

Mgr inż. Magdalena Skrzyniarz  
 Politechnika Częstochowska  
 ORCID: 0000-0002-8577-021X  
 e-mail: magdalena.kocyba@pcz.pl

# Cykl życia odpadów gumowych na przykładzie zużytych opon samochodowych

*The life cycle of rubber waste for used car tires*

## Streszczenie

W artykule opisano cykl życia odpadów gumowych na przykładzie zużytych opon. Przedstawiono najpopularniejsze sposoby ich wykorzystania i zagospodarowania. Artykuł opisuje stan gospodarki odpadami oraz stosowane metody zagospodarowania zużytych opon w Polsce w latach 2015-2017. Celem artykułu jest zaproponowanie nowych rozwiązań, które pozwolą zapanować nad ilością opon wprowadzonych na rynek przez rozwiązania legislacyjne. Analiza aktualnego sposobu zagospodarowania zużytych opon może pozwolić na ich jeszcze lepsze wykorzystanie oraz utylizację. Przedstawiono również uwarunkowania legislacyjne dotyczące utylizacji odpadów gumowych (stan aktualny na 1 marca 2020 r.).

## Słowa kluczowe:

opony, zużyte opony, produkcja opon

## Abstract

The lifecycle of rubber waste, based on the example of used tires is presented in this paper. The main focus is put on the methods of the waste management and further utilization. This is considered and described in details in relation to the situation in Poland over the period of 2015-2017. The aim of the article is to propose new solutions that will allow to "control" the number of tires introduced to the market through legislative solutions. An analysis of the current way of managing used tires may allow for their better use and disposal. Complementary to the major considerations, the legislative conditions regarding the utilization of rubber waste are introduced (the status obligatory to 01.03.2020).

## Keywords:

tires, used tires, tire production

JEL: R490

## Wprowadzenie

Szybki rozwój różnych gałęzi motoryzacji w Polsce i na świecie napędza wzrost liczby zużytych opon. Rokrocznie pojazdów na drogach przybywa, co powoduje wprowadzanie do obiegu nowych opon. Szacuje się, że w Polsce w 2017 r. wypuszczono na rynek oponiarski ponad 281 tys. t ogumienia. Wszystkie te opony w odpowiednim czasie będą musiały zostać zutylizowane. Odpady gumowe zaliczają się do odpadów niebezpiecznych i uciążliwych, dlatego powinny zostać przetworzone.

Analiza aktualnego sposobu przetwarzania i utylizacji opon może przyczynić się do opracowania nowego rozwiązania, które pozwoli jeszcze lepiej wykorzystać zużyte opony poprzez recykling oraz utylizację termiczną. Celem artykułu jest zaproponowanie

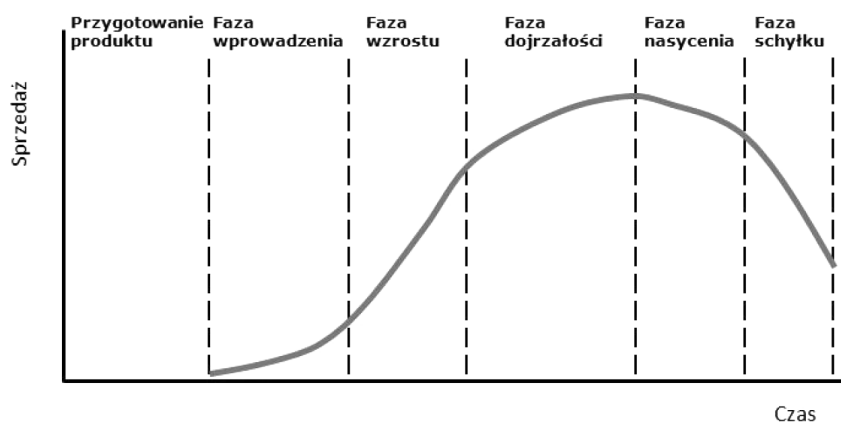
usprawnień obecnie stosowanych rozwiązań oraz wskazanie potencjalnych luk prawnych.

Dokładne wyliczenie zasobów zużytych opon jest niezmiernie trudne, gdyż nie istnieją oficjalne ewidencje w tym zakresie. Szacuje się, że na całym świecie rocznie przybywa około 1 mld zużytych opon. W krajach UE ilość zużytych opon zwiększa się rocznie o ponad 2,5 mln t, a w Polsce o mniej więcej 150 tys. t. Są to odpady do utylizacji (Jakóbiec i in., 2011).

## Cykl życia opony

Cykl życia produktu to okres, w którym dany produkt jest obecny na rynku. Na cykl życia składają się poszczególne etapy: przygotowanie produktu, faza wprowadzenia, faza wzrostu, faza dojrzałości, faza

Rysunek 1  
Cykl życia produktu



Źródło: <https://jaworowi.cz/cykl-zycia-produktu-definicja-i-objasnienie-12698.php> (7.08.2020).

nasycenia oraz faza schyłku (rysunek 1). Cykl życia produktu przedstawia się najczęściej w postaci wykresu pokazującego zależność sprzedaży od czasu (Brzustewicz, 2013). Zarówno każda faza, jak i cały cykl życia mogą mieć inną długość w zależności od branży, rodzaju produktu i rynku zbytu.

Pierwszym etapem cyklu jest przygotowanie produktu. Produkt jest projektowany, wytwarza się prototyp, testuje się go i na koniec wybiera się ostateczną wersję produktu, która trafi do seryjnej produkcji. W fazie wprowadzania ruszają produkcja, marketing, reklama i sprzedaż. Sprzedaż rośnie w fazie wzrostu, osiąga maksimum w fazie dojrzałości, by zacząć spadać w fazie nasycenia i schyłku. Teoretycznie cykl życia produktu kończy się w momencie sprzedaży ostatniej sztuki produktu. W praktyce nie każda rzecz udaje się wyprzedzić do ostatniej sztuki (Zieliński, 2013).

Opona, zanim zostanie wyprodukowana, musi zostać odpowiednio zaprojektowana. Projektanci dopracowują projekt tak długo, aż zostanie osiągnięty zamierzony efekt. Aerodynamika, budowa i skład

opony są niezwykle istotne. Opony w zależności od przeznaczenia składają się z tych samych substancji w różnych proporcjach. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe komponenty do produkcji opon motocyklowych, rowerowych, opon do samochodów osobowych i ciężarowych.

Ponadto każdy z elementów opony (rysunek 2) będzie miał inny skład w zależności od funkcji, jaką spełnia. W zasadzie cały ciężar i największe obciążenia spoczywają na boku opony. Musi on być dużo bardziej wytrzymały niż np. bieżnik. Po doborze odpowiednich składników można przystąpić do produkcji opony. Najpierw mieszane są wszystkie potrzebne składniki w odpowiednich proporcjach, po czym z otrzymanej mieszanki formowane są płyty lub wstęgi. Po przejściu kolejnych etapów produkcji, w dużym uproszczeniu, łączy się ze sobą elementy gumowe, kord stalowy, kord tekstylny, bieżnik i pozostałe elementy konieczne do powstania pełnowartościowej opony. Aby ściśle połączyć ze sobą wszystkie elementy, należy poddać oponę procesowi wulkanizacji, który przebiega w temperaturze ponad 150°C (Nelson, 1987).

Tabela 1  
Skład komponentów użyty do produkcji poszczególnych rodzajów opon

Komponent	Opony motocyklowe i rowerowe [% masy]	Opony do samochodów osobowych [% masy]	Opony do samochodów ciężarowych [% masy]
Guma naturalna (kauczuk)	48	14	27
Guma syntetyczna	10	27	14
Sadza	11	28	28
Stal (kord stalowy)	14–18	14–25	14–25
Tkanina, wypełniacz i in. (kord tekstylny)	12–16	16–17	16–17
Wartość opałowa (kg/kJ)	33,2	36,774	34,743

Źródło: Singh i in., 2018.

Rysunek 2  
Budowa opony



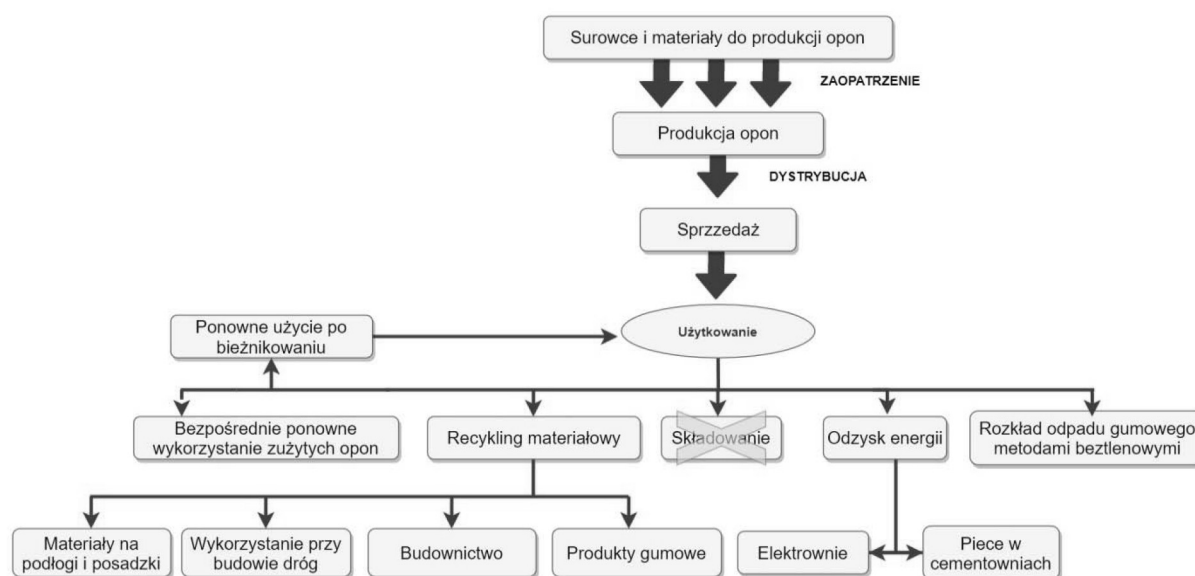
Źródło: [https://www.oponeo.pl/gfx/Articles/budowa-opon-elementy\\_Z6S-0.jpg](https://www.oponeo.pl/gfx/Articles/budowa-opon-elementy_Z6S-0.jpg) (19.02.2020).

Gotowy produkt trafia przez dystrybucję na rynek. Opona może oczekiwać na sprzedaż przez 36 miesięcy od czasu jej produkcji. Uznaje się, że jeśli ogumienie jest prawidłowo przechowywane, bez dostępu światła, bez kontaktu z czynnikami chemicznymi i zmiennymi warunkami atmosferycznymi, zachowuje swoje parametry umożliwiające bezpieczną eksploatację przez 3 lata. Nowo zakupioną oponę należy zamontować zgodnie z jej przeznaczeniem na odpowiedniej osi (zgodnie z zaleceniem producenta, jeśli takie występuje). Założenie opony na odpowiedniej

feldzie nie będzie możliwe, jeśli zostanie ona źle dobrana do rodzaju pojazdu. Opony prawidłowo przechowywane i konserwowane (tzw. letnie i zimowe) powinny posłużyć przez około 10 lat nieprzerwanej eksploatacji.

Inaczej ma się sprawa w odniesieniu do pojazdów sezonowych, wykorzystywanych okazjonalnie, jak np. przyczepy kempingowe lub przyczepki transportowe. Pojazdy te bardzo często stoją nieruchomie przez długi okres, co może powodować odkształcenie opon. Takie ogumienie należy

Rysunek 3  
Uproszczony schemat cyklu życia opony



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Adamczyk, Niklewicz, Rychwalski, 2013, s. 11.

Tabela 2

Ilości opon produkowanych i wprowadzanych na polski rynek

Rok	Produkcja opon [tys. szt. ]*	Ilość opon wprowadzonych na polski rynek [tys. t]	Opony poddane odzyskowi [tys. t]
2015	46 715	222,2	175,3
2016	47 284	244,7	192,0
2017	46 271	281,1	211,8

\*Bez opon bieżnikowanych

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Główny Urząd Statystyczny, 2017; Główny Urząd Statystyczny, 2018.

wymieniać najpóźniej po 6 latach eksploatacji. Taki sam okres użytkowania dotyczy opon zapasowych, które stale są narażone na zmiany temperatur oraz minimalne zużycie (BRV, 2010). Po upływie czasu eksploatacji opony należy oddać do utylizacji. Najprostszym rozwiązaniem jest pozostawienie ich w serwisie, w którym zostają zakupione lub założone nowe opony. Możliwe jest również dostarczenie zużytych opon we własnym zakresie do wybranego zakładu wulkanizacyjnego. Polskie prawo nie reguluje wysokości opłat lub ich braku za przekazanie opon do utylizacji. W zależności od miejsca, które zostało wybrane, można oddać ogumienie za darmo lub za opłatą (w zależności od rodzaju opony wynosi ona od kilkunastu do kilkudziesięciu złotych)<sup>1</sup>. Cykl życia opony pokazano na rysunku 3.

## Składowanie odpadów — regulacje prawne

Polskie prawo reguluje kwestię składowania zużytych opon samochodowych. Zgodnie z art. 122 ust. 1 pkt 5 ustawy z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2016, poz. 1987 ze zm.) zakazuje się składowania na składowisku odpadów opon i ich części, z wyłączeniem opon rowerowych i opon o średnicy zewnętrznej większej niż 140 cm<sup>2</sup>. Ponadto unijne rozporządzenia wprowadzają dodatkową zasadę poszerzonej odpowiedzialności producentów, według której to producenci lub importerzy odpowiadają za wymagany poziom odzysku lub recyklingu zużytych opon. Aktualne wymagania dla odzysku to 75%, a dla recyklingu 15% ilości opon, jakie zostały wprowadzone na rynek w roku poprzednim. Obowiązek ten mogą realizować samodzielnie producenci i importerzy lub wykonywać go za pośrednictwem organizacji odzysku. Podmioty, które nie chcą wywiązywać się z powyższego obowiązku, zmuszone są do uiszczenia tzw. opłaty produktowej, którą określa ustawa z 11 maja 2001 r. o obowiązkach

w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej. Opłata ta wynosi 2,20 zł za 1 kg opony nowej oraz 4,20 zł za 1 kg opony używanej<sup>3</sup>.

Polska co roku poddaje recyklingowi więcej zużytych opon niż przewiduje to ustawa, bo aż 80,7% w roku 2017, z czego recyklingowi materiałowemu poddano 35,4%. Jeśli recyklingowi zostałyby poddana mniejsza ilość opon, producenci i dystrybutorzy zostaliby obciążeni opłatą produktową, która zasila budżet właściwego urzędu marszałkowskiego (Gronowicz, Kubiak, 2007).

W tabeli 2 przedstawiono ilość opon wyprodukowanych i wprowadzonych na polski rynek w latach 2015–2017. Jak wynika z danych GUS, produkcja opon z roku na rok wzrasta. W roku 2017 wprowadzono do obrotu prawie 300 tys. t opon.

Polskie i europejskie uregulowania prawne nie są, niestety, pozbawione luk. Istnieją sposoby na ich obejście. Wysokość opłaty produktowej jest uzależniona od rodzaju odpadu. Podmioty zobowiązane do jej uiszczenia z premedytacją zmieniają kwalifikację posiadanych odpadów, aby opłata była jak najniższa lub aby uniknąć jej całkowicie. Nieszczelności systemu zwiększa swobodny handel transgraniczny, który umożliwi sprowadzenie do Polski opon używanych z zagranicy bez jakichkolwiek opłat oraz konieczności uzyskania zezwolenia. Podobnie sytuacja wygląda podczas sprowadzania do Polski używanych samochodów. Import jednego takiego auta może oznaczać wprowadzenie na rodzimy rynek aż 9 dodatkowych opon (komplet letni i zimowy oraz opona zapasowa) poza oficjalną ewidencją. Importerzy sprowadzają do kraju opony gorsze jakościowo (np. z Azji) w celu ich utylizacji, przez co w cementowniach podczas ich spalania bardzo często nie udaje się uzyskać odpowiednich warunków termicznych. Również dużym problemem jest fakt, że zużyte opony można po prostu oddać podczas zbiórki selektywnej odpadów jako odpad wielkogabarytowy. Gwarantuje to łatwe, bezproblemowe i pozbawione kosztów pozbycie się problemu<sup>4</sup>.

## Sposoby zagospodarowania zużytych opon — recykling, odzysk, utylizacja

Jak już wcześniej wspomniano, od 2012 r. obowiązuje w Polsce zakaz składowania opon. Jeśli więc ogumienia nie można w żaden sposób składować do momentu samostnej biodegradacji, należy zorganizować jego ponowne użycie. Odpady gumowe, które zostały oddane do recyklingu, można wykorzystać na kilka sposobów. Należą do nich:

- recykling materiałowy,
- odzysk energetyczny,
- bieżnikowanie,
- eksport,
- rozkład odpadu gumowego metodami beztlenowymi.

Recykling materiałowy polega na rozdrobnieniu materiału gumowego, oddzieleniu go od części metalowych (kord stalowy) i tekstylnych (kord tekstylny). Tak przygotowany gumowy granulaty można wykorzystać np. (Jakóbiec, 2011; Aylon i in., 2018):

- podczas budowy dróg jako wypełniacz,
- jako nawierzchnię placów zabaw i bieżni,
- jako komponent w produkcji nowych opon,
- jako komponent w produkcji barier ochronnych autostrad i barier dźwiękochłonnych,
- jako izolacje fundamentów budynków.

Szczegółowy proces technologiczny rozdrobnienia odpadu gumowego został pokazany na rysunku 4.

W tabeli 3 przedstawiono ilość opon poddawanych recyklingowi materiałowemu w wybranych krajach UE. Kraje wskazane w tabeli uzyskały podobny do Polski poziom wskaźnika recyklingu wszystkich odpadów (52–61%) według danych Eurostatu<sup>5</sup>.

Według danych GUS oraz Eurostatu jedynym krajem, który poddaje 100% masy zużytych opon recyklingowi materiałowemu jest Dania. W kraju tym nie ma problemu rosnących składowisk odpadów gumowych, gdyż wszystkie opony są przetwarzane i zagospodarowywane. Dania jest doskona-

Tabela 3

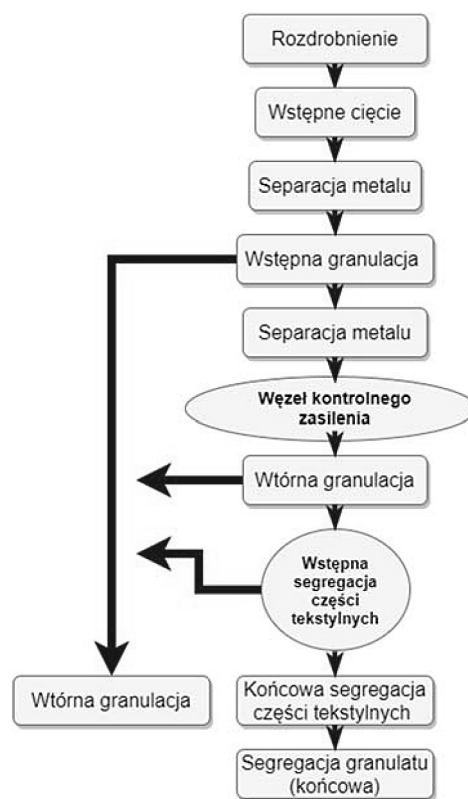
Ilość opon poddawana recyklingowi materiałowemu w wybranych krajach Unii Europejskiej

Kraj	Ilość opon poddanych recyklingowi materiałowemu [%]
Dania	100
Portugalia	60
Francja	38
Polska	35

Źródło: Eurostat.

Rysunek 4

Schemat instalacji do granulowania zużytych opon



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Jakóbiec, 2011, s. 205–211.

łym przykładem tego jako powinna wyglądać gospodarka ogumieniem we wszystkich krajach Unii Europejskiej i świata.

W tabeli 4 przedstawiono ilości opon poddane odzyskowi w Polsce w latach 2015–2017. Wskazano również, jaka część tych odpadów została poddana recyklingowi materiałowemu. Jak już wcześniej wspomniano, prawnie wymaga się, aby recyklingowi materiałowemu zostało poddane minimum 15% opon wprowadzonych na rynek w roku poprzednim. Polska co roku spełnia ten wymóg z nawiązką. W 2017 r. recyklingowi materiałowemu poddano aż 35% opon wprowadzonych do obrotu (rysunek 5).

Oprócz możliwości wykorzystania rozdrobnionych opon istnieje również możliwość wykorzystania ich w całości, bez generowania dodatkowych kosztów. Zużyte opony w całości można wykorzystać m.in. jako<sup>2</sup>:

- odbojniki łodzi i statków, które chronią kadłuby i nabrzeża,
- zabezpieczenia falochronów,
- umocnienie stromych poboczy dróg,
- ochronę brzegów rzeki przez erozję,
- tymczasowe nawierzchnie dróg, służące do przemieszczania ciężkich pojazdów,

Tabela 4

Ilości zużytych opon poddanych recyklingowi materiałowemu w Polsce w latach 2015–2017

Rok	Opony poddane odzyskowi [tys. t.]	Ilość opon przeznaczona do recyklingu materiałowego [tys. t.]	Część opon przeznaczona do recyklingu materiałowego [%]
2015	175,3	47,9	22
2016	192,0	77,8	32
2017	211,8	92,8	35

Źródło: jak tabeli 2.

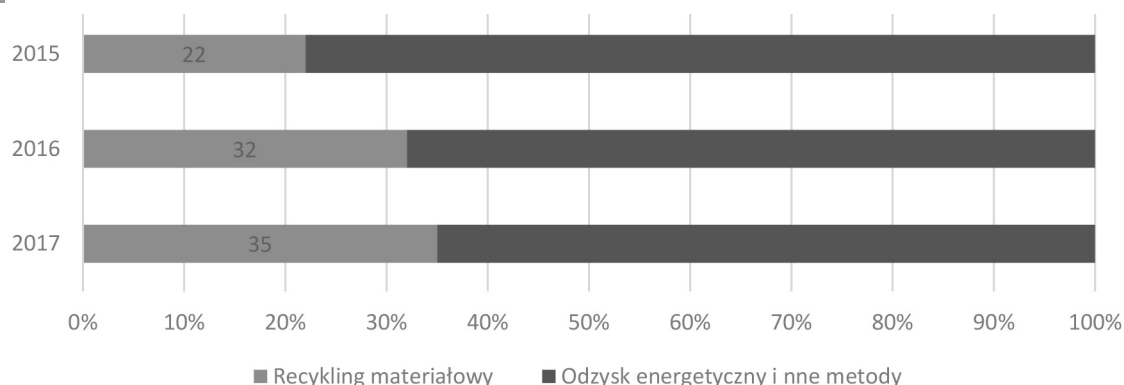
- materiał bazowy, który można pociąć na: maty, płytki, zderzaki w dokach, podstawki klinowe, wkładki hamulcowe.

Mimo relatywnie dobrych wyników recyklingu materiałowego opon w Polsce dużo większa część ogumienia jest poddawana odzyskowi energetycznemu. Odzysk energetyczny polega na spalaniu odpadów gumowych w dużych instalacjach energetycznych lub cementowniach. Ciepło uzyskane podczas spalania odpadu można wykorzystać w procesach technologicznych, takich jak np. wypalanie klinkieru.

Guma jest materiałem bogatym energetycznie. Jej wartość opałową można porównać do wartości opałowej węgla. Cementownie już na etapie projektowania mają specjalnie przystosowane piece, aby było możliwe spalanie w nich odpadów gumowych. Finalnie nawet kilkadziesiąt procent paliwa, jakie jest potrzebne do pracy pieca w cementowni, można zastąpić odpadami gumowymi. Instalacje te są również odpowiednio dostosowane do wychwytywania nadmiernej ilości emitowanych związków, które powstają podczas spalania gumy. Jednak nie wszystkie substancje emitowane do atmosfery można wyeliminować całkowicie. Podczas spalania powstają duże ilości gazu cieplarnianego, jakim jest dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) (rysunek 6).

Rysunek 5

Zagospodarowanie zużytych opon w Polsce w latach 2015–2017



Źródło: jak tabeli 2.

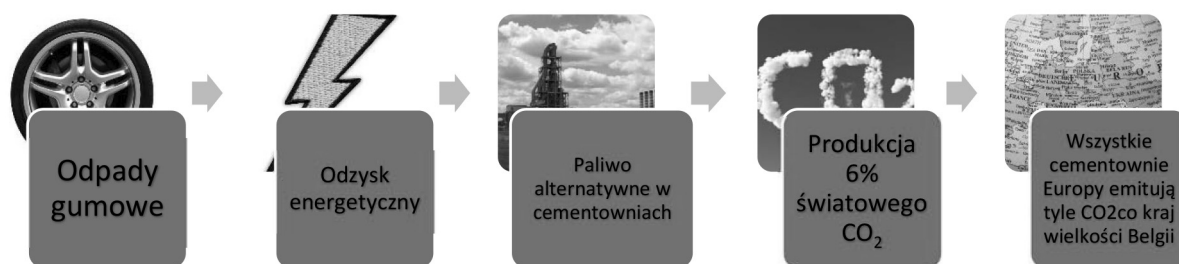
Bieżnikowaniu mogą zostać poddane opony z samochodów ciężarowych. Nie dopuszcza się do bieżnikowania opon z samochodów osobowych, gdyż całkowita grubość materiału na to nie pozwala. Proces ten mógłby naruszyć strukturę opony, w wyniku czego jej dalsze użytkowanie byłoby niebezpieczne (Brzustewicz, 2013; Smejda-Krzewicka, Olejnik, Dmowska-Jasek, 2016). Technologia bieżnikowania jest mocno rozwinięta. Prawidłowe przeprowadzenie procesu pozwala na ponowne wykorzystanie około 80% oryginalnego materiału. Nie wszystkie opony nadają się do bieżnikowania. Czynniki, które decydują, czy dana opona będzie odpowiednia do bieżnikowania, są (Brzustewicz, 2013):

- jakość korpusu używanej opony,
- przewidywana wartość użytkowa po procesie bieżnikowania,
- cena zakupu opony używanej — cena sprzedaży po procesie bieżnikowania,
- koszt bieżnikowania.

Proces bieżnikowania polega na usunięciu pozostałości starego bieżnika przez zdzieranie wierzchniej warstwy, tzw. szorstkowanie, oraz na ponownej wulkanizacji. Obecnie stosowane są dwie metody bieżnikowania (Wojciechowski, Dyduch, Wołosiaś, 2014; Wojciechowski, Michalski, Kamińska, 2012):

Rysunek 6

Schemat wykorzystania odpadów gumowych w cementowniach



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

■ „Na ciepło” — po procesie szorstkowania na odpowiednio przygotowany korpus nakłada się warstwę gumowej mieszanki o określonych parametrach, umieszcza się oponę we wcześniej przygotowanej, odpowiedniej dla konkretnego rozmiaru formie, a następnie wulkanizuje w temperaturze 150–180°C pod odpowiednim ciśnieniem. W przygotowaniu tej metody konieczne są osobne formy dla każdego rozmiaru opony oraz dla każdego wzoru bieżnika, co generuje znaczne koszty.

■ „Na zimno” — po procesie szorstkowania na odpowiednio przygotowany korpus nakłada się warstwę łączącą gumowej mieszanki, a następnie wcześniej wytłoczony i wstępnie zwulkanizowany bieżnik z odpowiednim wzorem. Tak przygotowaną oponę umieszcza się w docisku i wulkanizuje w temperaturze ok 100°C przez 4–5 godzin.

Porównując metodę „na zimno” z metodą „na ciepło”, można zauważyć, że:

- metoda „na zimno” generuje niższe koszty, gdyż nie ma konieczności posiadania tylu oddzielnych form do wulkanizacji poszczególnych opon,
- w metodzie „na zimno” można recyklingować różnego rodzaju i różnej wielkości opony, nie występują ograniczenia związane z wielkością posiadanych form.

Nie wszystkie opony nadają się do recyklingu i wykorzystania na terenie Unii Europejskiej. Europa ma mocno wyśrubowane normy pod względem bezpieczeństwa i wytrzymałości dla opon bieżnikowanych. Opony, które nie spełnią odpowiednich norm, można eksportować do krajów o niższych normach dopuszczenia do obrotu. Często jest wysyłanie opon gorszych jakościowo do krajów afrykańskich. Powszechne ubóstwo i niskie wymagania jakościowe co do użytkowanych opon pozwalają eksploatować bieżnikowane ogumienie w tych krajach.

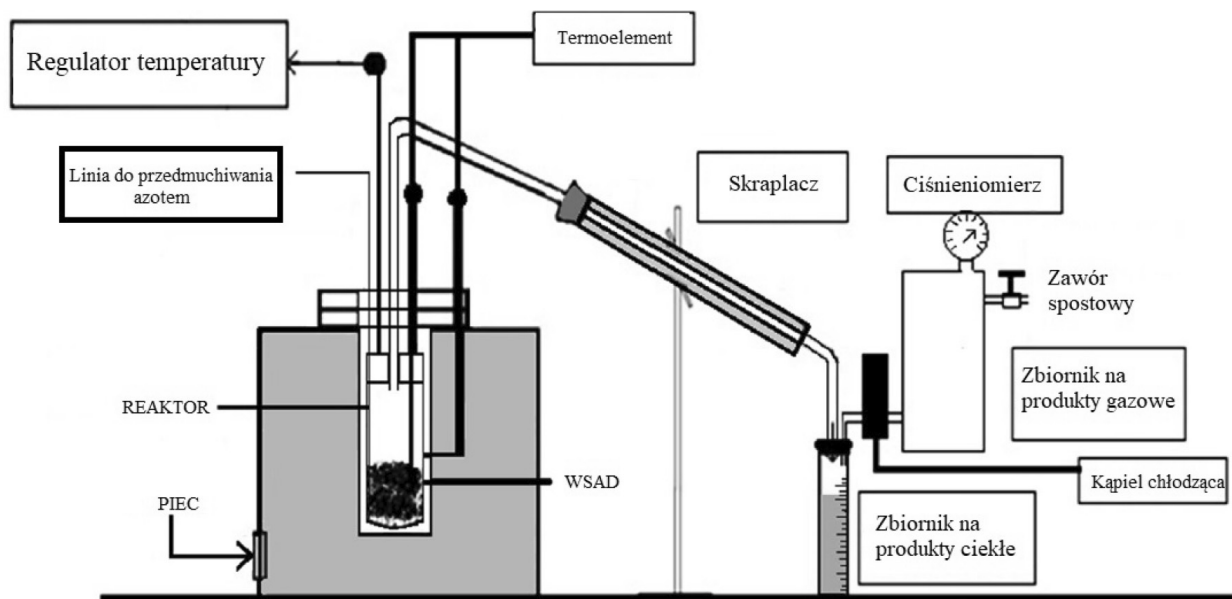
## Rozkład odpadu gumowego metodami beztlenowymi

Rozkład odpadu gumowego metodami beztlenowymi, czyli piroliza, polega na degradacji cząstek gumy pod wpływem działania wysokiej temperatury w środowisku pozbawionym tlenu. Można rozróżnić dwa rodzaje procesu pirolizy: pirolizę niskotemperaturową — tzw. wylewanie, prowadzoną w zakresie temperatur 450–700°C, oraz pirolizę wysokotemperaturową — zwaną koksowaniem, prowadzoną w zakresie 900–1100°C. Konwersję cieplną przeprowadza się w układzie zamkniętym bez doprowadzania z zewnątrz dodatkowych składników (tlenu), których obecność ma wpływ na zmianę zakresu otrzymywanych produktów (Wang i in., 2016). Efektem procesu pirolizy są produkty stałe, ciekłe i gazowe. Produkty gazowe to w głównej mierze węglowodory alifatyczne, siarkowodór i wodór. Faza ciekła składa się z węglowodorów aromatycznych, natomiast w fazie stałej występują zwęglone pozostałości, siarczek i tlenek cynku oraz stal. Gazowe i oleiste produkty otrzymane w wyniku procesu pirolizy można wykorzystać do spalania, aby podtrzymywać temperaturę procesu. Zwęglone pozostałości, tzw. sadzę pirolityczną wykorzystuje się jako pigmenty w lakierach, farbach, powłokach malarskich, farbach drukarskich i czernidle. Sadržę można też wykorzystać jako napełniacz w mieszankach kauczukowych, który poprawia odporność na ścieranie i wytrzymałość gotowych wyrobów (Rathsack, Riedewald, Sousa-Gallagher, 2015).

Schemat instalacji do procesu pirolizy przedstawiono na rysunku 7. Procesowi można poddawać zarówno opony w całości, jak i te rozdrobnione. Wszystko zależy od tego, do jakiej formy wsadu przystosowana jest instalacja (Darmstadt, Roy, Kaliagljine, 1995). Opony przygotowane w odpowiedni sposób umieszcza się w stalowej retorcie, którą opuszcza się do komory pirolitycznej. Komorę podgrzewa się do odpowiedniej temperatury, po czym uwalniające się gazy poddaje się

Rysunek 7

## Schemat instalacji do procesu pirolizy



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Singh i in., 2018, s. 382.

chłodzeniu w chłodziach wodnych, dzięki którym można oddzielić fazę olejową. Otrzymany gaz jest oczyszczany, po czym kieruje się go do palników instalacji i spala w celu utrzymania temperatury procesu. Po zakończonym procesie retorty chłodzi się i przedmuchiwa azotem. Uzyskany olej przepompowuje się w celu zmagazynowania. W bardzo krótkim czasie rozpoczyna się kolejny cykl pirolizy. Frakcja stała po procesie jest rozdzielana na stal i karbonizat (Bockhorn, Seidelt, Muller-Hagedorn, 2006; Brzustewicz, 2013).

## Podsumowanie

Cykl życia opony, biorąc pod uwagę aspekty bezpieczeństwa i wytrzymałościowe, powinien trwać od 9 do 13 lat (uwzględniając okres produkcji, sprzedaży i eksploatacji). Po tym okresie guma parcieje i traci swoje najcenniejsze właściwości.

Odpad gumowy, jakim jest zużyta opona, ma według polskiego i unijnego prawa dokładnie wskazany kierunek zagospodarowania i wykorzystania. W aktualnym stanie prawnym nie jest możliwe jego składowanie (oprócz wyjątków), należy go zatem wykorzystać tak, aby nie stanowił zagrożenia dla środowiska.

Żeby zredukować negatywny wpływ utylizacji opon na stan powietrza, należałoby zrezygnować lub mocno ograniczyć spalanie gumy w cementowniach (produkcja 6% światowego CO<sub>2</sub>) na rzecz recyklingu materiałowego lub procesu pirolizy. Produkty po-

wstałe w procesie pirolizy znalazły swoje zastosowanie i są niemal w całości wykorzystywane, dzięki czemu proces może być prawie bezreszkowy.

Należałoby również zlikwidować luki prawne, które pozwalają na nieograniczone wprowadzanie na polski rynek ogumienia z innych krajów, które po okresie eksploatacji muszą zostać zutylizowane w Polsce. To generuje dodatkowe koszty, których nie poniesie kraj ich wytworzenia. Trzeba także wprowadzić niezbędne zmiany legislacyjne, aby niemożliwa była zmiana kwalifikacji rodzaju odpadów gumowych w celu zmniejszenia lub całkowitego uniknięcia opłaty produktowej. Środki finansowe uzyskane w ten sposób można by przeznaczyć na budowę nowych, wysokosprawnych instalacji do pirolizy opon z całą infrastrukturą wykorzystującą produkty popirolityczne.

Wzorując się na przykładzie Danii, która poddaje 100% odpadów gumowych recyklingowi materiałowemu, można by zacząć kierować jeszcze większe ilości niż dotychczasowe 35% odpadu gumowego do procesu recyklingu. Coraz większa ilość nowo budowanych dróg stwarza pole do zagospodarowania całych opon jako umocnienia stromych zboczy wzdłuż jezdni. Coraz częstsze ulewne deszcze spotykane w Polsce powodują szybkie wezbrania rzek. Aby zapobiec ich erozji, można niezabezpieczone dotąd miejsca wyłożyć zużytymi oponami. Potencjalnych nowych zastosowań jest wiele. Należy wybrać takie, aby w polskich warunkach były one możliwe do zrealizowania.



Wprowadzenie w życie wszystkich powyższych rozwiązań usprawni gospodarkę zużyтым ogumieniem nie tylko w Polsce, ale również w całej Unii

Europejskiej oraz przyczyni się do poprawy stanu środowiska naturalnego w naszym najbliższym otoczeniu.

## Przypisy/Notes

<sup>1</sup> <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/bledne-kolo-w-gospodarce-zuzytymi-oponami-3234.html> — data dostępu 24.02.2020

<sup>2</sup> Ustawa z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t.j. Dz.U. 2019, poz. 701).

<sup>3</sup> Ustawa z 11 maja 2001 r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz.U. z 2007 r. nr 90, poz. 607).

<sup>4</sup> <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/bledne-kolo-w-gospodarce-zuzytymi-oponami-3234.html> (24.02.2020).

<sup>5</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei\\_wm010/default/bar?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm010/default/bar?lang=en) (23.07.2020).

## Bibliografia/References

- Adamczyk, W., Niklewicz, T., Rychwalski, M. (2013). Wykorzystanie metody LCA do ekologicznej oceny opon samochodowych. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (3) s. 11.
- Aylon, E., Fernandez-Colino, M., Navarro, R., Murillo, R., Gracia, T., Mastral, A. M. (2018). Waste Tire Pyrolysis: Comparison between Fixed Bed Reactor and Moving Bed Reactor. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47, 4029–4033. <https://doi.org/10.1021/ie-071573o>
- Bockhorn, H., Seidelt, S., Muller-Hagedorn, M. (2006). Description of tire pyrolysis by thermal degradation behaviour of main components. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 75, 11–18. <http://doi.org/10.1016/j.jaap.2005.03.002>
- BRV (2010). Erneute Diskussion zum Thema Reifenalter, Statement vom BRV-Justiziar.
- Brzustewicz, P. (2013). Zarządzanie łańcuchem dostaw a cykl życia produktu — perspektywa rozwoju zrównoważonego. *Marketing i Rynek*, (12), 8–13.
- Darmstadt, H., Roy, C., Kaliagljine, S. (1995). Characterization of pyrolytic carbon blacks from commercial tire pyrolysis plants. *Pergamon*, 33(10), 1449–1455. [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(95\)00096-v](https://doi.org/10.1016/0008-6223(95)00096-v)
- Główny Urząd Statystyczny (2017). *Produkcja wyrobów przemysłowych w 2016 roku*, Warszawa.
- Główny Urząd Statystyczny (2018). *Produkcja wyrobów przemysłowych w 2017 roku*, Warszawa.
- Gronowicz, J., Kubiak, T. (2007). Recykling zużytych opon samochodowych. *Problemy eksploatacji*, (2), 5–18.
- Jakóbiec, J., Żmuda, W., Budzyń, S., Wysopal, G. (2011). Recykling energetyczny zużytych opon. *Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (10), 205–211.
- Nelson, D. (1987). Mass Production and the U.S. Tire Industry. *Journal of Economic History*, 47(2), 329–339.
- Rathsack, P., Riedewald, F., Sousa-Gallagher, M. (2015). Analysis of pyrolysis liquid obtained from whole tyre pyrolysis with molten zinc as the heat transfer media using comprehensive gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 116, 49–57. <http://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.10.007>
- Singh, R., Ruj, B., Jana, A., Mondal, S., Jana, B., Sadhukhan, A., Gupta, P. (2018). Pyrolysis of three different categories of automotive tyre wastes?: Product yield analysis and characterization. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, 379–389. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.08.011>
- Smejda-Krzewicka, A., Olejnik, A., Dmowska-Jasek, P. (2016). Przegląd metod recyklingu opon. *Eliksir*, (2), 12–15.
- Wang, W., Bai, C., Lin, C., Prakash, S. (2016). Alternative fuel produced from thermal pyrolysis of waste tires and its use in a DI diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 93, 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.09.056>
- Wojciechowski, A., Dyduch, J., Wołosiak, M. (2014). Pozyskiwanie paliw alternatywnych z recyklingu termicznego elastomerów pochodzących z pojazdów wycofanych z eksploatacji. *Logistyka*, (3), 6720–6728.
- Wojciechowski, A., Michalski, R., Kamińska, E. (2012). Wybrane metody zagospodarowania zużytych opon. *Polimery*, 57(9), 656–660. <https://doi.org/10.14314/polimery.2012.656>
- Zieliński, M. (2013). Efektywność działań personalnych w cyklu życia produktu. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie. Politechnika Śląska*, 66, 11–21.

**Mgr inż. Magdalena Skrzyńiarz**

Ukończyła studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej, na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa i Higiena Pracy. Od 2017 r. jest studentką studiów doktoranckich również na tym wydziale.

**Mgr inż. Magdalena Skrzyńiarz**

Czestochowa University of Technology, Faculty of Production Engineering and Materials Technology graduate, with the specialization in Occupational Safety and Health Engineering. From 2017 until now, she is a PhD student.

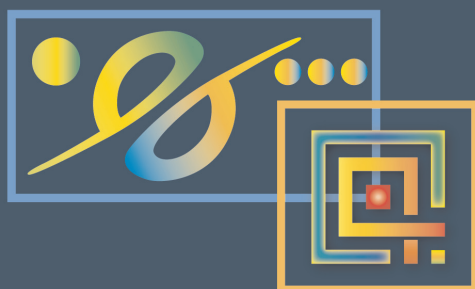
PWE poleca

Zapowiedź

Wacław Gierulski  
Krzysztof Santarek  
Joanna Wiśniewska

**NPI** Nauka i Praktyka  
Innowacji

# Komercjalizacja i transfer technologii



Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

[www.pwe.com.pl](http://www.pwe.com.pl)