

**Zbigniew KŁOS, Jędrzej KASPRZAK, Przemysław KURCZEWSKI**  
Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych

## **KONCEPCJA, KSZTAŁTOWANIE I OCENA CYKLU ŻYCIA URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH**

### **Słowa kluczowe**

Ekobilans, ocena cyklu życia LCA, ocena kosztów cyklu życia LCC, obiekt techniczny.

### **Streszczenie**

Artykuł przedstawia koncepcję cyklu życia obiektów technicznych jako podstawę do minimalizowania oddziaływań środowiskowych. Porusza również problem kształtowania cyklu życia obiektów technicznych w ramach technik zarządzania cyklem życia (LCM), oceny cyklu życia LCA oraz oceny kosztów cyklu życia LCC. Dwa ostatnie narzędzia zostały scharakteryzowane bardziej szczegółowo. Ukazano zastosowania ekobilansów wraz z podaniem grup odbiorców i celów analiz. Na przykładzie wybranych obiektów technicznych (maszyny pakujące) przedstawiono możliwości liczbowego określania oddziaływań środowiskowych.

### **1. Idea cyklu życia**

Podobnie, jak organizmy żywe, tak i wytwory przemysłowe podlegają w swoim cyklu istnienia przemianom. Istnienie każdego wytworu – dowolnego produktu, w tym urządzenia technicznego – ma przebieg cykliczny, począwszy

od projektowania przez wytworzenie, eksploatację aż po likwidację, z towarzyszącymi mu procesami ponownego przetwarzania. Ze względu na wykazane wyżej podobieństwo, w odniesieniu do produktów i wszelkich obiektów, w tym obiektów technicznych, zwykle się używać terminu „cykl istnienia” lub wręcz „cykl życia”.

Do niedawna w gospodarczej sferze zainteresowań człowieka znajdowały się przede wszystkim trzy pierwsze stadia istnienia maszyn i urządzeń, tj. projektowanie, wytwarzanie i eksploatacja [16]. Należy nadmienić, że okres istnienia tego typu obiektów bywa traktowany tak, jak w modelu realizacji cyklu wyrobu [8], w sposób zbliżony do ekonomicznej interpretacji czasu życia produktu.

Jakkolwiek istnieją pewne rozbieżności dotyczące liczby faz cyklu istnienia maszyn i urządzeń oraz włączania czy rozmieszczania poszczególnych działań w granicach etapów, a także nazewnictwa, należy zauważyć konieczność uwzględniania powiązań między wszystkimi stadiami, bowiem kanały przepływu informacji prostych, zwrotnych i wewnętrznych tworzą spójną strukturę cyklu istnienia.

## 2. Kształtowanie cyklu życia urządzeń technicznych

U podstaw prac nad minimalizowaniem oddziaływań środowiskowych generowanych w cyklu życia przez wszelkiego rodzaju wytwory przemysłowe, w tym urządzenia techniczne, leży koncepcja myślenia kategoriami cyklu życia LCT (Life Cycle Thinking). Jest ona jedną z rekomendowanych przez Komisję Europejską (KE) koncepcji. W końcu ubiegłego stulecia KE stwierdziła, że w celu osiągnięcia zrównoważonego rozwoju konieczna jest poprawa procesów wytwórczych i osiągnięcie zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko, zarówno samych procesów, jak i produkowanych wyrobów. Podjęte przez KE działania wykonawcze zakładały stymulowanie mechanizmów sprzyjających wdrażaniu do powszechnej produkcji produktów bardziej przyjaznych dla środowiska, aby w dalszej perspektywie osiągnąć poprawę stanu środowiska w Europie i lepszą jej pozycję w świecie. Zgodna z przyjętą polityką jest m.in. koncepcja poszukiwania sposobów na zmniejszenie oddziaływań środowiskowych produktu (wyrobu lub usługi) w całym cyklu życia. Zakłada ona interwencje przede wszystkim w tych etapach cyklu życia, gdzie możliwości zmniejszenia niekorzystnego wpływu na środowisko są największe.

Szerzej do zagadnień kształtowania cyklu życia wszelkiego rodzaju obiektów podchodzi się w koncepcji zarządzania cyklem życia LCM (Life Cycle Management). Ma ona istotny wymiar praktyczny, będąc jednocześnie sposobem na wprowadzenie do praktyki gospodarczej myślenia kategoriami cyklu życia. Jej celem jest takie zarządzanie produktami i działalnością organizacji, aby zapewnić coraz bardziej zrównoważoną produkcję i konsumpcję. Koncentruje się ona na wprowadzeniu zasad i wartości zrównoważonego rozwoju do planowania

strategicznego w przedsiębiorstwach, do projektowania i rozwoju produktów, do decyzji marketingowych i programów komunikacyjnych [6]. Służy ona jednocześnie powiązaniu perspektywy cyklu życia z uwarunkowaniami ekonomicznymi, społecznymi i środowiskowymi w globalnej strategii, planowaniu i procesach podejmowania decyzji.

Wśród stosowanych w ramach LCM systemów, metod, technik i narzędzi są takie, które mają charakter proceduralny oraz takie, które mają charakter analityczny. W praktyce wykorzystuje się m.in.:

- 1) koncepcje, systemy, programy i narzędzia proceduralne, takie jak: systemy zarządzania środowiskowego (EMS), audyty, certyfikacja i standardy specjalne, księgowość środowiskowa (environmental accounting), projektowanie prośrodowiskowe (design for environment), etykietowanie środowiskowe, środowiskowa ocena oddziaływań EIA (Environmental Impact Assessment), raportowanie środowiskowe, odpowiedzialność za produkt (Product Stewardship), rozszerzona odpowiedzialność producenta,
- 2) koncepcje analityczne, programy i narzędzia społeczne i ekonomiczne (gospodarcze): ocena kosztów cyklu życia (Life Cycle Costing), całkowite koszty własności TCO (Total Costs of Ownership), analiza wejść i wyjść środowiskowych IOA (Input-Output Analysis), analiza kosztów i korzyści CBA (Cost-Benefit Analysis), analiza oczekiwań partnerów, społeczna odpowiedzialność przedsiębiorstw CSR (Corporate Social Responsibility), księgowość społeczna (social accounting),
- 3) koncepcje analityczne, programy i narzędzia środowiskowe: środowiskowa ocena cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment), analiza wejść i wyjść środowiskowych IOA (Input-Output Analysis), techniki symulacyjne i modelowanie, oszacowanie ryzyka środowiskowego ERA (Environmental Risk Assessment), analiza przepływu substancji SFA (Substance Flow Analysis), analiza przepływu materiałów MFA (Material Flow Analysis), zapotrzebowanie na energię skumulowaną CED (Cumulated Energy Demand), monitoring środowiskowy, oszacowanie całkowitych kosztów FCA (Full Cost Accounting),
- 4) programy i narzędzia komunikacyjne: etykiety środowiskowe ISO typ III (Environmental Product Declaration), etykiety środowiskowe ISO typ II (Environmental Claims), etykiety środowiskowe ISO typ I, raportowanie środowiskowe, certyfikacja środowiskowa.

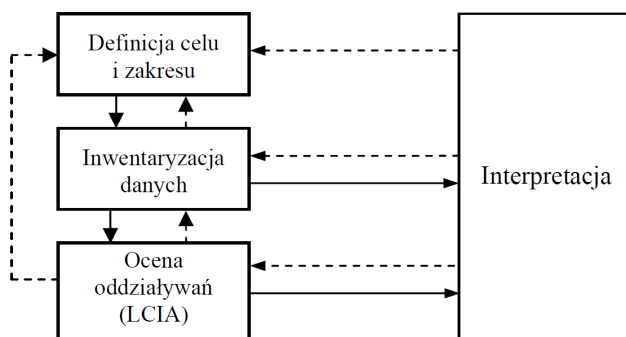
Szczególne miejsce wśród zalecanych do stosowania metod, technik i narzędzi zajmują środowiskowa ocena cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) i ocena kosztów cyklu życia LCC (Life Cycle Costing), będące podstawowymi narzędziami realizacji prac o charakterze analitycznym. Wynika to z faktu, że są one metodami identyfikacji i oceny oddziaływań środowiskowych i kosztów, nie tylko uznanymi przez środowiska naukowe, ale też stosowanymi przez podmioty gospodarcze.

### 3. Narzędzia do oceny cyklu życia

#### 3.1. Środowiskowa ocena cyklu życia

Metoda oceny cyklu życia LCA określana jest jako sposób oszacowania obciążenia środowiskowego, oparty na inwentaryzacji aspektów środowiskowych w odniesieniu do obiektu (wyrobu, urządzenia lub produktu), procesu albo działalności, w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania [3]. Umożliwia ona więc identyfikację i ocenę emisji szkodliwych substancji oraz zużycia energii i materiałów we wszystkich etapach cyklu istnienia badanego obiektu, czyli w projektowaniu, produkcji, eksploatacji i likwidacji.

W ramach ekobilansu z wykorzystaniem metody LCA wyszczególnić można cztery główne fazy (rys. 1). Analiza metodą LCA nie ma charakteru procesu liniowego, dzięki czemu możliwa jest ciągła korekta stopnia jej szczegółowości. Jest to przydatne przykładowo, gdy po ocenie oddziaływań okazuje się, że nie uwzględniono pewnych istotnych dla ostatecznego wyniku danych lub też, gdy rezultat fazy interpretacji ze względu na specyfikę jego zastosowania wskazuje na konieczność wprowadzenia uzupełnień.



Rys. 1. Fazy oceny ekobilansowej w metodzie LCA [9]; —> zasadniczy kierunek oceny cyklu istnienia, - - -> kierunek potencjalnych iteracji

#### 3.2. Ocena kosztów cyklu życia

Określenie „rachunek cyklu życia produktu” jest używane przy klasycznym podejściu do procesu gromadzenia informacji o kosztach i przychodach, w kontekście określonej decyzji i dotyczy okresu trwania jej konsekwencji (cyklu życia tej decyzji) [4], tzn. od chwili powstania koncepcji produktu do momentu wycofania go ze sprzedaży. Generalnie można tu mówić o rachunku kosztów i przychodów. Szersze ujęcie problematyki (podejście japońskie) wskazuje, że cykl życia produktu nie kończy się w momencie sprzedaży, ale w momencie zakończenia użytkowania go przez klienta. Tutaj przez cykl życia produktu na-

leżałoby dodatkowo rozumieć proces stopniowego nabywania i utraty zdolności produktu do zaspokajania potrzeb klienta. Stąd na sumę kosztów produktu w jego cyklu życia składają się koszty: badań i rozwoju, opracowania koncepcji produktu, jego zaprojektowania, przystosowania parku maszynowego do produkcji, wdrożenia do sprzedaży oraz koszty etapów produkcji i sprzedaży, a następnie użytkowania, utrzymania, wycofania produktu i jego utylizacji. Chodzi tu zatem o koszty ponoszone przez producenta i klienta. Dlatego też, oprócz rachunku cyklu życia produktu dla producenta, można też mówić o rachunku cyklu życia produktu u klienta [13], a nawet w społeczeństwie [14].

Definicje i terminy występujące w rachunku kosztów cyklu życia produktu określa polska norma PN-EN 60300-3-3. Rozwijając definicję odnoszącą się do kosztu cyklu życia zawartą w normie, koszt cyklu życia można nazwać sumarycznym kosztem poszczególnych etapów cyklu życia produktu: przygotowania koncepcji i jej zdefiniowania, opracowania projektu technicznego oraz jego rozwoju, wytworzenia wyrobu, zainstalowania, montażu i uruchomienia, eksploatacji, bieżącej obsługi i napraw, strat spowodowanych awarią oraz likwidacji technicznej wyrobu w przewidywanym okresie jej czasu życia [15]. W celu jego oszacowania należy dokonać wyboru odpowiednich etapów cyklu życia w odniesieniu do specjalnych potrzeb każdej konkretnej analizy. Na ogół łączne koszty ponoszone na wymienionych wyżej etapach można podzielić na koszty nabycia, koszty posiadania i koszty likwidacji [15].

$$LCC = \text{Koszt}_{\text{nabycia}} + \text{Koszt}_{\text{posiadania}} + \text{Koszt}_{\text{likwidacji}} \quad (1)$$

Szacowanie kosztu cyklu życia jest procesem analizy ekonomicznej mającej na celu ocenę całkowitego kosztu nabycia, posiadania i końcowego zagospodarowania wyrobu. Może ono być stosowane do całego cyklu życia wyrobu lub części tego cyklu, w tym również do kombinacji różnych etapów cyklu życia. Analiza LCC jest połączeniem aspektów ekonomicznych i technicznych ocenianego projektu w prognozowanym czasie jego trwania. Norma PN-EN 60300-3-3 definiuje LCC jako „łączny koszt ponoszony w cyklu życia wyrobu”.

Ocena kosztów cyklu życia LCC ma na celu dostarczenie ważnych danych wejściowych do podejmowania decyzji dotyczących projektowania, rozwoju i użytkowania wyrobu. Analiza LCC jest najefektywniejsza na etapie projektowania. Jej przydatność potwierdza się również na kolejnych etapach cyklu życia przy podejmowaniu innych decyzji inżynierskich i ułatwieniu efektywnej alokacji środków finansowych. Z punktu widzenia producenta-dostawcy wiąże się to z możliwością optymalizacji projektów poprzez ocenę różnych wariantów rozwiązań i poszukiwanie kompromisów między nimi. Z punktu widzenia użytkownika analiza LCC umożliwia ocenę kosztów związanych z rezultatami różnych koncepcji, sposobów podejść do eksploatacji, obsługi urządzenia i powinna mieć decydujący wpływ na decyzję o zakupie.

Głównymi jednostkami wykorzystującymi wyniki oceny kosztu cyklu życia są działy badań i rozwoju oraz marketingu i sprzedaży. LCC umożliwia im porównanie alternatywnych rozwiązań i wybór najlepszego, możliwego do zastosowania projektu. Odbiorcami informacji o wynikach LCC mogą być jednak również klienci, którzy podejmują decyzje zakupowe [15].

## 4. Ocena cyklu życia urządzeń technicznych

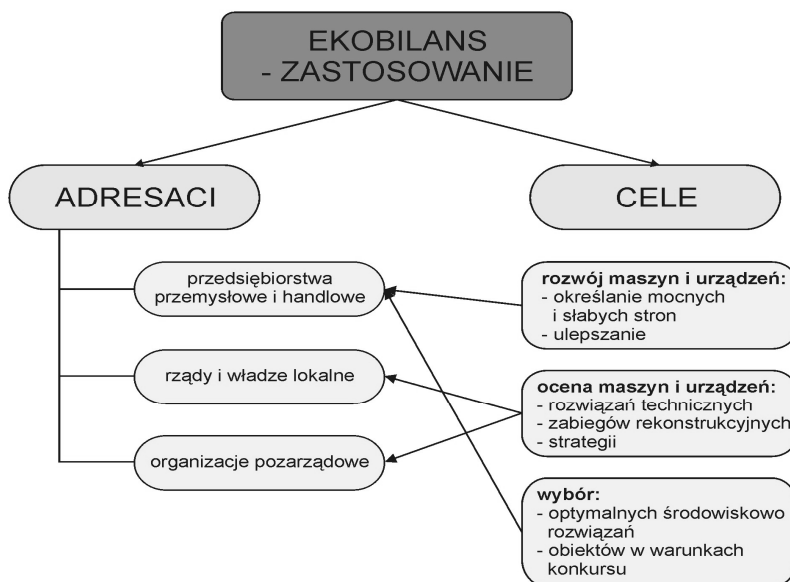
### 4.1. Uwagi wstępne

Analizy ekobilansowe mogą być stosowane w różnych celach. Jednym z ich wielu zastosowań jest wspieranie procesów decyzyjnych w nauce, technice i gospodarce. Z punktu widzenia techniki – a ten najbardziej interesuje autorów pracy – znajomość ich wyników może być pomocna w rozwoju maszyn i urządzeń, w tym [10] w określaniu mocnych i słabych stron obiektów, ulepszaniu obiektów i porównywaniu różnych maszyn i urządzeń.

Istnieją trzy zasadnicze grupy odbiorców, dla których przeznaczone są wyniki analiz ekobilansowych. Są nimi:

- przedsiębiorstwa przemysłowe i handlowe,
- rządy, władze lokalne oraz organizacje pozarządowe (np. stowarzyszenia konsumenckie i środowiskowe grupy nacisku [5].

Związki celów i adresatów ekobilansowania pokazuje rys. 2.



Rys. 2. Cele i adresaci analiz ekobilansowych [5]

Dla pierwszej grupy zainteresowanych badania ekobilansowe dotyczyć mogą zarówno wyrobów, jak i bardziej ogólnych problemów, np. kształtowania scenariuszy postępowania, strategii gospodarowania odpadami lub projektowania nowych rozwiązań. Pojedyncze wyroby mogą być przy wsparciu ekobilansów projektowane, ulepszone lub porównywane z innymi.

Istotnym wyróżnikiem zastosowań ekobilansów jest miejsce ich przeznaczenia. Przedsiębiorstwa często wykorzystują analizy ekobilansowe na etapie projektowania i ulepszania swoich wyrobów oraz przy określaniu ogólnych strategii rozwojowych. Opracowania w tym zakresie są na ogół przeznaczone tylko do użytku wewnętrznego, dotyczącego bezpośrednio poprawy procesów produkcyjnych bądź różnego rodzaju audytów. Wykonywanie ekobilansów z zamiarem późniejszego udostępniania wyników związane jest z koniecznością stosowania się do ścisłych wymogów z zakresu doboru danych i podporządkowywania się założeniom metodyki postępowania.

#### ***4.2. Stosowanie ekobilansów w przemyśle i przedsiębiorstwach handlowych***

Zainteresowanie wielu przedsiębiorstw analizami ekobilansowymi wiąże się z nakładanym na nie szerokim zakresem odpowiedzialności. W coraz większej liczbie państw spotyka się pogląd, że producent wyrobu odpowiada nie tylko za jego stan w fazie użytkowania, ale również za to, co dzieje się z nim potem. W wielu przypadkach producenci zobligowani są poprzez odpowiednie regulacje prawne do odbioru zużytych produktów lub opakowań. Producenci z krajów członkowskich Unii Europejskiej zostali zobowiązani m.in. dyrektywą WEEE (dotyczącą zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego) do przejęcia na siebie odpowiedzialności za likwidację sprzętu elektronicznego [1]. Podobne uregulowania działają w odniesieniu do samochodów wycofanych z eksploatacji.

Główne zastosowania ekobilansów w przemyśle i handlu dotyczą: poprawy produktu (z punktu widzenia środowiskowego), procesów projektowania, badań inwentaryzacyjnych, kształtowania polityki przedsiębiorstwa, informowania, negocjacji i tworzenia strategii marketingowej.

Ulepszanie produktów jest obecnie szczególną dziedziną realizacji ekobilansów w przedsiębiorstwach. Zwłaszcza duże zakłady produkcyjne posiadają własne wydziały środowiskowe (np. komórki eko-bhp), w których wykonywane są analizy ekobilansowe produkowanych przez nie wyrobów. Głównym tego powodem jest ciągła dążność do poprawiania szeroko rozumianej jakości produktów. Na podstawie uzyskiwanych wyników zawsze poszukuje się możliwości poprawienia stanu aktualnego, nawet jeśli celem podejmowanych działań jest jedynie porównanie podobnych wyrobów lub systemów ich produkcji. Przedsiębiorstwa, które poczyniły postępy w zakresie ulepszania swoich pro-

duktów pod względem środowiskowym wnioski z realizacji przeprowadzonych w tym zakresie badań zachowują zazwyczaj w tajemnicy.

W pewnym stopniu z udoskonalaniem wyrobów związane jest również wykorzystywanie ekobilansów do oceniania różnych alternatywnych projektów. Czasami różnica pomiędzy istniejącymi już wariantami produktu a nowym modelem może być nieznaczną. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę z tego, że rozwiązywanie pewnych problemów na etapie projektowania dotyczy już początków istnienia wyrobu. W tych obszarach można mieć bowiem do czynienia z dużą swobodą w wyborze rodzaju stosowanego materiału, koncepcji wyrobu itd.

Ekobilanse produktów odgrywają ważną rolę dla przedsiębiorstw poprzez dostarczanie danych o rozmiarach oddziaływań związanych z ich wytwarzaniem. Tworzone na ich podstawie analizy o charakterze inwentaryzacyjnym mają kilka zastosowań wewnątrzzakładowych. Służą one do:

- porównywania nakładów i efektów środowiskowych ponoszonych podczas wytwarzania alternatywnych produktów, realizacji poszczególnych procesów lub tylko pojedynczych operacji,
- tworzenia baz danych o zapotrzebowaniu na zasoby naturalne i energię oraz o ilościach emitowanych substancji,
- identyfikowania tych obszarów całego cyklu istnienia lub pojedynczego procesu, w których można zredukować ilości niezbędnych zasobów, pobieranej energii oraz ilości wszelkiego rodzaju emitowanych substancji [2].

Analizy ekobilansowe znajdują zastosowania o charakterze strategicznym w kształtowaniu polityki przedsiębiorstw. Przykładem może być tu planowanie działań z zakresu doboru materiałów i wykorzystywania odpadów. Celowość przeprowadzania ekobilansów może być również ściśle określona, gdy chce się uzyskać odpowiedź na konkretne pytanie, np.: czy opłacalne jest zastosowanie pewnych nowych i innowacyjnych materiałów?

Wyniki ekobilansów mogą być argumentem przetargowym w negocjacjach, zwłaszcza kiedy przedsiębiorstwa wymagają od swoich dostawców towarów mniej niebezpiecznych dla środowiska. Ekobilans może być również narzędziem pomocnym przy rozmowach z władzami lokalnymi lub rządem, gdy przedsiębiorstwa starają się udokumentować wysiłki zmierzające do minimalizacji szkodliwości środowiskowej swoich wyrobów i starają się o środki na ich dofinansowanie.

### ***4.3. Stosowanie ekobilansów w administracji i przez organizacje pozarządowe***

Ekobilanse znajdują wiele zastosowań w obszarach związanych bezpośrednio z produktem. Mogą one być wykorzystywane przez rządy i władze lokalne w działaniach zmierzających do: etykietowania wyrobów, certyfikacji wyrobów, określania opłat za czasowe wykorzystywanie dóbr naturalnych, opodatkowy-



wania i subsydiowania działalności gospodarczej, wyznaczania kierunków działań politycznych (gospodarowania energią i odpadami, polityki opakowaniowej) [5].

W zakresie etykietowania powszechną praktyką jest, że rezultaty ekobilan-sów, dla kilku reprezentatywnych wyrobów spośród jednej grupy, są wykorzystywane do określania listy kryteriów, na podstawie których przyznaje się podobnym produktom znaki środowiskowe. W niektórych krajach tego typu działania są już mocno rozpowszechnione. Istnieją próby zharmonizowania metodyki postępowania w tym zakresie tak, aby przyznawane znaki środowiskowe mogły mieć charakter międzynarodowy (np. w obszarze krajów Unii Europejskiej). Jednym z przykładów takiego rodzaju oznaczenia jest European Eco-label – tzw. „Europejska Stokrotka”.

#### **4.4. Przykład analizy ekobilansowej**

Do analiz ekobilansowych dotyczących głównie etapu eksploatacji wybrano trzy urządzenia przemysłu spożywczego, zaliczane według EKD 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 platiną. Następnie na opakowania są nakładane zakrywki naciskane, zapewniające bardziej funkcjonalne opakowanie [7, 11, 12].

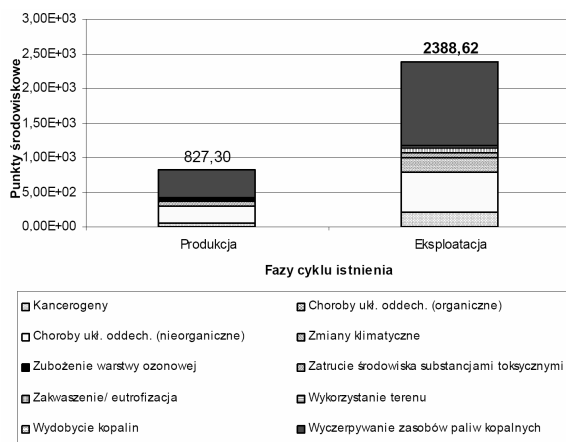
Dla rozpatrywanych trzech obiektów wykonano wiele kompleksowych analiz, dotyczących różnych sfer ich cyklu istnienia oraz różnych kategorii oddziaływań środowiskowych. Niektóre z wyników, odnoszące się do maszyny pierwszego z analizowanych typów, określonej na potrzeby niniejszej publikacji jako „maszyna pakująca 1” zostały omówione poniżej.

Na rys. 3 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 większe 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.

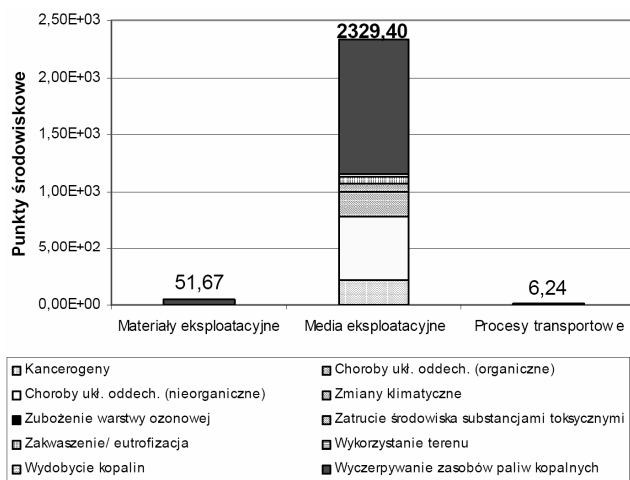
Znaczący udział w całkowitym obciążeniu środowiskowym mają też oddziaływania związane z chorobami układu oddechowego, powodowanymi przez substancje nieorganiczne, co jest również związane z przetwórstwem węgla kamiennego i generowaniem do atmosfery znacznych ilości pyłów. Następne

w kolejności oddziaływania związane są z emisją substancji rakotwórczych i powodujące zmiany klimatyczne są już znacznie mniejsze.

Oddziaływania eksploatacyjne badanych obiektów, wpływające w sposób znaczący 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 elektryczną (aspekt energetyczny), niezbędną do użytkowania badanych maszyn (rys. 4).



Rys. 3. Rozkład obciążeń środowiskowych na poszczególnych etapach cyklu życia badanych obiektów [7]



Rys. 4. Rozkład obciążeń środowiskowych na etapie eksploatacji badanych obiektów [7]

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.

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 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%).

## Podsumowanie

Punktem wyjścia do powyższych rozważań są dwa podstawowe założenia, iż: (1) rośnie, w skali globalnej, zapotrzebowanie na wszelkie dobra, w tym na urządzenia techniczne, a przy tym przestrzeń środowiskowa wraz z jej zasobami nie rozszerza się oraz (2) aktualnie fizycznie ludzkość dysponuje, ze względów technologicznych i ekonomicznych, pewnym ograniczonym wolumenem zasobów środowiskowych. Tak więc sumarycznie rzecz biorąc, środowiskowe możliwości zaspokajania potrzeb ludzkich kurczą się. To w pełni uzasadnia podejmowanie problematyki kształtowania i oceny wpływu na środowisko, także na poziomie urządzeń technicznych.

Analiza wielu prac dotyczących problematyki powstawania i oceny oddziaływań środowiskowych związanych z cyklem życia urządzeń technicznych wskazuje, że jest to obszar problemowy o znacznym skomplikowaniu, wymagający określania specyficznego zbioru oddziaływań związanych z danym urządzeniem, przy tym oddziaływań o różnej naturze i hierarchii, analizowanych w całym zakresie cyklu życia obiektów – od projektowania do likwidacji, mając przy tym świadomość uwzględniania zarówno nakładów poniesionych, jak i mogących wystąpić w przyszłości oraz wyraźnej zależności poziomu oddziaływań od sposobu rozwiązania zagadnień konstrukcyjnych dotyczących analizowanych obiektów. Jeden z najistotniejszych problemów stanowi przy tym pozyskanie wiarygodnych danych. Jako o rozwijającej się dziedzinie wiedzy możemy o tej problematyce mówić, przyjmując okres od początku lat osiemdziesiątych.

Charakteryzując historyczny rozwój w Polsce problematyki związanej z próśrodkowym kształtowaniem i oceną cyklu życia urządzeń technicz-

nych, warto wspomnieć, że pierwszą publikacją na ten temat był artykuł Z. Kłosa pt. „Rozważania o celowości wyznaczania środowiskowego kosztu istnienia maszyn i urządzeń”, opublikowany w 1986 roku w Zeszytach Naukowych Politechniki Poznańskiej, seria: Maszyny Robocze i Pojazdy, zaś pierwszym szerszym opracowaniem z tej problematyki była książka tegoż samego autora „Socjologiczność obiektów technicznych. Studium wartościowania wpływu maszyn i urządzeń na środowisko”, wydana w 1990 roku przez Wydawnictwo PP. Pierwsza praca doktorska z tego zakresu to „Ekobilansowanie maszyn i urządzeń na przykładzie sprężarek powietrza”, autorstwa Grzegorza Laskowskiego (promotor: Zbigniew Klos), obroniona została w 1999 roku na ówczesnym Wydziale Maszyn Roboczych i Pojazdów PP. Kolejne prace doktorskie z tego zakresu, pod opieką naukową Z. Kłosa, zostały obronione przez Przemysława Kurczewskiego, Annę Jurek, Piotra Radomskiego, Jędrzeja Kasprzaka i Roberta Lewickiego. Z. Klos jest od 2002 roku członkiem Editorial Board wydawanego przez wydawnictwo Springer czasopisma „The International Journal of Life Cycle Assessment”, od 2011 jest także w roli Subject Editor.

## Bibliografia

1. Dyrektywa Nr 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 r. w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE).
2. Encyklopedia techniki. Wydawnictwo Muza, Warszawa 1998.
3. Environmental Life-Cycle Assessment of products, Part 1 – Guide, Part 2 – Backgrounds, NOH 1992.
4. Haworth D., The principles of Life Cycle Costing, Industrial Forum, 1975.
5. Heijungs R., Huppes G., Udo de Haes H.A., LCA in Environmental Decision-Making, Paris, UNEP, 1995.
6. Holme R., Watts P., Corporate Social Responsibility: Making good business sense. Geneva: The World Business Council for Sustainable Development, 2000.
7. 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.
8. Kiliński A., Przemysłowe procesy realizacji. Podstawy teorii, WNT, Warszawa 1976.
9. Klos Z., Kurczewski P., Kasprzak J., Zastosowanie ekobilansów maszyn, urządzeń i systemów w gospodarce, Czystsza Produkcja w Polsce, 2003, nr 6.

10. Kurczewski P., Kłos Z., Kasprzak J., Możliwości ekologicznej oceny obiektów technicznych za pomocą metod ekobilansowych, VII Szkoła – Konferencja „Metrologia wspomagana komputerowo”, Waplewo 17–20.05.2005.
11. Materiały producenta maszyn pakujących.
12. Radomski P., Zastosowanie oceny cyklu życia jako narzędzia decyzyjnego w środowiskowym rozwoju maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego, rozprawa doktorska. Politechnika Poznańska, 2004.
13. Sobańska I. (red.), Rachunek kosztów i rachunkowość zarządcza. Najnowsze tendencje, procedury i ich zastosowanie w przedsiębiorstwach, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2003.
14. Sojak S., Józwiak H., Rachunek kosztów docelowych, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
15. Świdorski M., Analiza LCC (Life Cycle Cost Analysis) narzędziem wspomagającym ocenę projektów inwestycyjnych związanych z techniką pompą. IX Forum Użytkowników Pomp. Szczyrk, 1–3 października 2003.
16. Zakrzewski S., Podstawy toksykologii środowiska, PWN, Warszawa 1997.

Recenzent:  
**Janusz JANECKI**

## **Idea, forming and evaluation of the life cycle of technical objects**

### **Key words**

Ecobalancing analyse, life cycle assessment, life cycle costing, technical object.

### **Summary**

In the paper the idea of technical objects' life cycle is presented as the basis for the minimization of the environmental impacts. The problem of the modeling of the technical objects' life cycle using the life cycle management, life cycle assessment and life cycle costing techniques, is mentioned. The last two tools are described more precisely. The implementation of the ecobalancing analyses is shown, focusing on the interested parts and possible aims. The possibilities of the quantitative evaluation of the environmental impacts of technical objects are also shown on the example of packaging machines.

