

POSSIBILITIES OF ENVIRONMENTAL IMPACTS' EVALUATION OF THE MACHINES, DEVICES AND SYSTEMS USED IN FOOD PRODUCTION

Summary

The environmental evaluation of the technical objects, especially machines and devices, is relatively new area in Poland. There are still very few enterprises interested in this topic. Furthermore, the acquisition of the complete knowledge about the environmental impact of products, especially of foreign producers, is immensely difficult. The main goal of this paper is to familiarize the reader with the ideal of the quantification of the environmental impacts of the technical objects and processes. In the experimental part the two case studies are presented. One concerns the analysis of the environmental impacts of the selected stages of the life cycle of machines, namely food packaging machines. The second one is referred to the evaluation of the environmental impacts of the food packaging processes and distribution.

OCENA ODDZIAŁYWAŃ ŚRODOWISKOWYCH WYBRANYCH MASZYN, URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW WYKORZYSTYWANYCH W PRZETWÓRSTWIE ŻYWNOSCI

Streszczenie

Środowiskowa ocena obiektów technicznych, w szczególności zaś maszyn i urządzeń, jest w naszym kraju relatywnie nową dziedziną. Podkreślenia wymaga fakt, że nadal niewiele jest w Polsce przedsiębiorstw wykazujących zainteresowanie tą problematyką. Nader trudne jest ponadto zdobycie pełnej wiedzy o oddziaływaniu środowiskowym wyrobów, zwłaszcza produktów firm zagranicznych działających na polskim rynku. Celem publikacji jest przybliżenie idei wartościowania wpływu na środowisko obiektów technicznych i procesów. W ramach części badawczej zaproponowano dwa studia przypadków. Pierwsze z nich dotyczy analizy oddziaływań środowiskowych wybranych etapów cyklu życia maszyn, w konkretnym przypadku urządzeń stosowanych w pakowaniu żywności, drugie zaś odnosi się do wartościowania procesów, w tym przypadku do środowiskowych oddziaływań powstających podczas procesów pakowania i dystrybucji wybranych produktów spożywczych.

1. Wprowadzenie

Dla uzyskania maksymalnie obszernej informacji na temat środowiskowego oddziaływania badanego obiektu konieczne jest przeanalizowanie całego cyklu jego życia. Cykl ów rozpoczyna się już w momencie zaistnienia potrzeby, którą rozpatrywany obiekt ma zaspokoić. Następnie dzięki konstruktorowi obiekt przybiera konkretną postać, która materializuje się w etapie wytwarzania. Kolejny etap cyklu istnienia jest związany z wykonywaniem przez obiekt przypisanej mu funkcji – to etap eksploatacji. Po stwierdzeniu, że dalsze istnienie obiektu jest już niemożliwa lub niecelowa, kończy on swój cykl istnienia w wyniku różnych procesów likwidacji. Jest to ostatni etap tego cyklu.

W artykule akcent położono na prezentacji praktycznych zastosowań środowiskowej analizy cyklu życia obiektów. W pierwszym studium przypadku skupiono się szczególnie na eksploatacji jako kluczowym i najdłuższym trwającym etapem cyklu życia badanego obiektu. Drugie studium przypadku obejmuje analizę środowiskową sposobów dystrybucji piwa, przeprowadzoną we współpracy z jednym z największych polskich browarów. Określono procesy pakowania piwa z udziałem różnych opakowań, następnie wykonano analizy dotyczące środowiskowych oddziaływań pięciu typów opakowań (puszki, butelki szklane, kegi) oraz założono scenariusze dotyczące sposobów transportu piwa do konsumenta, a także dokonano wyboru najlepszego pod względem środowiskowym systemu dystrybucji piwa.

2. Aspekty metodyczne

Do ilościowego określenia wpływu obiektów technicznych na środowisko – ekobilansowania – wybrano metodę

środowiskowej oceny cyklu życia produktów (*Environmental Life Cycle Assessment of Products – LCA*). Uczyniono to głównie ze względu na dużą 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 [1, 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, 4]. Metoda pozwala na określenie, za pomocą syntetycznych wskaźników, który z porównywanych obiektów jest bardziej szkodliwy dla środowiska. W konsekwencji produkcji są w stanie udoskonalić lub tak zmodernizować konstrukcję tych obiektów, które są dla środowiska najbardziej uciążliwe, by ów szkodliwy wpływ zminimalizować. Wyniki uzyskane dzięki metodzie LCA mogą być również wskazówką dla konsumentów przy wyborze określonego rozwiązania jako najbardziej prośrodowiskowego.

Zasady wykonywania analiz środowiskowych za pomocą metody LCA, a także sposób oznaczania poszczególnych oddziaływań środowiskowych i wyrażanie ich w punktach środowiskowych zostały szczegółowo opisane m.in. w normach serii ISO 14040 [6]. Efektem analiz przeprowa-

dzanych z użyciem tej metody są wyniki podane w punktach środowiskowych, jednostkach skumulowanych, pozwalających na bezpośrednie porównywanie między sobą oddziaływań środowiskowych.

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 (*ecotoxicity*),
 - zakwaszenie i eutrofizacja (*acid/eutrophication*),
 - wykorzystanie i degradacja terenu (*land use*),
- 2) zdrowie ludzkie:
 - choroby układu oddechowego (*respiration diseases*), podzielone na dwie grupy: powodowane przez substancje organiczne (*organic*) i nieorganiczne (*non organic*),
 - zjawiska zmiany klimatu (*climat change*),
 - zubożenie warstwy ozonowej (*ozone layer*),
 - emisja substancji rakotwórczych (*cancerogens*),
 - promieniowanie jonizujące (*radiation*),
- 3) zasoby surowców:
 - wydobywanie kopalin (*minerals*),
 - wyczerpywanie zasobów paliw kopalnych (*fossil fuels*).

W następnej części publikacji przedstawiono dwa studia przypadków, wybrane spośród analiz środowiskowych przeprowadzanych na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

3. Studium przypadku – maszyny pakujące

3.1. Charakterystyka obiektów analizy

Do analiz ekobilansowych dotyczących głównie etapu eksploatacji, wybrano trzy urządzenia przemysłu spożywczego, zaliczane według Europejskiej Klasyfikacji Działalności do grupy maszyn służących do formowania, dozowania i konfekcjonowania produktów. W dalszej części publikacji obiekty te będą zwane „maszynami pakującymi”.

Wyselekcjonowane maszyny pakujące są przeznaczone do pakowania produktów płynnych i półpłynnych (np. mleko, śmietana, kefir, jogurt itp.) lub pastowatych (np. serek fromage) w gotowe pojemniki wykonane z tworzywa termoplastycznego typu polistyren lub polipropylen i zamykania ich aluminiową platynką. Następnie na opakowania są nakładane zakrywki naciskane, zapewniające bardziej funkcjonalne opakowanie [3, 5, 7].

Główne ruchy robocze są wykonywane dzięki napędowi mechanicznemu, natomiast wszystkie czynności sterownicze, kontrolne oraz programowanie parametrów pracy maszyn są realizowane przez mikroprocesorowe sterowniki elektroniczne.

Dla rozpatrywanych trzech obiektów – maszyn pakujących – 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, określonej na potrzeby niniejszej publikacji jako „maszyna pakująca 1” i przedstawionej na rys. 1, zostały omówione poniżej.

3.2. Analiza ekobilansowa – wybrane wyniki

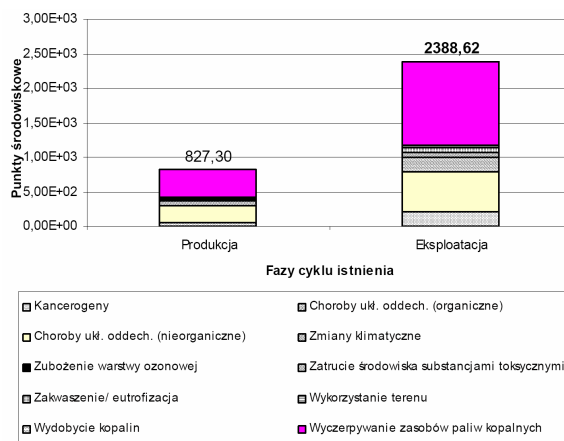
Na rys. 2 przedstawiono profile oddziaływań środowiskowych dla maszyny pakującej 1, dla różnych etapów jej cyklu życia. W zakresie tych oddziaływań widoczna jest dominacja etapu eksploatacji nad etapem produkcji. Podczas eksploatacji analizowanej maszyny są generowane blisko trzykrotnie więk-

sze oddziaływania środowiskowe niż na etapie jej wytwarzania. Główne obciążenia są związane z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych (blisko połowa wszystkich oddziaływań podczas produkcji i ponad połowa podczas eksploatacji). Wiąże się to z pozyskiwaniem surowców energetycznych.

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.



Rys. 1. Obiekt analizy – maszyna pakująca [5]
Fig. 1. Object of the analysis – packaging machine



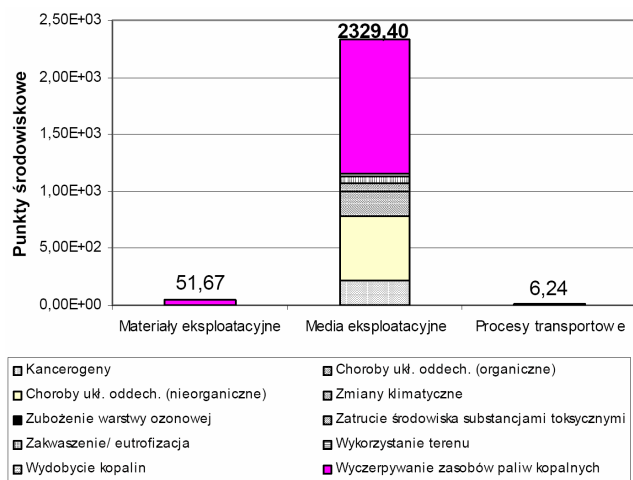
Rys. 2. Rozkład obciążeń środowiskowych na poszczególnych etapach cyklu życia badanych obiektów [3]

Fig. 2. The environmental profile including the impacts of the selected life cycle stages

Znaczący udział w całkowitym obciążeniu środowiskowym mają też oddziaływania związane z chorobami układu oddechowego powodowanymi przez substancje nieorganiczne, co jest również związane z przetwórstwem 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.

Oddziaływania eksploatacyjne badanych obiektów, wpływające w sposób dominujący na poziom obciążeń środowiskowych, podzielono na związane z zapotrzebowaniem na części zamienne i materiały powstającym podczas całej eksploatacji (aspekt materiałowy) oraz z zapotrzebowaniem na energię, głównie elektryczną, niezbędną do użytkowania badanych maszyn (rys. 3).

Po poddaniu szczegółowej analizie tego etapu cyklu istnienia zauważono znaczącą przewagę oddziaływań związanych 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.



Rys. 3. Rozkład obciążeń środowiskowych na etapie eksploatacji badanych obiektów [3]
 Fig. 3. The environmental profile of the operation period of analyzed objects

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%) i można było je pominąć.

4. Studium przypadku – procesy dystrybucji piwa

4.1. Cel i zakres analizy

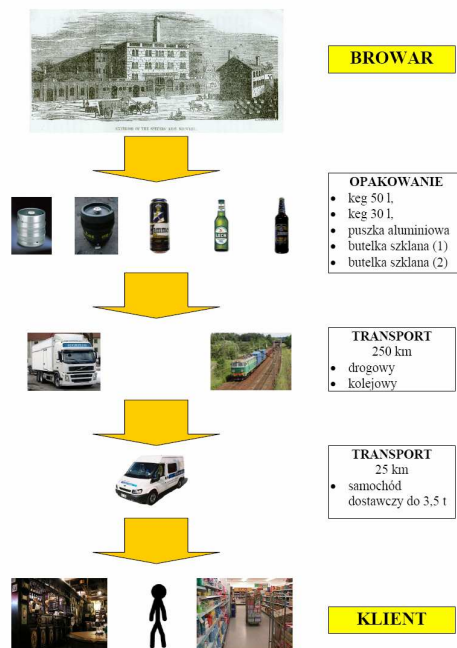
Głównym celem badań było określenie najbardziej przyjaznego pod względem środowiskowym sposobu dystrybucji piwa w Polsce. Zakresem analizy objęto procesy postprodukcyjne: mycie, napełnianie i zamykanie opakowań, a także procesy transportowe. Materiały, z których wykonano opakowania, jak również środki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

- 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, znajdującego się w Wielkopolsce. Procesy transportowe napełnionych piwem opakowań wymienionych wyżej realizowano za pomocą ciężarowego 16-tonowych na średnią odległość 250 km, a następnie samochodami dostawczymi do 3,5 tony na krótkim dystansie 25 km – do centrów handlowych i sklepów. Podobne odległości uwzględniono dla transportu kolejowego (250 km) i samochodami dostawczymi na krótkim dystansie 25 km. Struktura założonego systemu dystrybucji została przedstawiona na rys. 4.

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



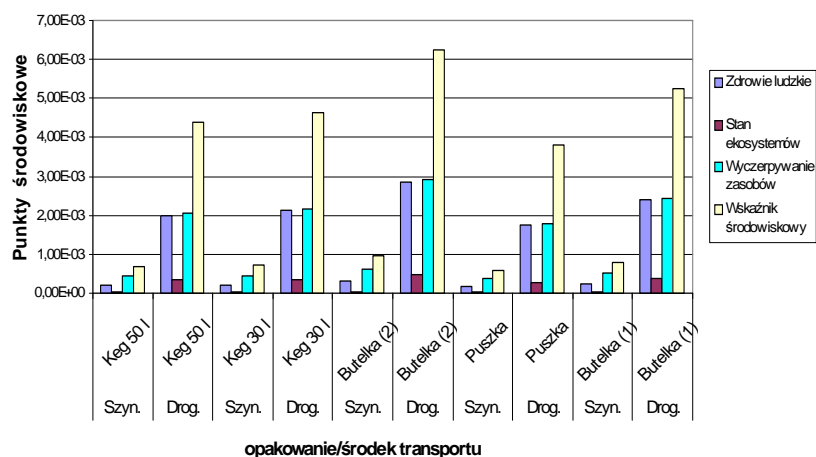
Rys. 4. System dystrybucji piwa
 Fig. 4. The beer distribution system

4.2. Wyniki badań

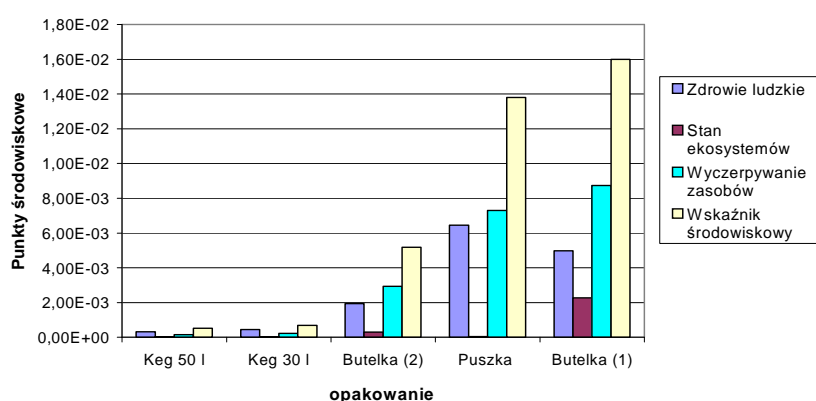
Główne wyniki studium dotyczącego środowiskowego porównania systemów dystrybucji piwa przedstawiono na rys. 5 i 6.

Ważniejsze spostrzeżenia wynikające z przedstawionej analizy, to:

- 1) 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 umieszczanie piwa w mniejszych kegach o pojemności 30 l i 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 oddziaływań wyżej wymienionych systemów dystrybucji piwa.
- 2) 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).



Rys. 5. Oddziaływania środowiskowe środków transportu
 Fig. 5. The environmental impacts of the transportation means



Rys. 6. Oddziaływania środowiskowe opakowań i procesów pakowania
 Fig. 6. The environmental impacts of the packaging and processes

3) 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.

Ogólnie rzecz biorąc, kegi stalowe to rodzaj opakowań szczególnie preferowanych ze środowiskowego punktu widzenia, choć dobrym rozwiązaniem jest również używanie butelek szklanych wielokrotnego użytku.

5. Podsumowanie

Przedstawione wyniki analiz ekobilansowych stanowią jedynie wycinek badań przeprowadzonych na wybranych obiektach. Zaprezentowane studia przypadku zostały wyselekcjonowane w celu ukazania możliwości środowiskowego analizowania maszyn, urządzeń i procesów w produkcji rolno-spożywczej, ze szczególnym uwzględnieniem m.in. procesów eksploatacyjnych obiektów technicznych i procesów dystrybucji. Ponieważ prowadzone dotychczas przez zespół wywodzący się z Politechniki Poznańskiej analizy opierały się głównie na danych pochodzących od producentów maszyn, z konieczności skupiano się przede wszystkim na oddziaływaniach generowanych podczas procesów produkcyjnych.

Zaprezentowane w artykule studium przypadku wskazuje na potrzebę szczegółowego zajęcia się etapem eksploatacji. Na ten stan rzeczy wpływają następujące czynniki:

1. Znaczna długość okresu eksploatacji maszyn i urządzeń, w niektórych przypadkach w przemyśle spożywczym dochodząca do kilkudziesięciu lat, a w związku z tym dominująca rola

eksploatacji, jako etapu istnienia powodującego najpoważniejsze oddziaływania obiektów na środowisko.

2. Zapotrzebowanie na znaczne ilości energii, głównie elektrycznej, w czasie eksploatacji obiektów (w przypadku urządzeń zasilanych energią elektryczną oddziaływania środowiskowe związane z wykorzystaniem tego medium to często ponad 90% całkowitych oddziaływań eksploatacyjnych).

Jednak w tym przypadku (zorientowania na etap eksploatacji), dane pochodzące od producentów, stosunkowo najłatwiejsze do uzyskania, mogą nie być miarodajne. Jedynym rozwiązaniem jest zebranie i szczegółowa analiza danych pochodzących od eksploatatorów obiektów badań oraz od jednostek serwisowych.

6. Literatura

- [1] Environmental Life Cycle Assessment of Products. Part I Guide. Part II Backgrounds, Noh 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] Kłos Z.: Środowiskowa ocena maszyn i urządzeń, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998.
- [5] Materiały producenta maszyn pakujących.
- [6] PN-EN ISO 14040:2009 – Zarządzanie środowiskowe -- Ocena cyklu życia -- Zasady i struktura
- [7] Radomski P.: Zastosowanie oceny cyklu życia jako narzędzia decyzyjnego w prośrodowiskowym rozwoju maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego, rozprawa doktorska. Politechnika Poznańska, 2004.