

Jacek ELIASZ, Rafał GIBCZYŃSKI, Piotr BURAK

## WYBRANE ASPEKTY ANALIZY MATERIAŁOWO-ENERGETYCZNEJ DLA FAZY BUDOWY SAMOCHODU DOSTAWCZEGO

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono wybrane aspekty dotyczące metodyki przeprowadzania analizy materiałowo-energetycznej dla fazy budowy samochodu dostawczego. Analiza ta oparta jest o bilans masy i energii w myśl pierwszej zasady termodynamiki. W artykule zaprezentowano również wybrane wyniki obliczeń dotyczących skumulowanych: nakładów materiałowych, nakładów energetycznych oraz emisji CO<sub>2</sub> dla wybranego przykładu samochodu dostawczego.*

**Słowa kluczowe:** samochód dostawczy, analiza cyklu życia, zarządzanie energią środowiskiem

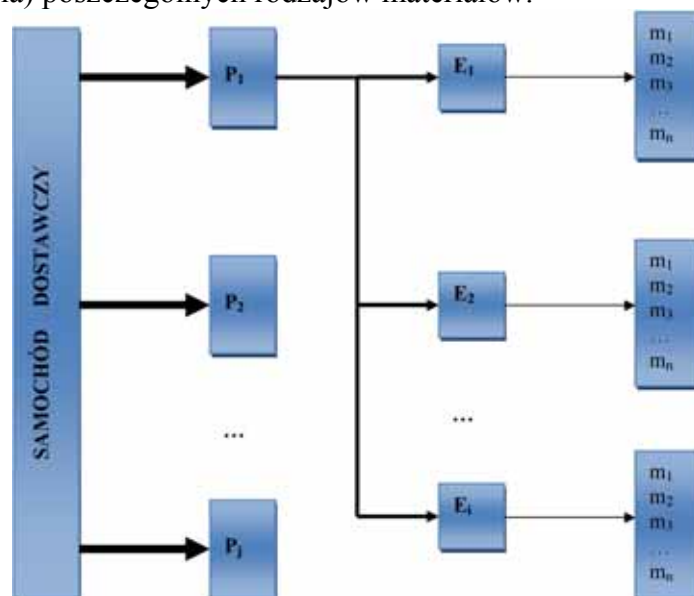
### WSTĘP

Dominująca rola samochodów dostawczych i ciężarowych w transporcie towarów spowodowała, że stały się one w ostatnich latach obok samochodów osobowych jednym z głównych obiektów przeprowadzania tzw. środowiskowej analizy cyklu życia (LCA) przy wykorzystaniu metodyki zawartej w normach serii EN ISO 14040. Co prawda metodyka ta cechuje się znaczącym stopniem kompleksowości w zakresie uwzględnienia wszystkich rodzajów obciążeń środowiskowych, jednakże z drugiej strony nie do końca daje ona możliwość przeprowadzenia przejrzystej i obiektywnej oceny porównawczej różnych typów pojazdów samochodowych pod kątem wielkości nakładów materiałowych, nakładów energetycznych i związanych z nimi emisji CO<sub>2</sub> np. w fazie ich produkcji. Ponadto zauważyć należy oprócz wspomnianej metodyki LCA, istnieje już od dawna narzędzie pozwalające na przeprowadzenie bilansu masy i energii, także w obszarze poszczególnych faz cyklu życia pojazdów samochodowych, jakim jest pierwsza zasada termodynamiki. Fakt ten skłonił autorów niniejszego artykułu do podjęcia próby opracowania i zastosowania modelu analitycznego opartego o wymagania pierwszej zasady termodynamiki oraz metodyki określania jednostkowych i skumulowanych nakładów materiałowych, energetycznych oraz emisji CO<sub>2</sub> w odniesieniu do fazy budowy (produkcji) wybranego przykładu samochodu dostawczego.

### 1. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA MODELU ANALITYCZNEGO

Zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 1 modelowanie analityczne fazy produkcji samochodu dostawczego obejmuje w pierwszym etapie jego podział na podzespoły

(P), które z kolei dzieli się później na ich poszczególne elementy (E), aby móc w efekcie końcowym określić ich strukturę materiałową (m). Określenie struktury materiałowej pojazdu samochodowego stanowi podstawę do określenia wielkości skumulowanych nakładów (skumulowanego zużycia) poszczególnych rodzajów materiałów.



**Rys. 1.** Schemat blokowy modelu analitycznego dekompozycji samochodowego dostawczego na poszczególne podzespoły, elementy i materiały

Wielkość poszczególnych skumulowanych nakładów materiałowych obliczyć można przy wykorzystaniu podanych poniżej ogólnych zależności, odzwierciedlających sumowanie ilości danego rodzaju materiału w poszczególnych elementach i podzespołach pojazdu:

$$SNm_1 = \sum_{n=1}^i \sum_{i=1}^j \sum_{j=1}^k m_1 \quad (1)$$

$$SNm_2 = \sum_{n=1}^i \sum_{i=1}^j \sum_{j=1}^k m_2 \quad (2)$$

$$SNm_3 = \sum_{n=1}^i \sum_{i=1}^j \sum_{j=1}^k m_3 \quad (3)$$

$$SNm_n = \sum_{n=1}^i \sum_{i=1}^j \sum_{j=1}^k m_n \quad (4)$$

Przyjmując z kolei, że skumulowane nakłady energetyczne są iloczynem skumulowanych nakładów materiałowych danego materiału i właściwej dla niego wartości jednostkowych nakładów energetycznych oraz, że skumulowane emisje CO<sub>2</sub> są iloczynem skumulowanych nakładów materiałowych danego materiału i właściwej dla niego wartości jednostkowych emisji CO<sub>2</sub>, otrzymuje się podane poniżej ogólne zależności skumulowanych nakładów energetycznych dla pojazdu samochodowego:

$$SNE_{PS} = \sum_{k=1}^n SNE_{m_k} \quad (5)$$

gdzie skumulowane nakłady energetyczne dla poszczególnych materiałów:

$$SNE_{m_1} = SNm_1 \cdot ne_{m_1} \quad (6)$$

$$SNE_{m_2} = SNm_2 \cdot ne_{m_2} \quad (7)$$

$$SNE_{m_3} = SNm_3 \cdot ne_{m_3} \quad (8)$$

$$SNE_{m_n} = SNm_n \cdot ne_{m_n} \quad (9)$$

oraz odpowiednio dla skumulowanych emisji CO<sub>2</sub>

$$SEM_{PS}^{CO_2} = \sum_{k=1}^n SEM_{m_k}^{CO_2} \quad (10)$$

gdzie skumulowane nakłady energetyczne dla poszczególnych materiałów:

$$SEM_{m_1}^{CO_2} = SNm_1 \cdot em_{m_1}^{CO_2} \quad (11)$$

$$SEM_{m_2}^{CO_2} = SNm_2 \cdot em_{m_2}^{CO_2} \quad (12)$$

$$SEM_{m_3}^{CO_2} = SNm_3 \cdot em_{m_3}^{CO_2} \quad (13)$$

$$SEM_{m_n}^{CO_2} = SNm_n \cdot em_{m_n}^{CO_2} \quad (14)$$

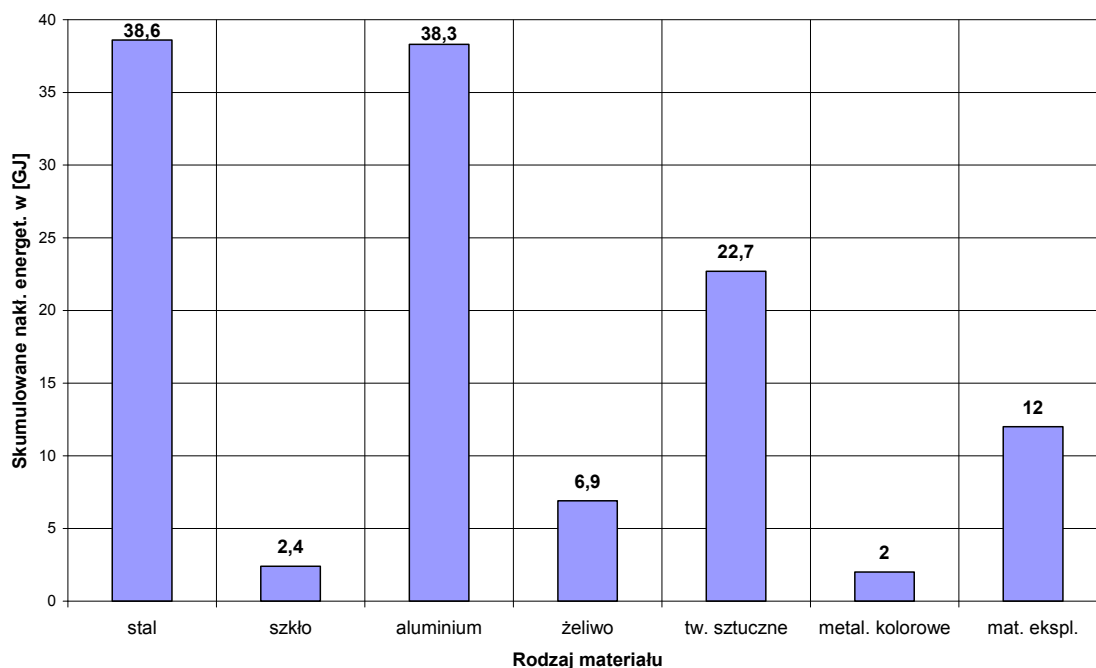
## 2. WYBRANE WYNIKI ANALIZY DLA PRZYKŁADU SAMOCHODU DOSTAWCZEGO

Opracowany model analityczny materiałowo-energetycznej oceny fazy budowy pojazdu samochodowego przeprowadzono – w ramach niniejszego opracowania – na przykładzie samochodu dostawczego jednego z europejskich producentów, wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym, którego całkowita masa własna wynosiła 1849,7 kg. Strukturę zużycia materiałów do produkcji tego typu pojazdu, określono na podstawie danych otrzymanych od jednej z zachodnioeuropejskich sieci stacji demontażu pojazdów [1], natomiast wartości jednostkowych nakładów energetycznych oraz jednostkowych emisji dla poszczególnych rodzajów materiałów zaczerpnięto z [2]. W tabeli 1 zestawiono podstawowe dane wejściowe dla przeprowadzenia obliczeń analitycznych.

**Tab. 1.** Wielkości zużycia oraz wartości jednostkowych nakładów energetycznych i jednostkowych emisji CO<sub>2</sub> przypadających na poszczególne rodzaje materiałów, wykorzystywanych do produkcji rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego (na podstawie [1] i [2]).

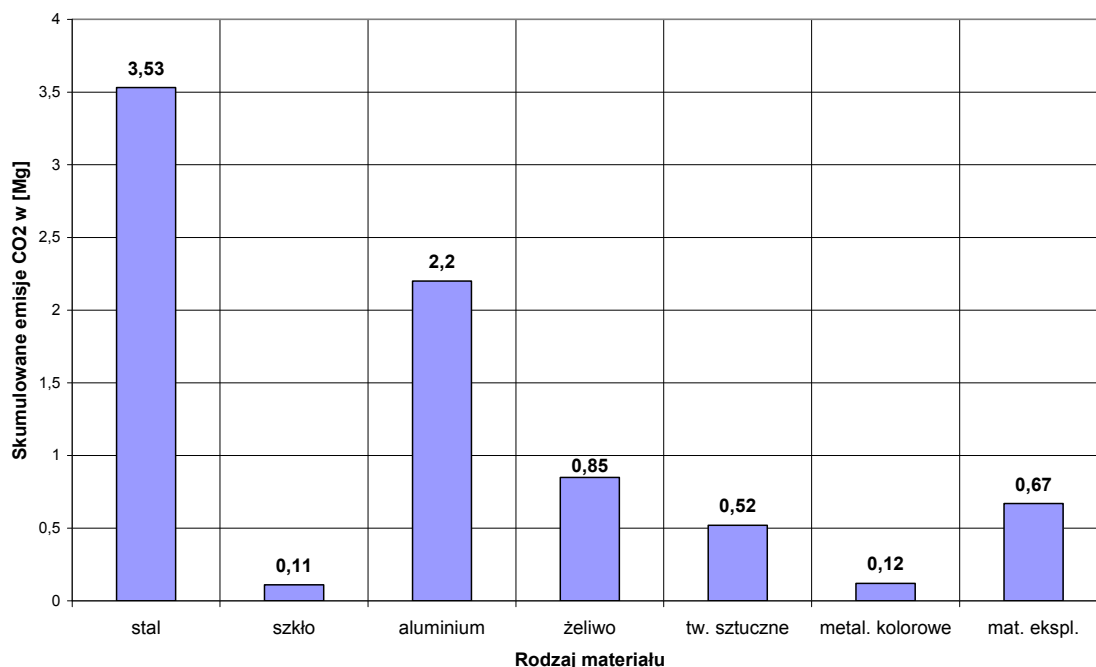
Rodzaj materiału	Stal	Szkło	Aluminium	Żeliwo	Tworzywo sztuczne	Metale kolorowe	Materiały eksplo.
SNm w [kg]	903,5	44,6	187,8	191,5	338,3	44,6	139,4
en w [MJ/kg]	42,7	54,5	204,1	35,9	67,0	44,2	85,9
em w [Mg CO <sub>2</sub> /kg]	3,91	2,48	11,69	4,46	1,54	2,75	4,8

Jak wynika to z tabeli 1 największy udział w skumulowanych nakładach materiałowych rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego mają takie materiały jak stal (48,6%), tworzywa sztuczne (18,2%), żeliwo (10,3%) i aluminium (10,1%). Natomiast ze zdecydowanie największymi wartościami jednostkowych nakładów energetycznych i jednostkowych emisji CO<sub>2</sub> mamy do czynienia w przypadku aluminium.



**Rys. 2.** Wielkość skumulowanych nakładów energetycznych dla poszczególnych rodzajów materiałów wykorzystywanych do produkcji rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego

Skumulowane nakłady energetyczne dla fazy budowy rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego wynoszą w sumie 122,9 GJ, przy czym jak ilustruje rys. 2 największy udział mają w nich takie materiały jak stal (31,4%), aluminium (31,2%) i tworzywa sztuczne (18,5%).



**Rys. 3.** Wielkość skumulowanych emisji CO<sub>2</sub> dla poszczególnych rodzajów materiałów wykorzystywanych do produkcji rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego

W przypadku skumulowanych emisji CO<sub>2</sub> (patrz rys. 3), które wynoszą w sumie 8,0 Mg CO<sub>2</sub>, największy udział mają takie materiały jak stal (44,1%), aluminium (27,5%) oraz żeliwo (10,6%).

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w niniejszym opracowaniu podstawowe założenia modelowe stanowią nowe podejście do zagadnień dot. określania i analizy skumulowanych nakładów materiałowych i energetycznych oraz skumulowanych emisji CO<sub>2</sub>, występujących w fazie produkcji samochodów dostawczych.

Z analizy wybranych wyników obliczeń wynika, że materiałami dominującymi w fazie wytwarzania samochodów dostawczych są stal, tworzywa sztuczne, żeliwo i aluminium. Natomiast z analizy struktury skumulowanych energetycznych wynika, że z największymi ich wartościami mamy do czynienia w przypadku stali, aluminium i tworzyw sztucznych. W przypadku skumulowanych emisji CO<sub>2</sub> można stwierdzić, że ich rozkład jest bardzo zbliżony do wielkości skumulowanych nakładów materiałowych dla poszczególnych rodzajów materiałów stosowanych w produkcji rozpatrywanego przykładu samochodu dostawczego.

Ze względu na charakter i ograniczony wymiar stronicowy niniejszego opracowania, zostały w nim zdefiniowane i krótko omówione jedynie podstawowe założenia koncepcyjne i wybrane zależności o charakterze ogólnym. Autorzy przedłożonego artykułu pragną jednakże zapewnić, że tematyka ta – szczególnie w odniesieniu do innych faz cyklu życia pojazdu samochodowego – będzie kontynuowana w kolejnych publikacjach i opracowaniach naukowych.

*Artykuł powstał w ramach projektu badawczego nr NN509517240 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Dane dotyczące rodzaju i wielkości zużycia materiałów do produkcji wybranego przykładu samochodu dostawczego, otrzymane od jednej z zachodnioeuropejskich sieci stacji demontażu pojazdów.
2. Corradini R., Hutter C., Köhler D., *Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen*. Bericht Nr. 065.1/KEA, Forschungsstelle für Energiewirtschaft München, München, 2009.

## THE SELECTED ASPECTS OF ENERGY-EMISSION ANALYSIS FOR THE CONSTRUCTION STAGE OF DELIVERY TRUCK

### *Abstract*

*The selected aspects of material and electrical analysis methodology for construction phase of delivery truck are presented in the article. The analysis is based on mass and energy balance according to the first thermodynamic principle. Also the article shows the selected calculation results of cumulated materials and energy quantities and cumulated CO<sub>2</sub> emission for the selected example of delivery truck.*

**Key words:** delivery truck, LCA, energy and environmental management.

### *Autorzy:*

dr hab. inż. **Jacek Eliaz**, prof. ZUT – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
inż. **Rafał Gibczyński** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
inż. **Piotr Burak** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie