

Krzysztof Witkowski¹
Uniwersytet Zielonogórski

Aspekty logistyki odzysku i recyklingu tworzyw sztucznych

1. WPROWADZENIE

Ekstensywny rozwój gospodarczy charakterystyczny dla XX w., będący konsekwencją rozwoju nauki i techniki, spowodował z jednej strony wykładniczy wzrost produkcji dóbr i usług, ale niestety, z drugiej strony również wykładniczą presję na zasoby środowiskowe oraz wzrost zanieczyszczenia i degradacji środowiska na skalę globalną [4, 13].

Należy jednak podkreślić, że warunkiem wprowadzenia mechanizmów przebudowy gospodarki jest dokonanie zmian w świadomości ekonomicznej, uznanie, że gospodarka jest częścią ekosystemów i może zapewnić postęp jedynie wtedy, gdy zostanie zintegrowana z ekosystemami w jeden makrosystem rozwoju tak, aby stabilizować wzajemne zależności zachodzące w jego wnętrzu [3, 5]. Zatem, w doktrynie zrównoważonego rozwoju najważniejsze jest sprzężenie praw ekonomii określających ład społeczno-gospodarczy z zasadami ekologii określającymi ład ekologiczno-przestrzenny, a to oznacza, że w procesach gospodarowania środowisko powinno być uwzględniane na równi z kapitałem i pracą [7, 10]. Upowszechnienie zrównoważonego wykorzystania zasobów środowiskowych w praktyce gospodarczej wymaga, aby za priorytetowe dla wszystkich sektorów przemysłowych i usługowych uznać poszukiwanie nowych rozwiązań technicznych, technologicznych i logistycznych racjonalizujących gospodarkę surowcami, energią oraz odpadami [2, 6]. Należy podkreślić, że w świetle definicji zawartej w art. 3 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 o odpadach – „przez odpady rozumie się każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do ich pozbycia się jest zobowiązany”.

W gospodarowaniu odpadami należy jednak uwzględnić, że „substancja”, która dla jednego posiadacza jest odpadem, dla innego lub nawet tego samego podmiotu gospodarczego, w innym miejscu i innym czasie może być przydatnym surowcem lub półproduktem, a to oznacza, że odpady powinny być odzyskiwane i efektywnie wykorzystywane zgodnie z filozofią zawartą zarówno w polskim ustawodawstwie, jak i w nowej ramowej dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów.²

2. ISTOTA LOGISTYKI ODZYSKU

Logistyka zagospodarowania odpadów umożliwia urzeczywistnienie w praktyce idei gospodarki okrężnej, będącej odejściem od linearnego modelu przepływu surowców do modelu zamkniętych cykli materiałowo-energetycznych, które w istotny sposób zmniejszają wskaźnik entropijności współczesnej gospodarki.

Cele stawiane przed logistyką odzysku mają charakter celów kompleksowych (zintegrowanych) (rys. 1).

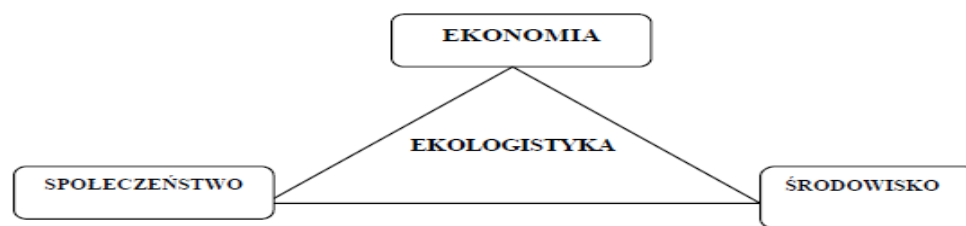
¹ k.witkowski@wez.uz.zgora.pl

² Pierwsza dyrektywa ramowa Rady w sprawie odpadów 75/442/EWG z 15 lipca 1975 r. (Dz. Urz. WE L 194) została przyjęta ponad 30 lat temu i chociaż została znowelizowana w znaczący sposób w 1991 r., to jednak w czasie jej obowiązywania ujawniło się wiele problemów związanych z gospodarką odpadami, które wymagały pilnego uporządkowania. Wprawdzie w 2006 r. weszła w życie dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2006/12/WE z 5 kwietnia 2006 r. w sprawie odpadów, jednak w praktyce był to tylko jednolity tekst „starej” dyrektywy ramowej z 1975 r., a jego publikacja związana była z przystąpieniem do UE nowych państw członkowskich: Bułgarii i Rumunii.

Cel ekonomiczny polega na obniżeniu kosztów logistycznych i poprawie poziomu obsługi logistyki odzysku (oznacza to zgodny z wymaganiami odbiór odpadów w miejscach ich powstawania oraz dokładne pod względem rodzaju, ilości, przestrzeni i czasu dostarczenia surowców wtórnych do źródeł ponownego wykorzystania).

Cel środowiskowy jest zorientowany na ochronę zasobów naturalnych poprzez ich częściową substytucję odzyskanymi z odpadów surowcami wtórnymi oraz obniżenie poziomu zanieczyszczeń pochodzących z logistycznych procesów utylizacji.

Cel społeczny natomiast ukierunkowany jest na zapewnienie wysokiej jakości życia społeczeństw, z uwzględnieniem zasady sprawiedliwości międzypokoleniowej, której wyznacznikiem jest poziom rozwoju i efektywność funkcjonowania gospodarki, stan świadomości i poziom kultury społeczeństw oraz jakość systemów przyrodniczych określana stanem bioróżnorodności biologicznej i ich produktywnością.



Rys. 1. Cele logistyki odzysku

Źródło: opracowanie własne

Należy wyraźnie podkreślić, że samo pojęcie - logistyka odzysku – ciągle nie jest jednoznacznie zdefiniowane i w piśmiennictwie można spotkać bardzo wiele równoznacznych lub bliskoznacznych określeń. Dodatkowo, występują dowolne tłumaczenia na język polski obcojęzycznych odpowiedników tego pojęcia i dlatego w polskiej literaturze przedmiotu używane są zamiennie takie określenia, jak: ekologia, logistyka zwrotna, logistyka utylizacji, logistyka odpadów, logistyka odwrotna, logistyka odzysku, logistyka recyklingu oraz logistyka powtórnego zagospodarowania. Szeroki przegląd definicji logistyki zwrotnej/odzysku został zaprezentowany w [15].

W polskim piśmiennictwie pojęcie „reverse logistics” tłumaczone jest jako logistyka: zwrotna, odwrotna, utylizacji, recykulacji, powtórnego zagospodarowania, czy po prostu strefa zwrotu. Żadne z tych pojęć nie oddaje jednak istoty systemu zagospodarowania odpadów tak trafnie jak logistyka odzysku. Uzasadnia to w swoich publikacjach K. Michniewska [8].

Zarówno pojęcie logistyka zwrotna jak i strefa zwrotu nie wskazują jednoznacznie, iż ich celem jest "odzyskanie" wartości tkwiącej w zużytej produkcji bądź opakowaniu.

Z kolei pojęcie logistyka utylizacji sugeruje, iż produkty i/lub opakowania będące w fazie użytkowej zostaną unicestwione, zgodnie ze znaczeniem słowa utylizacja i zasadami funkcjonowania zakładów utylizacji.

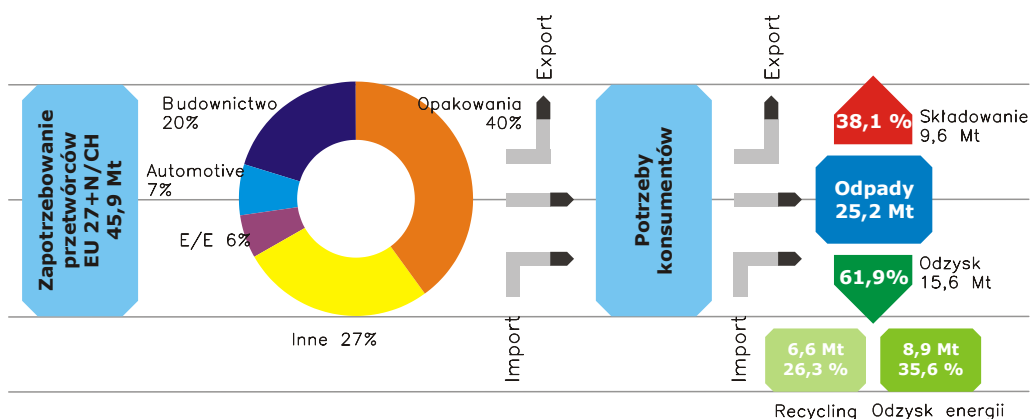
Logistyka recykulacji sugeruje, że określony produkt, bądź opakowanie krąży wielokrotnie w ramach zamkniętej pętli łańcucha dostaw.

W kontekście przedstawionych definicji autor uważa, że najważniejszym terminem w odniesieniu do logistycznie zintegrowanego systemu gospodarki odpadami jest termin – logistyka odzysku.

3. ŁAŃCUCH WARTOŚCI W SEKTORZE TWORZYW SZTUCZNYCH

Sektor tworzyw sztucznych rozwija się bardzo dynamicznie od ponad 50 lat. Z racji specyfiki produkcji oparty jest o innowacje i wysokie technologie, których szybkie wdrożenie zapewnia udział w rynku i stanowi o osiąganych zyskach. Sektor ten chłonny jest na osiągnięcia nauki oraz teorii i praktyki gospodarowania, w tym zarządzania logistycznego. Na rysunku 1 przedstawiono łańcuch

logistyczny obejmujący cały cykl życia tworzyw sztucznych – od popytu przetwórców po odzysk i utylizację.

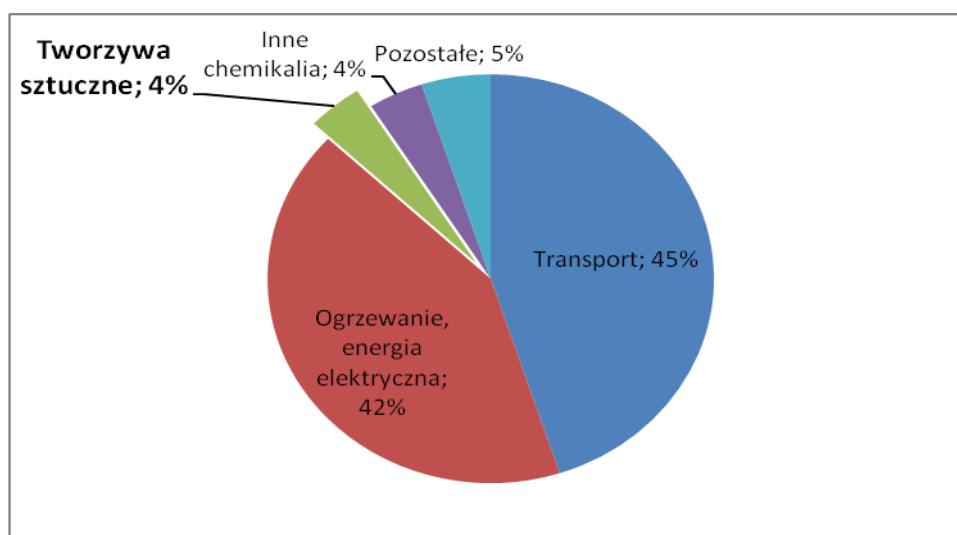


Rys. 2. Łańcuch logistyczny dla tworzyw sztucznych

źródło: [12]

Tworzywa sztuczne są związkami chemicznymi zbudowanymi z wielu identycznych molekuł (merów) połączonych w długie łańcuchy tworzące związki wielkocząsteczkowe tzw. polimery, w których występują powtarzalne elementy w postaci ugrupowań atomów (istnieje podział na polimery o łańcuchu węglowym i polimery heterołańcuchowe - oprócz atomu węgla w łańcuchu głównym są atomy innych pierwiastków, zwanych heteropierwiastkami).

Polimery można otrzymać w procesie modyfikacji wielkocząsteczkowych substancji pochodzenia naturalnego lub metodami syntezy chemicznej. Naturalne biopolimery powszechnie występują w tkankach roślin, np. celuloza czy kauczuk z drzew hevea brasiliensis. Surowcem wyjściowym do produkcji polimerów syntetycznych jest przede wszystkim ropa naftowa. Z ropy naftowej pozyskuje się m.in. etan (etylen), propen (propylen) i styren (winylobenzen), butadien, z których otrzymuje się poliolefiny takie jak polietylen (PE), polipropylen (PP), polistyren (PS), polibutadien (PBA) i ich kopolimery.



Rys. 3. Obszary wykorzystania ropy naftowej

źródło: [12]

Prognozuje się, że przy dzisiejszym poziomie zużycia światowe zasoby ropy naftowej zostaną wyczerpane do 2050 roku (wg BP), a według innych źródeł – do 2090 r.

Futurolog Ray Hammond w swojej książce „The World in 2030” przewiduje, że w przyszłości ropa naftowa nie będzie „marnotrawiona” w sektorze energetycznym i transportowym, ale jej zasoby będą wyłącznie „zarezerwowane” do wysokowartościowych procesów przetwórczych umożliwiających otrzymywanie surowców do wytwarzania, m.in. tworzyw sztucznych.

Aktualnie wytwarza się około 20 różnych grup tworzyw sztucznych, ta dywersyfikacja umożliwia optymalny dobór tworzywa w zależności od jego zastosowania w określonym segmencie rynku. Pięć grup wiodących stanowią tworzywa wielkotonażowe: polietylen, w tym polietylen wysokociśnieniowy (PE-LD), liniowy polietylen wysokociśnieniowy (PE-LLD) i polietylen niskociśnieniowy o dużej gęstości (PE-HD), polipropylen (PP), polichlorek winylu (PVC), polistyren stały (PS) oraz zspieniany (EPS), a także politereftalan etylenu (PET). Ta „wielka piątka” pokrywa około 75% zapotrzebowania na wszystkie tworzywa sztuczne w Europie. Najczęściej stosowana grupa polimerów to tzw. poliolefiny (PE-LD, PEHD, PE-LLD oraz PP), które stanowią około 50% całego popytu na tworzywa sztuczne. Trzecim co do wielkości zużycia polimerem jest polichlorek winylu (PVC), z udziałem wynoszącym 11%.

Warto też zwrócić uwagę na fakt, że Unia Europejska jest tradycyjnie ważnym eksporterem netto wyrobów z tworzyw sztucznych (tworzyw pierwotnych i produktów przetworzonych). Produkty przetworzone są eksportowane z UE głównie do trzech krajów: USA (12,2%), Rosji (11,6%) i Chin (5,4%). Eksportowane są głównie płyty, arkusze, folie, taśmy i pasy. Stanowi to 36% całości eksportu tworzyw sztucznych z UE [12].

4. ODZYSK I RECYKLING TWORZYW SZTUCZNYCH

Prowadzone w wielu krajach działania w zakresie zminimalizowania ilości deponowanych odpadów wykazały, że podstawowym warunkiem osiągnięcia tego celu jest prawidłowo działający system sortowania odpadów, ponieważ materiały wysortowane z odpadów mogą być poddawane procesom przetwórczym prowadzącym np. do wytworzenia nowych materiałów lub wyrobów. Proces ten nazywany jest recyklingiem [9].

Recykling jest procesem wieloetapowym, który obejmuje:

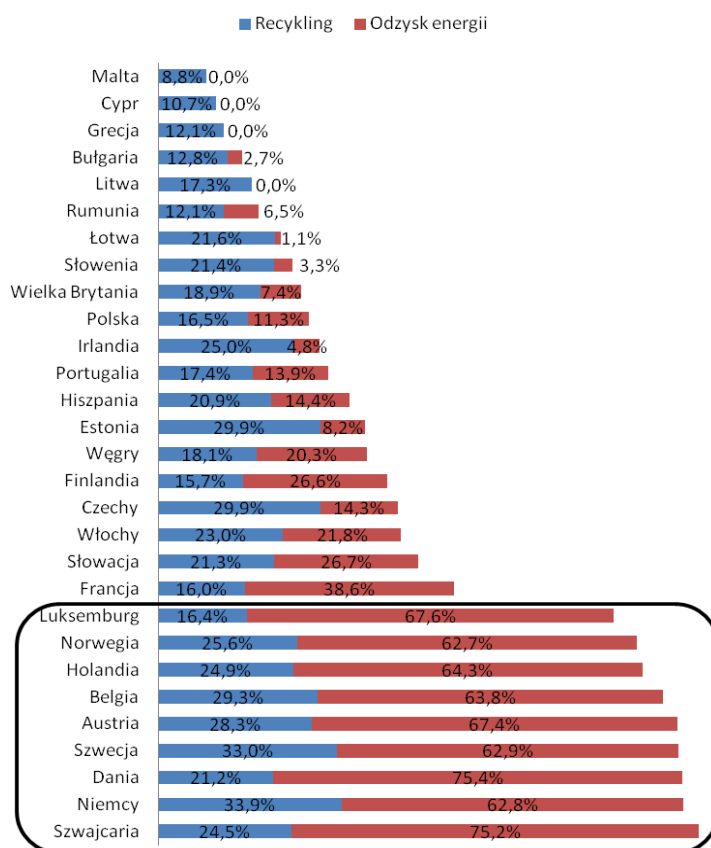
- zbiórkę i składowanie odpadów,
- identyfikację odpadów, rozdział i sortowanie,
- rozdrabnianie,
- mycie i suszenie,
- przetwórstwo.

Tworzywa sztuczne uważane są za drugi (po stali) z materiałów podstawowych gospodarki. Zagospodarowanie odpadów z tworzyw sztucznych to jednak problem jeszcze nie do końca rozwiązany. Stal ze światową produkcją na poziomie 1,3 mld t rocznie, jest najważniejszym materiałem, który może być poddany całkowitemu recyklingowi po zakończeniu cyklu życiowego produktu.

Wszystkie tworzywa sztuczne można poddać recyklingowi. Rodzaj recyklingu zależy od czynników ekonomicznych i typowo logistycznych. Tworzywa sztuczne produkowane są z ropy naftowej – zasobu o dużej wartości ale nieodnawialnego – powinny być wytwarzane z myślą ich przetworzenia w procesie recyklingu i ponownego wykorzystania jako produkt, który będzie mógł być poddany dalszemu recyklingowi.

Trudno jest wskazać jeden właściwy sposób na odzyskanie pełnej wartości tworzyw sztucznych. Ważnym elementem jest społeczna akceptacja zasady, że zasoby należy wykorzystywać efektywnie, a cenne materiały nie powinny trafiać na składowiska. Nieprzypadkowo zatem dziewięć krajów europejskich (Rysunek 4) mających najlepsze wyniki, ma także rygorystyczne ograniczenia związane ze składowaniem odpadów. Wprowadzono tam całkowity lub częściowy zakaz składowania odpadów z tworzyw sztucznych. Ograniczenia takie ukierunkowują działania na rzecz recyklingu, jak i odzysku energii. Dzięki temu całkowity wskaźnik odzysku przewyższył 80%. Strategia taka skutkuje zwiększeniem poziomów recyklingu jak i odzysku energii.

Postęp w dziedzinie odzyskiwania wartości z odpadów z tworzyw sztucznych jest stosunkowo powolny. Wskaźnik odzysku wzrasta o około 2 punkty procentowe rocznie. Wiele państw członkowskich UE musi podjąć większe starania, aby uzyskać poziom odzysku 80% lub wyższy do roku 2020.



Rys. 4. Stopień odzysku i recyklingu wg krajów (dotyczy pokonsumenckich odpadów z tworzyw sztucznych)
źródło: opracowanie własne na podstawie: [1]

5. TWORZYWA SZTUCZNE A ŚRODOWISKO

Tworzywa sztuczne, w aspekcie ich wpływu na środowisko, obiegowo - w porównaniu z innymi materiałami, cieszą się nienajlepszą, lub wręcz złą opinią i postrzegane są raczej jako uciążliwe dla ekosystemów. W celu weryfikacji tych stereotypowych opinii niezależna austriacka agencja badawcza Denkstatt GmbH z siedzibą w Wiedniu zajmująca się zrównoważonym rozwojem podjęła się przeprowadzenia wnikliwych badań uwzględniających tzw. ślad środowiskowy i ślad węglowy tworzyw sztucznych w pełnym cyklu ich życia. Prezentacja wyników badań, miała miejsce podczas Dnia Biznesu, będącego jednym z wydarzeń towarzyszących Światowej Konferencji Klimatycznej COP 15 zorganizowanej w grudniu 2009 r. w Kopenhadze, a następnie wyniki opublikowano w Raporcie podsumowującym wydanym w 2010 r. Raport ten stanowi kontynuację badań wykonanych przez Denkstatt w latach 2004/2005 i jest w pewnym sensie ich pogłębioną i rozszerzoną wersją wcześniejszego. Należy też podkreślić, że przedstawione w Raporcie wyniki badań są tym bardziej wiarygodne, że analizą objęto tworzywa o największym stopniu upowszechnienia w różnych segmentach rynku. Ewentualne różnice, w przedstawionej interpretacji wyników końcowych, dotyczyły pojedynczych przypadków i z tego względu ocenione je jako mało istotne w relacji do wszystkich analizowanych przypadków.[11]

Wyniki badań dotyczą tworzyw pochodzących z surowców kopalnych (ropy naftowej), nie uwzględniono, z uwagi na mały udział w rynku, tworzyw z surowców odnawialnych, mimo, że

technologie ich wytwarzania są już sprawdzone w praktyce (np. wytwarzanie popularnych monomerów jak etylen i/lub jego pochodne z etanolu pozyskanego ze źródeł odnawialnych).

Ponadto, w Raporcie uwzględniono wyłącznie przypadki zastosowania tworzyw sztucznych w sektorach, w których mogą być one zastąpione innymi materiałami. Badania mają bowiem charakter porównawczy, między śladem ekologicznym i węglowym tworzyw sztucznych a materiałami dla nich alternatywnymi w poszczególnych segmentach ich zastosowań.

Przeanalizowano łącznie 173 produkty. W ramach analizy każdego przypadku, reprezentującego pewną grupę wyrobów, uwzględniono do 6 różnych polimerów oraz do 7 różnych konkurencyjnych materiałów alternatywnych.

Tylko dla nielicznych wyrobów z tworzyw sztucznych zużycie energii jest większe niż w przypadku ich odpowiedników wykonanych z innych materiałów. Większość wyrobów z tworzyw sztucznych wymaga mniejszych, niż ich ewentualne substytuty, nakładów energii zwłaszcza w fazie produkcji. Ponadto wyroby z tworzyw umożliwiają dalsze, znaczące oszczędności w fazie ich użytkowania. Szczególnie jest to widoczne w przypadku części samochodowych, materiałów izolacyjnych stosowanych w budownictwie i przemyśle elektronicznym, oraz opakowań z tworzyw sztucznych.

Najważniejsze wnioski z badań dotyczących wpływu tworzyw sztucznych na środowisko są następujące [11]:

- Wyroby z tworzyw sztucznych, obecne na rynku, pozwalają na znaczne ograniczenie zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych (najważniejszą rolę odgrywają w tym procesie fazy produkcji i użytkowania).

- Przebadano wpływ rozmaitych materiałów na zapotrzebowanie na energię w ich całym cyklu życia. Wyniki pokazują, że w większości przypadków, wykorzystywane dzisiaj tworzywa sztuczne przyczyniają się do jak najbardziej wydajnego, biorąc pod uwagę bilans energetyczny, wykorzystania zasobów.

- Zastąpienie wyrobów z tworzyw sztucznych innymi materiałami spowoduje, w większości przypadków, wzrost zużycia energii oraz poziomu emisji gazów cieplarnianych.

- Zatem uwzględniając cały cykl życia wyrobów, tworzywa sztuczne mogą być uznane za jedne z najbardziej wydajnych energetycznie materiałów.

- Tworzywa sztuczne często umożliwiają zmniejszenie masy wyrobów.

- Zastosowanie tworzyw sztucznych w izolacjach termicznych, opakowaniach do żywności lub w urządzeniach do produkcji energii odnawialnej daje wyjątkowe korzyści związane z fazą użytkowania tych wyrobów.

- Polimery oparte na zasobach odnawialnych z samej przyczyny swojego pochodzenia nie są lepsze, niż konwencjonalne tworzywa sztuczne wytworzone na bazie paliw kopalnych. W zależności od użytego surowca i zastosowanej metody zagospodarowania odpadów różnica pomiędzy minimalną i maksymalną emisją równoważnika CO₂ jest większa niż różnica dzieląca je od konwencjonalnych polimerów.

- Tworzywa sztuczne pozyskiwane na bazie zasobów odnawialnych mogą przyczynić się do redukcji emisji gazów cieplarnianych w przyszłości, jeżeli wybrane zostaną właściwe zasoby surowcowe oraz odpowiednie metody zagospodarowania odpadów.

- „Bilans węglowy” całego rynku tworzyw sztucznych w EU27+2 wskazuje, iż szacunkowe korzyści związane z fazą użytkowania (ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w wyniku zastosowania tworzyw sztucznych) są około 5 - 9 razy większe, niż poziom emisji w fazie produkcji i odzysku wszystkich tworzyw sztucznych (wg danych na rok 2007). Należy zauważyć, że lista przykładów korzystnego, z punktu widzenia bilansu węglowego, zastosowania tworzyw sztucznych jest niekompletna – obejmuje ona te obszary, w których korzyści udało się do tej pory określić ilościowo.

- Korzyści związane z fazą użytkowania tworzyw sztucznych mogą być potencjalnie dużo większe do roku 2020 i mogą zdecydowanie przewyższyć poziom dodatkowej emisji spowodowanej rosnącą ilością tworzyw sztucznych. W roku 2020 przewidywane oszczędności w emisji CO₂

uzyskane w czasie użytkowania wyrobów mogą być 9-15 razy większe niż ilość CO₂ wyemitowana w tym samym roku w związku z produkcją i zagospodarowaniem odpadów.

- Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na wzrost korzyści wynikających ze stosowania tworzyw sztucznych będą cele strategiczne UE (zgodnie z planem działań UE dotyczącym energii i zmian klimatycznych do roku 2020) zmierzające do ograniczenia zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w sektorze budowlanym i motoryzacyjnym oraz do zwiększenia udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych. Ponadto zastosowanie tworzyw sztucznych do ochrony zapakowanych w nie produktów (w szczególności żywności) oraz w celu zastąpienia mniej wydajnych energetycznie i pod względem emisji gazów cieplarnianych materiałów również przyczyni się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w całej Europie.

6. ZAKOŃCZENIE

Jednym z głównych założeń systemu logistyki odzysku jest racjonalna gospodarka surowcami naturalnymi i ich zrównoważone wykorzystanie wsparte rozwijaniem łańcuchów zwrotów umożliwiających zagospodarowania odpadów. Należy podkreślić, że dla wielu uczestników, w tradycyjnie rozumianej logistyce, łańcuch odpadów pozostaje poza obszarem zainteresowań, a przecież z łańcucha zwrotu odpadów wypływają ważne konsekwencje dla całego łańcucha dostaw weryfikujące go pod kątem tworzenia wartości dodanej poprzez zastosowanie procesów logistyki odzysku zgodnie z zasadą 5R [14]

Streszczenie

Założenia zrównoważonego rozwoju jednoznacznie wskazują, aby za priorytetowe dla wszystkich sektorów gospodarczych i usługowych uznać poszukiwanie nowych rozwiązań technicznych, technologicznych i logistycznych optymalizujących gospodarkę surowcami, energią oraz odpadami. Wdrożenie logistyki odzysku w procesach gospodarczych może skutecznie pomóc w przezwyciężeniu skutków globalnego kryzysu ekonomicznego. Celem artykułu jest krytyczna analiza literatury w zakresie logistyki odzysku i recyklingu tworzyw sztucznych oraz zbadanie wpływu logistyki odzysku na kreowanie wartości dodanej u producentów tworzyw sztucznych. Przesłanką wyboru tworzyw sztucznych jest fakt ich wszechstronnego zastosowania, np. w opakownictwie, budownictwie, przemyśle motoryzacyjnym. Ważną kwestią jest także to, że produkcja tworzyw wywiera znaczący wpływ na środowisko, przyczyniając się m.in. do zużycia tak cennego zasobu jakim jest ropa naftowa.

Słowa kluczowe: Rozwój zrównoważony, logistyka odzysku, recykling, odpady, tworzywa sztuczne

The aspect of reverse logistics and recycling of plastics

Abstract

The assumptions of sustainable development clearly indicate that the search for new solutions to technical, technological and logistical resources, and rationalization of the economy, energy and waste should be a priority for all business sectors and services. The implementation of reverse logistics into business processes could help to overcome the global economy crisis effects. The purpose of the article is twofold: a critical analysis of the subject literature in terms of a reverse logistics and recycling, and to highlight the role of reverse logistics in creating added value for producers of plastics. The premise is the choice of reverse logistics for plastics on the one hand, considering their versatile applications, such as in the packaging, construction and automotive industries. On the other hand, an extremely important issue is that their production is characterized by high dynamics, has a significant impact on the environment, contributing significantly to the use of the valuable resource that is oil.

Keywords: Sustainable development, reverse logistics, recycling, waste, plastics

LITERATURA

- [1] Borkowski K., *Recykling opakowaniowych odpadów tworzyw sztucznych w Polsce*, Materiały konferencyjne, Poznań, 2011

- [2] Burchart-Korol D., Czaplicka-Kolarz K., Witkowski K., *Metody oceny efektywności w zarządzaniu łańcuchem dostaw*, Logistyka, 5 (2013)
- [3] Božiková L., Sakál P., Witkowski K., 2013, *Information portal and database of scientific research centres of corporate social responsibility*, Logistyka, 5/2013
- [4] Gołasa P., Lenort R., Wysokiński M., Baran J., Bieńkowska-Gołasa W., *Concentration of Greenhouse Gas Emissions in the European Union*, In Metal 2014: 23th International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2014
- [5] Kadłubek M., *Logistics in Poland in the Light of Sustainable Development*, W: MEKON. Conference Proceedings of MEKON 2014 Selected Papers. 16th International Conference. February 5-6, 2014, Ostrava, Czech Republic. VSB-TUO, Faculty of Economics, Ostrava 2014
- [6] Kuźdowicz D., Kuźdowicz P., Witkowski K., *The application of normal and actual cost accounting in production companies*, in: Global Crises - Opportunities and Threats, CO-MA-TECH 2012, 20th international scientific conference. Trnava, Slovakia, 2012, Wydaw. Alumnipress, 2012
- [7] Kuźdowicz P., Witkowski K., Vidová H., *Modelling value stream flows in the enterprise supply chain*, in: Management 2013, Vol.17, No. 2
- [8] Michniewska K., *Nowe trendy w logistyce: logistyka odzysku a ekologiczność*, Logistyka 1/2006
- [9] Monitor Polski, *Krajowy plan gospodarki odpadami 2014*
- [10] Nowicka-Skowron Maria, Nowakowska-Grunt Joanna, *Application of Measures for Assessment of Supply Chain Management in Manufacturing Enterprises*, w: Management of Manufacturing Systems. Proceedings. 3rd. Conference with International Participation. Presov, Slovak Republic. 2008
- [11] Raport podsumowujący Denkstatt, *Wpływ tworzyw sztucznych na zużycie energii oraz na emisję gazów cieplarnianych w Europie z uwzględnieniem całego cyklu życia wyrobów*, 2011
- [12] Raporty PlasticsEurope, 2010 i 2013, <http://www.plasticseurope.org/>
- [13] Škapa R., Klapalová A., *Reverse Logistics in the Czech Republic: Outcomes of the Preliminary Research*, In ICABR 2009. Vyd. 1. Brno : MZLU v Brně, 2009
- [14] Skowrońska A., 2006, *Logistyka jako narzędzie zrównoważonego rozwoju*, Ogólnopolska Konferencja Naukowa Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i praktyce, Wrocław 29-30.06.2006; referat pobrany ze strony Katedry Ekonomii Ekologicznej Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu (artykuł w wersji elektronicznej - online)
- [15] Witkowski K., 2012, *Processes of reverse logistics and recycling of plastic in automotive industry*, Oficyna Wydaw. Uniwersytetu Zielonogórskiego