

Ślad węglowy produkcji wina na świecie – wprowadzenie do analiz polskich winiarni

Carbon footprint of wine production in the world – an introduction to the analysis of Polish wineries

dr inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska (ORCID 0000-0002-7633-5398),

mgr inż. Ewelina Włodarczyk (ORCID: 0000-0002-6214-2384), dr inż. Łukasz Przybysz (ORCID: 0000-0003-3581-9414)

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

email: magdalena.jedrzejewska@ibprs.pl

Słowa kluczowe: zrównoważona produkcja, ślad węglowy, emisja gazów cieplarnianych (GHG), przemysł winiarski

Keywords: sustainable production, carbon footprint, GHG emissions, wine industry

The article outlines the role of carbon footprint (CF) analysis in the wine industry as an important step in the progress towards sustainable food production. The importance of reducing CF in the context of increasing legislative requirements has been discussed. The characteristics of Polish wine production and the technological processes involved were presented. The CF of wine production in the world was reviewed, which was the first stage of research carried out this year by the Department of Refrigeration Technology and Technique of IBPRS-PIB funded by the Ministry of Agriculture and Rural Development. As part of further research, the Institute plans to engage with companies in the wine sector to help the industry introduce greener solutions. CF analysis is a valuable tool to support companies in sustainable management. By implementing green solutions, one can gain a competitive advantage while building trust among consumers, who increasingly expect environmental measures.

W artykule przedstawiono rolę analizy śladu węglowego (CF – carbon footprint) w przemyśle winiarskim jako istotnego kroku w dążeniu do zrównoważonej produkcji żywności. Omówiono znaczenie redukcji CF w kontekście rosnących wymogów legislacyjnych. Zaprezentowano charakterystykę polskiej produkcji wina oraz procesów technologicznych z nią związanych. Dokonano przeglądu CF produkcji wina na świecie, co stanowiło pierwszy etap badań realizowanych w bieżącym roku przez Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa IBPRS-PIB finansowanych przez MRiRW. W ramach dalszych badań Instytut planuje nawiązanie współpracy z przedsiębiorstwami z sektora winiarskiego, co ma na celu wsparcie branży w wprowadzaniu bardziej ekologicznych rozwiązań. Analiza CF to cenne narzędzie wspierające przedsiębiorstwa w zrównoważonym zarządzaniu. Wdrażając rozwiązania ekologiczne można zyskać przewagę konkurencyjną, jednocześnie budując zaufanie wśród konsumentów, którzy coraz częściej oczekują działań na rzecz ochrony środowiska.

Wstęp

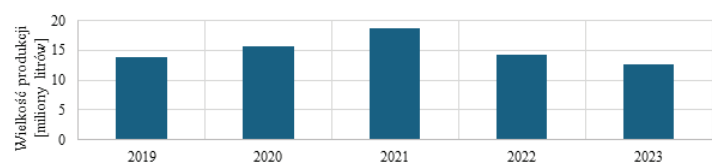
Polski przemysł winiarski przeżywa dynamiczny rozwój. Nasz kraj staje się coraz bardziej rozpoznawalnym producentem wina na świecie, poprzez globalne ocieplenie, rosnące zainteresowanie winem oraz wsparcie legislacyjne. W skali światowej, największymi producentami są Włochy, Francja oraz Hiszpania. Polska jest małym producentem, z roczną ilością około od 10 do 12 mln l wina, a w 2023 r. było zarejestrowanych ponad 500 winnic produkujących wino na rynek krajowy [9]. Uprawiane są zarówno winogrona szlachetne (np. Pinot Noir, Riesling), jak i hybrydowe (np. Regent, Rondo), które lepiej znoszą chłodniejszy klimat [24].

W kontekście dążenia do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu [3] oraz pakietu Fit for 55 [20], jest obowiązek redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG) [8]. Wszelakie działania w tym kierunku dotyczą również produkcji wina i mogą korzystnie wpłynąć także na wizerunek winnic. Ponadto w bieżącym roku, zgodnie z dyrektywą CSRD [4], przedsiębiorcy muszą raportować w zakresie zrównoważonego roz-

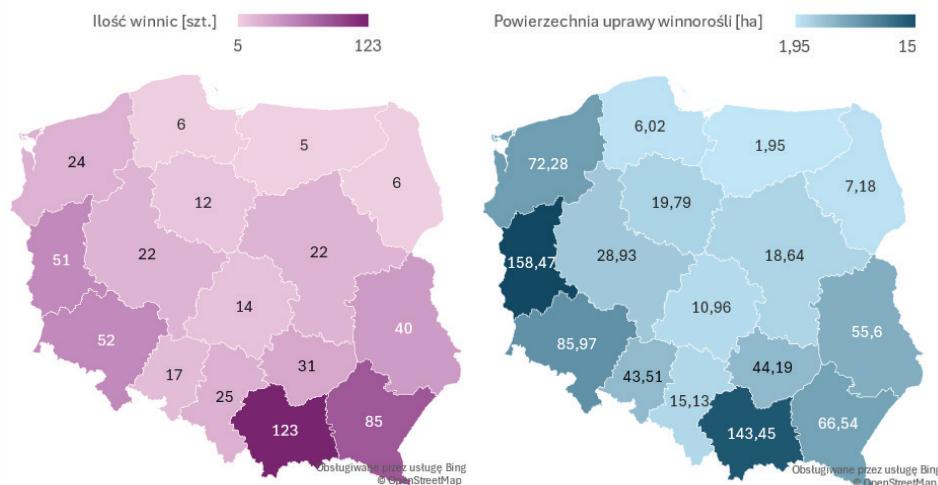
woju za 2024 r. Są zobligowani do przedstawiania informacji niefinansowych, w tym raportów ESG, które uwzględniają również ślad węglowy (CF) czyli wymagają precyzyjnych informacji na temat emisji gazów cieplarnianych. Wyznaczanie parametru CF opiera się na metodologii środowiskowej (LCA). W analizie uwzględnia się systemowo dane wejściowe i wyjściowe dla określonego produktu lub procesu, np. gospodarstwa zajmującego się produkcją wina. Obowiązek ten jest wzmocniony regulacją dotyczącą należytej staranności przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju (CSDDD) [5]. Skutkiem czego wszystkie firmy będą zobligowane do analizy całego łańcucha dostaw w swojej działalności. W praktyce dla polskich przedsiębiorstw uczestniczących w europejskiej wymianie handlowej oznacza to, że ich zagraniczni partnerzy będą wymagać od nich wyników dotyczących wielkości CF organizacji lub produktu. Uwzględnienie emisji pośrednich, powstających w łańcuchu dostaw (u polskich producentów) ma znaczący wpływ na końcowy wynik CF zagranicznego odbiorcy.

Branża winiarska w Polsce

W ostatnich latach produkcja wina w Polsce wykazywała zmienność, co może wynikać zarówno z czynników klimatycznych, jak i ekonomicznych (rys. 1) [9]. W latach (2022/2023) zarejestrowano aż 530 plantatorów, którzy łącznie uprawiali winorośl na powierzchni 811,64 ha. W sumie zebrali 3876 t winogron, co stanowiło podstawę do produkcji wina na poziomie 2,7 mln l. Liczba producentów wina wynosiła 425, co wskazuje, że większość plantatorów zajmuje się również jego przetwórstwem. Wzrost liczby plantatorów i producentów wina sugeruje także, że polskie winiarstwo zyskuje na znaczeniu, zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym. Przedstawione dane potwierdzają rosnącą rolę polskiej branży winiarskiej. Dalszy rozwój będzie uzależniony od szeregu czynników, takich jak zmiany klimatyczne, dostępność środków finansowych na inwestycje oraz zainteresowanie konsumentów produktami wysokiej jakości. Szczegółowa analiza pozwala na określenie kierunków rozwoju sektora winiarskiego w Polsce w kolejnych latach, przy uwzględnieniu zarówno czynników sprzyjających, jak i potencjalnych barier ograniczających produkcję wina. Czynniki wpływające na dynamikę produkcji obejmują warunki meteorologiczne, które w poszczególnych latach mogły sprzyjać lub ograniczać plony winorośli, a także regulacje prawne i wsparcie finansowe dla producentów. Ponadto zmieniające



Rys. 1. Produkcja win w Polsce w latach 2019-2023 [9]



Rys. 2. Liczba winnic w Polsce i ich powierzchnia [12]

się preferencje konsumentów, poprawa technologii produkcji oraz wzrost popytu na lokalne wina przyczyniają się do dalszego rozwoju tej branży w Polsce [6].

Rozmieszczenie winnic w Polsce wykazuje istotne zróżnicowanie regionalne (rys. 2). Najwięcej z nich znajduje się w województwach małopolskim i podkarpackim, natomiast najmniejszą liczbę winnic odnotowano w warmińsko-mazurskim, podlaskim oraz pomorskim. Pod względem powierzchni upraw winorośli dominują województwa lubuskie i małopolskie. Z kolei najmniejsze uprawy występują w warmińsko-mazurskim, podlaskim oraz pomorskim. Analiza tych danych wskazuje na wyraźne skupienie działalności winiarskiej w południowej i zachodniej części kraju, co jest związane z korzystniejszymi warunkami klimatycznymi oraz glebowymi dla uprawy winorośli.

Wino to napój alkoholowy powstający w wyniku fermentacji alkoholowej moszczu winogronowego, podczas którego przekształceniu ulegają cukry zawarte w owocach w alkohol przy udziale drożdży. W wyniku tego procesu powstaje specyficzny napój w zależności od rodzaju winogron, metody produkcji i warunków przechowywania. Ze względu na różne kryteria np. zawartość cukru wyróżniamy: wina wytrawne, półwytrawne, półsłodkie i słodkie; a ze względu na kolor: wina białe, czerwone, różowe [16].

Produkcja wina to wieloetapowy proces składający się z m.in.: przygotowania surowca, fermentacji, dojrzewania oraz butelkowania. Pierwszym etapem jest zbiór winogron. Owoce zbiera się, gdy osiągną odpowiednią dojrzałość, zwykle we wrześniu lub październiku, w zależności od odmiany i warunków klimatycznych. Zbiór może być przeprowadzony ręcznie lub mechanicznie. Na tym etapie selekcjonuje się winogrona, odrzucając niedojrzałe i chore owoce. Następnym etapem jest odczyszczenie i zgniatanie. Oddzielanie od szypulek jest istotne, aby uniknąć gorzkiego posmaku. Następnie owoce są delikatnie zgniatane w celu uwolnienia soku (moszczu). Do uzyskania miazgi dodaje się dwutlenek siarki, żeby nie dopuścić do oksydacji i zakażenia. Naturalne drożdże obecne na skórkach winogron mogą rozpocząć fermentację alkoholową, jednak często dodaje się specjalnie wyselekcjonowane szczepy drożdży np. z rodzaju *Saccharomyces*. Fermentacja trwa od kilku dni do kilku tygodni, w zależności od rodzaju wina, w temperaturze: 25-30°C dla czerwonego, a 15-20°C dla białego. W przypadku win czerwonych fermentacja odbywa się razem ze skórkami, natomiast dla białych win skórki są usuwane przed fermentacją. Po zakończeniu procesu, moszcz jest tłoczony, aby oddzielić płyn od resztek owoców. Czasami przeprowadza się dodatkową fermentację, podczas której bakterie przekształcają kwas jabłkowy

w mlekowy, co nadaje winu inny smak i zmniejsza kwasowość. W kolejnym etapie wino jest klarowane poprzez dodanie odpowiednich substancji (np. bentonit, żelatyna, żel krzemionkowy, albumina jaja, polimery winylopirolidonowe, ziemia okrzemkowa, kazeina) [15]. Następnie przechodzi przez filtry (np. membranowe) i jest poddawane procesowi dojrzewania. W technologii tradycyjnej stosowane są beczki dębowe, głównie do czerwonych win i niektórych białych. Drewno nadaje winu dodatkowe aromaty (wanilii, dymu, przypraw) i wpływa na jego strukturę. Czas dojrzewania może trwać od kilku miesięcy do kilku lat, w zależności od rodzaju wina. W przypadku niektórych win białych stosuje się dojrzewanie na osadzie drożdżowym lub innowacyjnymi technikami

np. za pomocą pola elektrycznego o wysokim napięciu [36] czy ultradźwięków [13]. Jeśli wino powstaje z kilku odmian winogron, przeprowadza się proces kupażu, czyli mieszania różnych partii, aby uzyskać pożądaną smak i aromat. Następnie wino jest poddawane stabilizacji chemicznej i fizycznej, aby zapobiec późniejszym zmianom smaku i wyglądu w butelce. Najczęściej stosuje się stabilizację na zimno (wino jest schładzane, aby wytrącić kryształy kwasu winowego) lub dodanie siarczynów (siarczyny działają jako konserwanty i chronią wino przed utlenieniem oraz zepsuciem). Potem jest ono nalewane

Profesjonalny sprzęt do laboratorium i produkcji

Najlepszą pomocą w laboratorium i produkcji są urządzenia IKA®, zwiększające jakość i trwałość produktów.

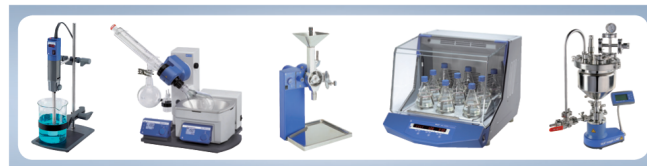
Zastosowanie:

- Sosy
- Majonezy
- Lody
- Masy twarogowe
- Pasty serowe
- Desery
- Mleko skondensowane
- Odżywki
- inne



Mieszalnik Master Plant
Objętości pracy od 10 do 4000 litrów

Innowacyjny sprzęt laboratoryjny:



BYRSKI POL

BYRSKI POL Wojciech Byrski
02-793 Warszawa, ul. Przy Bażantarni 4/6
tel.: 22/649 24 05 • fax: 22/859 14 39
e-mail: info@ikapol.pl • info@byrskipol.pl

designed
to work perfectly

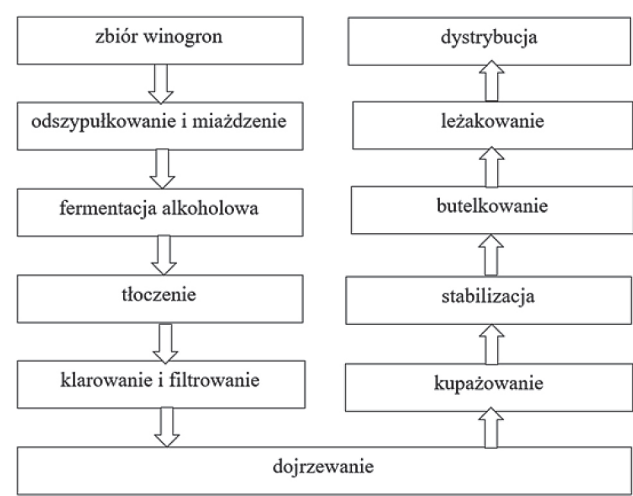
IKA®

do butelek w warunkach aseptycznych (aby zapobiec kontaminacji) i korkowane. Wino może być zamknięte korkiem naturalnym, syntetycznym lub zakrętką. Na butelki nakłada się etykiety informujące o jego nazwie, roczniku, regionie i producencie. Niektóre wina, zwłaszcza czerwone i musujące, wymagają dodatkowego dojrzewania już w butelkach, czyli leżakowania, aby osiągnąć pełnię smaku i aromatu. Może to trwać od kilku miesięcy do kilku lat. Po zakończeniu całego procesu wino jest degustowane w celu oceny jego jakości. Gotowy produkt trafia do sprzedaży [21].

Wszystkie opisane powyżej szczegółowo procesy składające się na cykl produkcyjny wina zostały przedstawione na schemacie (rys. 3) i są niezbędne do zapewnienia bezpiecznego produktu o wysokiej jakości. Jednak, każdy z tych etapów powinien być zoptymalizowany także pod kątem ograniczenia wpływu na środowisko. Osiągnięcie tego celu wymaga uprzedniego zrozumienia wielkości skali i charakteru tych oddziaływań.

Tab. 1. Badania śladu węglowego produkcji wina na świecie

Charakterystyka badań	CF	Wnioski	Literatura
CF produkcji wina z regionu Maremma w Toskanii (Włochy)	0,6 – 1,3 kg CO _{2eq} / butelka	największy udział stanowił proces produkcja szkła na butelki (40–60%) oraz uprawa winorośli (22%)	[2]
CF dużej firmy winiarskiej w Hiszpanii	0,7331 – 0,755 kg CO _{2eq} /butelka		[14]
CF białego wina (vinho verde) wyprodukowanego w północnej części Portugalii	2,0 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa) 0,052 kg CO _{2eq} /butelka (dystrybucja)	Największy udział stanowiła uprawa winorośli (50%), a drugim czynnikiem była produkcja butelek	[17]
CF wina wyprodukowanego w Nowej Szkocji, Kanada	0,80 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa)	Uprawa winorośli i transport stanowiły największy udział w CF	[19]
CF produkcji wina typu „crianza” w regionie La Rioja (Hiszpania)	0,9 – 1,0 kg CO _{2eq} / butelka 0,50 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa) 0,076 kg CO _{2eq} / butelka (dystrybucja)	Uprawa winorośli (w szczególności nawożenie) oraz produkcja szkła do butelek były odpowiedzialne za emisję GHG	[7]
CF win galicyjskich (północno-zachodnia Hiszpania) w latach 2007-2010	2,5 kg CO _{2eq} /butelka	Największa emisja GHG to uprawa winorośli (nawożenie), produkcja butelek i zużycie energii elektrycznej przy produkcji wina	[23]
CF win w regionie Finger Lakes, Nowy Jork, USA CF dla trzech winnic różnej wielkości, zlokalizowanych nad jeziorem Seneca	0,617 – 1,03 kg CO _{2eq} /butelka 1,03 kg CO _{2eq} /butelka (mała) 0,742 kg CO _{2eq} /butelka (średnia) 0,617 kg CO _{2eq} /butelka (duża)	Główne źródła emisji to produkcja szkła, uprawa winorośli (nawozy, pestycydy) oraz zużycie energii elektrycznej	[22]
CF australijskiego czerwonego wina konsumowanego w Wielkiej Brytanii	1,25 kg CO _{2eq} /butelka	Główne źródła wpływu na CF to: uprawa winorośli (41%), transport, szczególnie morski (32%), opakovanie (24%)	[1]



Rys. 3. Schemat procesów jednostkowych w technologii produkcji wina

Analiza śladu węglowego wina na świecie

Ślad węglowy wina odnosi się do całkowitej emisji gazów cieplarnianych, wyrażonej w ekwiwalentnej ilości dwutlenku węgla (CO_{2eq}), powstałej podczas całego cyklu życia wina – od produkcji winogron po dystrybucję [7]. W tabeli 1 zaprezentowano wybrane badania dotyczące analizy śladu węglowego produkcji win na świecie.

W przedstawionych publikacjach dotyczących analizy śladu węglowego wina wykorzystano metodologię LCA, zgodną z międzynarodowymi standardami ISO 14040 i ISO 14044 [ISO 14040, ISO 14044, 2009]. We wszystkich badaniach jednostką funkcjonalną była jedna butelka wina (0,75 l). Zakres analizy CF produkcji wina w wielu przypadkach obejmował od uprawy winorośli, poprzez produkcję wina i butelkowanie, aż po dystrybucję i utylizację. Różnice w wielkości śladu węglowego wina, który wynosił od 0,6 do 2,5 kg CO_{2eq}/butelka, wynikały z lokalnych warunków, wielkości winnic, zastosowanej technologii oraz specyfiki regionu produkcji. Zidentyfikowane czynniki wpływające na wielkość CF produkcji wina to:

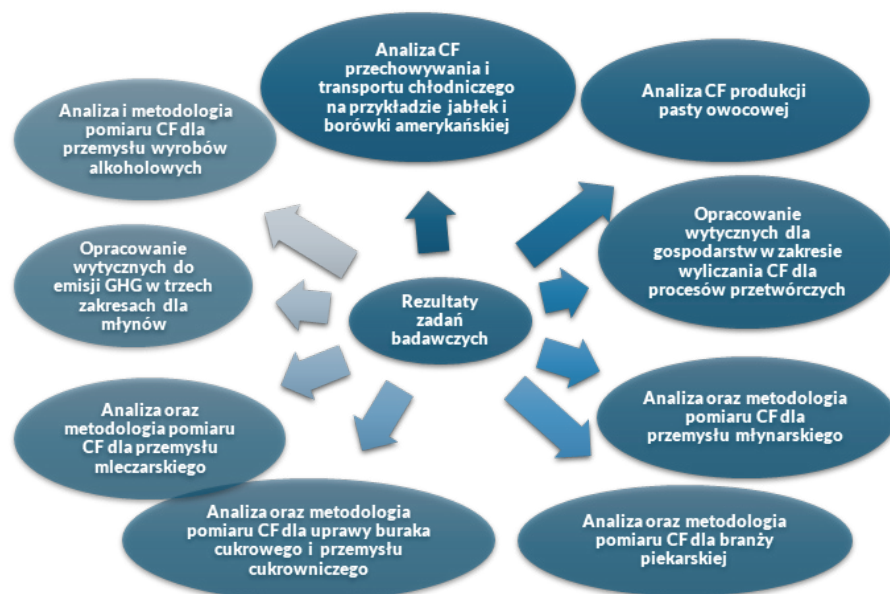
- produkcja (chłodzenie, ogrzewanie oraz filtracja),
- opakowanie – stanowią jeden z największych składników CF (produkcja szkła jest energochłonna),
- transport win z odległych regionów (np. wina z Chile czy Australii do Europy).

Powyższe stwierdzenia są również szeroko omawiane w publikacji [18]. Analizy CF produkcji wina w różnych regionach świata pokazują, że istotnymi czynnikami wpływającymi na jego wielkość są procesy związane z uprawą, produkcja szkła, pakowanie oraz transport. Produkcja wina ma istotny wpływ na środowisko, ale dzięki odpowiednim działaniom i technologiom można zminimalizować jej negatywne oddziaływanie, zachowując jednocześnie wysoką jakość produktu. Zmniejszenie CF jest możliwe poprzez np.: produkcję win w miejscu uprawy winorośli, konsumpcję win lokalnych (zmniejszenie emisji związanej z transportem), wybór win w lżejszych butelkach lub alternatywnych opakowaniach oraz stosowanie bardziej ekologicznych metod uprawy winorośli i odnawialnych źródeł energii przy produkcji win.

Przegląd literatury dotyczącej śladu węglowego wina z różnych regionów świata umożliwił dogłębną analizę i porównanie CF w zależności od obszaru pochodzenia. Pozwoliło to na zebranie i zestawienie danych, które ukazują wpływ różnych warunków środowiskowych, sposobów uprawy winorośli oraz produkcji win na ślad węglowy produktu gotowego. Szczegółowe wyniki tej analizy ułatwiają zrozumienie czynników kształtujących CF wina na poziomie global-

Tab. 2. Prace badawcze w zakresie emisji GHG i CF zrealizowane przez IBPRS-PIB w poszczególnych latach finansowane przez Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Rok	Zadanie	Analiza	Publikacje
2022	Identyfikacja i opracowanie nowych krajowych wskaźników jednostkowych oraz zrównoważonych metod produkcji dla celów ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu w rolnictwie	opracowanie wytycznych dla gospodarstw w zakresie wyliczania CF dla procesów przetwórczych	[29]
	Monitoring gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza	gospodarstwa rolne: przechowywanie jabłek, przechowywanie borówki amerykańskiej produkcja doświadczała – produkcja pasty owocowej	[26, 27]
2023	Analiza oraz metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych technologii i produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł spożywczy	produkcja mąki – 4 młyny produkcja pieczywa – piekarnia produkcja cukru – 3 cukrownie	[25, 28, 30, 31, 34]
2024	Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł mleczarski i mięsny	produkcja mięsa i jego przetwórstwo – 3 zakłady mięsne produkcja mleka i jego przetwórstwo i 3 zakłady mleczarskie	[32, 35]
	Opracowanie wytycznych do identyfikacji emisji GHG w przedsiębiorstwie w celu realizacji zrównoważonego rozwoju krajowego przemysłu rolno-spożywczego	produkcja mąki – 2 młyny	[33]
2025	Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł wyrobów alkoholowych	produkcja wina – 2 winiarnie (plany)	-



Rys. 4. Rezultaty badań dla projektów realizowanych przez IBPRS-PIB w latach 2022-2025, finansowanych przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

nym. Jednocześnie badanie wskazało na potrzebę przeprowadzenia bardziej szczegółowych analiz dotyczących produkcji wina w Polsce. Opisane w literaturze wyniki badań mogą stanowić istotny punkt wyjścia do przeprowadzenia kompleksowej oceny śladu węglowego w całym cyklu życia produktów branży winiarskiej w polskich przedsiębiorstwach.

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa (ZT) w Łodzi IBPRS-PIB, będący instytucją naukową, realizuje projekty badawcze finansowane przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w zakresie analizy śladu węglowego. Rezultaty zadań badawczych powstałe w wyniku współpracy z gospodarstwami rolnymi oraz krajowym przemysłem rolno-spożywczym przedstawiono na rysunku 4. Szczegółowa analiza tych badań znajduje się w raportach na stronie internetowej IBPRS-PIB oraz w licznych publikacjach naukowych, a ich wykaz – w tabeli 2. W 2025 r. Zakład rozpoczął prace, których celem jest zbadanie i opracowanie metodologii dokładnego pomiaru wpływu produkcji rolno-spożywczej na środowisko naturalne. W ramach tego projektu, rozpoczniemy prace dotyczące analizy CF generowanego przez branżę napojów alkoholowych, co jest szczególnie istotne w kontekście rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa i potrzeby minimalizacji wpływu na środowisko. W celu realizacji

projektu chcemy współpracować z przedsiębiorstwami z tej branży. Oferta współpracy dotyczy przeprowadzenia badań i analiz śladu węglowego produkcji, co jest istotne dla spełnienia wymogów w zakresie zrównoważonej działalności oraz określenia i minimalizacji emisji GHG. Takie przedsięwzięcia zmierzają do poprawy zrównoważonego rozwoju każdego przedsiębiorstwa i pozytywnego wyróżnienia oferty swoich produktów na rynku.

Podsumowanie i wnioski

Świadomość ekologiczna rośnie na całym świecie, a wraz z nią znaczenie śladu węglowego jako wskaźnika zrównoważonego rozwoju. W krajach posiadających wieloletnie doświadczenie w produkcji wina (Hiszpania, Włochy) istnieje bogata baza danych dotycząca branży winiarskiej, która

pozwala na precyzyjne analizy i określenie CF. Na świecie wiele winiarni korzysta już z opracowanych metodologii. Jednak w Polsce, gdzie badania i praktyki w tym obszarze dopiero się rozwijają, pojawia się konieczność indywidualnego podejścia do określenia wpływu danego przedsiębiorstwa na klimat, gdyż korzystanie z uniwersalnych narzędzi może prowadzić do niedoszacowań lub błędnych wniosków. Każda firma działa w specyficznych warunkach – różni się strukturą, procesami produkcyjnymi oraz lokalizacją. Opierając się na globalnych standardach i metodologii istnieje konieczność uwzględnienia również specyfiki lokalnego rynku, regulacji czy dostępności danych. W Polsce tego typu badania są wciąż na wczesnym etapie rozwoju. Firmy potrzebują wsparcia w dostosowywaniu istniejących metodologii do lokalnych warunków, uwzględnienia specyfiki sektora oraz dostępności danych środowiskowych i emisji, czyli indywidualnego podejścia do obliczania śladu węglowego. Wymaga ono następujących kroków:

- zrozumienie specyfiki firmy – analiza procesów technologicznych, łańcucha dostaw oraz struktury organizacyjnej,
- uwzględnienie lokalnych warunków – regulacje prawne, rodzaj dostępnych surowców czy źródeł energii,
- dostosowanie metodologii – przystosowanie standardowych

metod obliczenia tak, aby były bardziej precyzyjne i wiarygodne w polskich warunkach.

Obliczanie śladu węglowego to nie tylko obowiązek wynikający z regulacji, ale także klucz do budowania przyszłościowych strategii biznesowych. Zrównoważony rozwój zyskuje na znaczeniu, przedsiębiorstwa są coraz bardziej zobowiązane do działania w sposób, który uwzględnia nie tylko cele ekonomiczne, ale także społeczne i ekologiczne. Zmiany klimatyczne, w tym emisja GHG, stanowią jedno z głównych wyzwań, które firmy muszą brać pod uwagę w swoich strategiach dekarbonizacji. Zmniejszenie GHG stało się głównym celem, nie tylko z perspektywy ochrony środowiska, ale także w kontekście odpowiedzialności społecznej i oczekiwań konsumentów oraz inwestorów.

Literatura

- [1] Amienyo David, Cecil Camilleri, Adisa Azapagic, 2014. Environmental impacts of consumption of Australian red wine in the UK. *Journal of Cleaner Production*, 72:110-119. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.044>.
- [2] Bosco Simona, Claudia Di Bene, Mariassunta Galli, Damiano Remorini, Rossano Massai, Enrico Bonari, 2011. Greenhouse Gas Emissions in the Agricultural Phase of Wine Production in the Maremma Rural District in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy* 6 (2):e15. <https://doi.org/10.4081/ija.2011.e15>.
- [3] Deal, 2020. The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels.
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/2464 z dnia 14 grudnia 2022 r. w sprawie zmiany rozporządzenia (UE) nr 537/2014, dyrektywy 2004/109/WE, dyrektywy 2006/43/WE oraz dyrektywy 2013/34/UE w odniesieniu do sprawozdawczości przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju.
- [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1760 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie należytej staranności przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju oraz zmieniająca dyrektywę (UE) 2019/1937 i rozporządzenie (UE) 2023/2859.
- [6] Gawlik Małgorzata, Łukasz Nowak, Marcin Baran 2008. Analiza właściwości win produkcji polskiej. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLI (1):15-20.
- [7] Gazulla Cristina, Marco Rauegi, Pere Fullana-i-Palmer, 2010. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks?. *Int J Life Cycle Assess* 15: 330-337. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0173-6>.
- [8] GHG Protocol, 2018. The Greenhouse Gas Protocol Initiative <https://ghgprotocol.org/>.
- [9] GUS, 2023. Produkcja wyrobów przemysłowych w 2023 roku.
- [10] ISO 14040, 2009. Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura.
- [11] ISO 14044, 2009. Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne.
- [12] KOWR. 2024. Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa. Źródło: <https://wino-grodnicy.pl/>, 17.01.2025.
- [13] Luchian Camelia Elena, Elena Cornelia Focea, Elena Cristina Scutaras, Iuliana Motrescu, Ana Maria Vlase, Laurian Vlase, Lucia Cintia Colibaba, Valeriu Cotea, Oak Aging and Ultrasound Treatment for Improving the Sensory Profile of Sauvignon Blanc Wines. In *International Conference on Global Research and Education*, 104-121.
- [14] Marco-Fondevila, Miguel, José M. Moneva, Fernando Llana-Macarulla. 2020. Accounting for Carbon Footprint Flows in Wine Production Process. Case Study in Spanish Winery. *Applied Sciences* 10:8381. <https://doi.org/10.3390/app10238381>
- [15] Mierczynska-Vasilev Agnieszka, Paul A. Smith. 2015. Current state of knowledge and challenges in wine clarification. *Australian Journal Of Grape And Wine Research* 21:615-626.
- [16] Myśliwiec Roman, 2006. Winorośl i wino. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- [17] Neto Belmira, Ana Cláudia Dias, Marina Machado. 2013. Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *Int J Life Cycle Assess* 18:590-602. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4>.
- [18] Pinto da Silva Luís, Joaquim C.G. Esteves da Silva. 2022. Evaluation of the carbon footprint of the life cycle of wine production: A review. *Cleaner and Circular Bioeconomy* 2:100021. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100021>.
- [19] Point E., Tyedmers P., Naugler C. 2012. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production* 27:11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.035>.
- [20] Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council, 2021, establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999.
- [21] Surma W., Holler R., 2005. Produkcja wina, cz. I: Przetwarzanie winogron, moszczu, fermentacja alkoholowa, ochrona przed utlenianiem, klarowanie, zbiorniki na wino, Silberberg.
- [22] Trombly Amanda J., Marie-Odile P. Fortier. 2019. Carbon Footprint of Wines from the Finger Lakes Region in New York State. *Sustainability* 11:2945. <https://doi.org/10.3390/su11102945>.
- [23] Vázquez-Rowe Ian, Pedro Villanueva-Rey, M Teresa Moreira, Gumersindo Feijoo. 2012. Environmental analysis of Ribeiro wine from a timeline perspective: Harvest year matters when reporting environmental impacts. *Journal of Environmental Management* 98:73-83. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.009>.
- [24] Wilgosiewicz Karol, Tomasz Lesiów. 2011. Aspekty przyrodnicze, technologiczne i ekonomiczne produkcji win gronowych w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem Dolnego Śląska. *Nauki Inżynierskie i Technologie* 3:225-244.
- [25] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena. 2024. Analiza śladu węglowego krajowej produkcji żywności – badania na przykładzie cukru. *Przemysł Spożywczy* 78 (1):44-50. DOI 10.15199/65.2024.1.2.
- [26] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Paweł Kuleta. 2023. Analiza śladu węglowego przechowywania i transportu chłodniczego na przykładzie borówki amerykańskiej. *Przemysł Spożywczy* 77:18-25. DOI 10.15199/65.2023.7.4.
- [27] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Łukasz Przybysz. 2024. Carbon footprint calculating for fruit processing and storage activities. *Journal of Cleaner Production* 479:144062. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144062>.
- [28] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Łukasz Przybysz, Włodarczyk Ewelina. 2024. Carbon footprint analysis of sugar production in Poland Food and Bioproducts Processing 148:88-94, <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.08.014>.
- [29] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk. 2023. Optymalizacja przetwarzania produktów rolno-spożywczych w celu obniżenia emisji gazów cieplarnianych. *Przemysł Spożywczy* 77 (9):9-14.
- [30] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk. 2024 Comparison of Carbon Footprint Analysis Methods in Grain Processing-Studies Using Flour Production as an Example. *Agriculture* 14:14. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010014>.
- [31] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk. 2024. Badania śladu węglowego produkcji pieczywa. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 1:49-55 DOI 10.15199/61.2024.1.5.
- [32] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk. 2024. Ślad węglowy produkcji mleka. *Przegląd mleczarski* 5:22-31.
- [33] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk, Łukasz Przybysz. 2024. Analysis of Greenhouse Gas Emissions of a Mill According to the Greenhouse Gas Protocol. *Sustainability* 16:11214. <https://doi.org/10.3390/su162411214>.
- [34] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk, Łukasz Przybysz. 2024. Carbon Footprint of Flour Production in Poland. *Sustainability* 16 (11): 4475. <https://doi.org/10.3390/su16114475>.
- [35] Wróbel-Jędrzejewska Magdalena, Ewelina Włodarczyk, Łukasz Przybysz. 2025. Carbon Footprint of Milk Processing – Case Study of Polish Dairy. *Agriculture* 15:62. <https://doi.org/10.3390/agriculture15010062>.
- [36] Zeng Xin An, Shu Juan Yu Lu Zhang, Xiao Dong Chen. 2008. The effects of AC electric field on wine maturation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 9(4): 463-468.