	100,00	81,935	100,0	72,145	100,0	81,435	100,0
	partia 6		partia 7		partia 8		partia 9		partia 10	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,215	0,30	0,2	0,23	0,2	0,32	0,315	0,41	0,315	0,44
podgrzewanie	66,84	93,31	85,91	98,84	58,31	92,36	75,95	98,41	70,34	98,36
chłodzenie	4,23	5,90	0,46	0,53	4,27	6,76	0,56	0,73	0,51	0,71
pompowanie	0,35	0,49	0,35	0,40	0,35	0,55	0,35	0,45	0,35	0,49
RAZEM	71,635	100,0	86,92	100,0	63,13	100,0	77,175	100,0	71,515	100,0

Tabela 18. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 01-03.08.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO ₂		CF/kg
01 08 2022	1	525	kg	81,45	kWh	56,85	kg CO ₂	0,1083
	2	525	kg	72,22	kWh	50,41	kg CO ₂	0,0960
02 08 2022	3	525	kg	78,95	kWh	55,11	kg CO ₂	0,1050
	4	525	kg	70,19	kWh	48,99	kg CO ₂	0,0933
03 08 2022	5	525	kg	81,07	kWh	56,58	kg CO ₂	0,1078
	6	525	kg	79,61	kWh	55,56	kg CO ₂	0,1058
	RAZEM	3150	kg	463,47	kWh	323,50	kg CO₂	0,1027

Tabela 19. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 01-03.08.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4		partia 5		partia 6	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,205	0,25	0,205	0,28	0,19	0,24	0,19	0,29	0,205	0,25	0,205	0,26
podgrzewanie	80,4	98,72	67,34	93,25	77,9	98,70	65,33	98,42	79,92	98,65	74,84	93,78
chłodzenie	0,49	0,60	4,27	5,91	0,49	0,62	0,49	0,74	0,51	0,63	4,27	5,35
pompowanie	0,35	0,43	0,4	0,55	0,35	0,44	0,37	0,56	0,38	0,47	0,49	0,61
RAZEM	81,445	100,00	72,215	100,00	78,93	100,00	66,38	100,00	81,015	100,00	79,805	100,00

Tabela 20. Charakterystyka produkcji pasty jagodowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 09-10.08.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO ₂		CF/kg
09 08 2022	1	507	kg	86,10	kWh	60,10	kg CO ₂	0,1185
	2	541	kg	71,28	kWh	49,75	kg CO ₂	0,0920
10 08 2022	3	455	kg	73,42	kWh	51,25	kg CO ₂	0,1126
	4	467	kg	60,82	kWh	42,45	kg CO ₂	0,0909
	RAZEM	1970	kg	291,62	kWh	203,55	kg CO₂	0,1033

Tabela 21. Udziały zużycia energii dla procesów produkcyjnych w poszczególnych partiach, 09-10.08.2022

	partia 1		partia 2		partia 3		partia 4	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%	kWh	%
rozdrabnianie	0,2	0,23	0,2	0,28	0,21	0,29	0,21	0,35
podgrzewanie	84,95	98,66	66,35	93,08	72,38	98,60	59,79	98,53
chłodzenie	0,54	0,63	4,31	6,05	0,47	0,64	0,48	0,79
pompowanie	0,41	0,48	0,42	0,59	0,35	0,48	0,2	0,33
RAZEM	86,1	100,00	71,28	100,00	73,41	100,00	60,68	100,00

Tabela 22. Charakterystyka produkcji pasty wiśniowej w odniesieniu do poszczególnych partii, 25-26.07.2022

Data	Partia	Produkcja:		Energia:		Wyemitowany CO ₂		CF/kg
25 07 2022	1	272	kg	29,81	kWh	20,81	kg CO ₂	0,0765
	2	272	kg	29,59	kWh	20,65	kg CO ₂	0,0759
26 07 2022	3	272	kg	28,12	kWh	19,63	kg CO ₂	0,0722
	4	138	kg	14,46	kWh	10,09	kg CO ₂	0,0731
	RAZEM	954	kg	101,98	kWh	71,18	kg CO₂	0,0746

Na podstawie opomiarowania linii technologicznych, wyznaczony średni ślad węglowy produkcji past: jagodowej i wiśniowej wyniósł odpowiednio 0,102 i 0,075 kg CO₂ na kg produktu. Wykazano, że są to technologie niskoemisyjne. Analizując dane zużycia energii dla poszczególnych etapów produkcyjnych pasty jagodowej (20 partii) stwierdzono, że proces podgrzewania, czyli pasteryzacji, jest najbardziej energochłonnym procesem w całym cyklu, natomiast najmniejszy procent zużycia energii przypada na rozdrabianie (rys. 4-6). Chłodzenie odbywa się poprzez wymianę ciepła z otoczeniem i jest intensyfikowane dzięki zastosowaniu mieszadła, dlatego też jego udział w całym zużyciu energii jest mało znaczący, podobnie jak procesu pompowania. Analogiczne wyniki zostały uzyskane dla wszystkich analizowanych okresów produkcyjnych.

Baza danych z pomiarów do analizy śladu węglowego procesów przetwórczych owoców z wykorzystaniem metody alokacji

Świadome działania w kierunku ochrony środowiska to m.in. zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery generowanych przez działalności przetwórcze i przechowalnicze podczas produkcji rolno-spożywczej. Pierwszym wyzwaniem w tym kierunku jest określenie śladu węglowego technologii i na jego podstawie prowadzenie działań zmierzających do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Podczas szacowania emisji gazów cieplarnianych, związanej ze zużyciem energii elektrycznej, zastosowano metodę alokacji. Na podstawie wywiadów i analizy stosownych dokumentów powiązано zużycie energii elektrycznej i wielkości produkcji past owocowych w IBPRS-PIB w latach 2019-2022.

Tabela 23. Dane zużycia energii, masy wyprodukowanych past owocowych i ich sumaryczny CF w roku 2019

							IBPRS produkcja	Wyemitowany CO ₂	CF
	Jagoda z cząstkami	Truskawka z cząstkami	Truskawka homo	Wiśnia homo	Jabłko homo	Suma	kWh	kg	kg CO ₂ /kg
styczeń	-	54	-	540	-	594	1839,5	1322,60	2,2266
luty	-	-	-	-	-	0	-	-	-
marzec	2550	18	72	1116	-	3756	1849,5	1329,79	0,3540
kwiecień	5250	108	72	54	-	5484	1945,5	1398,81	0,2551
maj	5268	180	108	36	72	5664	3344,5	2404,70	0,4246
czerwiec	3036	162	378	540	-	4116	3930,5	2826,03	0,6866
lipiec	8118	126	72	36	-	8352	6039,5	4342,40	0,5199
sierpień	3036	90	-	1620	-	4746	3701,5	2661,38	0,5608
wrzesień	1500	-	-	1080	-	2580	1378,5	991,14	0,3842
październik	18	90	-	1080	-	1188	2541,5	1827,34	1,5382
listopad	-	-	-	-	-	0	-	-	-
grudzień	-	-	-	540	-	540	150,5	108,21	0,2004
SUMA	28776	828	702	6642	72	37020	-	-	-

Tabela 24. Dane zużycia energii, masy wyprodukowanych past owocowych i ich sumaryczny CF w roku 2020

							IBPRS produkcja	Wyemitowany CO ₂	CF
	Jagoda z cząstkami	Truskawka z cząstkami	Truskawka homo	Wiśnia homo	Jabłko homo	Suma	kWh	kg	kg CO ₂ /kg
styczeń	-	-	-	-	-	0	-	-	-
luty	3000	-	18	540	-	3558	761,0	547,16	0,1538
marzec	-	-	-	-	-	0	-	-	-
kwiecień	3000	54	-	1080	-	4134	1295,0	931,11	0,2252
maj	6900	108	126	576	-	7710	2259,0	1624,22	0,2107
czerwiec	7200	108	324	1674	-	9306	5906,0	4246,41	0,4563
lipiec	11700	72	-	1080	-	12852	6333,0	4553,43	0,3543
sierpień	-	126	-	540	-	666	4968,0	3571,99	5,3633
wrzesień	750	-	-	1080	-	1830	1193,0	857,77	0,4687
październik	1500	-	-	-	-	1500	4767,0	3427,47	2,2850
listopad	-	-	-	-	-	0	-	-	-
grudzień	-	-	-	-	-	0	-	-	-
RAZEM	34050	468	468	6570	0	41556	-	-	-

Tabela 25. Dane zużycia energii, masy wyprodukowanych past owocowych i ich sumaryczny CF w roku 2021

							IBPRS produkcja	Wyemitowany CO ₂	CF
	Jagoda z cząstkami	Truskawka z cząstkami	Truskawka homo	Wiśnia homo	Jabłko homo	Suma	kWh	kg	kg CO ₂ /kg
styczeń	-	-	-	-	-	0	-	-	-
luty	-	-	-	-	-	0	-	-	-
marzec	10800	90	198	36	-	11124	3717,5	2594,82	0,2333
kwiecień	-	-	-	-	-	0	-	-	-

maj	6018	126	72	1116	-	7332	3416,5	2384,72	0,3252
czerwiec	7500	260	180	36	144	8120	6394,5	4463,36	0,5497
lipiec	3000	108	216	-	-	3324	6915,5	4827,02	1,4522
sierpień	1500	54	-	1080	-	2634	3251,5	2269,55	0,8616
wrzesień	5670	-	-	-	-	5670	4734,5	3304,68	0,5828
październik	-	-	-	-	-	0	-	-	-
listopad	-	90	-	1080	-	1170	1512,5	1055,73	0,9023
grudzień	10350	54	-	-	-	10404	2322,5	1621,11	0,1558
RAZEM	44838	782	666	3348	144	49778	-	-	-

Tabela 26. Dane zużycia energii, masy wyprodukowanych past owocowych i ich sumaryczny CF w roku 2022

	Jagoda z cząstkami	Truskawka z cząstkami	Truskawka homo	Wiśnia homo	Jabłko homo	Suma	IBPRS produkcja kWh	Wyemitowany CO ₂ kg	CF kg CO ₂ /kg
styczeń	5250	-	-	1080	-	6330	1826	1274,55	0,2014
luty	-	-	-	-	-	0	-	-	-
marzec	5250	198	-	1080	-	6528	1438	1003,72	0,1538
kwiecień	5250	54	-	-	-	5304	1261	880,18	0,1659
maj	5250	144	-	-	-	5394	2079	1451,14	0,2690
czerwiec	5250	180	252	1134	-	6816	3882	2709,64	0,3975
lipiec	5250	-	-	1080	-	6330	4162	2905,08	0,4589
sierpień	10500	108	177	-	-	10785	19270	13450,46	1,2471
wrzesień	-	-	-	-	-	0	-	-	-
październik	-	-	-	-	-	0	-	-	-
listopad	-	-	-	-	-	0	-	-	-
grudzień	-	-	-	-	-	0	-	-	-
RAZEM	42000	684	429	4374	0	47487	-	-	-

Tabela 27. Porównanie danych dla pasty jagodowej z cząstkami owoców uzyskanych z pomiarów i alokacji za sierpień 2022

Wartość	Opis
10 785,000	pastę wyprodukowane [kg]
19 270,000	zużyta energia elektryczna z alokacji [kWh]
97,360	udział pasty jagodowej w produkcji [%]
10 500,000	wyprodukowana pasta jagodowa [kg]
1 519,000	zużyta energia elektryczna z pomiarów [kWh]
1 060,260	wyemitowany CO ₂ pasty jagodowej z pomiarów [kg]
0,101	CF pasty jagodowej z pomiarów [kg CO ₂ /kg pasty]
18 760,780	zużyta energia elektryczna z alokacji [kWh]
13 095,020	wyemitowany CO ₂ pasty jagodowej z alokacji [kg]
1,247	CF pasty jagodowej z alokacji [kg CO ₂ /kg pasty]

Przeanalizowane dane przedstawione zostały w tabelach 23-26. Dokonano dodatkowo analizy porównawczej dla produkcji pasty jagodowej z cząstkami owoców (dla sierpnia 2022 roku), uwzględniając dane uzyskane na drodze alokacji i pomiarów bezpośrednich, a ich wyniki zostały przedstawione w tabeli 27. Oszacowane CF pasty jagodowej dla wartości zużycia energii elektrycznej zmierzonej i pochodzącej z alokacji, wynoszą odpowiednio 0,101 oraz 1,247 kg CO₂/kg. Wysoka wartość śladu węglowego przy metodzie alokacji jest spowodowana uwzględnieniem w analizie również innych emisji około produkcyjnych związanych m.in. zużyciem energii elektrycznej: na prace administracyjno-biurowe, przez urządzenia pracujące na hali produkcyjnej nie biorące udziału przy produkcji past, przez instalację schładzającą pracującą na hali produkcyjnej, oświetlenie hali produkcyjnej, ogrzanie hali produkcyjnej.

Baza danych z pomiarów do analizy śladu węglowego przechwalnictwa borówek w komorach chłodniczych

Zakres analizy obejmował proces przechowywania chłodniczego borówki. Analiza została przeprowadzona dla 3 lat (2020-2022). Dodatkowo, poddano analizie CF również proces transportu (od zakładu do klienta). Przeprowadzono monitoring zużycia energii w przechwalnictwie oraz sposobu zbierania danych zgodnie z wybraną metodą analizy oraz opracowano struktury bazy danych. Obliczenia dotyczą tylko przechowywania i działalności przetwórczej w badanym gospodarstwie wg danych pozyskanych od właściciela gospodarstwa. Punkty pomiarowe są zdeterminowane- budową komór chłodniczych, instalacji chłodniczych oraz instalacji elektrycznych. Punkty pomiarowe to liczniki elektryczne na przyłączach energetycznych. Na podstawie odczytów z tych punktów oraz analizy zużycia energii z dokumentów rozliczeń z dostawcą energii określone zostały odpowiednio zużycia energii. Masę towarową określono na podstawie dokumentów sprzedaży. Borówka amerykańska przechowywana była w trzech komorach chłodniczych w okresie czerwiec - październik, w temperaturze około +1 °C, od 1 do 7 dni. Przed wprowadzeniem do komory owoce trafiają na linię sortowniczą, a następnie są pakowane w opakowania. Określono ilość produkcji w latach 2020-2022 wraz z ilością energii zużytej na tę produkcję.

W analizie uwzględniono coroczne wskaźniki publikowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Zakres analizy obejmował proces przetwórczy i przechowywanie chłodnicze w małym zakładzie w gospodarstwie rolniczym. Oszacowano emisje gazów cieplarnianych związane ze zużyciem energii elektrycznej w przechwalnictwie chłodniczym borówki amerykańskiej. Baza danych użyta do analizy obejmowała parametry:

Institut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego -
Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa

- dane produkcyjne przechowywania borówki amerykańskiej – wielkość produkcji:
 - ✓ 2020 r. - 42 tony
 - ✓ 2021 r. - 74 tony
 - ✓ 2022 r. - 94 tony
- dane energetyczne (zużycie energii elektrycznej) dla przechowywania borówki amerykańskiej:
 - ✓ 2020 r. - 5600 kWh
 - ✓ 2021 r. - 6300 kWh
 - ✓ 2020 r. - 9100 kWh
- wskaźniki emisji przy produkcji energii elektrycznej w [kgCO₂/kWh] dla odbiorców końcowych energii wg KOBIZE ogłoszony w danym roku:
 - ✓ 2020 r. - 0,719 kg CO₂/ kWh
 - ✓ 2021 r. - 0,698 kg CO₂/ kWh
 - ✓ 2022 r. - 0,698 kg CO₂/ kWh

Obliczenia prowadzono wg wzoru:

$$E_{qw} CO_2 = (\text{zużycie energii}) \times (\text{wskaźnik emisji KOBIZE}) / \text{wielkość produkcji}$$

Wyznaczono ekwiwalent emisji CO₂ dla przechowywania borówki odniesiony do 1 kg produktu za dany rok:

- 2020 r. - 0,0959 kg CO₂/kg produktu
- 2021 r. - 0,0594 kg CO₂/kg produktu
- 2022 r. - 0,0676 kg CO₂/kg produktu

W tabeli 28 przedstawiono dane wykorzystane do wyznaczania emisji CO₂ w latach 2020-2022, przy produkcji borówki amerykańskiej, w przykładowym zakładzie w gospodarstwie rolniczym. W celu wyznaczenia śladu węglowego posłużono się wielkościami produkcji i zużytej energii elektrycznej oraz zastosowano wskaźniki emisji [KOBiZE] (wskaźnik emisji CO₂ na lata 2021 i 2022 jest jednakowy, ponieważ nie opublikowano nowego wskaźnika na rok 2022). CF produkcji borówki amerykańskiej kształtował się w granicach 0,0594-0,0959 kg CO₂/kg produktu.

Tabela 28. Dane do wyznaczania emisji CO₂ w latach 2020-2022

Rok	Produkcja	Energia	Wskaźnik emisji [KOBIZE]	Ślad węglowy
	[kg]	[kWh]	[kg CO ₂ /kWh]	[kg CO ₂ /kg prod]
2020	42 000	5 600	0,719	0,0959
2021	74 000	6 300	0,698	0,0594
2022	94 000	9 100	0,698	0,0676
Razem	210 000	21 000		

Na podstawie pozyskanych danych produkcyjnych oraz po określeniu zużycia energii, przeprowadzono analizy emisji CO₂ na dany dzień, wyznaczono emisje miesięczne oraz emisje roczne związane z przechowywaniem borówki amerykańskiej. Uzyskane wielkości zgromadzono w tabelach 29-31 za rok 2020, 33-35 za rok 2021 oraz 37-40 za rok 2022. Rozkład dziennych emisji pośrednich CO₂, wynikający z danych produkcyjnych za lata 2020-2022 zamieszczono na rysunkach 8-17, różnice w wartościach emisji w poszczególnych dniach wynikają z wielkości dostarczonego ładunku borówki amerykańskiej.

Tabela 29. Emisja dzienna w lipcu 2020 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
3	32	176	0,0959	16,88
	80			
	64			
4	64	64		6,14
5	80	80		7,67
6	48	144		13,81
	48			
	48			
7	64	160		15,34
	64			
	32			
8	80	160		15,34
	80			
9	32	112		10,74
	80			
10	32	1304		125,05
	80			
	96			
	616			
	480			
11	48	60		5,75
	4			
	8			
12	48	148		14,19
	80			
	20			
13	16	172		16,49
	80			
	48			
	4			
	4			
	20			
14	12	1064		102,04
	128			
	64			

Baza danych z pomiarów

	16			
	4			
	840			
15	16	196		18,80
	96			
	80			
	4			
16	64	1624		155,74
	32			
	128			
	1400			
17	80	196		18,80
	64			
	32			
	12			
	8			
18	64	984		94,37
	920			
19	64	658		63,10
	80			
	14			
	500			
20	32	256		24,55
	96			
	128			
21	32	1316		126,20
	64			
	80			
	32			
	4			
	1104			
22	32	218		20,91
	64			
	112			
	10			
23	32	1310		125,63
	34			
	128			
	64			
	1046			
	6			
24	32	1724		165,33
	54			
	80			
	128			
	32			
	78			
	672			
	648			
25	48	1176		112,78
	8			
	1120			
26	840	920		88,23
	80			
27	112	214		20,52
	80			
	14			
	8			
28	32	150		14,39
	112			
	6			
29	108	200		19,18
	12			
	80			
30	112	2854		273,70
	16			
	50			
	48			

Baza danych z pomiarów

	840			
	490			
	808			
	490			
31	840	4426		424,45
	504			
	1400			
	1400			
	96			
	112			
	74			
	22066	22066	0,0959	2116,13

Tabela 30. Emisja dzienna w sierpniu 2020 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
1	48	124	0,0959	11,89
	64			
	12			
2	80	160		15,34
	80			
3	48	1444		138,48
	616			
	610			
	80			
	48			
	16			
	26			
4	32	32		3,07
5	1032	2262		216,93
	420			
	160			
	120			
	24			
	14			
	20			
	16			
	48			
	48			
	200			
	128			
	32			
6	48	1498		143,66
	1050			
	240			
	128			
	32			
7	48	1918		183,94
	728			
	640			
	200			
	160			
	32			
	84			
	26			
8	64	1476		141,55
	60			
	42			
	960			
	350			
9	160	320		30,69
	128			
	32			
10	48	278		26,66
	120			
	76			

Baza danych z pomiarów

	34			
11	12	416		39,89
	20			
	64			
	160			
	160			
12	64	562		53,90
	200			
	192			
	94			
	12			
13	124	2834		271,78
	1064			
	1064			
	12			
	72			
	32			
	200			
	192			
	74			
14	1200	1282		122,94
	10			
	72			
15	12	12		1,15
16	160	246		23,59
	86			
17	32	438		42,00
	192			
	200			
	14			
18	80	556		53,32
	200			
	192			
	62			
	14			
	8			
19	80	568		54,47
	200			
	192			
	96			
20	96	510		48,91
	200			
	128			
	28			
	14			
	20			
	12			
	12			
21	128	608		58,31
	200			
	30			
	192			
	16			
	22			
	10			
	10			
22	96	326		31,26
	30			
	200			
24	64	288		27,62
	192			
	16			
	16			
25	80	338		32,41
	200			
	48			
	10			
26	48	76		7,29

	28			
27	80	274		26,28
	160			
	20			
	10			
	4			
28	32	36		3,45
	4			
29	128	128		12,28
31	42	76		7,29
	24			
	6			1830,35
	4			1830,35
	19086	19086	0,0959	1830,35

Tabela 31. Emisja dzienna we wrześniu 2020 roku

Dzień	Produkcja [kg]	Suma dnia [kg]	Ekwiwalent emisji [kgCO ₂ /kg produktu]	Emisja dzienna CO ₂ [kg]
1	32	32	0,0959	3,07
2	32	124		11,89
	76			
	16			
3	32	32		3,07
4	70	70		6,71
7	64	116		11,12
	48			
	4			
	374	374	0,0959	35,87

Tabela 32. Zestawienie za rok 2020

Zestawienie 2020	lipiec	sierpień	wrzesień	suma
Emisja CO ₂ [kg]	2116,129	1830,347	35,87	3982,34

Na podstawie uzyskanych danych produkcyjnych za rok 2020 największa emisja CO₂ związana z produkcją borówki amerykańskiej wyniosła 2 116,13 kg CO₂ w lipcu, natomiast najmniejsza 35,87 kg CO₂ we wrześniu. Całkowita emisja CO₂ za rok 2020 wynosiła 3 982,34 CO₂ (tabela 32).

Tabela 33. Emisja dzienna w lipcu 2021 roku

Dzień	Produkcja [kg]	Suma dnia [kg]	Ekwiwalent emisji [kgCO ₂ /kg produktu]	Emisja dzienna CO ₂ [kg]
2	64	112	0,0594	6,65
	48			
3	48	144		8,55
	96			
4	16	16		0,95
5	80	240		14,26
	112			
	48			
6	96	176		10,45
	80			
7	912	1048		62,25
	8			
	64			

Baza danych z pomiarów

	64			
8	48	128		7,60
	80			
9	96	240		14,26
	96			
	48			
10	768	1744		103,59
	960			
	16			
11	112	240		14,26
	80			
	48			
12	32	1285		76,33
	16			
	80			
	9			
	1148			
13	800	2868,4		170,38
	48			
	80			
	32			
	7			
	2			
	400			
	442,4			
	1057			
16	112	2204		130,92
	48			
	40			
	4			
	1536			
	400			
	64			
17	64	1823		108,29
	49			
	2			
	896			
	800			
	8			
	4			
20	28	3032		180,10
	80			
	860			
	16			
	1600			
	448			
21	16	2080		123,55
	64			
	48			
	1152			
	800			
23	112	694		41,22
	114			
	4			
	32			
	32			
	288			
	112			
24	58	2258		134,13
	1600			
	600			
25	1000	1160		68,90
	160			
26	80	696		41,34
	32			
	160			
	424			
27	62	2284		135,67

Baza danych z pomiarów

	30			
	64			
	80			
	48			
	800			
	1200			
28	374	770		45,74
	160			
	80			
	48			
	22			
	86			
29	96	2168		128,78
	32			
	80			
	20			
	400			
	1540			
30	160	2518		149,57
	48			
	32			
	32			
	48			
	104			
	34			
	10			
	190			
	960			
	900			
31	86	2088		124,03
	2			
	2000			
	32016,4	32016,4		1901,77

Tabela 34. Emisja dzienna w sierpniu 2021 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
1	128	2828	0,0594	167,98
	12			
	16			
	64			
	96			
	80			
	32			
	60			
	324			
	2000			
3	16			
	77	357		21,21
	8			
	96			
	96			
	80			
4	24	2360		140,18
	16			
	160			
	96			
	64			
	2000			
5	170	2588		153,73
	128			
	96			
	58			
	14			
	96			
	2000			

Baza danych z pomiarów

	26			
6	160	280		16,63
	80			
	40			
7	92	2084		123,79
	32			
	1960			
8	192	916		54,41
	26			
	2			
	96			
	600			
9	30	528		31,36
	160			
	48			
	290			
10	112	242		14,37
	130			
11	48	2304		136,86
	164			
	88			
	20			
	384			
	1600			
12	86	2604		154,68
	80			
	96			
	64			
	242			
	676			
	400			
	448			
	512			
13	414	2568		152,54
	112			
	48			
	20			
	1190			
	400			
	384			
14	100	2012		119,51
	8			
	1176			
	600			
	48			
	64			
	16			
17	64	290		17,23
	48			
	16			
	8			
	72			
	2			
	80			
19	80	2206		131,04
	32			
	800			
	824			
	470			
21	160	3022		179,51
	60			
	26			
	10			
	400			
	2366			
22	64	1672		99,32
	448			
	1160			

Baza danych z pomiarów

24	48	72		4,28
	24			
25	64	776		46,09
	48			
	24			
	160			
	480			
26	96	2152		127,83
	48			
	8			
	2000			
27	8	2090		124,15
	2			
	80			
	2000			
29	96	160		9,50
	64			
30	64	434		25,78
	48			
	306			
	16			
31	48	208		12,36
	96			
	64			
	34753	34753		2064,33

Tabela 35. Emisja dzienna we wrześniu 2021 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
1	2000	2266	0,0594	134,60
	80			
	48			
	74			
	64			
2	64	114		6,77
	32			
	12			
	6			
3	18	168		9,98
	20			
	64			
	48			
	10			
	8			
5	80	128		7,60
	48			
6	80	484		28,75
	16			
	16			
	372			
7	392	2146		127,47
	48			
	1626			
	64			
	16			
9	60	60		3,56
12	42	106		6,30
	48			
	16			
14	50	722		42,89
	48			
	16			
	128			
	480			
15	64	356		21,15
	196			

	32			
	16			
	48			
19	64	80		4,75
	16			
20	80	96		5,70
	16			
21	64	128		7,60
	48			
	16			
26	174	174		10,34
27	86	86		5,11
28	158	158		9,39
29	96	96		5,70
30	156	474		28,16
1	318			
	7842	7842		465,81

Tabela 36. Zestawienie danych za rok 2021

Zestawienie 2021	lipiec	sierpień	wrzesień	razem
Emisja CO ₂ [kg]	1901,77	2064,33	465,81	4431,92

Na podstawie uzyskanych danych produkcyjnych za rok 2021, największa emisja CO₂ związana z produkcją borówki amerykańskiej, wyniosła 2 064,33 kg CO₂ w sierpniu, natomiast najmniejsza 465,81 kg CO₂ we wrześniu. Całkowita emisja CO₂ za rok 2021 wynosiła 4 431,92 CO₂ (tabela 36).

Tabela 37. Emisja dzienna w lipcu 2022 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
2	32	32	0,0676	2,16
4	48	960		64,90
	912			
5	32	32		2,16
6	16	152		10,28
	40			
	96			
7	64	112		7,57
	48			
8	16	112		7,57
	96			
9	64	1664		112,49
	1600			
10	80	80		5,41
11	48	48		3,24
12	16	1704		115,19
	704			
	984			
13	48	96		6,49
	48			
14	80	80		5,41
15	16	20		1,35
	4			
16	48	2070		139,93
	6			
	496			
	1520			

Baza danych z pomiarów

18	64	96		6,49
	32			
19	16	722		48,81
	4			
	2			
	700			
20	48	4068		275,00
	16			
	1540			
	528			
	400			
	1536			
21	64	94		6,35
	16			
	12			
	2			
22	16	270		18,25
	160			
	30			
	14			
	50			
23	48	2944		199,01
	16			
	820			
	36			
	16			
	8			
	2000			
24	1600	1600		108,16
25	16	16		1,08
26	80	2174		146,96
	16			
	1540			
	400			
	54			
	34			
	12			
	38			
27	1540	2190		148,04
	650			
28	134	142		9,60
	8			
29	64	2968		200,64
	16			
	842			
	46			
	2000			
30	48	2198		148,58
	16			
	66			
	24			
	44			
	2000			
	26644	26644	0,0676	1801,13

Tabela 38. Emisja dzienna w sierpniu 2022 roku

Dzień	Produkcja [kg]	Suma dnia [kg]	Ekwiwalent emisji [kgCO ₂ /kg produktu]	Emisja dzienna CO ₂ [kg]
1	32	1366	0,0676	92,34
	48			
	1110			
	176			
2	16	4262		288,11
	64			
	2000			
	60			

Baza danych z pomiarów

	18			
	1200			
	904			
3	32	462		31,23
	48			
	6			
	376			
4	48	1324		89,50
	1216			
	40			
	20			
5	96	3600		243,36
	16			
	800			
	928			
	400			
	600			
	620			
	140			
6	80	2178		147,23
	42			
	840			
	1216			
8	48	2350		158,86
	70			
	28			
	188			
	1216			
	800			
9	112	1216		82,20
	16			
	220			
	832			
	36			
10	64	2174		146,96
	104			
	14			
	24			
	768			
	1200			
11	96	3034		205,10
	44			
	124			
	588			
	164			
	1608			
	410			
12	112	112		7,57
13	144	4262		288,11
	16			
	1536			
	400			
	100			
	18			
	16			
	1200			
	832			
15	14	14		0,95
16	96	128		8,65
	32			
17	96	246		16,63
	10			
	106			
	34			
19	1200	4262		288,11
	832			
	1200			
	864			

Baza danych z pomiarów

	130			
	36			
20	12	2300		155,48
	96			
	64			
	104			
	1224			
	800			
21	800	1048		70,84
	112			
	16			
	80			
	40			
22	80	166		11,22
	64			
	22			
23	80	3934		265,94
	1000			
	80			
	742			
	832			
	1200			
24	48	2834		191,58
	80			
	52			
	374			
	2280			
25	64	1204		81,39
	80			
	1008			
	52			
26	48	1128		76,25
	80			
	1000			
27	96	5302		358,42
	84			
	50			
	1088			
	2000			
	1600			
	384			
29	48	540		36,50
	52			
	32			
	408			
30	112	2236		151,15
	48			
	24			
	24			
	28			
	2000			
31	80	2122		143,45
	36			
	326			
	64			
	16			
	1600			
	53804	53804	0,0676	3637,15

Tabela 39. Emisja dzienna we wrześniu 2022 roku

Dzień	Produkcja [kg]	Suma dnia [kg]	Ekwiwalent emisji [kgCO ₂ /kg produktu]	Emisja dzienna CO ₂ [kg]
2	400	614	0,0676	41,51
	52			
	80			
	32			

Baza danych z pomiarów

	50			
3	128	2204		148,99
	32			
	2000			
	24			
	20			
5	80	2426		164,00
	1000			
	800			
	546			
6	112	604		40,83
	480			
	12			
7	48	276		18,66
	58			
	170			
8	48	1648		111,40
	1600			
9	80	96		6,49
	16			
10	140	140		9,46
12	58	58		3,92
13	80	96		6,49
	16			
14	48	1296		87,61
	1248			
15	80	448		30,28
	16			
	352			
16	16	16		1,08
17	64	64		4,33
18	160	160		10,82
19	32	1032		69,76
	1000			
20	32	256		17,31
	224			
21	500	500		33,80
22	64	64		4,33
23	16	56		3,79
	40			
24	48	48		3,24
25	248	248		16,76
26	16	16		1,08
29	22	22		1,49
	12388	12388	0,0676	837,43

Tabela 40. Emisja dzienna w październiku 2022 roku

Dzień	Produkcja	Suma dnia	Ekwiwalent emisji	Emisja dzienna CO ₂
	[kg]	[kg]	[kgCO ₂ /kg produktu]	[kg]
1	32	32	0,0676	2,16
2	152	152		10,28
3	16	16		1,08
4	32	32		2,16
6	16	392		26,50
	48			
	328			
7	32	32		2,16
8	32	32		2,16
	93524	93524	0,0676	46,51

Tabela 41. Zestawienie za rok 2022

Zestawienie 2022	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	Razem
Emisja CO ₂ [kg]	1801,13	3637,15	837,43	46,51	6322,22

Na podstawie uzyskanych danych produkcyjnych za rok 2022, największa emisja CO₂ związana z produkcją borówki amerykańskiej wyniosła 3 637,15 kg CO₂ w sierpniu, natomiast najmniejsza 46,51 kg CO₂ w październiku. Całkowita emisja CO₂ za rok 2022 wynosiła 6 322,22 CO₂ (tabela 41).

Tabela 42. Zestawienie sumaryczne za lata 2020-2022

Zestawienie	2020	2021	2022	Razem
Emisja CO ₂ [kg]	3982,34	4431,92	6322,22	14736,48

Uwzględniając dane produkcyjne za lata 2020-2022 uzyskane z systemu pomiarowego zużycia energii elektrycznej, zainstalowanego w gospodarstwie zajmującym się przetwórstwem borówki amerykańskiej, wyznaczono całkowitą emisję CO₂, której największa wartość wynosiła 6 322,22 kg CO₂ dla 2022 roku, natomiast najmniejsza 3 982,34 kg CO₂ dla 2020 roku. Sumaryczna emisja CO₂ w latach 2020-2022 związana z produkcją borówki amerykańskiej wyniosła 14 736,48 kg CO₂ (tabela 42).

Baza danych z pomiarów do analizy śladu węglowego transportu borówek

Analiza emisji związanych z transportem borówki amerykańskiej do odbiorców końcowych. Obliczenia dotyczą transportu w działalności przetwórczej w badanym gospodarstwie (zakładzie) wg danych pozyskanych od właściciela. Borówka amerykańska transportowana była za pomocą trzech typów samochodów: Volkswagen T4, Fiat Ducato i Iveco. Określono ilości emisji w latach 2020-2022 wraz z ilością transportowanej masy towarowej. Analiza uwzględnia wskaźniki publikowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Zakres analizy został odniesiony do określonych wcześniej emisji związanych z procesami przetwórczymi i przechowywaniem chłodniczym borówki amerykańskiej w małym zakładzie (gospodarstwie rolniczym).

Baza danych do analizy emisji związanych z transportem:

– średnie spalanie - olej napędowy:

✓ VW T4 8,2 l/100km

✓ Ducato 10,4 l/100km

- ✓ Iveco 13,6 l/100km
- dane produkcyjne przechowywania borówki amerykańskiej (wielkość produkcji):
- ✓ 2020 r. - 42 000 kg
- ✓ 2021 r. - 74 000 kg
- ✓ 2022 r. - 94 000 kg
- dane dotyczące transportu dla borówki amerykańskiej:
- ✓ dla 2020 r. ilość przejechanych kilometrów wyniosła 19 000
- ✓ dla 2021 r. ilość przejechanych kilometrów wyniosła 21 000
- ✓ dla 2022 r. ilość przejechanych kilometrów wyniosła 26 000
- przyjęte założenia:
- ✓ ładunki spaletyzowane na paletach euro 1200 x 800.
- ✓ średnia długość trasy do klienta to 400 km.

Tabela 43. Przykładowe metody załadunku pojazdów

	Pojazd	Ładunek palet	Opakowanie zbiorcze	Sztuk na palecie	Opakowanie jednostkowe	Waga	Sztuk w zbiorczym	Ładunek
Przykład 1	vw t4 furgon zabudowa chłodnicza	2	karton 800x600	32	wiaderko 0,5 kg	0,5	15	480
Przykład 2	vw t4 furgon zabudowa chłodnicza	2	karton 800x600	80	pet 250 g z wieczkiem	0,25	16	640
Przykład 3	vw t4 furgon zabudowa chłodnicza	2	karton 800x600	80	pet 250 g hot seal	0,25	20	800
Przykład 4	vw t4 furgon zabudowa chłodnicza	2	skrzynka 400x300	96	brak	4	1	768
Przykład 5	vw t4 furgon zabudowa chłodnicza	2	karton 800 x 600	80	pet 125 g z wieczkiem	0,125	16	320
Przykład 6	Fiat ducato 3 kontener 6 palety	5	karton 800x600	28	wiaderko 0,5 kg	0,5	15	1050
Przykład 7	Fiat ducato 3 kontener 6 palety	5	karton 800x600	48	pet 250 g z wieczkiem	0,25	16	960
Przykład 8	Fiat ducato 3 kontener 6 palety	5	karton 800x600	40	pet 250 g hot seal	0,25	20	1000
Przykład 9	Fiat ducato 3 kontener 6 palety	5	skrzynka 400x300	48	brak	4	1	960
Przykład 10	Fiat ducato 3 kontener 6 palety	5	karton 800 x 600	80	pet 125 g z wieczkiem	0,125	16	800
Przykład 11	iveco daily kontener 8 palet	6	karton 800x600	40	wiaderko 0,5 kg	0,5	15	1800
Przykład 12	iveco daily kontener 8 palet	6	karton 800x600	80	pet 250 g z wieczkiem	0,25	16	1920
Przykład 13	iveco daily kontener 8 palet	6	karton 800x600	64	pet 250 g hot seal	0,25	20	1920
Przykład 14	iveco daily kontener 8 palet	6	skrzynka 400x300	80	brak	4	1	1920
Przykład 15	iveco daily kontener 8 palet	8	karton 800 x 600	80	pet 125 g z wieczkiem	0,125	16	1280

Konieczne jest wyznaczenie wskaźnika emisji CO₂ na liter spalonego oleju napędowego, co umożliwi wyznaczenie sumarycznej emisji CO₂ związanej z transportem za dany rok (w latach 2020-2022), na podstawie podanych przebiegów rocznych oraz pozwoli przeprowadzić

rozważania na podanych przykładach z tabeli 43. W celu wyznaczenia wskaźnika emisji CO₂ na litr spalonego oleju napędowego, oparto się na trzech sposobach opisanych w następujących dokumentach:

- raport Primum BV „Oszacowanie bilansu emisji gazów cieplarnianych dla obszaru miasta Poznania”,
- opracowanie KOBiZE „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do krajowej bazy za 2020 r.” opublikowane Warszawa, luty 2021,
- publikacja firmy Cartrack „redukcja śladu węglowego we flocie cartrack”.

Takie działanie ma na celu wykazanie różnic w sposobie kalkulacji wskaźnika emisji.

Wykorzystano metodykę obliczeń wskaźnika emisji CO₂ na litr spalonego oleju napędowego zastosowaną w raporcie firmy Primum BV „Oszacowanie bilansu emisji gazów cieplarnianych dla obszaru miasta Poznania”. W wszystkich metodach konieczne jest wyznaczenie współczynnika emisji [kg/GJ], który jest potrzebny do obliczenia całkowitej emisji gazów cieplarnianych pochodzących z transportu.

Uwzględniając stosowany rodzaj transportu borówek, przyjęto następujące założenia:

- wartość współczynnika emisji - 73,16 kg CO₂/GJ
- gęstość paliwa kg/l dla oleju napędowego - 0,83 kg/l
- wartość opałowa paliwa MJ/kg dla oleju napędowego - 43,38 MJ/kg

W oparciu o statystyczne przebiegi pojazdów w poszczególnych kategoriach i jednostkowe zużycie paliw, określone na podstawie danych Instytutu Transportu Samochodowego, obliczono ogólną ilość (masę) zużycia. Na tej podstawie obliczono energię zużywanych paliw według następującego wzoru:

$$Z [MJ] = m[t] \times W_{op}[MJ/kg] / 10^3$$

gdzie:

m - masa paliwa

W_{op} - wartość opałowa paliwa

Pozwoliło to na obliczenie emisji gazów cieplarnianych ze spalania tych paliw. Emisję gazów cieplarnianych obliczono według następującego wzoru:

$$EGC(t) = Z [MJ] \times W_e[MJ/kg] / 10^3$$

gdzie:

EGC[t] - emisja danego gazu

Z - energia zużytego paliwa

W_e - współczynnik emisji danego gazu

Z powyższych analiz wynika, że

$$43,38 \text{ MJ/kg} / 1000 = 0,04338 \text{ kJ/kg}$$

- Emisja na kg oleju napędowego wynosi - $73,16 \text{ /kJ} \times 0,04338 \text{ kJ/kg} = \mathbf{3,173 \text{ kg CO}_2 \text{ /kg}}$

- Emisja na litr oleju napędowego wynosi - $3,173681 \text{ /kg} \times 0,83 \text{ kg/l} = \mathbf{2,634 \text{ kg CO}_2 \text{ /litr}}$

W oparciu o przyjętą metodologię, wyznaczono następujące emisje: 3,173 kg CO₂ na kg oleju napędowego i 2,634 kg CO₂/ litr.

Na podstawie wytycznych metodologii według Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisji (KOBiZE) sposób obliczania wielkości emisji jest następujący. Wielkość emisji jest uzależniona od rodzaju paliwa, wielkości jego zużycia i jego wartości opałowej, a także stosowanych urządzeń redukcji emisji. Wszystkie wskaźniki emisji podano w jednostce g/GJ, dlatego do wyliczenia emisji konieczne jest podanie ilości spalonego paliwa i jego wartości opałowej. Wartości opałowe paliw (standardowe wartości opałowe) są podane w dokumencie KOBiZE. Wzór służący do obliczania wielkości emisji na podstawie wskaźnika emisji w paliwie to:

$$E = B \times W_o \times EF / 1000000$$

gdzie:

E - emisja substancji, wyrażona w kilogramach [kg]

B - zużycie paliwa wyrażone w megagramach [Mg] lub tys. metrów sześciennych [tys. m³]

W_o - wartość opałowa wyrażona w kilodżulach na kilogram paliwa [kJ/kg] lub kilodżulach na metr sześcienny paliwa [kJ/m³]

EF - wskaźnik emisji wyrażony w gramach na gigadżul energii chemicznej zawartej w paliwie [g/GJ]

W przypadku, gdy za źródłem spalania jest zainstalowane urządzenie redukcji emisji – jej wielkość określa się z zależności:

$$E' = EF \times (100 - n) / 100$$

gdzie:

E' - emisja substancji po korekcie ze względu na redukcję, wyrażona w kilogramach [kg]

E - emisja przed urządzeniem redukcyjnym (1)

n - sprawność urządzenia redukcyjnego, wyrażona w procentach [%]

Przyjęte wytyczne do obliczeń:

- ✓ wskaźnik emisji dla paliw ciekłych [g/GJ]
- ✓ wartość wskaźnika emisyjności dwutlenek węgla (CO₂) - 72480
- ✓ oleje napędowe do silników (Diesla) 43 000 kJ/kg
- ✓ gęstość paliwa - olej napędowy 0,83 kg/l

Emisja na kg paliwa

$$E = 72,480 \text{ kg} / \text{GJ} \times 0,043 \text{ GJ/kg} \times 1\text{kg} = \mathbf{3,1166 \text{ kg CO}_2/\text{kg}}$$

Emisja na litr

$$E_v = 3,11664 \text{ kg CO}_2/\text{kg} \times 0,83 \text{ kg/l} = \mathbf{2,5868 \text{ kg CO}_2/\text{litr}}$$

Do wyliczeń wskaźnika zastosowano również metodę scharakteryzowaną w dokumencie „Redukcja śladu węglowego we flocie Cartrack” firmy Cartrack. Obliczenia w przypadku pojazdów z silnikiem spalinowym opierają się na liczbie litrów paliwa zużytego. Korzystając z danych z karty paliwowej dla wszystkich rodzajów pojazdów i uwzględniając ilość litrów zakupionych, można obliczyć wskaźniki emisji. Przyjęte założenia:

- ✓ 1 litr oleju napędowego generuje 2,68 kg CO₂
- ✓ 1 litr benzyny generuje 2,31 kg CO₂
- ✓ 1 litr LPG generuje 1,51 kg CO₂

Dla przykładu pojazd, który w roku przejeżdża 30 000 km ze średnim spalaniem 5,5 l/100km oleju napędowego spali 1 650 litrów diesla. Ten wynik z kolei przekłada się na 4 422 kg CO₂ wyemitowanych do atmosfery przez tylko jeden samochód w roku.

Po analizie uzyskanych wyników, do dalszych rozważań przyjęto wskaźniki obliczone wg metodologii opisanej w publikacji „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do krajowej bazy, za 2020 r.”, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisji (KOBiZE). 1 litr oleju napędowego generuje 2,5868 kg CO₂. Po analizie uzyskanych wyników stwierdzono, że jest to najbardziej wiarygodne źródło informacji z uwagi na zakres prowadzonej działalności. KOBiZE prowadzi Krajową bazę, w której zbierane są dane o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji. Baza ta jest stale udoskonalanym narzędziem, oferującym unikalne informacje o źródłach emisji wraz z lokalizacją źródeł i parametrami działania poszczególnych instalacji. Umożliwia ona tym samym uzyskanie dokładnych informacji opartych na rzeczywistych danych przekazywanych przez podmioty w ramach corocznej sprawozdawczości.

Do wyznaczania emisji CO₂ dla transportu borówki przyjęto średnie spalanie oleju napędowego w gospodarstwie dla konkretnych środków transportu:

- VW T4 8,2 l/100km
- Ducato 10,4 l/100km
- Iveco 13,6 l/100km

Zakładając, że pojazdy przebywają podobną drogę w ciągu roku średnie spalanie wynosi około 10,73 l/100km. Na podstawie pozyskanych danych produkcyjnych oraz po określeniu zużycia paliwa przeprowadzono analizy emisji CO₂ na dany rok związane z transportem borówki amerykańskiej. Wyniki przedstawiono w tabeli 44. Na podstawie uzyskanych wielkości parametrów, stwierdzono, że emisja CO₂ kształtuje się na poziomie 5 274 – 7 217 kg CO₂. W tabeli 45 wyznaczone zostały roczne emisje CO₂ związane z transportem produktu.

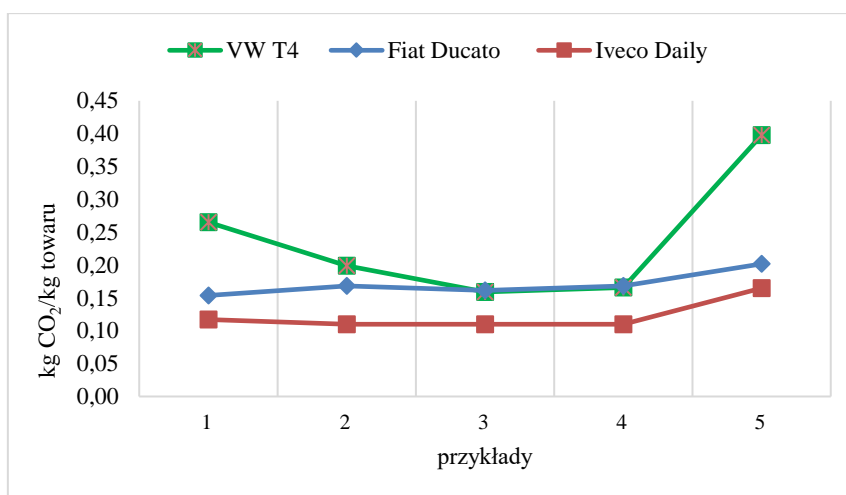
Tabela 44. Dane do wyznaczania emisji CO₂ w transporcie w latach 2020-2022

Rok	Produkcja	Przebiegi	Wskaźnik emisji [KOBIZE]	Średnie zużycie paliw	Roczne zużycie paliw	Emisja roczna
	[kg]	[km]	[kg CO ₂ /l oleju]	[l/100 km]	[l]	[kg CO ₂]
2020	42 000	19 000	2,587	10,73	2038,7	5274
2021	74 000	21 000	2,587	10,73	2253,3	5829
2022	94 000	26 000	2,587	10,73	2789,8	7217
Razem	210 000	66 000	2,587	10,73	7081,8	18320

Tabela 45. Analiza emisji CO₂ w transporcie w latach 2020-2022

Rok	Produkcja	Przebiegi	Emisja roczna dla produkcji	Ekwiwalent dla produkcji	Emisja roczna w transporcie	Ekwiwalent w transporcie
	[kg]	[km]	[kg CO ₂]	[kg CO ₂ /kg]	[kg CO ₂]	[kg CO ₂ /kg]
2020	42 000	19 000	3982	0,0959	5274	0,1256
2021	74 000	21 000	4432	0,0594	5829	0,0788
2022	94 000	26 000	6322	0,0676	7217	0,0768
Razem	210 000	66 000	14736	0,0702	18320	0,0872

Emisja całkowita w okresie 2020 - 2022 wyniosła ponad 18 ton CO₂. Wyznaczono też ekwiwalentne wskaźniki emisji CO₂, związane z transportem borówki do klientów, a ich średnia wartość wynosiła około 0,09 kg CO₂ /kg. Dokonano również porównania emisji związanych z produkcją i transportem. Stwierdzono, że emisja CO₂ związana z transportem borówki, jest wyższa niż z samym procesem produkcyjnym przechowywania chłodniczego i stanowi około 60 %.



Rys. 18. Emisja CO₂ w transporcie borówki amerykańskiej odniesiona do kg towaru [kg CO₂/kg towaru] dla trzech typów samochodów z różnym załadunkiem

Na podstawie danych z tabeli 43 przedstawiającej przykładowe sposoby załadunku pojazdów przeprowadzono obliczenia i analizę emisji CO₂ związanych z transportem. Wyniki przedstawiono na rysunku 18. Najniższa emisja jest związana z transportem wykonywanym samochodem Iveco Daily, a najwyższa VW T4. Wynika to z wielkości załadunku danego pojazdu i ilości palet możliwych do rozmieszczenia na samochodzie. Dla wszystkich rodzajów pojazdów emisje są najwyższe dla przykładów oznaczonych nr 5 na rys. 18, co jest bezpośrednio związane ze sposobem pakowania transportowanej borówki. W tym przypadku borówka jest w opakowaniu jednostkowym o najniższej gramaturze (pet 125 g z wieczkiem), co wpływa znacząco na całkowity załadunek pojazdu (najniższy tonaż). Znaczący wpływ na minimalizację śladu węglowego transportu ma maksymalizowanie wykorzystania powierzchni załadunkowej.

Baza danych z pomiarów do analizy śladu węglowego przechowalnictwa jablek w komorach chłodniczych

W badaniach wykorzystano wartości pomiarów, pochodzących z systemów monitorowania zużycia energii zainstalowanych u rolników, w celu opracowania bazy danych. Przeprowadzono analizę przechowalnictwa jablek w kontekście opracowania metodologii wyliczenia śladu węglowego. Po scharakteryzowaniu procesu technologicznego w warunkach rzeczywistej pracy, określono zakres pomiarowy CF. Opracowano metodę liczenia śladu węglowego. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono badania śladu węglowego ~~przechowalnictwa jablek w komorach chłodniczych, w celu określenia właściwej metody~~

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego -
Państwowy Instytut Badawczy

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa

szacowania śladu węglowego przechowalnictwa, możliwej do zastosowania w gospodarstwach rolnych. Poniżej zaprezentowano uzyskane dane dotyczące procesów przechowalniczych jabłek.

Dane produkcyjne przechowywania:

- dla 2021 r. produkcja wyniosła 280 ton
- dla 2022 r. produkcja wyniosła 380 ton

Dane dotyczące zużycia energii elektrycznej:

- dla 2021 r. zużycie energii wyniosło 30 000 kWh
- dla 2022 r. zużycie energii wyniosło 30 000 kWh

Wskaźniki emisji przy produkcji energii elektrycznej w [kgCO₂/kWh] dla odbiorców końcowych energii wg KOBIZE ogłoszony w danym roku (wskaźnik przeliczenia energii na ekwiwalent CO₂ za lata 2021 i 2022 jest jednakowy ponieważ nie opublikowano jego nowej wartości za rok 2022):

- dla 2021 r. ogłoszony wskaźnik emisji wyniósł 0,698 kg CO₂/ kWh
- dla 2022 r. ogłoszony wskaźnik emisji wyniósł 0,698 kg CO₂/ kWh

Obliczenia prowadzono wg wzoru:

$$Eqw CO_2 = (\text{zużycie energii}) \times (\text{wskaźnik emisji KOBIZE}) / \text{wielkość produkcji}$$

Wyznaczono ekwiwalent emisji CO₂ dla przechowywania jabłek odniesiony do 1 kg produktu za dany rok oraz łącznie za lata 2021-2022 (tabela 48):

- 2021 r. - 0,0743 kg CO₂/kg produktu
- 2022 r. - 0,0593 kg CO₂/kg produktu
- 2021-2022r. - 0,0668 kg CO₂/kg produktu

Tabela 48. Dane do wyznaczania emisji CO₂ w latach 2021-2022

Rok	Produkcja	Energia	Wskaźnik emisji [KOBIZE]	Ekwiwalent emisji
	[kg]	[kWh]	[kg CO ₂ /kWh]	[kg CO ₂ /kg prod]
2021	280 000	29 800	0,698	0,0743
2022	380 000	32 300	0,698	0,0593
Razem	660 000	62 100	0,698	0,0668

Uwzględniając dane produkcyjne za lata 2021-2022 uzyskane z systemu pomiarowego zużycia energii elektrycznej zainstalowanego w gospodarstwie zajmującym się przetwórstwem jabłek, wyznaczono całkowitą emisję CO₂, której największa wartość wynosiła 22 545,4 kg CO₂ dla 2022 roku, natomiast najmniejsza 20 800,4 kg CO₂ dla 2021 roku. Sumaryczna emisja CO₂ w latach 2021-2022, związana z przetwórstwem jabłek wyniosła 43 345,8 kg CO₂ (tabela 48).

Analizy wyznaczania śladu węglowego produkcji pokazały emisje gazów cieplarnianych z danego procesu w odniesieniu do produktu.

Dla każdej produkcji trzeba przeprowadzić szczegółową analizę i dostosować metodę wyliczenia CF do konkretnych potrzeb oraz opracować bazę do gromadzenia danych emisyjnych. Konieczne jest opracowanie baz danych z pomiarów emisji bezpośrednich i pośrednich, wykorzystanych do wyliczenia śladu węglowego produktu lub procesu.

Upowszechnienie metodyki wyliczania śladu węglowego może stanowić skuteczny bodziec do wdrożenia efektywnych rozwiązań ukierunkowanych na optymalizację zużycia energii elektrycznej i paliw.

W związku z planowanym wprowadzeniem obowiązkowego znakowania żywności, gospodarstwa będą zobowiązane do przeprowadzenia audytu wewnętrznego, także wśród swoich dostawców, w celu określenia czy produkty są przyjazne dla środowiska, jednak w tym momencie brak jednolitych standardów w tym zakresie.



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**



**ZAKŁAD TECHNOLOGII
I TECHNIKI CHŁODNICTWA**

**Al. Marszałka J. Piłsudskiego 84
92-202 Łódź**

**Kierownik Zakładu
dr inż. Elżbieta Polak**

**tel. kom. 508 341 525
tel. (+48) 42 674 64 14**

e-mail: elzbieta.polak@ibprs.pl