

PROBLEMATYKA SZACOWANIA WARTOŚCI EFEKTÓW GENEROWANYCH PRZEZ EKOINNOWACJE W CAŁYM CYKLU ŻYCIA

Agnieszka JANIK

Streszczenie: Ekoinnowacje generują szereg pozytywnych i negatywnych efektów w całym cyklu życia. Nie wszystkie z nich są jednak uwzględniane podczas podejmowania decyzji o wdrożeniu danej ekoinnowacji. Wynika to z faktu, że efekty środowiskowe i społeczne nie posiadają ceny wyznaczonej bezpośrednio przez rynek. W niniejszym artykule podjęto zatem próbę wskazania metod, które mogą zostać użyte do wyceny wartości efektów niewymiernych generowanych w wyniku opracowania i wdrożenia ekoinnowacji. Przedstawiono również przykłady przeliczania efektów środowiskowych i społecznych na wartości pieniężne na przykładzie wybranej ekoinnowacji.

Słowa kluczowe: ekoinnowacje, efekty generowane przez ekoinnowacje, efekty zewnętrzne, metody wyceny efektów zewnętrznych, wartość efektów zewnętrznych

1. Wprowadzenie

Innowacje odgrywają coraz większą rolę w gospodarce. Są postrzegane jako skuteczne narzędzie służące budowaniu przewagi konkurencyjnej, gdyż przynoszą przedsiębiorstwom je wdrażającym szereg korzyści niedostępnych dla podmiotów, które innowacji nie wprowadzają. Szczególnym rodzajem innowacji są ekoinnowacje. Pod pojęciem tym należy rozumieć każdą formę innowacji, której wynikiem lub celem jest znaczący i widoczny postęp w kierunku osiągnięcia zrównoważonego rozwoju poprzez zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko lub efektywniejsze i bardziej odpowiedzialne korzystanie z zasobów (surowców, energii, wody i powierzchni terenu) w całym cyklu życia innowacji [1, 2]. Pojęcia ekoinnowacji nie należy zatem utożsamiać jedynie z technologiami, produktami, czy usługami służącymi infrastrukturze ochrony środowiska, gdyż działalność ekoinnowacyjna może być podejmowana w każdym sektorze gospodarki, jeśli w wyniku wprowadzonych innowacyjnych zmian następuje ograniczenie lub eliminacja negatywnego wpływu na środowisko dotychczas stosowanych rozwiązań [3].

Poziom ekoinnowacyjności w Polsce jest relatywnie niski. Obok Bułgarii i Cypru Polska należy do grupy krajów o najniższej wartości wskaźnika ekoinnowacyjności spośród krajów Unii Europejskiej [2]. Jak pokazują wyniki badań, powodem niskiej aktywności ekoinnowacyjnej polskich przedsiębiorstw są przede wszystkim kwestie finansowe, w tym: wysokie koszty wdrożenia ekoinnowacji, niepewny lub zbyt długi okres zwrotu zainwestowanego kapitału oraz brak środków własnych na pokrycie kosztów opracowania i wdrożenia ekoinnowacji [4]. Ponadto za barierę we wdrażaniu ekoinnowacji można uznać brak ujęcia w rachunku opłacalności efektów środowiskowych i społecznych generowanych przez ekoinnowacje, co wynika z ich nierynkowego charakteru i braku ceny wyznaczonej bezpośrednio przez rynek. Skutkiem tego jest podejmowanie decyzji o realizacji ekoinnowacji jedynie na podstawie oceny efektów ekonomicznych wyrażonych w

wartościach pieniężnych. Należy jednak zaznaczyć, że istnieją metody pozwalające na oszacowanie wartości efektów środowiskowych i społecznych, a w literaturze z zakresu ekonomii środowiska można znaleźć przykłady zastosowania tych metod do wyceny dóbr i usług środowiskowych, jak również szkód powodowanych w środowisku oraz w zdrowiu człowieka.

W niniejszym artykule podjęto próbę przeglądu metod wyceny wartości efektów środowiskowych i społecznych dla wskazania tych metod, które mogą zostać użyte do wyceny wartości efektów niewymiernych generowanych w wyniku opracowania i wdrożenia ekoinnovazione. Przedstawiono również przykłady przeliczania efektów środowiskowych i społecznych na wartości pieniężne na przykładzie wybranych ekoinnovazione.

2. Efekty generowane w cyklu życia ekoinnovazione

Opracowanie i wdrożenie każdej ekoinnovazione generuje szereg efektów. Efekty te mogą mieć różny rodzaj, charakter, skalę oddziaływania oraz mogą być odczuwane przez różne podmioty. To, jakie efekty uzyskuje się dzięki wprowadzeniu danej ekoinnovazione, zależy w głównej mierze od jej rodzaju. W literaturze przedmiotu wyróżnia się następujące rodzaje ekoinnovazione [5]:

- produktowe,
- procesowe,
- marketingowe,
- organizacyjne.

Niektórzy autorzy wyróżniają również ekoinnovazione instytucjonalne, których wprowadzenie jest związane z utworzeniem np. platform współpracy, nieformalnych grup, czy sieci powołanych w celu zajmowania się kwestiami środowiskowymi [6, 7].

Efekty osiągnane dzięki wdrożeniu ekoinnovazione produktowych wynikają z wprowadzenia na rynek nowego lub udoskonalonego produktu charakteryzującego się np. mniejszym zużyciem energii elektrycznej, wydłużoną żywotnością produktu, czy zwiększonym udziałem w produkcji materiałów nadających się do recyklingu. Pozwala to m.in. na zmniejszenie ilości odpadów trafiających na składowisko odpadów, ograniczenie zużycia surowców pierwotnych oraz mniejsze zapotrzebowanie na energię wśród osób użytkujących dany produkt. Jednocześnie działania te przynoszą korzyści ekonomiczne w postaci obniżenia kosztów w fazie produkcji, użytkowania oraz wyjścia z użycia.

Wdrożenie ekoinnovazione procesowych generuje efekty w konsekwencji zastosowania nowych lub znacząco udoskonalonych metod produkcji, technologii, czy też nowych urządzeń i oprogramowania. Pozwala to m.in. na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń (gazowych, ciekłych i stałych) „u źródła” jej powstania, na redukcję ilości zużywanych w procesie produkcyjnym surowców i materiałów oraz na redukcję ilości zanieczyszczeń wytworzonych w procesie produkcyjnym. To wszystko wpływa na zmniejszenie jednostkowego kosztu produkcji poprzez ograniczenie wydatków na zakup surowców i materiałów, obniżenie wysokości opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska oraz opłat usługowych za unieszkodliwianie odpadów.

Kolejnym rodzajem ekoinnovazione są ekoinnovazione marketingowe, w przypadku których osiągnane efekty są wynikiem wdrożenia nowych metod marketingowych obejmujących istotne zmiany w zakresie projektowania produktu lub opakowania, jego pozycjonowania, promocji, określenia ceny oraz wyboru form i kanałów dystrybucji.

Efektom tych działań jest przede wszystkim zdobycie nowych rynków zbytu, zwiększenie liczby klientów, a poprzez to wzrost wartości osiągniętych przychodów.

Przedsiębiorstwa mogą również wdrożyć ekoinnovazione organizacyjne generujące efekty w konsekwencji wprowadzenia nowych praktyk lub technik zarządzania, których elementem jest dbałość o aspekty środowiskowe lub społeczne. Poprawia się dzięki temu wizerunek przedsiębiorstwa, co może wpłynąć na uzyskanie dodatkowych zleceń i tym samym zwiększyć poziom przychodów w przedsiębiorstwie.

Wdrożenie wymienionych powyżej rodzajów ekoinnovazione pozwala na osiągnięcie efektów, które odczuwane są przez poszczególne podsystemy tworzące makrosystem gospodarka-środowisko-społeczeństwo. Wystąpienie efektu w jednym podsystemie często powoduje powstanie efektu w innym podsystemie. Przykładem może być wprowadzenie ekoinnovazione skutkującej znacznym zmniejszeniem emisji pyłu (efekt dla środowiska), co z kolei w dłuższym okresie czasu może wpłynąć na zmniejszenie liczby zachorowań pracowników na pylicę (efekt dla społeczeństwa) i brak ponoszenia kosztów absencji pracownika z tytułu zwolnienia (efekt dla gospodarki).

Osiągane efekty mogą być dodatnie (wówczas mówi się, że dana ekoinnovazione przynosi korzyści) lub ujemne (wówczas mówi się, że dana ekoinnovazione generuje koszty lub szkody). Wśród dodatnich efektów osiągniętych w wyniku zastosowania ekoinnovazione wyróżnić można:

- korzyści środowiskowe (czyli dodatnie efekty odczuwane przez podsystem środowisko), do których zaliczyć można m.in. poprawę jakości poszczególnych elementów środowiska, ograniczenie lub brak zużycia nieodnawialnych zasobów, zmniejszenie ilości odpadów trafiających na składowisko, czy też możliwość odbudowy ekosystemów,
- korzyści ekonomiczne (czyli dodatnie efekty odczuwane przez podsystem gospodarka), przykładem których jest m.in.: ograniczenie poziomu kosztów bieżących (poprzez zmniejszenie wydatków na zakup surowców i materiałów, czy zmniejszenie wysokości opłat środowiskowych za gospodarcze korzystanie ze środowiska), wzmocnienie pozycji konkurencyjnej, zwiększenie udziału w rynku i/lub zdobycie nowych rynków, wzrost wielkości sprzedaży/obrotów, wzrost zysków, wzrost wartości dodanej [8],
- korzyści społeczne (czyli dodatnie efekty odczuwane przez społeczeństwo), do których zaliczyć można m.in.: poprawę jakości życia w wyniku zmniejszenia ilości zanieczyszczeń w środowisku, zmniejszenie liczby zachorowań oraz tworzenie nowych miejsc pracy.

Wdrożenie ekoinnovazione będzie także generować ujemne efekty. Dla środowiska mogą to być szkody powstające w wyniku emisji zanieczyszczeń, która nie występowała przed wdrożeniem ekoinnovazione. Dla gospodarki to m.in. konieczność poniesienia kosztów początkowych na opracowanie i wdrożenie danej ekoinnovazione, a następnie kosztów jej funkcjonowania w całym cyklu życia. W odniesieniu do społeczeństwa ujemnym efektem związanym z wprowadzeniem danej ekoinnovazione może być wzrost zachorowań itp.

Efekty generowane przez ekoinnovazione będą odczuwane bezpośrednio przez podmioty uczestniczące w cyklu życia ekoinnovazione (w tym przede wszystkim przez podmiot opracowujący i wdrażający ekoinnovazione oraz podmiot konsumujący produkty lub usługi powstałe w wyniku wdrożenia danej ekoinnovazione), jak również przez podmioty, które nie brały udziału w jej opracowaniu i wdrożeniu, ani nie konsumują produktów i usług wytworzonych w konsekwencji jej wdrożenia. Ten drugi rodzaj efektów w ekonomii nosi nazwę efektów zewnętrznych, gdyż ich występowanie na rynku jest niezależne od działań

osób je odczuwających. Efekty te pojawiają się, gdy korzyści lub koszty określonej działalności automatycznie „przenoszą” się na inne podmioty i oddziałują na poziom ich dobrobytu. Przykładem efektów zewnętrznych może być emisja hałasu pochodząca z przedsiębiorstwa produkcyjnego odczuwana przez mieszkańców budynku mieszkalnego usytuowanego w jego pobliżu. Mieszkańcy pomimo, że nie korzystają z produktów wytwarzanych w tym przedsiębiorstwie, odczuwają skutki emisji hałasu (więcej na temat efektów zewnętrznych w: [9]).

Z przedstawionej analizy wynika, że ekoinnowacje generują szereg efektów w całym cyklu życia. Część z tych efektów ma charakter wymierny i jest wyrażona wartościowo. Dotyczy to przede wszystkim efektów ekonomicznych odczuwanych przez gospodarke. Efekty środowiskowe i społeczne zaliczane są do grupy efektów niewymiernych, które nie są wyrażone wartościowo. Nie stanowią one przedmiotu transakcji rynkowej i w związku z tym nie posiadają ceny wyznaczonej przez rynek. Posiadają jednak wartość ekonomiczną, która bazuje na subiektywnej wycenie środowiskowych dóbr i usług.

3. Metody wyceny wartości efektów środowiskowych i społecznych generowanych w cyklu życia ekoinnowacji

Wyznaczenie wartości ekonomicznej efektów środowiskowych i społecznych powstających w wyniku opracowania i wdrożenia ekoinnowacji wymaga zastosowania metod wyceny dóbr nierynkowych. W literaturze z zakresu ekonomii środowiska wyróżnia się dwa podejścia, na których oparte są metody waloryzacji dóbr nierynkowych:

- podejście oparte na preferencjach deklarowanych (ang. *Stated Preferences Approach*),
- podejście oparte na preferencjach ujawnionych (ang. *Revealed Preferences Approach*).

Podejścia te różnią się od siebie sposobem przejawiania popytu na dane dobro. Do metod opartych na preferencjach deklarowanych (zwanych także metodami bezpośrednimi) zalicza się metody oparte na rynkach hipotetycznych wykorzystujące techniki bezpośredniego ankietowania oraz rangowania preferencji na podstawie obserwacji zachowań konsumentów. Ich przykładem jest metoda wyceny warunkowej (ang. *Contingent Valuation Method*) oraz metoda wyboru warunkowego (ang. *Choice Experiment*). Drugą grupę metod (zwaną także metodami pośrednimi) stanowią metody, w których na podstawie obserwowalnych, determinowanych przez rynek cen dóbr rynkowych wnioskuje się o ukrytej wartości dobra nierynkowego. Do metod tych zalicza się metody oparte na rynkach istniejących, w tym metodę kosztów uniknięcia (ang. *Averting Cost*) i kosztów odtworzenia (ang. *Restoration Cost*) oraz metody oparte na rynkach zastępczych, w tym metodę cen hedonicznych (ang. *Hedonic Pricing Method*), metodę kosztów podróży (ang. *Travel Cost Method*) i metodę wyceny kapitału ludzkiego (ang. *Human Capital Valuation Method*). Krótka charakterystyka metod waloryzacji efektów środowiskowych i społecznych została przedstawiona w tabeli 1. Wskazano w niej również możliwość zastosowania danej metody do wyceny efektów środowiskowych i społecznych generowanych wprowadzeniem ekoinnowacji.

Tab. 1. Charakterystyka wybranych metod wyceny efektów środowiskowych i społecznych

Metoda	Charakterystyka	Zastosowanie do wyceny efektu:		
		środowiskowego	społecznego	
Metody oparte na rynkach hipotetycznych				
Metody oparte na preferencjach deklarowanych	Metoda wyceny warunkowej	<ul style="list-style-type: none"> – opiera się na założeniu, że konsument jest w stanie racjonalnie i świadomie określić swoje preferencje i na tej podstawie dokonać wartościowania efektów środowiskowych, – tworzy się tu hipotetyczny rynek i wykorzystując techniki ankietowe określa się gotowość respondentów do zapłaty za uniknięcie niekorzystnego efektu lub za możliwość osiągnięcia danej korzyści (ang. <i>Willingness To Pay</i> – WTP) albo gotowość do przyjęcia rekompensaty za szkody, które powstałyby w wyniku wystąpienia danego efektu (ang. <i>Willingness To Accept</i> – WTA), – jej zastosowanie jest czasochłonne i wymaga znacznych środków pieniężnych 	+	+
	Metoda wyboru warunkowego	<ul style="list-style-type: none"> – stanowi odmianę metody wyceny warunkowej, – tworzy się tutaj hipotetyczny rynek i wykorzystując techniki ankietowe prezentuje się respondentom zestaw alternatywnych wariantów, z których respondenci wybierają najkorzystniejszy dla nich, – wybory respondentów poddawane są analizie statystycznej, która pozwala na określenie parametrów funkcji użyteczności najlepiej pasującej do obserwowanych wyborów, – oprócz określenia gotowości do zapłaty metoda ta pozwala określić także znaczenie poszczególnych cech danego dobra środowiskowego lub efektu środowiskowego i społecznego, – jej zastosowanie jest czasochłonne i wymaga znacznych środków pieniężnych 	+	+
Metody oparte na rynkach istniejących				
Metody oparte na preferencjach ujawnionych	Metoda kosztów uniknięcia	<ul style="list-style-type: none"> – stosowana do wyceny szkód wywołanych w środowisku, – podstawą określania wartości szkody powstającej w środowisku jest kwota pieniężna, jaką ponosi się w celu zapobiegania jej powstawaniu 	+	+
	Metoda kosztów restytucji (metoda odtworzeniowa)	<ul style="list-style-type: none"> – wartość określana jest na podstawie wielkości nakładów (rzeczowych i finansowych), jakie trzeba ponieść na naprawę szkód wywołanych przez efekt zewnętrzny 	+	-
Metody oparte na rynkach zastępczych				
Metody oparte na preferencjach ujawnionych	Metoda kosztów podróży	<ul style="list-style-type: none"> – służy do wyceny wartości użytkowej przypisanej zmianom jakości przyrodniczej danego miejsca rekreacji, – konsumenci ujawniają swoją wycenę dobra nierynkowego poprzez faktyczną konsumpcję, którą w tym przypadku są wydatki związane z podróżą do miejsca rekreacyjnie cennego (koszty podróży) i pobytem w tym miejscu (koszty rekreacji), 	+	-

Metoda	Charakterystyka	Zastosowanie do wyceny efektu:	
		środowiskowego	społecz- nego
	<ul style="list-style-type: none"> - wyznacza się tu funkcję popytu, w której częstotliwość wizyt uwarunkowana jest kosztami podróży i rekreacji, - nie opiera się na deklaracjach konsumentów, ale na obserwacjach ich zachowań i podejmowanych przez nich decyzji, co zwiększa wiarygodność metody 		
Metoda cen hedonicznych	<ul style="list-style-type: none"> - opiera się na założeniu, że kwota, jaką jednostki są skłonne zapłacić za dobro, zależy od cech tego dobra, czyli wartość dobra rynkowego powiązanego z dobrem środowiskowym może zostać przypisana poszczególnym atrybutom tego dobra, w tym także cechom środowiskowym, - jej zastosowanie wymaga użycia modeli ekonometrycznych do określenia zależności pomiędzy wartością dobra a badaną cechą środowiska, - jako dobra zastępcze przyjmuje się wartość nieruchomości lub wartość zarobków za pracę 	+	+
Metoda wyceny kapitału ludzkiego	<ul style="list-style-type: none"> - wykorzystuje związek między zwiększoną zachorowalnością i/lub śmiertelnością a poziomem jakości (zanieczyszczenia) środowiska, - opiera się na założeniu, że wartość życia człowieka może być mierzona wartością jego przyszłych zarobków → człowiek traktowany jest jako jednostka kapitału, natomiast jego zarobki jako oprocentowanie lokaty kapitału, - podstawą wyceny są zmiany w prywatnych i społecznych wydatkach na opiekę zdrowotną i wartościach utraconych korzyści wynikającą z mniejszej produkcji w wyniku wzrostu zachorowalności i umieralności spowodowanej pogorszeniem jakości środowiska (metoda kosztu choroby) lub korzyści związane z polepszeniem stanu zdrowia ludzkiego wynikające ze zmiany stanu środowiska (metoda funkcji produkcji zdrowia). 	+	+

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [9, 10]

Poza metodami wymienionymi w tabeli 1, do wyceny dóbr i usług środowiskowych stosowana jest jeszcze jedna metoda, która opiera się na preferencjach obserwowanych (ang. *Observed Preferences Method*). W metodzie tej wartość dóbr i usług środowiskowych jest określana na podstawie ich ceny rynkowej, co oznacza, że metoda ta stosowana jest jedynie do określania wartości dóbr i usług środowiskowych znajdujących się w obrocie rynkowym i posiadających wyznaczoną przez rynek cenę [11]. Przykładowo, wartość zanieczyszczenia mórz powodującego zmniejszenie połowów ryb można określić na podstawie wartości rynkowej utraconych połowów, która wyznaczana jest w oparciu o cenę ryb na rynku. Podobnie można postąpić w przypadku szacowania wartości korzyści osiąganych w wyniku zmniejszenia zużycia surowców pierwotnych opierając wycenę na cenach tych surowców obserwowanych na giełdzie.

W sytuacji, gdy wykonanie wyceny efektów środowiskowych lub społecznych wymaga znacznych nakładów finansowych lub poświęcenia dużej ilości czasu, istnieje możliwość użycia metody przenoszenia wartości (ang. *Transfer Value Method*). W metodzie tej wycenę opiera się na wartości danego efektu środowiskowego lub społecznego (takiego samego lub bardzo podobnego co oceniane) wyznaczonego w innych badaniach (najczęściej wykonanych w innym miejscu i czasie). Wyróżnić można trzy główne typy przenoszenia wartości [12]:

- transfer wartości (ang. *unit value transfer*) w przeliczeniu najczęściej na jednostkę wycenianego efektu,
- transfer funkcji wartościującej (ang. *value function transfer*), na podstawie której wyliczana była wartość w badaniach pierwotnych,
- transfer funkcji wartościującej, która łączy wyniki z kilku różnych badań pierwotnych (ang. *meta-analytic function transfer*), co pozwala na uwzględnienie wielu cech danego dobra lub danej szkody środowiskowej.

Nie należy przy tym zapominać o konieczności dostosowania warunków, w jakich była wykonywana pierwotna wycena, do warunków badania, do którego przenoszona jest wartość. Pod uwagę należy wziąć następujące kwestie:

- czas realizacji badań,
- poziom dochodu w przeliczeniu na osobę, w sytuacji, gdy przenoszona wartość była wyznaczana przy użyciu metody wyceny warunkowej lub wyboru warunkowego,
- siłę nabywczą pieniądza, jeśli badania pierwotne były prowadzone w innym kraju niż kraj, w którym prowadzone są badania, do których przenoszona jest wartość.

4. Etapy procesu wyceny efektów środowiskowych i społecznych powstających w cyklu życia ekoinnowacji

Wycena efektów środowiskowych i społecznych powstających w całym cyklu życia ekoinnowacji jest procesem złożonym. Proces ten składa się z następujących etapów:

- Etap 1. Charakterystyka proponowanego wariantu ekoinnowacji dla określenia jego wpływu na gospodarkę, środowisko i społeczeństwo w całym cyklu życia.
- Etap 2. Identyfikacja potencjalnych dodatnich i ujemnych efektów generowanych przez ekoinnowację w całym cyklu życia.
- Etap 3. Ilościowe zestawienie zidentyfikowanych szkód i korzyści środowiskowych oraz szkód i korzyści społecznych wywołanych wprowadzeniem danej ekoinnowacji.
- Etap 4. Wybór metody wyceny.
- Etap 5. Pozyskanie danych niezbędnych do wykonania wyceny każdego z rodzaju szkód i korzyści poddawanych wycenie.
- Etap 6. Analiza uzyskanych danych w celu oszacowania wartości efektów środowiskowych i społecznych.
- Etap 7. Wyznaczenie wartości szkód i korzyści generowanych w cyklu życia ekoinnowacji.

W zależności od celu, do jakiego będą wykorzystywane dane pochodzące z wyceny, w pierwszym etapie wyceny dokonuje się opisu proponowanego wariantu ekoinnowacji oraz obecnie stosowanego rozwiązania (dla pokazania, jakie efekty zostaną uzyskane w wyniku wdrożenia ekoinnowacji) lub opisu różnych wariantów ekoinnowacji (dla określenia, który wariant ekoinnowacji pozwala na maksymalizowanie wartości efektów ekonomicznych przy jak najmniejszym negatywnym oddziaływaniu na środowisko i społeczeństwo).

W drugim etapie wyceny dokonywana jest identyfikacja potencjalnych efektów generowanych przez ekoinnowację. Można do tego wykorzystać środowiskową ocenę cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment* - LCA), która jest kompleksową metodą szacowania wpływu na środowisko opartą na inwentaryzacji aspektów środowiskowych na każdym etapie cyklu życia produktów. LCA polega na zebraniu i ocenie danych dotyczących parametrów wchodzących i wychodzących z procesu, a następnie na ich przekształceniu we wskaźniki kategorii wpływu (czyli tzw. punkty pośrednie takie, jak: zmiany klimatu, uszczuplenie warstwy ozonowej, toksyczność dla ludzi, toksyczność dla wód słonych, toksyczność dla wód słodkich, toksyczność dla gleb, zakwaszenie, tworzenie utleniaczy fotochemicznych, eutrofizacja, wykorzystanie terenu, zużycie zasobów abiotycznych) lub we wskaźniki kategorii strat (czyli w tzw. punkty końcowe takie, jak: szkody w zdrowiu ludzkim, szkody w jakości ekosystemów, zubożenie zasobów naturalnych). Należy zaznaczyć, że do wykonania LCA niezbędne jest posiadanie specjalistycznego oprogramowania (np. SimaPro). W przypadku braku dostępu do wspomnianego oprogramowania, do identyfikacji potencjalnych efektów generowanych przez ekoinnowację można wykorzystać karty kontrolne, czy macierz MET [13].

Zidentyfikowane efekty środowiskowe i społeczne w trzecim etapie wyraża się w jednostkach naturalnych i wykonuje się ich zestawienia w formie tabelarycznej.

W kolejnym etapie dokonuje się wyboru metody wyceny. Metoda wyceny musi być dostosowana do charakteru każdej z wycenianych szkód lub korzyści, poziomu środków finansowych przeznaczonych na ten cel, dostępności do zasobów ludzkich, dostępności do danych, jak również możliwości ich pozyskania. Dokonując wyboru metody wyceny warto także zastanowić się, czy wycenę danej szkody lub korzyści środowiskowej lub społecznej będzie wykonywana samodzielnie, czy zastosowana zostanie metoda przenoszenia wartości. Należy zaznaczyć, że w przeszłości stworzone zostały specjalne bazy danych, w których zebrano wyniki wcześniejszych wycen. Przykładem może być baza danych EVRI [14] opracowana przez kanadyjskie ministerstwo środowiska i amerykańską Agencję Ochrony Środowiska. Zawiera ona wyniki ponad 4000 badań, jednakże tylko niewielka ilość dotyczy wycen wykonanych w Europie, co ogranicza przydatność tej bazy do celów analizy w kontekście europejskim. Ponadto korzystanie z bazy jest odpłatne, a jej ostatnia aktualizacja została wykonana w 2011 roku, co oznacza, że baza nie zawiera wyników wycen wykonanych po 2011 roku.

Informacje na temat wycen wykonanych w krajach europejskich zawiera baza danych GEVAD opracowana i administrowana przez pracowników The National Technical University of Athens. Zawiera ona wyniki ok. 310 wycen wykonanych w krajach europejskich [15]. Niestety w ostatnich latach również i ta baza danych nie była aktualizowana (ostatnia aktualizacja pochodzi z 2009 roku).

Ostatnie dwa etapy wyceny wartości efektów środowiskowych i społecznych polegają na zebraniu niezbędnych danych, na podstawie których dokonywana jest wycena. Może się to wiązać z koniecznością zebrania danych o cenach dóbr zastępczych np. cenach sprzedaży nieruchomości położonych w różnej odległości od terenów zielonych (metoda cen hedonicznych), o koszcie wykonania działań pozwalających uniknąć negatywnego efektu dla środowiska (metoda kosztów unikniętych), czy też cenie rynkowej surowców nieodnawialnych jak węgiel, czy rudy żelaza (metoda cen rynkowych). Może również wiązać się z koniecznością przeprowadzenia badań ankietowych w celu poznania opinii ludności na temat ich gotowości do zapłaty za wydłużenie życia ludzkiego w wyniku podjęcia działań ograniczających emisję zanieczyszczeń do środowiska (metoda wyceny

warunkowej). Zebrane dane następnie poddawane są analizie ekonomicznej, statystycznej i/lub ekonometrycznej i na ich podstawie wyznaczana jest wartość szkód i korzyści.

5. Przykład wyrażania w wartościach pieniężnych efektów środowiskowych i społecznych generowanych w cyklu życia ekoinnowacji

Wycena wartości pieniężnej efektów środowiskowych i społecznych generowanych w całym cyklu życia ekoinnowacji została przedstawiona na przykładzie procesu produkcji łopatek korpusowych stanowiących element turbin parowych stosowanych m.in. w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych i przemysłowych. Wycenę wykonano dla dwóch alternatywnych wariantów konstrukcyjnych łopatek:

- korpusowej z przekładką i z bandażem wykonanych jako osobne elementy (rozwiązanie standardowe),
- korpusowej bezprzekładkowej (integralnej) z bandażem wykonanej jako jeden element (rozwiązanie ekoinnowacyjne).

Szczegółowa charakterystyka porównywanych rozwiązań konstrukcyjnych została przedstawiona w [16].

Wycenę rozpoczęto od identyfikacji szkód, jakie mogą powstawać we wszystkich fazach cyklu życia łopatek. W tym celu wykorzystano wyniki oceny cyklu życia dla zestawu 100 sztuk łopatek. Zostały one przedstawione w tabeli 2.

Tab. 2. Wyniki LCA dla 100 sztuk łopatek otrzymane w programie SimaPro 8 przy zastosowaniu metody Eco-indicator 99 (H/A)

Kategoria szkód	Kategoria wpływu	Jednostka	Wariant konstrukcyjny 1 - łopaska i przekładka osobno	Wariant konstrukcyjny 2 - łopaska integralna
Szkody w zdrowiu ludzkim	Choroby nowotworowe	DALY	8,34E-04	6,13E-04
	Choroby związane z układem oddechania/ związki organiczne	DALY	2,98E-07	1,82E-07
	Choroby związane z układem oddechania/ związki nieorganiczne	DALY	1,25E-03	9,21E-04
	Zmiany klimatu	DALY	4,66E-04	3,35E-04
	Promieniowanie	DALY	1,52E-06	1,13E-06
	Ubożenie warstwy ozonowej	DALY	1,86E-08	1,36E-08
Szkody w jakości ekosystemu	Ekotoksyczność	PAF*m ² rok	1172,4169	1018,0822
	Zakwaszenie/eutrofizacja	PDF*m ² rok	29,664325	21,692571
	Wykorzystanie powierzchni ziemi	PDF*m ² rok	10,306785	7,6109872
Zubożenie zasobów	Surowce mineralne	MJ surplus	213,79882	204,30873
	Paliwa kopalne	MJ surplus	8,34E-04	6,13E-04

Źródło: [16]

Wykonana ocena cyklu życia łopatek pozwoliła na określenie wielkości wpływu analizowanego wyrobu w całym cyklu życia i przedstawienia go w trzech kategoriach szkód: w zdrowiu ludzkim, w jakości ekosystemu i jako zubożenie zasobów przyrodniczych. Dla określenia pieniężnej równowartości tych szkód dokonano oszacowania pieniężnej wartości wskaźników, w jakich został wyrażony poziom szkód w przyjętej metodzie LCA.

W przypadku szkód w zdrowiu ludzkim jako wskaźnik poziomu szkód zastosowano wskaźnik DALY (ang. *Disability Adjusted Life Years*) oznaczający liczbę lat życia

utraconych w skutek przedwczesnej śmierci lub niepełnosprawności. Stwierdzono, że skoro zgodnie z wytycznymi WHO 1 DALY oznacza utracony rok życia w pełnym zdrowiu [17], to dla określenia jego pieniężnej równowartości należy określić wartość dodatkowego roku życia (ang. *Value of Year Life* - VOLY) w pełnym zdrowiu. W tym celu zastosowano metodę wyceny warunkowej. Na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych w Polsce w okresie grudzień 2013 – styczeń 2014 na próbie 900 losowo wybranych osób określona została średnia wartość, jaką ludzie są skłonni zapłacić (ang. *Willingness To Pay* - WTP) za dodatkowy rok życia w wyniku podjęcia działań na rzecz ochrony środowiska. Następnie, na podstawie pytań oceniających stan zdrowia, określony został wskaźnik EQ-5D, który pozwala na wyrażenie stanu zdrowia ankietowanych w jednej wartości w przedziale od 1 do 0, gdzie 1 oznacza pełne zdrowie, a 0 - śmierć (więcej na temat wskaźnika EQ-5D w: [18]). Te dwie wartości (WTP i wskaźnik EQ-5D) stały się podstawą do ustalenia wartości dodatkowego roku życia w pełnym zdrowiu ($VOLY_{in\ full\ health}$). Jej wartość dla Polski została oszacowana na poziomie 51750 zł i wartość ta została przyjęta jako równowartość 1 DALY [19].

W przypadku szkód w jakości ekosystemu zastosowane zostały dwa wskaźniki: PDF i PAF. Wskaźnik PDF (ang. *Potentially Disappeared Fraction of species*) oznacza liczbę potencjalnie utraconych gatunków w przeliczeniu na m² powierzchni terenu na rok, natomiast wskaźnik PAF (ang. *Potentially Affected Fraction of species*) oznacza liczbę gatunków potencjalnie odczuwających szkody w przeliczeniu na m² na rok. Należy zaznaczyć, że wskaźnik PAF można przeliczyć na wskaźnik PDF zgodnie z zasadą, że: $1PDF = 1PAF/10$ [20] i z tego względu nie ma potrzeby dokonywania wyceny wartości tego wskaźnika.

Do wyceny wartości wskaźnika PDF zastosowano metodę transferu wartości. Oparto się na danych uzyskanych w projekcie NEEDS, w którym do wyceny wartości szkód w jakości ekosystemu zastosowano metodę kosztu restytucji. Jako wartość PDF przyjęty został minimalny krańcowy koszt poprawy różnorodności biologicznej na obszarze m². Koszt ten w ramach projektu NEEDS został oszacowany na poziomie 0,49 €₂₀₀₅/PDF/m² [21]. Aby móc zastosować wartość PDF wyznaczoną w projekcie NEEDS w kontekście badań przeprowadzonych w Polsce, należało dokonać jej aktualizacji do cen bieżących, a następnie przeliczyć na walutę polską z uwzględnieniem parytetu siły nabywczej pieniądza. W efekcie wykonanych obliczeń wartość PDF została ustalona na poziomie 1,25 zł/PDF/m²/rok.

Ostatnia z kategorii szkód - zubożenie zasobów - została wyrażana w postaci MJ dodatkowej energii (ang. *MJ surplus*) w przeliczeniu na kg danego zasobu. Wskaźnik ten określa ilość dodatkowej energii, którą trzeba będzie zużyć w przyszłości na wydobycie 1 kg zasobu, aby wydobyć taką samą ilość zasobów, co w chwili obecnej. Wzrost zużycia energii wynikać będzie z konieczności podjęcia dodatkowych działań np. wydobycia węgla kamiennego z coraz to niżej położonych pokładów. Do wyceny 1 MJ dodatkowej energii zastosowano metodę rynkową. Analiza cen sprzedaży energii elektrycznej i ciepłej w Polsce pozwoliła na wyznaczenie średniej ceny sprzedaży 1 GJ energii na poziomie 53,57 zł, co w przeliczeniu na 1MJ dało w zaokrągleniu 0,05 zł.

Wyznaczone wartości wskaźników DALY, PDF i MJ Surplus pozwoliły na określenie wartości szkód, jakie generują oba porównywane warianty konstrukcyjne łopatek. Ich wartościowe zestawienie przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Wartościowe zestawienie szkód powstających w poszczególnych fazach cyklu życia dla zestawu 100 sztuk łopatek

Kategoria szkód	Kategoria wpływu	Jednostka	Wariant konstrukcyjny 1 - łopaska i przekładka osobno	Wariant konstrukcyjny 2 - łopaska integralna
Szkody w zdrowiu ludzkim	Choroby nowotworowe	DALY	43,15950	31,72275
	Choroby związane z układem oddechania/ związki organiczne	DALY	0,01542	0,00942
	Choroby związane z układem oddechania/ związki nieorganiczne	DALY	64,68750	47,66175
	Zmiany klimatu	DALY	24,11550	17,33625
	Promieniowanie	DALY	0,07866	0,05848
	Ubożenie warstwy ozonowej	DALY	0,00096	0,00070
Szkody w jakości ekosystemu	Ekotoksyczność	PAF*m ² rok	146,55211	127,26028
	Zakwaszenie/eutrofizacja	PDF*m ² rok	37,08041	27,11571
	Wykorzystanie powierzchni ziemi	PDF*m ² rok	12,88348	9,51373
Zubożenie zasobów	Surowce mineralne	MJ surplus	10,68994	10,21544
	Paliwa kopalne	MJ surplus	0,00004	0,00003
SUMA:			339,26	270,89

Źródło: Opracowanie własne

Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, że drugi wariant konstrukcyjny charakteryzuje się mniejszym wpływem na środowisko. Najbardziej ograniczony zostaje wpływ na zdrowie ludzkie, w tym przede wszystkim na układ oddechania. Oznacza to, że ze środowiskowego i społecznego punktu widzenia wariant II jest bardziej korzystniejszy. Aby jednak dowiedzieć się, który z tych wariantów jest lepszy pod względem ekonomicznym, środowiskowym i społecznym wyznaczoną kwotę szkód środowiskowych i społecznych należy odnieść do wartości generowanych efektów ekonomicznych (wyrażonych jako wartość dodana) korzystając ze wzoru [22]:

$$\frac{\text{wartość pieniężna szkód środowiskowych i społecznych}}{\text{wartość dodana}} \quad (1)$$

6. Wnioski

Innowacje pełnią szczególną rolę w działalności rynkowej przedsiębiorstw, jednak ciągle poziom innowacyjności w Polsce jest na niskim poziomie. Jak pokazują dane GUS w latach 2012-2014 aktywność innowacyjną wśród przedsiębiorstw przemysłowych wykazało 18,6%, a w sektorze usług 12,3% przedsiębiorstw [23]. Wpływ na to ma przede wszystkim wysoki koszt realizacji działań innowacyjnych oraz często duża niepewność, czy zainwestowane środki się zwrócą. Dochodzi do tego też kwestia braku w przedsiębiorstwach środków finansowych, jakie należałoby przeznaczyć na działalność innowacyjną. Podobna sytuacja ma miejsce w odniesieniu do ekoinnowacji. Często ich wprowadzenie wymaga poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych przy niewielkich korzyściach finansowych możliwych do osiągnięcia z ich wprowadzenia. Wykonując zatem rachunek opłacalności finansowej ekoinnowacji w wielu przypadkach okazuje się, że jej wprowadzenie nie jest ekonomicznie uzasadnione. Zapomina się jednak, że generuje ona szereg pozytywnych efektów środowiskowych i społecznych, których nie uwzględnia rachunek ekonomiczny. Stąd istotnym aspektem staje się wyrażenie w wartościach pieniężnych efektów powstających w całym cyklu życia ekoinnowacji.

Oszacowanie wartości efektów środowiskowych i społecznych przy użyciu metod wyceny zaprezentowanych w niniejszym artykule pozwala na wyrażenie w wartościach pieniężnych wszystkich efektów (zarówno pozytywnych, jak i negatywnych) generowanych przez ekoinnowacje w całym cyklu ich życia. Dzięki temu przy dokonywaniu analizy porównawczej różnych wariantów ekoinnowacji i podejmowaniu decyzji o wyborze jednego z nich możliwy jest wybór takiego wariantu, który pozwoli na maksymalizowanie wartości efektów ekonomicznych przy jak najmniejszym negatywnym oddziaływaniu na środowisko i społeczeństwo. Jest to szczególnie istotne biorąc pod uwagę przyjęty przez Komisję Europejską w dniu 2 grudnia 2015 roku plan działań UE w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym [24]. Jego wprowadzenie wymagać będzie zmiany sposobu produkcji i konsumpcji, by umożliwić utrzymanie wartości produktów, materiałów i zasobów tak długo, jak to możliwe oraz by zapewnić przekształcenie odpadów w produkty o wysokiej wartości dodanej. Na ten cel Unia Europejska zamierza w najbliższych latach przeznaczyć ok. 650 mln Euro w ramach inicjatywy „Przemysł 2020 w gospodarce o obiegu zamkniętym” realizowanej jako jedna z inicjatyw programu „Horyzont 2020”.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że wycena efektów środowiskowych i społecznych nie jest prostym zadaniem, jednakże dostępne w literaturze z zakresu ekonomii środowiska dane i możliwość zastosowania metody przenoszenia wartości znacznie ułatwia to zadanie.

Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych o symbolu BK-223/ROZ-3/2015 nt.: „Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług” realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

Literatura

1. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 15.12.2011. Innowacja na rzecz zrównoważonej przyszłości - Plan działania w zakresie ekoinnowacji (Eco-AP) (COM(2011) 899 wersja ostateczna), s. 3.
2. The Eco-Innovation Observatory web site. <http://www.eco-innovation.eu/>
3. Dzieciak S: Ekoinnowacje jako kluczowy element strategii inteligentnej specjalizacji. [w]: Woźniak L., Kanabrocka A., Hejduk M.: Ekoinnowacje w ochronie środowiska 2013, Centrum Kongresowe Targów Kielce, Kielce 2013, s. 5-6.
4. Ryszko A.: Motywacje i bariery działalności ekoinnowacyjnej przedsiębiorstw w Polsce. *Modern Management Review, MMR*, vol. XIX, 21 (1/2014), s. 132-136.
5. Cichy M., Szafraniec M.: Ekoinnowacyjność przedsiębiorstw czystszej produkcji w polsce część 1: ogólne aspekty ekoinnowacyjności. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacji i Zarządzania*, z. 77, 2015, s. 21-22.
6. Baran J., Ryszko A.: Opracowywanie i wdrażanie ekoinnowacji technicznych a ekoprojektowanie – integracja procesów i wskazówki metodyczne ich realizacji. (w): Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 34-46.
7. OECD: *Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth*. OECD Publishing, Paris 2009, s. 43-45.
8. Nowacki R., Staniewski M. W.: *Podejście innowacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa, 2010, s. 20.
9. Janik A., Łączny M.J., Ryszko A.: *Ekonomiczne podstawy ochrony środowiska*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2009.
10. Bennett J. (ed.): *The International Handbook on Non-Market Environmental Valuation*. Edward Elgar Publishing Limited, Massachusetts, 2011.

11. Pizzol M., Weidema B., Brandao M. Osset P.: Monetary valuation in Life Cycle Assessment: a review. *Journal of Cleaner Production*, 86 (2015), s. 171-172.
12. Brander L.: Guidance manual on value transfer methods for ecosystem services. Publishing Services Section, UNON, Nairobi-Kenya, 2013, s. 28-38.
13. Baran J., Janik A.: Zastosowanie wybranych metod analizy i oceny wpływu cyklu życia na środowisko w procesie ekoprojektowania. (w): Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 22-33.
14. EVRI - Environmental Valuation Reference Inventory. <http://www.evri.ca/>
15. GEVAD - Greek Environmental Valuation Database. <http://www.gevad.minetech.metal.ntua.gr>
16. Baran J.: Conditions of using steel products for the production of steam turbine blades - ecodesign implications. *METAL 2015*, 24th International Conference on Metallurgy and Materials, Brno, Czech Republic, June 3rd-5th, 2015. Conference proceedings.
17. World Health Organization: *The global burden of disease: 2004 update*. WHO Press, Geneva, 2008, s. 1-51.
18. Golicki D., Jakubczyk M., Niewada M., Wrona W., Busschbach J.V.: Valuation of EQ-5D Health States in Poland: First TTO-Based Social Value Set in Central and Eastern Europe. *Value in Health* 13(2)2010, s. 289-297.
19. Janik A.: The problem of valuing the results of life cycle assessment (LCA) in monetary terms. 15th SGEM GeoConference on Ecology, Economics, Education and Legislation. SGEM2015 Conference Proceedings Vol. III, STEF92 Technology Ltd., Albena, Bulgaria, 2015, s. 697-704.
20. Goedkoop M., Spriensma R.: *The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment*. Methodology report, Pre Consultants B.V, Amersfoort 2000, s. 53-75.
21. Ott W., Baur M., Kaufmann Y., Frischknecht R., Steiner R.: *Assessment of Biodiversity Losses*. Final report. NEEDS Project, Zurich, 2006, s. 22-63.
22. Baran J., Janik A., Ryszko A.: Knowledge based eco-innovative product design and development - conceptual model built on life cycle approach. SGEM2014: Conference on Arts, Performing Arts, Architecture and Design. SGEM 2014 Conference Proceedings. STEF92 Technology, Albena, 2014, s. 775-787.
23. GUS: *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w Polsce w latach 2012-2014*. Urząd Statystyczny w Szczecinie, Ośrodek Statystyki Nauki, Techniki, Innowacji i Społeczeństwa Informacyjnego, Szczecin, 2015.
24. Komisja Europejska, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. *Zamknięcie obiegu - Plan działań UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym*. COM (2015) 614 final z dnia 2.12.2015.

Dr inż. Agnieszka JANIK
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
tel. (32) 277 74 73, fax.: (32) 277 73 62
e-mail: agnieszka.janik@polsl.pl