

ESTIMATION OF PARAMETRIC TOOLS FOR ENVIRONMENTAL EVALUATION IN THE AGRO-FOOD SECTOR

Summary

In the paper, the idea of quantitative description of environmental impacts of different solutions (addresses to the processes, objects as well products) in the agro-food sector is presented. The methods used for this purpose are shown and further its usefulness is evaluated. Then the review of the research directions on LCA in the agro-food sector is done. At the end, the conclusions concerning the conditions needed for broader application of these parametric methods are drawn.

Key words: agricultural sector; food sector; environment; ecology; products; parameters; analysis; estimation

OCENA PARAMETRYCZNYCH NARZĘDZI OCENY ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO DLA POTRZEB EKOLOGIZACJI SEKTORA ROLNO-SPOŻYWCZEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono ideę ilościowego określania oddziaływania na środowisko różnych rozwiązań w obszarze sektora rolno-spożywczego, to jest stosowanych w nim procesów, jak i wykorzystywanych obiektów, a zwłaszcza wytwarzanych produktów. Opisano metody, które mogą zostać wykorzystane do realizacji wartościowania wspomnianego oddziaływania, jak i dokonana ocena ich przydatności. Następnie przeprowadzono przegląd kierunków prac podejmowanych w obszarze wartościowania wpływu na środowisko (LCA) sektora rolno-spożywczego. Artykuł kończą wnioski dotyczące uwarunkowań szerszego stosowania omawianych w tekście parametrycznych narzędzi ocenowych.

Słowa kluczowe: sektor rolny; sektor spożywczy; środowisko; ekologia; produkty; parametry; analiza; ocena

1. Wprowadzenie

Ekologizacja rolnictwa, a szerzej mówiąc sektora rolno-spożywczego, rozumiana jako całokształt praktyk zorientowanych na takie wykorzystanie zasobów Ziemi, które nie niszczą ich naturalnych źródeł i walorów, lecz pozwalają na zaspokajanie potrzeb bieżących, jak i kolejnych pokoleń producentów i konsumentów żywności, wymaga ilościowego określania efektów tych praktyk. Środowiskowo ukierunkowana ocena możliwa jest przy użyciu parametrycznych narzędzi, pozwalających na taką ilościową ewaluację podejmowanych działań, by możliwe było porównywanie ich efektów, przykładowo z dotychczasowymi lub innymi planowanymi alternatywnymi działaniami. Dla uzyskania kompleksowej informacji na temat środowiskowego oddziaływania badanego obiektu analizy konieczne jest przeanalizowanie całego cyklu jego życia.

W niniejszym tekście akcent położono na prezentację możliwości ocenowych parametrycznych metod, zorientowanych na ujęcie w cyklu życia, w szeroko rozumianym sektorze rolno-spożywczym.

2. Ilościowe określanie oddziaływania na środowisko

Wstępne rozpoznanie problematyki określania oddziaływań stanowiących nakłady środowiskowe związane z istnieniem obiektów technicznych wskazuje, że jest to dziedzina wymagająca podejścia systemowego. Na rys. 1 przedstawiono te specyficzne cechy oddziaływań (nakładów) środowiskowych, które decydują o systemowym charakterze tej problematyki. Ramy określania oddziaływań środowiskowych obejmują: sfery istnienia maszyn i urządzeń, elementy środowiska oraz występowanie oddziaływań bezpośrednich i pośrednich. Pojawia się tu aspekt pa-

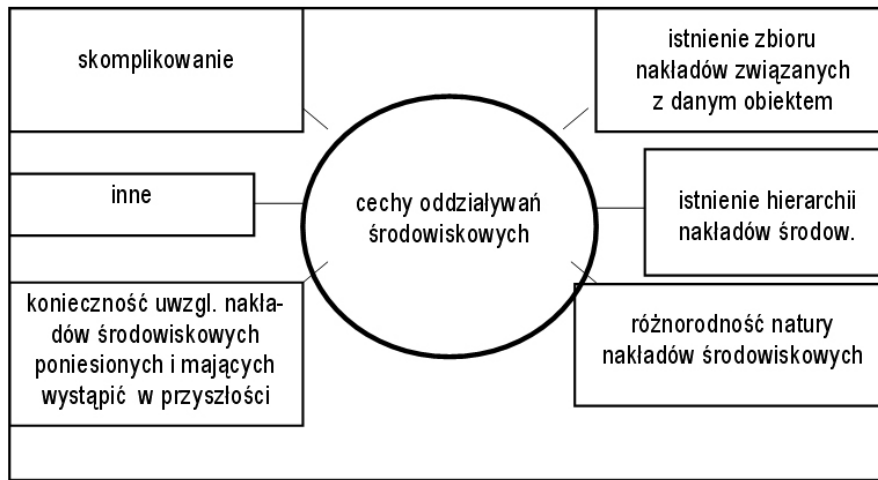
trzenia na te oddziaływania przez pryzmat całego cyklu istnienia (życia) obiektów technicznych, od projektowania do ich likwidacji.

Obecny kształt metod ekobilansowania jest wynikiem potrzeby stworzenia uniwersalnego sposobu kompleksowej oceny wpływu działalności człowieka na postępującą degradację środowiska. W pracy inżynierów najbardziej przydatne okazują się metody parametryczne, umożliwiające przedstawienie poziomu oddziaływania na środowisko za pomocą wartości liczbowych. Kompleksowość ujęcia konsekwencji zapewniona została przez uwzględnienie wszystkich zjawisk zachodzących w ekosystemach oraz przez poszukiwanie przyczyn powstawania obciążeń środowiska, zarówno na etapie wytwarzania oraz eksploatacji, jak i zagospodarowania zużytego obiektu badań [5].

Bilansowanie wpływu na środowisko oparte na koncepcji cyklu istnienia w najbardziej ogólny sposób można określić jako proces, w którym „wejścia” do cyklu i „wyjścia” z niego są analizowane dla każdego kolejnego etapu istnienia obiektu badań.

W odniesieniu do zagadnień środowiskowych można wyróżnić kilka grup metod opartych na koncepcji cyklu istnienia. Są wśród nich metody polegające na:

- ocenie przepływu materiałów (*material flow accounting* – MFA),
- bezpośredniej ocenie cyklu istnienia (*life cycle assessment* – LCA),
- analizach „wejść i wyjść” do systemu (*input-output approach*),
- ocenie oddziaływania na środowisko (*environmental impact assessment* – EIA),
- oszacowaniu ryzyka (*risk assessment* – RA) [6].



Rys. 1. Specyficzne cechy oddziaływań środowiskowych stanowiące o systemowym charakterze zagadnienia [6]
 Fig 1. Specific features of environmental impacts determining a system character of issue [6]

Pierwsze trzy wymienione grupy metod przeznaczone są przede wszystkim do analiz uwzględniających zjawiska społeczno-gospodarcze, a więc w większym lub mniejszym stopniu ujmujących również oddziaływanie na środowisko. Ściśle środowiskowo zorientowany charakter jest cechą wspólną szczególnie dwóch pierwszych grup (MFA i LCA). W metodach MFA analizie poddawane są procesy transformacji wybranego materiału wewnątrz z góry określonego systemu, którego granice mogą być wyznaczone przez cykl istnienia obiektu oceny. W przypadku metod z grupy LCA rozpatrywany jest przepływ wszystkich materiałów w obszarze wyznaczonym przez cykl istnienia obiektu badań. Zakres poruszanych w obu przypadkach problemów można rozszerzać przez analizę przepływu grupy materiałów (w przypadku MFA) lub przez podjęcie oceny obiektu złożonego np. z kilku produktów (w przypadku LCA). Osiągane w ten sposób zbliżenie możliwości zastosowań tych metod nie zmienia jednak tego, że analizy najczęściej prowadzi się z wykorzystaniem metod z grupy LCA.

Należy zwrócić uwagę, że pojęcie oceny (lub oszacowania) cyklu istnienia często jest rozumiane w różny sposób. Niekiedy nawet eksperci posługują się nim, mając na myśli rodzinę metod ekobilansowych opartych na analizie cyklu istnienia obiektu, a czasami określają w ten sam sposób konkretną metodę oceny wpływu na środowisko. Wynika to z zamętu terminologicznego, związanego między innymi ze zbliżeniem do nomenklatury marketingowej, w której „ocena cyklu życia produktu” rozumiana jest jako analiza zależności między wielkością sprzedaży a długością okresu sprzedaży [1]. W obszarze problematyki ekologicznej niespójność nazewnictwa jest konsekwencją występowania różnych metod, bardziej lub mniej do siebie zbliżonych, w których zagadnienie wpływu na środowisko rozpatrywane jest w różnym ujęciu.

3. Przegląd metod ekobilansowych

Pojawiające się w ostatnich latach wciąż nowe możliwości zastosowań analiz ekobilansowych nie eliminują jednak ich zróżnicowania jako czynnika zmuszającego do poszukiwania, a w dalszym etapie do wyboru, metody optymalnej ze względu na konkretne potrzeby. Tak jest również w przypadku problematyki rozważanej w tym tekście. Z

tego powodu kilka metod ekobilansowania, które mogą mieć zastosowanie do wartościowania oddziaływań obiektów technicznych na środowisko, przedstawiono szczegółowo w dalszej części tego rozdziału. Ich charakterystykę (tab. 1) sporządzono według układu zawierającego takie elementy, jak:

- zakres analizy z uwzględnieniem możliwości jego elastycznego kształtowania,
- dane niezbędne do zapewnienia prawidłowości obliczeń,
- algorytm procesu obliczeniowego,
- uniwersalność formy uzyskanych wyników,
- wskazanie ważniejszych możliwych zastosowań [6].

W tab. 2 porównano możliwości zastosowań metod ekobilansowych. Na jej podstawie można stwierdzić, że jedynie metoda oceny cyklu istnienia LCA spełnia wymogi wszystkich potencjalnych zastosowań metod ekobilansowych.

Istnieje jednak znacznie więcej możliwości zastosowań metody LCA, niż wyszczególniono w tab. 2, co świadczy o tym, że jest ona najbardziej uniwersalna. Ogólnie wyróżnia się dwie grupy odbiorców analiz dokonywanych metodą LCA [4]:

1. Wytwórców, dla których są one źródłem informacji w procesie projektowania i wytwarzania wyrobów, służącym do:
 - porównania materiałów możliwych do stosowania,
 - oceny oddziaływania na stan zasobów środowiska,
 - porównania wyrobów substytucyjnych lub różnych wariantów wyrobów podobnych,
 - identyfikacji procesów, czynników i systemów mających największy udział w oddziaływaniach środowiskowych,
 - dostarczania informacji dla audytów,
 - udzielania wskazówek do planowania długoterminowych strategii w zakresie tendencji dotyczących konstrukcji i materiałów,
 - oceny deklaracji środowiskowych innych wytwórców,
 - zwiększania rynkowej konkurencyjności wyrobów.
2. Gremia decyzyjne z sektora publicznego, wykorzystujące otrzymane wyniki do:
 - podejmowania decyzji w zakresie ustaw i przepisów regulujących użycie materiałów (podatki, zakazy itp.),
 - ustanawiania norm reklamowania wyrobów,
 - oceny i różnicowania produktów dla celów etykietowania,

Table 1. Characteristic of eco-balance methods

Metoda	Zakres analizy	Niezbędne dane	Algorytm procesu	Forma wyników	Możliwości zastosowań
Ocena cyklu istnienia LCA	możliwość ujęcia całego cyklu istnienia obiektu lub jedynie wybranego jego fragmentu odniesienie wyników do bieżącego stanu środowiska	o oddziaływaniu na środowisko obiektu analizy (w zakresie odpowiadającym przyjętym założeniom) o oddziaływaniach na środowisko w skali, do której odniesione są wyniki	klasyfikacja oddziaływań (pogrupowanie na kategorie) ocena wielkości wpływu na kategorie normalizacja (odniesienie wielkości oddziaływań do całkowitego ich rozmiaru na danym terenie) ocena porównawcza i wyznaczenie współczynnika środowiskowego	wpływ na środowisko w ramach kategorii oddziaływań (ich rodzaj i ilość zależą od przyjętej procedury obliczeń) możliwość prezentacji pełnego profilu środowiskowego w formie jednej liczby (współczynnika środowiskowego)	ocena rzeczywistego poziomu oddziaływania na środowisko (np. w analizach porównawczych) optymalizacja konstrukcji w pracach projektowych weryfikacja materiałów, technologii itp. porównywanie ze standardami
Metoda krytycznych objętości	zorientowanie na aspekty materiałowo-energetyczne oddziaływań ograniczona możliwość ujęcia całego cyklu istnienia brak odniesienia wyników do bieżącego stanu środowiska	zapotrzebowanie na energię ilość pozostawianych odpadów substancje emitowane do gleby, powietrza i wody	wyznaczenie granicznych dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń emitowanych do gleby, powietrza i wody obliczenie skumulowanych wartości energii i objętości odpadów, krytycznych objętości powietrza i wody	profil środowiskowy w formie wskaźników wyznaczonych w obliczeniach możliwość prezentacji wyników w postaci jednej liczby	oceny stosunkowo prostych obiektów etykietowanie wyrobów analizy porównawcze
Wyznaczenie stopnia ekologicznego wykorzystania środowiska (metoda ekopunktowa)	wyznaczenie bezpośredniego oddziaływania na środowisko ujęcie mierzalnych ilościowo oddziaływań ograniczona możliwość ujęcia całego cyklu istnienia	wielkość emisji do powietrza i wody zużycie energii ilość powstających odpadów dane o bieżącym stopniu wykorzystania środowiska	wyznaczenie rzeczywistego obciążenia środowiska przez poszczególne substancje wyznaczenie maksymalnej dopuszczalnej ilości tych substancji obliczenie współczynnika ekologicznego	profil środowiskowy charakteryzujący: – emisję substancji do powietrza – emisję substancji do wody – wpływ na powstawanie biomasy – wpływ na wyczerpywanie zasobów energetycznych	analizy porównawcze brak możliwości wykorzystania w projektowaniu ze względu na wpływ elementów subiektywizmu
Metoda sumarycznych nakładów środowiskowych	ujęcie całego cyklu istnienia lub jego części ocena nakładów środowiskowych	materiałowo-konstrukcyjne materiałowo-energetyczne nakłady pracy ubytki w żywych zasobach organosfery	wyznaczenie nakładu środowiskowego w postaci ilorazu pobranej ze środowiska części zasobu i istniejącego zasobu danego rodzaju sumowanie nakładów środowiskowych obliczenie sozoindeksu (stosunek sumarycznego nakładu środowiskowego do efektu użytkowego)	możliwość obliczenia jednego współczynnika dla obiektu oceny możliwość zachowania składowych końcowego wyniku dla poszczególnych etapów cyklu istnienia	analizy porównawcze wyrobów porównywanie ze standardami projektowanie planowanie rozwoju przedsięwzięć

Tab. 2. Przydatność metod ekobalansowych dla różnych zastosowań [6]

Table 2. Usefulness of eco-balance methods for different purposes [6]

Obszar zastosowań	Metoda			
	LCA	krytycznych objętości	ekopunktowa	sumarycznych nakładów środowiskowych
Projektowanie	+	-	+/	-
Udoskonalanie produktu	+	-	-	+/
Analizy porównawcze	+	+/	+	+
Ekoetykietowanie wyrobów	+	+	+	+
Ustanawianie norm	+	-	-	-
Planowanie strategii rozwoju	+	-	-	-
Działania marketingowe	+	+	+	+
Kształtowanie polityki podatkowej	+	-	-	-

+ spełnia wymagania, - nie spełnia wymagań, +/- częściowo spełnia wymagania

- rozwoju długoterminowej polityki dotyczącej stosowania materiałów, ochrony zasobów i ogólnego zmniejszenia oddziaływania na środowisko,
 - oceny efektów wprowadzanych technologii zagospodarowania odpadów i zmniejszania zużycia zasobów.
- Możliwość wykorzystania metod ekobilansowych są konsekwencją ich różnych cech, spośród których ważniejsze to:
- kompleksowość,
 - uwzględnianie problematyki alokowania oddziaływań,
 - odniesienie identyfikowanych oddziaływań do bieżącego stanu środowiska i ogólnego poziomu oddziaływań (np. w skali globalnej) na poszczególne jego elementy.

Kompleksowość metod ekobilansowych rozumiana jest jako obejmowanie zakresem analizy wszystkich etapów istnienia obiektu i wszystkich związanych z nimi oddziaływań. Metoda LCA spełnia to wymaganie. W jej przypadku zakres poruszanych problemów uzależnić można od celu ekobilansu.

4. Metoda LCA

Jak wynika z przedstawionego przeglądu, do ilościowego określenia wpływu obiektów technicznych na środowisko najbardziej przydatna jest metoda środowiskowej oceny cyklu życia produktów (*Environmental Life Cycle Assessment of Products – LCA*), ze względu na dużą jej elastyczność oraz możliwość kompleksowej oceny oddziaływań środowiskowych. Metoda została zdefiniowana jako sposób ilościowego określania środowiskowego obciążenia, który jest oparty na inwentaryzacji czynników środowiskowych w odniesieniu do obiektu (wyrobu, np. maszyny, urządzenia), procesu lub innej działalności w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania [4]. Sposób ten daje możliwość identyfikacji oraz oceny emisji do środowiska szkodliwych substancji, a także oceny materiałochłonności i energochłonności we wszystkich etapach istnienia wyrobu: od jego powstania w procesie produkcyjnym, poprzez eksploatację, aż do końcowego zagospodarowania.

LCA składa się z pięciu głównych etapów: definicji celu, inwentaryzacji danych, oceny oddziaływania, interpretacji otrzymanych wyników, propozycji poprawy [2]. Metoda pozwala na określenie, za pomocą syntetycznych wskaźników, który z porównywanych obiektów jest bardziej szkodliwy dla środowiska.

W metodzie wyodrębniono szereg kategorii środowiskowych, na które oddziałują analizowane obiekty w całym cyklu istnienia [2]. Są to:

1. Stan ekosystemów:
 - zatrucie środowiska substancjami toksycznymi,
 - zakwaszenie i eutrofizacja,
 - wykorzystanie i degradacja terenu.
2. Zdrowie ludzkie:
 - choroby układu oddechowego, podzielone na dwie grupy: powodowane przez substancje organiczne i nieorganiczne,
 - zjawiska zmiany klimatu,
 - zubożenie warstwy ozonowej,
 - emisja substancji rakotwórczych,
 - promieniowanie jonizujące.
3. Zasoby surowców:
 - wydobycie kopaliny,
 - wyczerpywanie zasobów paliw kopalnych.

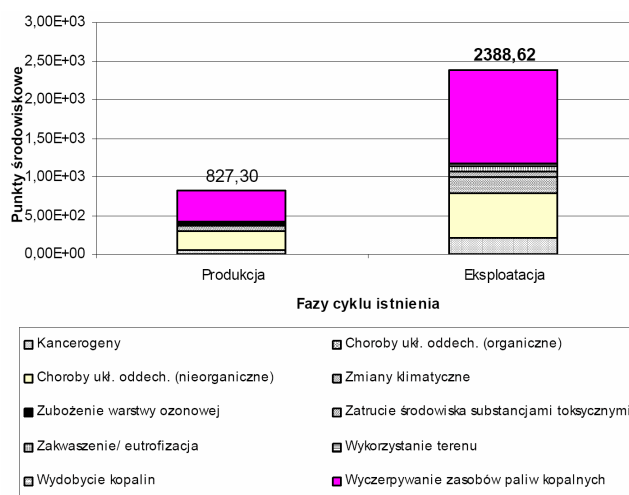
5. Przykłady analizy z obszaru sektora rolno-spożywczego

5.1. Maszyny spożywcze

Do badań, dotyczących głównie etapu eksploatacji, wybrano trzy urządzenia przemysłu spożywczego, zaliczane do grupy maszyn służących do formowania, dozowania i konfekcjonowania produktów (maszyny pakujące). Są one przeznaczone do pakowania i zamykania w pojemniki mlecznych produktów płynnych, półpłynnych lub pastowych [3, 6, 7].

Dla rozpatrywanych trzech obiektów wykonano szereg kompleksowych analiz, dotyczących różnych sfer ich cyklu istnienia oraz różnych kategorii oddziaływań środowiskowych. Niektóre z wyników, odnoszące się do maszyny pierwszego z analizowanych typów, zostały omówione poniżej.

Na rys. 2 przedstawiono profile oddziaływań środowiskowych dla badanej maszyny, dla różnych etapów jej cyklu życia. W zakresie tych oddziaływań widoczna jest dominacja etapu eksploatacji nad etapem produkcji. Podczas eksploatacji analizowanej maszyny są generowane blisko trzykrotnie większe oddziaływania środowiskowe niż na etapie jej wytwarzania. Główne obciążenia są związane z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych, stanowiąc blisko połowę wszystkich oddziaływań podczas produkcji i ponad połowa podczas eksploatacji. Wiąże się to z pozyskiwaniem surowców energetycznych.



Rys. 2. Rozkład obciążeń środowiskowych na poszczególnych etapach cyklu życia badanych obiektów [3]

Fig. 2. Distribution of environmental burdens at several stages of life cycle of examined objects

Zarówno na etapie produkcji, jak i eksploatacji obciążenia środowiskowe są powiązane głównie z pozyskiwaniem surowców służących do produkcji paliw, głównie węgla kamiennego, który w Polsce stanowi podstawę systemu energetycznego. Znaczący udział w całkowitym obciążeniu środowiskowym mają też oddziaływania związane z chorobami układu oddechowego, powodowanymi przez substancje nieorganiczne, co jest również związane z przetworstwem węgla kamiennego i generowaniem do atmosfery znacznych ilości pyłów. Następne w kolejności oddziaływania związane z emisją substancji rakotwórczych i powodujące zmiany klimatyczne są już znacznie mniejsze. Po poddaniu szczegółowej analizie tego etapu cyklu istnienia zauważono znaczącą przewagę oddziaływań związa-

nych z energochłonnością. Dominujący wpływ na oddziaływanie środowiskowe badanych obiektów na etapie eksploatacji ma pobór energii elektrycznej. Oddziaływania związane z tym aspektem eksploatacji są blisko czterdziestokrotnie większe niż generowane przez wytworzenie materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych.

Podobnie, jak w przypadku analizy dotyczącej obciążeń powstających na poszczególnych etapach cyklu istnienia badanych obiektów, stwierdzono znaczną przewagę oddziaływań związanych z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych. Jest to, podobnie jak w poprzednim przypadku, związane z pozyskaniem paliw potrzebnych do wytworzenia energii elektrycznej.

W analizie ekobilansowej uwzględniono również obciążenia środowiskowe pochodzące od środków transportowych używanych podczas eksploatacji, na potrzeby dostarczenia części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych. Jednak oddziaływania środowiskowe generowane przez tę podkategorię eksploatacji były marginalne (ok. 0,3%).

5.2. Procesy dystrybucji piwa

Głównym celem badań było określenie najbardziej przyjaznego pod względem środowiskowym sposobu dystrybucji piwa w Polsce. Zakresem analizy objęto procesy poprodukcyjne: mycie, napełnianie i zamykanie opakowań, a także procesy transportowe. Materiały, z których wykonano opakowania, jak również środki transportu i miejsca docelowe dystrybucji, stanowiły zmienne, uwzględnione w analizie.

Proces dystrybucji składa się z dwóch etapów: operacje pakowania (mycie, napełnianie i zamykanie różnorodnych opakowań) oraz procesy transportowe. W zakresie napełniania opakowań uwzględniono następujące opcje [5]:

1) butelki szklane (0,5 l) jednorazowego użytku (określane dalej w artykule jako butelka 1),

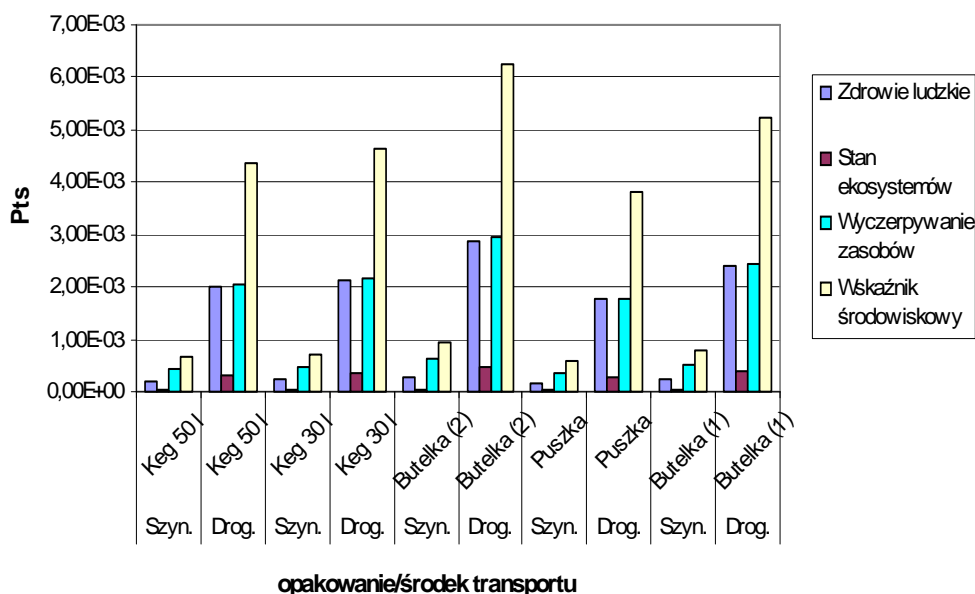
- 2) butelki szklane (0,5 l) wielokrotnego użytku (określane dalej w artykule jako butelka 2),
- 3) puszki aluminiowe (0,5 l),
- 4) kegi ze stali kwasoodpornej o pojemności 30 l,
- 5) kegi ze stali kwasoodpornej o pojemności 50 l.

Dane na temat procesów napełniania i zamykania opakowań pozyskano z jednego z największych polskich browarów. Procesy transportowe napełnionych piwem opakowań wymienionych wyżej realizowano za pomocą 16-tonowych zestawów samochodowych (na średnią odległość 250 km), a następnie samochodami dostawczymi do 3,5 tony (na krótkim dystansie 25 km) dostarczając je do centrów handlowych i sklepów. Podobne odległości uwzględniono dla transportu kolejowego (250 km) i samochodami dostawczymi na krótkim dystansie (25 km). Struktura analizowanego systemu dystrybucji prowadziła od browaru, uwzględniała pięć rodzajów opakowań i trzy warianty transportu i prowadziła do klienta.

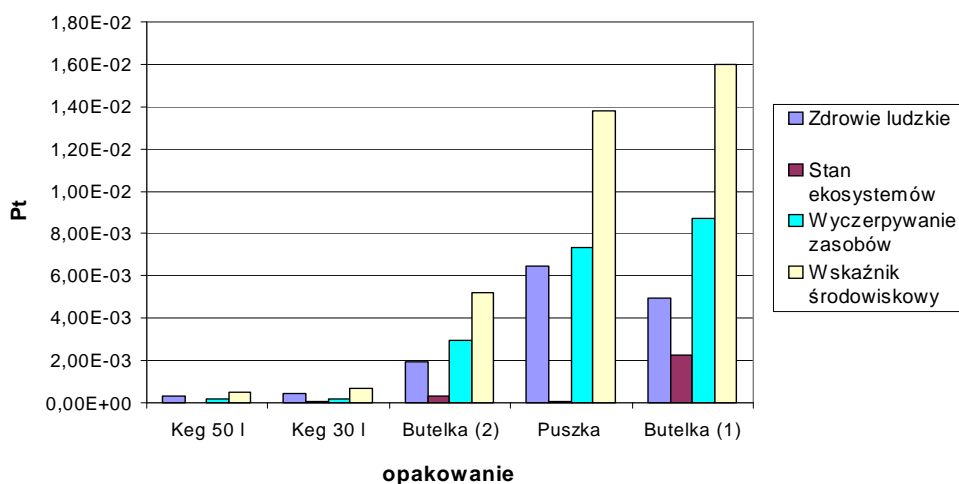
Jako jednostkę funkcjonalną wyodrębniono 0,5 l piwa (najczęściej spotykana objętość w sklepach i pubach). Do tej ilości odnoszono wszystkie uzyskane wyniki.

Ważniejsze wyniki studium dotyczącego środowiskowego porównania systemów dystrybucji piwa przedstawiono na rys. 3 i 4.

Najbardziej przyjaznym pod względem środowiskowym rozwiązaniem jest system dystrybucji zakładający rozlewanie piwa w pięćdziesięciolitrowe kegi stalowe i transport za pomocą kolei. Niewiele gorszą opcją jest rozlewanie piwa w mniejsze kegi o pojemności 30 l i również transport kolejowy (różnica w poziomie oddziaływań środowiskowych wynosi jedynie 20%). Najmniej przyjaznym środowiskowo rozwiązaniem jest rozlewanie piwa do butelek szklanych jednorazowego użytku i dostawa do klienta za pomocą środków transportu drogowego. Poziom oddziaływania środowiskowego takiego rozwiązania przewyższa blisko osiemnastokrotnie poziom oddziaływania wyżej wymienionych systemów dystrybucji piwa.



Rys. 3. Oddziaływania środowiskowe środków transportu
Fig. 3. Environmental impacts of transport



Rys. 4. Oddziaływania środowiskowe opakowań i procesów pakowania
 Fig. 4. Environmental impacts of packaging and packing processes

W przypadku pojemników wielokrotnego użytku (kegów, butelek szklanych) główne oddziaływania środowiskowe są związane z procesami transportowymi, podczas gdy poziom oddziaływań związanych z opakowaniem i procesem pakowania jest znacznie niższy. Jest to spowodowane faktem, iż ww. opakowania mogą być wielokrotnie użytkowane (butelki szklane – 6 razy, kegi stalowe – 100-150 razy). Powoduje to, że kegi stalowe to rodzaj opakowań szczególnie preferowanych ze środowiskowego punktu widzenia, choć dobrym rozwiązaniem jest również używanie butelek szklanych wielokrotnego użytku.

W przypadku opakowań jednorazowych (butelki szklane, puszki aluminiowe) widoczna jest znaczna przewaga oddziaływań związanych z opakowaniem. W przypadku oddziaływań generowanych przez butelki szklane jednorazowego użytku poziom tych oddziaływań nawet dwudziestokrotnie przewyższa poziom oddziaływań związanych z transportem.

6. Kierunki prac podejmowanych w zakresie wartościowania wpływu na środowisko sektora rolno-spożywczego

Analizie poddano publikacje prezentowane w 2011 i 2012 r. w renomowanym periodyku naukowym poświęconym LCA, a mianowicie „*International Journal of Life Cycle of Management*”, wydawanym przez Springer Verlag. Spośród 116 artykułów, które ukazały się w 12 analizowanych zeszytach tego pisma, ponad 23% z nich dotyczyło szeroko rozumianej problematyki sektora rolno-spożywczego [8].

Publikacje, odzwierciedlające dość wiernie kierunki, jak i nasilenie uwagi w odniesieniu do poszczególnych obszarów wspomnianego wyżej sektora, przydzielić można do tematyki LCA powiązanej z:

- gruntami rolnymi (2),
- wodą stosowaną w procesach rolniczych (4),
- hodowlą zwierząt i połowem ryb (5),
- produkcją zbóż i innych roślin (3),
- użyciem surowców rolniczych do produkcji paliw (3)
- udziałem gazów cieplarnianych w produkcji rolniczej – śladem węglowym (6),
- innymi zagadnieniami (4).

Poniżej omówione zostaną poszczególne obszary zastosowań LCA w sektorze rolno-spożywczym.

Z racji istotności gleby dla produkcji rolnej autorzy fińscy podjęli analizę dziewięciu różnych wskaźników reprezentujących trzy różne aspekty środowiskowe, związane z użyciem ziemi, wykorzystywanej na potrzeby uprawy surowców stosowanych do produkcji piwa. Autorzy kanadyjscy i niemieccy dokonali oceny wpływu użycia ziemi na ekologiczne funkcje gleby, mając na uwadze realia kanadyjskie.

Nie mniej ważny jest problem racjonalnego wykorzystywania wody w sektorze rolno-spożywczym. Australijscy autorzy porównują zużycie wody w hodowli inwentarza żywego, na przykładzie analizy sześciu różnych miejsc (rzec by można systemów) produkcji wołowiny w Nowej Południowej Walii. Amerykańsko-szwajcarski zespół autorów dokonuje oceny środowiskowych efektów zużycia wody na potrzeby produkcji kukurydzy stosowanej do wytwarzania bioetanolu w rafineriach amerykańskiego stanu Minnesota, mając na uwadze różne rozważane scenariusze. Szwajcarscy autorzy, ze wsparciem jednego lokalnego (argentyńskiego) specjalisty od LCA, analizują różne aspekty zużycia wody na potrzeby produkcji biopaliw, dla wspomnianych realiów argentyńskich, porównując wyniki dla biopaliw pochodzących z różnych surowców i regionów. Obszerne studium dotyczące kategoryzacji wód na potrzeby inwentaryzacyjnych analiz LCA, mając na uwadze jej źródła, parametry jakościowe i użytkowników, przygotowali autorzy kanadyjscy.

Przegląd metodologicznych problemów w obszarze tzw. akwakultury (tu związanych z połowem ryb, ocenianym, jako najszybciej rozwijający się sektor produkcji zwierzęcej) przedstawili autorzy holenderscy, analizując dziesięć artykułów i dwie rozprawy doktorskie. Z innych prac wyróżnić należy analizę LCA dotyczącą środowiskowych konsekwencji intensywnej hodowli suma rekiniego w Delcie Mekongu, mającą na celu zbadanie krytycznych oddziaływań w tym procesie, przygotowaną przez autorów holenderskich, z udziałem jednego Wietnamczyka. Interesująca jest środowiskowa ocena sezonu połowów makreli na Północno-Wschodnim Atlantyku, dokonana na podstawie danych pochodzących z 8 lat, odnosząca się do łowiska baskijskiego, a dokonana przez autorów hiszpańskich. Tekst, będący pierwszym szczegółowym oszacowaniem cyklu życia australijskiego mięsa czerwonego (wo-

łowego i owczego), przedstawia zespół autorów australijskich, wsparty metodologicznie przez Szweda. W innej pracy określa się środowiskowy efekt stosowania środków weterynaryjnych w produkcji świń, dla warunków amerykańskich Wielkich Równin, opracowany przez autorów amerykańskich.

Odrębny tematycznie zakres mają prace dotyczące oceny środowiskowej zbóż i innych roślin, jak na przykład analiza przypadku dotycząca produkcji pszenicy ozimej we Francji, z użyciem czterech scenariuszy, przygotowana przez autorów francuskich. Inna praca dotyczy środowiskowo-ekonomicznej oceny organicznej uprawy roślin, wykonana przez autorów szwajcarskich. Kolejna praca, przygotowana przez autorów hiszpańskich, dotyczy oceny środowiskowej cyklu uprawowego kalafiora.

Co łatwo zrozumieć, pojawiają się prace poświęcone różnym aspektom środowiskowym stosowania różnych surowców rolniczych do produkcji biopaliw. Są to przykładowo amerykańskie badania nad kukurydzą, hiszpańskie prace nad robiną akacjową czy australijskie badania produktów pochodzących z trzciny cukrowej.

Stosunkowo nowy obszar badawczy tworzą prace zorientowane na tzw. ślad węglowy. Kanadyjscy autorzy dokonują ilościowej estymacji śladu węglowego wybranych roślin oleistych, biorąc pod uwagę wpływ nawożenia i środowiska. Autorzy z Malezji określają udziały gazów cieplarnianych w różnych fazach systemu produkcji oleju palmowego. Skandynawsko-nowozelandzki zespół autorów analizuje i porównuje w swoim referacie poziom emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją odtuszczonego mleka dla warunków Szwecji i Nowej Zelandii. Szwedzcy autorzy dokonują ustalenia śladu węglowego dla produkcji pszenicy i jednego z produktów z jej udziałem, a mianowicie makaronu. Brytyjscy autorzy i Niemiec dokonują rozpoznania jak na ślad węglowy białego i pełnoziarnistego chleba wpływa położenie kraju pochodzenie ziarna. Z kolei duże grono autorów z Wielkiej Brytanii, Niemiec i Hiszpanii analizuje emisję gazów cieplarnianych związanych z produkcją wytworów firmy Knorr.

Jest ponadto szereg tekstów odnoszących się do różnych innych zastosowań LCA, a dotyczących:

- produkcji ciętych róż w warunkach ekwadorskich i holenderskich (autorzy z Niemiec),
- harmonizacji metodologii oceny środowiskowej różnych napojów i spożywczych produktów stałych (autorzy z Belgii, Włoch, Francji, Niemiec, Szwajcarii, Wielkiej Brytanii i Szwecji),
- oceny środowiskowej specjalnych urządzeń do komunikacji stanu świeżości produktów spożywczych (autorzy z Hiszpanii, Holandii, Danii, Szwecji i Finlandii),
- określenia priorytetów zmniejszenia obciążenia środowiskowego w funkcjonowaniu restauracji i innych form dostawy posiłków (autorzy z USA).

Jak wynika z powyższego przeglądu, z wykorzystaniem LCA analizowane są zarówno przypadki dotyczące poszczególnych produktów, jak i całych technologii. Są też prace metodologiczne, jak i mające na celu poszerzenie baz danych. Licznie, biorąc po uwagę potencjał ludzki, reprezentowani są zwłaszcza autorzy skandynawscy i szwajcarscy, ale też z innych państw UE oraz USA, Kanady i Australii.

Incydentalnie pojawiają się również autorzy z krajów egzotycznych, znający realia lokalne. Ważne jest to, że problematyka sektora rolno-spożywczego jest reprezentowana w zauważalny sposób.

7. Podsumowanie

Przedstawione wyniki analiz ekobilansowych stanowią pewien wycinek badań, jakie przeprowadzono już w odniesieniu do sektora rolno-spożywczego. Zaprezentowane studia przypadku zostały wyselekcjonowane jedynie w celu ukazania ich możliwości w tym sektorze.

Szersze stosowanie wspomnianych wyżej analiz, z wykorzystaniem parametrycznych narzędzi ocenowych, uzależnione jest od wielu czynników takich, jak:

- dostęp do danych (trudny lub niekiedy bardzo trudny, zwłaszcza w przypadku producentów maszyn i urządzeń, a nieco łatwiejszy w odniesieniu do eksploatorów obiektów technicznych),
- zainteresowanie wynikami analiz ze strony właścicieli producentów i eksploatorów (występujące niekiedy zainteresowanie stanowi bodziec do poszukiwania realizatorów badań, zlecania ich i wykorzystywania w praktyce),
- regulacji prawnych w obszarze zagadnień zrównoważonego rozwoju (pojawianie się takich regulacji stopniowo wymusza realizowanie analiz LCA (recykling, pojazdy, sprzęt RTV),
- oczekiwań rynkowych w zakresie „zielonych rozwiązań” (społeczeństwa państw tzw. starej unii, a zwłaszcza państw skandynawskich są zdecydowanie bardziej przychylnie takim rozwiązaniom),
- podaży realizatorów badań (istnieją już ośrodki naukowe i firmy konsultingowe przygotowane do realizacji analiz LCA),
- rozwoju edukacji w zakresie ekobilansowania (w Polsce prowadzona na wybranych wydziałach niektórych uczelni).

8. Bibliografia

- [1] Białecki K.P.: Marketing producenta i eksportera. Poltext, Warszawa 1992.
- [2] Goedkoop M., Spriensma R. et al.: The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Assessment. Methodology Report. PRé Consultants B.V., Amersfoort, 2000.
- [3] Kasprzak J.: Uwzględnianie etapu eksploatacji w środowiskowej ocenie produktów, materiały konferencyjne VIII konferencji „Zarządzanie jakością, środowiskiem, wiedzą, bezpieczeństwem... - praktyka wzbogaca teorię”, Boszkowo, 21-23.04.2004, s. 97-106.
- [4] Kłós Z.: Środowiskowa ocena maszyn i urządzeń, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1998.
- [5] Kłós Z., Kasprzak J., Kurczewski P.: Ocena oddziaływań środowiskowych wybranych maszyn, urządzeń i systemów wykorzystywanych w przetwórstwie żywności. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2010, Vol. 55(3): 170-182.
- [6] Kłós Z., Kurczewski P., Kasprzak J.: Środowiskowe charakteryzowanie maszyn i urządzeń. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2005.
- [7] Materiały producenta maszyn pakujących.
- [8] Przegląd rocznika 2011 i 2012 periodyku „International Journal of Life Cycle Assessment”.