

Norbert CHAMIER-GLISZCZYŃSKI

e-mail: norbert.chamier-gliszczynski@tu.koszalin.pl

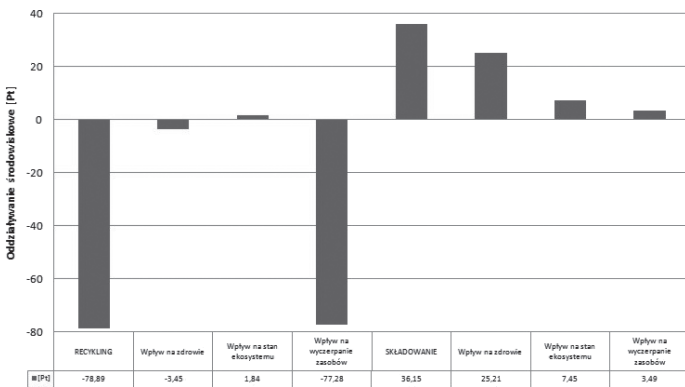
Zakład Mechatroniki i Mechaniki Stosowanej, Politechnika Koszalińska, Koszalin

Środowiskowe aspekty transportu. Recykling w cyklu życia pojazdów

Wstęp

Jednym ze sposobów ograniczenia wpływu środków transportu na środowisko jest zastosowanie recyklingu na etapie wytwarzania, eksploatacji oraz wycofania z eksploatacji. W celu określenia korzyści środowiskowych przeprowadzono badania wpływu procesu recyklingu i procesu składowania odpadów na środowisko. Wpływ ten wyznaczono za pomocą metody LCA (*Life Cycle Assessment*), która w sposób ilościowy określa obciążenia środowiskowe. Wyniki wyrażone są w punktach środowiskowych [Pt], dodatnie wartości określają negatywny wpływ na środowisko, natomiast wartości ujemne oznaczają korzyści dla środowiska [1, 2].

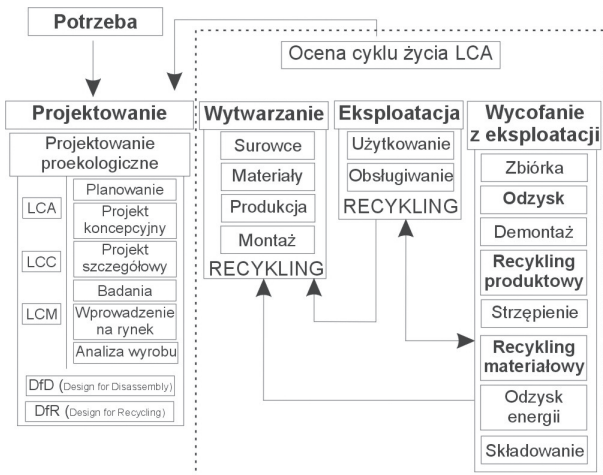
Proces recyklingu materiałów poprodukcyjnych, zużytych płynów eksploatacyjnych oraz wyeksploatowanych elementów korzystnie wpływa na zdrowie i na wyczerpanie zasobów. Całkowity wpływ na środowisko procesu recyklingu i składowania z podziałem na trzy kategorie przedstawia wykres na rys. 1. Uzyskanie tak widocznych korzyści środowiskowych przyczyniło się do podjęcia pracy, której celem jest modelowanie recyklingu środków transportu.



Rys. 1. Obciążenia środowiskowe procesu recyklingu i składowania pojazdów samochodowych z podziałem na trzy kategorie

Cykl życia pojazdu samochodowego

Wszystkie środki transportu w różnym stopniu wpływają na środowisko. W ograniczeniu ich negatywnego wpływu na środowisko pomocna może być analiza struktury cyklu istnienia obiektów. Podobnie jak or-



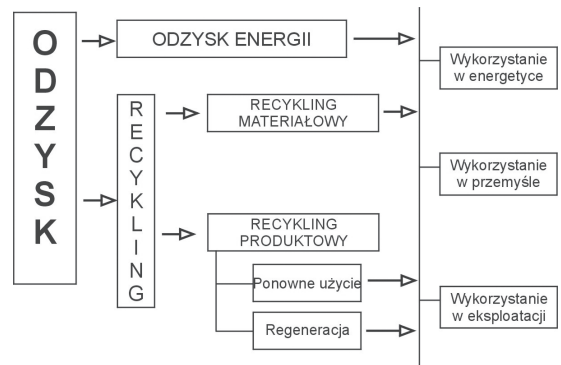
Rys. 2. Cykl życia pojazdu samochodowego [opracowanie własne]

ganizmy żywe, których egzystencję można ująć jako cykl podzielony na fazy, począwszy od ewolucyjnego rozwoju gatunku, poprzez proces kształtowania konkretnego organizmu i jego życie aż po śmierć i rozkład, który skutkuje włączeniem w globalny obieg materii, także pojazdy samochodowe podlegają regularnym przemianom. Istnienie każdego samochodu ma przebieg cykliczny z podziałem na pięć faz: potrzeba, projektowanie, wytwarzanie, eksploatacja oraz wycofanie z eksploatacji, któremu towarzyszą procesy ponownego przetwarzania występujące również we wcześniejszych fazach cyklu (Rys. 2). W odniesieniu do pojazdów samochodowych, na podstawie wykazanego wyżej podobieństwa, używamy również terminu *cykl istnienia* lub wręcz *cykl życia*.

Recykling pojazdów

Zasady postępowania z zużytymi pojazdami zostały określone w *Dyrektywie 2000/53/EC* [3] oraz *Ustawie o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji* [4]. Zgodnie z ww. aktami prawnymi odpad w postaci samochodu wycofanego z eksploatacji należy zagospodarować w sposób bezpieczny i przyjazny dla życia i zdrowia ludzi oraz środowiska naturalnego. Zagospodarowanie to ma polegać na maksymalnym wykorzystaniu pochodzących z tych samochodów elementów i materiałów w eksploatacji i przemyśle, bardzo ograniczonego wykorzystania w energetyce, aż do sporadycznego składowania pozostałości na składowisku odpadów. Aby sprostać wymaganiom tego zagospodarowania prowadzony jest odzysk. Podstawowym procesem odzysku jest recykling produktowy (ponowne użycie w eksploatacji) i recykling materiałowy (Rys. 3).

Równocześnie wszystkie podmioty gospodarcze uczestniczące w zagospodarowywaniu wyeksploatowanych samochodów zostały zobowiązane osiągnąć poziom odzysku i recyklingu w wysokości odpowiednio:



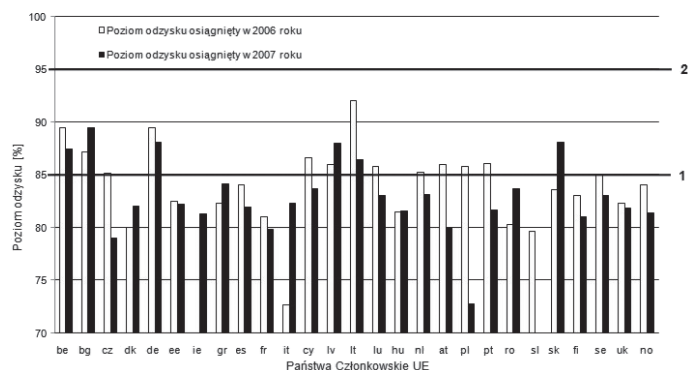
Rys. 3. Formy odzysku z równoczesnym wskazaniem miejsca wykorzystania [opracowanie własne]

85 i 80% masy pojazdów przyjętych do przetworzenia. Natomiast od 1 stycznia 2015 roku w odniesieniu do wszystkich pojazdów wycofanych z eksploatacji poziom odzysku będzie podniesiony do 95%, a poziom recyklingu do wartości 85%.

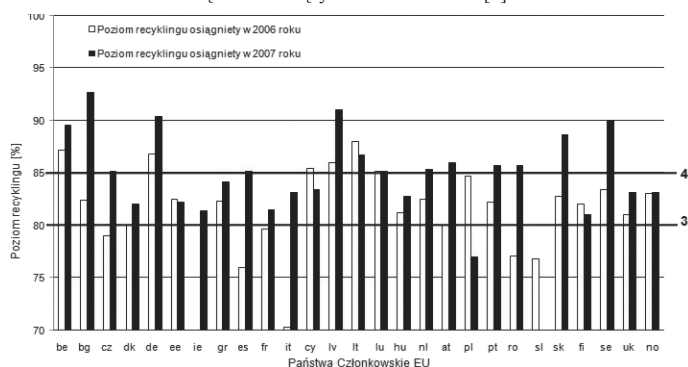
Analiza złożonych przez państwa członkowskie UE sprawozdań za 2006 i 2007 rok wykazała, że występują problemy z osiągnięciem zalecanych poziomów odzysku i recyklingu (Rys. 4, 5).

Optymalizacja odzysku samochodu

W rozpatrywanym odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji, dysponujemy potencjałem o określonej



Rys. 4. Wartości poziomu odzysku osiągnięte przez poszczególne państwa członkowskie Unii Europejskiej w 2006 i 2007 roku: 1 – wysokość poziomu odzysku określona w Dyrektywie [3], 2 – wysokość poziomu odzysku określona w Dyrektywie, która będzie obowiązywała od 2015 roku [3]



Rys. 5. Wartości poziomu recyklingu osiągnięte przez poszczególne państwa członkowskie Unii Europejskiej w 2006 i 2007 roku: 1 – wysokość poziomu recyklingu określona w Dyrektywie [3], 2 – wysokość poziomu recyklingu określona w Dyrektywie, która będzie obowiązywała od 2015 roku [3]

strukturze i masie, który należy poddać odzyskowi. Analizowany odzysk elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji, określamy jako trójkę uporządkowaną, w której graf odwzorowujący strukturę procesu demontażu jest grafem dwudzielnym i pełnym, gdzie wyróżniono A, A ⊂ W zbiór elementów do odzyskania i B, B ⊂ W zbiór odzyskanych elementów i materiałów. Między wyróżnionymi wierzchołkami zachodzą relacje odzysku, która są dopuszczalne lub niedopuszczalne dla odzyskiwanego elementu. Przyjmujemy, że z każdego a-tego wierzchołka stanowiącego element do odzyskania, można odzyskać masę w ilości m_a , $a = 1, 2, \dots, A$; $m_a \geq 0$. Analogicznie przyjmujemy, że w każdym b-tym wierzchołku stanowiącym odzyskane elementy i materiały można przyjąć masę w ilości m_b , $b = 1, 2, \dots, B$; $m_b \geq 0$. Zakładamy, że dana jest zależność opisująca: koszty demontażu operacji demontażowych w poszczególnych relacjach odzysku, koszty przekazania odzyskanych materiałów do odzysku lub recyklingu oraz uzyskanie dochodu ze sprzedaży odzyskanych elementów i materiałów, możliwe jest sformułowanie zadania optymalizacyjnego.

Zadanie to polega na wyznaczeniu optymalnej strategii odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji, dla której funkcja celu:

$$f_c(SWE_d) = \sum_{i=1}^e oep_i \cdot k1_i + \sum_{i=1}^f oer_i \cdot k2_i + \sum_{i=1}^g omp_i \cdot k3_i + \sum_{i=1}^h ozs_i \cdot k4_i + (1) \\ + \sum_{i=1}^k ozk_i \cdot k5_i + \sum_{i=1}^l ozms_i \cdot k6_i + \sum_{i=1}^m ots_i \cdot k7_i + \sum_{i=1}^n os_i \cdot k8_i + \sum_{i=1}^o ow_i \cdot k9_i + \\ + \sum_{i=1}^p og_i \cdot k10_i + \sum_{i=1}^r opo_i \cdot k11_i + \sum_{i=1}^s oza_i \cdot k12_i +, \\ - \sum_{(a,b) \in RD} (kd^{(a,b)} + kdn^{(a,b)} + kdu^{(a,b)}) - kdd$$

przyjmuje wartość maksymalną, co jest równoznaczne z osiągnięciem przez stację demontażu maksymalnego zysku z realizacji odzysku elementów i materiałów z danego samochodu wycofanego z eksploatacji.

Warunki ograniczające:

– warunek osiągnięcia poziomu odzysku samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$POSWE_d \geq 0,85 \quad (2)$$

– warunek osiągnięcia poziomu recyklingu samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$PRSWE_d \geq 0,80 \quad (3)$$

– warunki bilansowe odzyskiwanej i odzyskanej masy elementów i materiałów w procesie odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji:

$$\forall a \in A \sum_{a=1}^A m^{(a,b)} \leq m_a \quad (4)$$

$$\forall b \in B \sum_{b=1}^B m^{(a,b)} \leq m_b \quad (5)$$

gdzie: f_c – funkcja celu, SWE – samochód wycofany z eksploatacji, d – numer identyfikacyjny SWE , oep – odzyskane elementy do ponownego użycia w eksploatacji, oer – odzyskane elementy do regeneracji, omp – odzyskane płyny eksploatacyjne, ozs – odzyskany złom metali żelaznych, ozk – odzyskany złom metali nieżelaznych, $ozms$ – odzyskany złom metali szlachetnych, ots – odzyskane tworzywa sztuczne, os – odzyskane szkło, ow – odzyskane włókna, og – odzyskane odpady gumowe, opo – odzyskane pozostałe odpady, oza – odzyskany złom akumulatorowy, k – cena/koszt ze sprzedaży/koszt przekazania do recyklingu, kd – koszty demontażu, kdn – koszty demontażu nieniszczącego, kdu – koszty demontażu ze strefy uszkodzonej, kdd – dodatkowe koszty odzysku elementów i materiałów. $POSWE$ – poziom odzysku dla SWE , $PRSWE$ – poziom recyklingu dla SWE , A – zbiór elementów do odzyskania, $m^{(a,b)}$ – masa odzyskana w relacji odzysku (a,b) , m_a – masa elementu do odzyskania, B – zbiór odzyskane elementy i materiały, m_b – masa elementu odzyskanego.

Wnioski

Rozpatrywanie problemu recyklingu zużytych pojazdów samochodowych jako zadania optymalizacji odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji pozwala na zwiększenie poziomu odzysku i recyklingu dla pojedynczego samochodu. Równocześnie indywidualne zwiększenie poszczególnych poziomów skutkuje wzrostem poziomów w skali rocznej, z której są rozliczane podmioty gospodarcze uczestniczące w procesie przetwarzania wycofanych z eksploatacji samochodów. Przykładem tego jest zadanie odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji oznaczonego symbolem $SWE(PA)_1$, który został poddany badaniom doświadczalnym i optymalizacyjnym w funkcjonującej stacji demontażu. Uzyskane wyniki przedstawiono tab. 1.

Tab. 1. Wyniki z odzysku elementów i materiałów z samochodu wycofanego z eksploatacji oznaczonego jako $SWE(PA)_1$

	Badania doświadczalne	Badania optymalizacyjne
$POSWE(PA)_1$	76,68%	86,68%
$PRSWE(PA)_1$	73,76%	83,76%
Zysk z realizacji odzysku	278,88zł	403,73zł

LITERATURA

- [1] Z. Klos, J. Kasprzak: Chemik nr 6-7 (2004).
- [2] P. Kurczewski, R. Lewicki, J. Merkiś: Inż. Ap. Chem. 47, nr 4, 45 (2008)..
- [3] Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. Official Journal of the EU, L269, 21.10.2000.
- [4] Ustawa o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji z dnia 20.01.2005 (Dz. U. Nr 25, poz. 202).