

Jędrzej KASPRZAK

Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych

ANALIZA ŚRODOWISKOWA PROCESÓW EKSPLOATACYJNYCH MASZYN I URZĄDZEŃ PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Słowa kluczowe

Ekobilansowanie, eksploatacja, LCA, obiekt techniczny.

Streszczenie

W artykule przedstawiono przykład zastosowania metody oceny cyklu życia LCA do analizy środowiskowej etapu eksploatacji obiektów technicznych. Scharakteryzowano metodę badawczą oraz obiekty wybrane do analiz ekobilansowych. Zaprezentowano również wybrane wyniki analizy ekobilansowej procesów eksploatacyjnych, podając sumaryczne wskaźniki środowiskowe, kinetykę zmian oraz rozpoznanie głównych czynników stanowiących o obciążeniu środowiskowym maszyn na etapie eksploatacji.

Wprowadzenie

Mając na względzie postępujące szybko uprzemysłowienie i wynikającą z niego degradację środowiska naturalnego Ziemi, coraz szersze rzesze zwolenników zyskują sobie koncepcje zrównoważonego rozwoju i prośrodowiskowej konsumpcji. Skutkują one pogłębionymi studiami nad możliwym oddziaływaniem wytworów człowieka – obiektów technicznych, a w szczególności maszyn i urządzeń na środowisko. Jednocześnie na skutek rosnącego zainteresowania

kwestiami ochrony środowiska zachodzi potrzeba wartościowania środowiskowego oddziaływania obiektów, tj. ilościowego ujmowania generowanego przez nie obciążenia środowiska.

W literaturze spotkać można niejednokrotnie analizy oddziaływania środowiskowego różnorodnych obiektów, głównie tych mniej skomplikowanych – opakowań, środków spożywczych i kosmetycznych, rzadziej w odniesieniu do maszyn i urządzeń. Większość z tych analiz jest oparta o koncepcję cyklu życia. Można zauważyć, iż tego rodzaju kompleksowe analizy wskazują na etap eksploatacji obiektów technicznych jako na generujący największe obciążenie dla środowiska. Większość przeprowadzanych badań skupia się jednak na analizie procesów wytwórczych maszyn i urządzeń.

Niniejsze studium stanowi próbę określenia oddziaływań środowiskowych powstających na etapie eksploatacji wybranych maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego oraz powiązanych z nią procesów likwidacyjnych wybranych elementów tych obiektów.

1. Metodyka badań

Podczas realizacji opisanych poniżej analiz ekobilansowych posłużono się metodą środowiskowego oszacowania cyklu życia produktów (*Environmental Life Cycle Assessment of Products – LCA*), która została zdefiniowana jako sposób ilościowego określenia obciążenia środowiskowego, oparty na inwentaryzacji czynników środowiskowych w odniesieniu do obiektu (wyrobu, np. maszyny, urządzenia czy produktu spożywczego, ale również w rozumieniu usługi), procesu lub innej działalności, w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania [2]. Procedura szacowania według tej metody pozwala rozstrzygać, na podstawie obliczonych wskaźników, który z porównywanych produktów jest mniej szkodliwy dla środowiska i może służyć producentom do przebudowy lub modernizacji konstrukcji, a także może być pomocą dla użytkowników w wyborze określonego rozwiązania konstrukcyjnego. Metoda LCA może być również użyta do wprowadzenia w życie polityki handlu produktami, może służyć jako narzędzie pomocnicze przy rozwoju wyrobów ekologicznych oraz stanowi instrument decyzyjny dla rządu w jego pracach nad zmniejszeniem uciążliwości środowiskowej przemysłu [4].

Metoda LCA umożliwia identyfikację i ocenę emisji szkodliwych substancji oraz zużycia energii i materiałów we wszystkich fazach cyklu istnienia obiektu. Służyć może do [1]: porównywania oddziaływań środowiskowych różnych produktów spełniających tę samą funkcję, porównywania oddziaływań środowiskowych wyrobu w odniesieniu do przyjętego standardu, identyfikacji dominujących pod względem środowiskowym etapów cyklu życia wyrobu, wspomaganie prac przy projektowaniu nowych wyrobów i wyznaczania kierunków rozwoju przedsiębiorstw.

Metoda LCA składa się z czterech głównych etapów, podzielonych na mniejsze części, zwane modułami. Główne etapy to [2]: definicja celu, inwentaryzacja, klasyfikacja wpływów na środowisko, oszacowanie i propozycje naprawy (przedstawienie wyników).

Jak do tej pory nie ma na świecie jednej, powszechnie uznanej, metodyki LCA i dlatego metody te stosowane w różnych krajach dla oceny tych samych wyrobów czasami dostarczają odmiennych rezultatów [3]. Dzieje się tak ze względu na dużą liczbę uwzględnionych czynników, różniących się między sobą nie tylko w poszczególnych krajach, ale nawet w poszczególnych fabrykach, takich jak poziom procesu technologicznego, sposób traktowania odpadów i emisji w czasie procesu, ustosunkowanie się do wykorzystania środków transportu itd. W ten sposób np. w przypadku ekobilansowych analiz materiałów opakowaniowych może zdarzyć się, że jedne rezultaty badań sprzyjają butelce zwrotnej, inne kartonikowi, a jeszcze inne określają środowiskowe oddziaływanie tych produktów jako jednakowe.

2. Studium przypadku

2.1. Charakterystyka obiektów analizy

Do szczegółowych analiz środowiskowych obciążeń procesami eksploatacyjnymi i likwidacyjnymi wykorzystano obiekty techniczne, pracujące w zakładach przetwórstwa spożywczego, w stosunku do których możliwości pozyskania rzeczywistych danych eksploatacyjnych były duże. Obiektami wybranymi do analiz ekobilansowych procesów eksploatacyjnych były dwa rodzaje maszyn do rozlewu i zamykania opakowań, pracujących w liniach rozlewniczych piwa jednego z największych polskich browarów. Maszyny te zwane są popularnie rozlewaczkami lub monoblokami (co odpowiada zsynchronizowanemu połączeniu nalewarki i zamykarki). W dalszej części artykułu używane będzie termin rozlewaczki. Jedna z tych maszyn pracuje w linii rozlewniczej do butelek, a druga – w linii rozlewniczej do puszek. Każda z nich ma odmienną konstrukcję oraz charakteryzuje się innymi parametrami pracy i parametrami wydajnościowymi, jednakże obie spełniają te same funkcje, co jest warunkiem możliwości ich porównywania. Maszyny zostały oznaczone umownie jako M1 i M2 i przedstawione na rys. 1 i 2.

Zadaniem rozlewaczek jest napełnienie czystej butelki lub puszki piwem zawierającym określoną zawartość CO₂ i jak najmniejszą ilość powietrza. Piwo nie powinno przy tym utracić swych walorów, a szczelne zamknięcie opakowania powinno zagwarantować określony okres przydatności do spożycia (6 miesięcy).



Rys. 1. Rozlewaczka M1



Rys. 2. Rozlewaczka M2

Właściwa operacja rozlewu powinna zapewnić: wymaganą ilość piwa w opakowaniu (zbyt mała ilość piwa jest niekorzystna dla klienta, zbyt duża ilość piwa może prowadzić do pęknięcia opakowania lub jej nieuszczelnności), sterylną operację rozlewu, przeprowadzenie rozlewu przy zapewnieniu minimum wstrząsów, by uniknąć pienienia piwa, zapobieganie przechwytywaniu tlenu z otoczenia, co może mieć negatywny wpływ na jakość piwa, niedopuszczanie do strat CO₂ rozpuszczonego w produkcie, ochronę piwa przed skażeniem środkami chemicznymi lub smarami.

Zasadniczą operacją roboczą rozlewaczki jest faza rozlewu. Podczas tej fazy następuje napełnienie opakowania (puszki lub butelki) piwem, jego zamknięcie i ewentualne nalepienie etykiety.

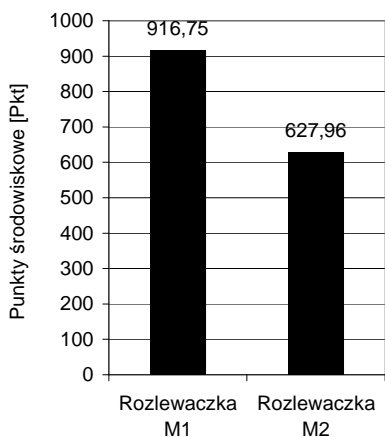
2.2. Analiza ekobilansowa – wybrane wyniki

W celu zapewnienia poprawności i praktyczności oraz nadania racjonalnych ram czasowych przeprowadzonym obliczeniom ekobilansowym postanowiono zawęzić granice systemu, wyłączając z analizy: budowę i eksploatację budynków, w których pracują analizowane maszyny (do tego celu lepiej nadaje się metoda *EIA – Environmental Impact Assessment*), procesy transportowe (np. dostawę części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych do użytkownika maszyn), eksploatację urządzeń pomocniczych i bezpośrednio połączonych z analizowanymi maszynami (jak np. przenośniki itp.), oddziaływania związane z wykorzystaniem zasobów ludzkich, a zwłaszcza z zaspokajaniem potrzeb ludzi eksploatujących maszyny.

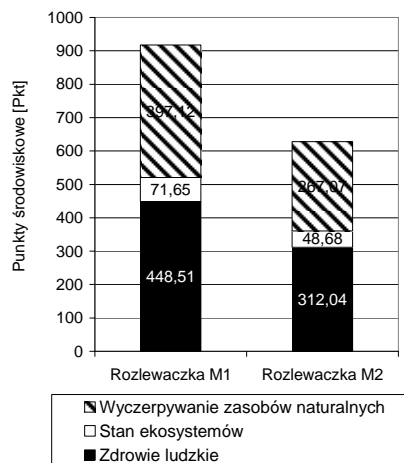
Ponieważ w linii, w której pracuje rozlewaczka M2, są dwa zespoły rozlewająco-zamykające, oba o wydajności 50 000 puszek/h, przyjęto do obliczeń jedną maszynę o całkowitej wydajności 100 000 puszek/h. Z uwagi na różnice w parametrach wydajnościowych maszyn w obu liniach, a także różne ich obciążenie, zgodnie z wymogami metodycznymi, wprowadzono jednostkę funkcjonalną (porównawczą), którą jest rozlanie do opakowań 100.000 hl piwa.

Wielkość przyjętej jednostki funkcjonalnej odpowiada poziomowi 7–9% rocznej wielkości rozlewu maszyn w obu analizowanych liniach rozlewniczych, zaś odniesienie do niej bezwzględnych oddziaływań środowiskowych obu urządzeń pozwala na bezpośrednie porównanie ich wartości.

Na rys. 3 i 4 zobrazowano całkowite oddziaływanie środowiskowe obu analizowanych rozlewaczek, po uwzględnieniu jednostki funkcjonalnej. Zauważyć można znacząco większe (o ok. 30%) oddziaływanie rozlewaczki M1. Analizując rozkład oddziaływań środowiskowych na poszczególne kategorie środowiskowe i grupy tych kategorii, można stwierdzić przewagę oddziaływań związanych z wpływem na zdrowie ludzkie i wyczerpywanie zasobów naturalnych. Obciążenia wpływające na stan ekosystemów osiągają znacznie mniejsze wartości. Wśród dominujących kategorii środowiskowych przeważają: wydobywanie paliw kopalnych (ok. 50% oddziaływań) oraz choroby układu oddechowego powodowane przez substancje nieorganiczne (ok. 43% oddziaływań). Fakt ten dość jednoznacznie wskazuje na możliwy bardzo wysoki udział oddziaływań związanych z produkcją i wykorzystaniem energii elektrycznej w całości oddziaływań eksploatacyjnych obu maszyn.



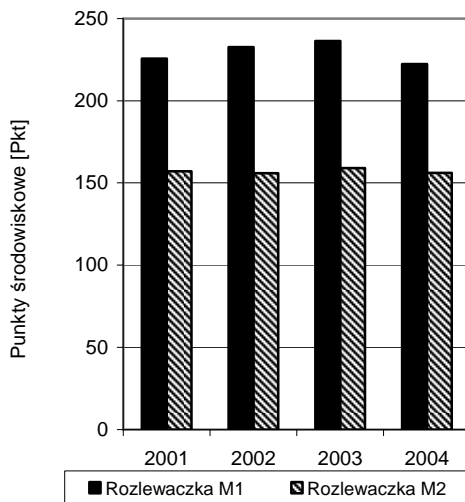
Rys. 3. Całkowite oddziaływanie obu maszyn w latach 2001–2004



Rys. 4. Oddziaływanie obu maszyn w ujęciu grup kategorii środowiskowych w latach 2001–2004

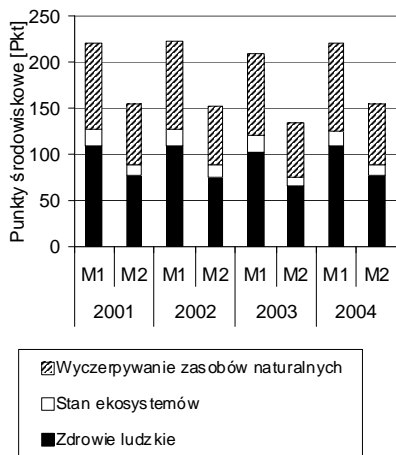
Na rys. 5 przedstawiono oddziaływanie obu maszyn w poszczególnych latach. Wynika z niego, iż różnice w oddziaływaniach środowiskowych w poszczególnych latach wyniosły mniej niż 10% i można przyjąć, iż wyprodukowanie 100 000 hl piwa w każdym roku pociągało za sobą podobne skutki środowiskowe. Podobnie jak w przypadku oddziaływania maszyn przez cały rozpatrywany okres, tak też w poszczególnych latach zaznacza się silny wpływ oddzia-

ływań związanych z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych oraz z chorobami układu oddechowego powodowanymi przez substancje nieorganiczne, co jest skutkiem wykorzystywania znacznych ilości energii elektrycznej do produkcji.

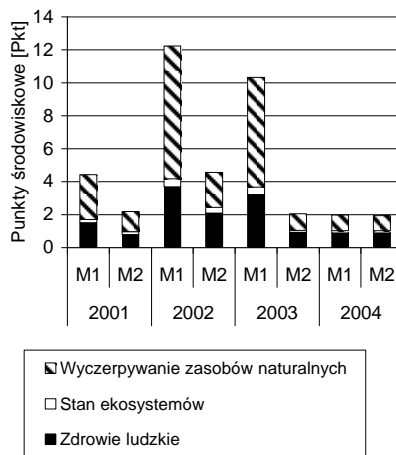


Rys. 5. Porównanie zmian poziomu oddziaływania środowiskowego badanych obiektów w poszczególnych latach

Na rys. 6 i 7 przedstawiono oddziaływania obu maszyn związane z wykorzystaniem mediów i materiałów eksploatacyjnych oraz części zamiennych w poszczególnych latach. Pierwszą zauważalną tendencją jest dwudziesto-, trzydziestokrotnie większe oddziaływanie mediów i materiałów eksploatacyjnych w porównaniu z oddziaływaniem części zamiennych. Jednak o ile oddziaływania mediów, podobnie jak w przypadku całkowitych oddziaływań maszyn, utrzymują się mniej więcej na stałym poziomie, o tyle oddziaływania związane z wykorzystaniem części zamiennych są zmienne; największa różnica w przypadku rozlewaczki M1 między rokiem 2002 i 2004 jest sześciokrotna, zaś w przypadku rozlewaczki M2, również w odniesieniu do tych samych lat, wynosi 230%. Fakt ten podyktowany jest z jednej strony równomiernością zapotrzebowania na media eksploatacyjne, jak energia elektryczna i woda, które zależy tylko od wielkości produkcji, a z drugiej strony wysoką nieregularnością zapotrzebowania na rozmaite części zamienne, co związane jest z różną trwałością podzespołów i elementów maszyn.



Rys. 6. Oddziaływanie środowiskowe maszyn dla mediów i materiałów eksploatacyjnych

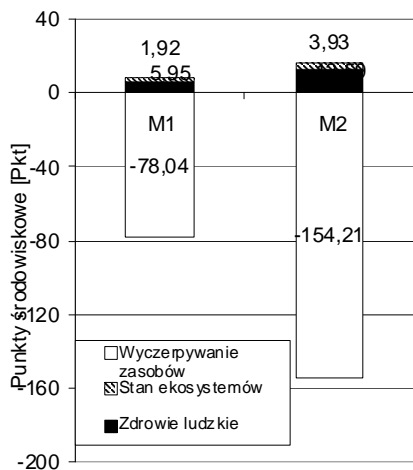


Rys. 7. Oddziaływanie środowiskowe maszyn dla części zamiennych

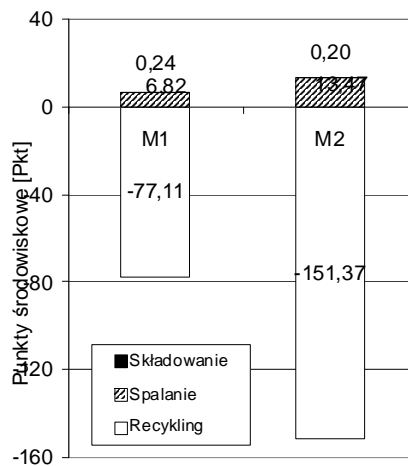
Na rys. 8 i 9 zobrazowano całkowite oddziaływanie środowiskowe w zakresie procesów likwidacyjnych części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych wykorzystywanych w obu analizowanych rozlewaczkach, po uwzględnieniu jednostki funkcjonalnej, w rozbiciu na poszczególne kategorie środowiskowe oraz różnorodne warianty zagospodarowania. Zauważyć można, iż sumaryczny wskaźnik środowiskowy procesów likwidacyjnych ma w obu przypadkach wartość ujemną. Jest to spowodowane dużym udziałem procesów recyklingu w wariantach końcowego zagospodarowania rozpatrywanych materiałów.

Podczas likwidacji części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych rozlewaczki M2 generowane są oddziaływania o blisko dwukrotnie większej bezwzględnej wartości niż w przypadku oddziaływań związanych z maszyną M1. Oznacza to, iż potencjalne korzyści, odnoszone przez środowisko z uwagi na przyjęty scenariusz likwidacji materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych, są w przypadku maszyny M2 dwukrotnie większe.

Podczas likwidacji części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych rozlewaczki M2 generowane są oddziaływania o blisko dwukrotnie większej bezwzględnej wartości niż w przypadku oddziaływań związanych z maszyną M1. Oznacza to, iż potencjalne korzyści, odnoszone przez środowisko z uwagi na przyjęty scenariusz likwidacji materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych, są w przypadku maszyny M2 dwukrotnie większe.



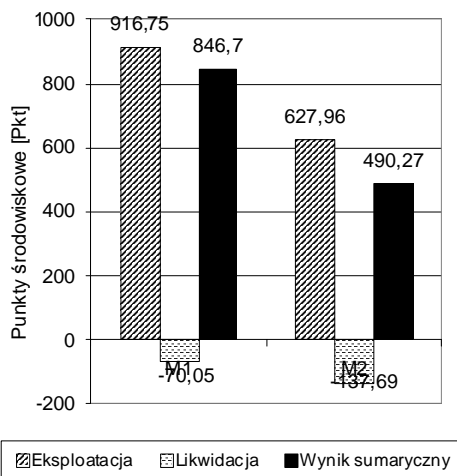
Rys. 8. Oddziaływanie zagospodarowania obu maszyn w rozbiciu na grupy kategorii środowiskowych



Rys. 9. Oddziaływanie zagospodarowania obu maszyn w zależności od sposobu zagospodarowania

2.3. Sumaryczne oddziaływanie eksploatacji i likwidacji badanych obiektów

Zestawienie podstawowych wskaźników środowiskowych analizowanych maszyn dla etapów eksploatacji i powiązanych z nią procesów likwidacyjnych przedstawia rys. 10.



Rys. 10. Zestawienie sumarycznych wskaźników środowiskowych dla obu analizowanych maszyn

Analizując wzajemne relacje oddziaływań procesów eksploatacyjnych i likwidacyjnych obu urządzeń, można wysunąć wniosek o większej przyjazności środowiskowej rozlewaczki M2. Badania eksploatacyjne dowiodły, iż mimo osiągniętych podobnych wielkości rocznego rozlewu piwa generuje ona oddziaływanie środowiskowe o $\frac{1}{3}$ mniejsze niż maszyna M1, jednocześnie osiągając dwukrotnie większy ujemny wskaźnik środowiskowych oddziaływań likwidacyjnych. **Biorąc więc pod uwagę oba etapy cyklu istnienia, maszyna M2 odznacza się oddziaływaniem środowiskowym ponad 40% niższym niż maszyna M1.** Jest więc dla środowiska bardziej przyjazna i z tego punktu widzenia dla świadomego wpływu obiektów technicznych na środowisko konsumenta lepszym rozwiązaniem jest zakup piwa w butelce wielokrotnego użytku niż w puszcze, przy założeniu, że są one napełnione z użyciem maszyn przeanalizowanych w niniejszej publikacji.

Podsumowanie

Przedstawiona analiza jest częścią kompleksowych badań ekobilansowych wybranych obiektów. Wyniki zostały wybrane dla ukazania konieczności i doniosłości środowiskowego analizowania procesów eksploatacyjnych oraz powiązanych z nimi procesów likwidacyjnych obiektów technicznych. Zaprezentowana analiza została wykonana w oparciu o rzeczywiste dane pochodzące bezpośrednio od użytkownika maszyn rozlewniczych.

Bibliografia

1. van der Berg N.W., Dulith C.E., Huppes G.: Beginning LCA. A guide into environmental Life Cycle Assessment, NOH 1995.
2. Environmental Assessment of Products, ed. Bo Weidema, Helsinki, UETP-EEE, 1993.
3. Guinee J.B., Heijungs R.: Quantitative life cycle assessment of products, Part 1 and Part 2, J. Cleaner Products, No 2, 1993, vol. 1.
4. Kłós Z., Kurczewski P., Kasprzak J.: Środowiskowe charakteryzowanie maszyn i urządzeń. Podstawy ekologiczne, metody i przykłady. Wydawnictwo PP, Poznań 2005.

Recenzent:
Janusz JANECKI

The environmental analysis of the operation period processes of the food industry machines and devices

Key words

Ecobalancing, operation period, disposal, technical object.

Summary

In the paper, the example of environmental analysis of the operation period of technical objects is presented. The used research method and the objects chosen for analysis, are also described. The selected results of analysis are presented, including the total environmental indices, the study of the kinetics and the main factors determining the environmental impacts of machines during the operation period.