

PERSPEKTYWY ROZWOJU SEKTORA BIOPALIW W POLSCE NA TLE NORM EMISJI CO₂*

Agata Żak, Ewa Goliś, Karol Tucki, Piotr Borowski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Abstrakt. Biopaliwa transportowe należą do sektora funkcjonującego w zmiennym otoczeniu globalnym (makro). Do końca 2010 roku Unia Europejska promowała produkcję i rozwój roślinnych biopaliw transportowych, jako sposobu na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (nieobligatoryjna Dyrektywa 2003/30/EC, ze wskaźnikiem 5,75-procentowego udziału energetycznego biokomponentów w 2010 roku, osiągniętym w ok. 80%). Obecnie promuje się biokomponenty o wysokiej redukcji emisji CO₂ i biopaliwa produkowane z roślin niejadalnych, surowców odpadowych. Kolejna Dyrektywa 2009/28/EC, obowiązująca od początku 2011 roku nałożyła na wszystkie podmioty uczestniczące w cyklu produkcji biopaliw i biopłynów, obligatoryjny obowiązek spełnienia kryteriów zrównoważonej produkcji, w tym redukcji emisji CO₂ do wartości co najmniej progowych (np. min. 50-procentowa redukcja w 2017 roku). W artykule przedstawiono metodę oceny redukcji CO₂ – kalkulator BIOGRACE 4 i wartość redukcji emisji CO₂ w pięciu zakładach produkujących biopaliwa trzema metodami.

Słowa kluczowe: biopaliwa, redukcja emisji CO₂, BIOGRACE, SimaPro

WSTĘP

Zmiana klimatu jest jednym z największych problemów ekologicznych. Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu wzywa do „ustabilizowania koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze na poziomie, który zapobiega

* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji DEC-2011/01/B/HS4/04988.

groźnej antropogenicznej ingerencji w system klimatyczny” [United Nations 1992, art. 2]. Stężenie CO₂ w atmosferze będzie nadal rosło, jeżeli nie zostaną wprowadzone znaczące zmiany emisji, a paliwa kopalne będą głównym źródłem wykorzystywanym do świadczenia usług energetycznych [Hoffert i in. 1998].

We współczesnym świecie z coraz większym niepokojem obserwuje się negatywny wpływ działalności człowieka na środowisko przyrodnicze. Na skutek tego zrodziła się potrzeba dążenia ku zrównoważonemu rozwojowi, który zakłada świadome kształtowanie relacji pomiędzy wzrostem gospodarczym a dbałością o środowisko przyrodnicze.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/EC z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie stosowania energii ze źródeł odnawialnych nałożyła obowiązek spełnienia kryteriów zrównoważonej produkcji na wszystkie podmioty uczestniczące w cyklu produkcji biopaliw i biopłynów. Jednym z ważniejszych spośród tych kryteriów jest wymóg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych GHG (Greenhouse Gases) w pełnym cyklu produkcji biopaliw i biopłynów. Wielkość tego ograniczenia powinna wynosić co najmniej 35% (od 1.04.2013 r. dla instalacji działających od 23.01.2008 r.), 50% w 2017 roku oraz 60% w 2018 roku (dla instalacji, które rozpoczną produkcję po 1.01.2017 r.). Dla spełnienia wymagań postawionych przed Polską przez UE konieczny jest szacunek rzeczywistej redukcji emisji CO₂ w zakładach produkujących biopaliwa.

Stosowanie biopaliw 1. generacji wywołało wiele kontrowersji, głównie ze względu na ich wpływ na globalne rynki żywności i bezpieczeństwo żywnościowe, zwłaszcza w odniesieniu do najbardziej narażonych regionów gospodarki światowej. Powstało wiele istotnych pytań na temat ich potencjału, czyli zastąpienia paliw kopalnych oraz trwałości ich produkcji [Moore 2008]. Na przykład, oprócz ryzyka, że wyższe ceny żywności mogą mieć duże negatywne konsekwencje dla bezpieczeństwa żywności, popyt na biopaliwa może spowodować dodatkową presję na zasoby naturalne z potencjalnie szkodliwymi skutkami środowiskowymi i społecznymi. Obecnie około 1% (14 mln ha) z dostępnych gruntów ornych na świecie wykorzystuje się do produkcji biopaliw, dostarczając 1% globalnych paliw transportowych. Oczywiście, zwiększenie tego udziału do 100% jest nierealne ze względu na konieczność zapewnienia światowych dostaw żywności oraz dużych obszarów gruntów niezbędnych do ich produkcji [Brennan i Owende 2010]. Chcąc ograniczyć wady biopaliw 1. generacji, wprowadzono biopaliwa 2. generacji, których proces technologiczny jest przystosowany do produkcji paliw z całej materii roślinnej wyspecjalizowanych upraw energetycznych lub odpadów rolnych i leśnych, lub też pozostałości pozyskiwanych z odpadów przy obróbce drewna, a nie z roślin spożywczych.

Unia Europejska stoi na stanowisku, że dla skuteczniejszej redukcji emisji CO₂ konieczny jest rozwój biopaliw 2. generacji (otrzymywanych m.in. z przetworzenia roślin lignocelulozowych lub surowców odpadowych). Istotą biopaliw 2. generacji jest wykorzystanie surowców odpadowych, nieprzydatnych w produkcji żywności. Nie bez znaczenia jest też ich wyższa jakość w odniesieniu do paliw 1. generacji, przez co są bardziej akceptowane przez przemysł motoryzacyjny i użytkowników. Technologie produkcji na skalę przemysłową nie zostały dopracowane w zadowalający sposób [Merkisz i Kozak 2007].

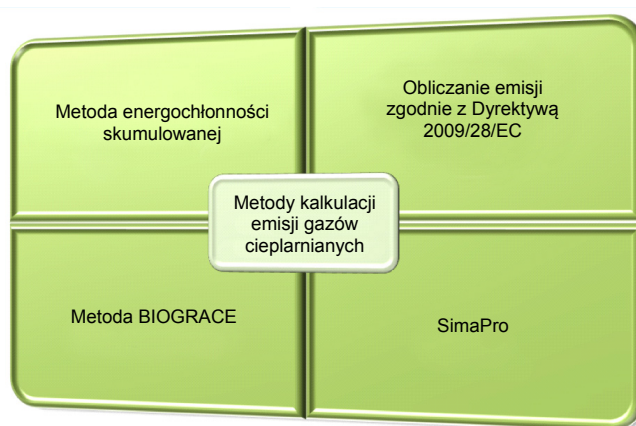
CEL I METODYKA BADAŃ

Celem publikacji było przedstawienie zmian zachodzących w funkcjonowaniu sektora biopaliw transportowych w Polsce w wyniku regulacji, jakie na polskie przedsiębiorstwa narzucają normy redukcji emisji CO₂ Unii Europejskiej.

W opracowaniu przedstawiono metody kalkulacji emisji gazów cieplarnianych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na redukcję emisji CO₂ w kontekście zmiennych warunków otoczenia, w jakim sektor biopaliw funkcjonuje. Podczas przeprowadzania badań szacowania poziomu emisji CO₂ w pięciu zakładach posłużono się metodą BIOGRACE. Ponadto przedstawiono otoczenie makro i konkurencyjne sektorów biopaliw transportowych. Pozwoliło to na sformułowanie wniosków odnośnie do przyszłości funkcjonowania przedsiębiorstw w sektorze biopaliw.

METODY SZACOWANIA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH

Redukcję emisji GHG dla biopaliw transportowych można oszacować za pomocą kilku metod przedstawionych na rysunku 1. Zaproponowana metodyka nie ogranicza się jedynie do metody ilościowej BIOGRACE (metoda zalecana przez KE w celu kalkulacji redukcji emisji CO₂). Poszerzono ją o metodę oceny cyklu życia LCA biopaliw transportowych oraz surowców służących do ich produkcji za pomocą narzędzia SimaPro, a także o metodę energochłonności skumulowanej.



Rys. 1. Metody szacowania emisji gazów cieplarnianych
Źródło: opracowanie własne.

Produkcja oraz stosowanie paliw transportowych, biopaliw i biopłynów zarówno w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej jest determinowana założeniami zawartymi w Dyrektywie 2009/28/EC. Podstawowe zapisy w tym dokumencie odnoszą się do wprowadzenia tzw. kryteriów zrównoważonego rozwoju biopaliw oraz minimalnych wymaganych poziomów redukcji GHG. Wprowadzenie w życie tej dyrektywy ma na

celu ograniczenie niekontrolowanej eksploatacji środowiska naturalnego oraz zmniejszenie negatywnych skutków oddziaływania przemysłu paliwowego na środowisko. Jednym z najważniejszych obszarów zrównoważonego rozwoju jest osiągnięcie minimalnych poziomów redukcji emisji gazów cieplarnianych, powstających podczas produkcji biopaliw w porównaniu z paliwami konwencjonalnymi.

W celu ujednoczenia kalkulacji emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw w załączniku V do Dyrektywy 2009/28/EC określono jasną procedurę obliczeń według wzoru:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{id} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}$$

gdzie:

- E – całkowita emisja spowodowana stosowaniem paliwa,
- e_{ec} – emisja spowodowana wydobyciem lub uprawą surowców,
- e_l – emisja w ujęciu rocznym spowodowana zmianami ilości pierwiastka węgla w związku ze zmianą sposobu użytkowania gruntów,
- e_p – emisja spowodowana procesami technologicznymi,
- e_{id} – emisja spowodowana transportem i dystrybucją,
- e_u – emisja spowodowana stosowanym paliwem,
- e_{sca} – wartość ograniczenia emisji spowodowanego akumulacją pierwiastka węgla w glebie dzięki lepszej gospodarce rolnej,
- e_{ccs} – ograniczenie emisji spowodowane wychwytywaniu dwutlenku węgla i jego sekwestracji składowaniu w głębokich strukturach geologicznych,
- e_{ccr} – ograniczenie emisji spowodowane wychwytywaniu dwutlenku węgla i jego zastępowaniu,
- e_{ee} – ograniczenie emisji dzięki zwiększonej produkcji energii elektrycznej w wyniku kogeneracji.

Dokonując obliczeń emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia biopaliw za pomocą powyższego wzoru, należy podkreślić, iż emisja spowodowana wydobyciem lub uprawą surowców e_{ec} nie uwzględnia wychwytywania CO₂ w trakcie uprawy surowców. Obejmuje natomiast emisję spowodowaną samym procesem wydobycia surowca lub uprawy, gromadzeniem surowców, odpadami i wyciekami, produkcją chemikaliów oraz produktów wykorzystywanych w trakcie wydobycia bądź uprawy.

Emisja gazów cieplarnianych z paliw E jest wyrażona w gramach przeliczeniowych CO₂ na MJ paliwa, gCO_{2eq}/MJ. Jedynie dla paliw transportowych wartości obliczone w gCO_{2eq}/MJ mogą być skorygowane o różnice pomiędzy paliwami w zakresie wykonanej pracy użytecznej, wyrażonej w km/MJ. Korekta ta jest dopuszczalna wyłącznie w przypadku przedstawienia dowodu na istnienie różnic w zakresie wykonanej pracy użytecznej.

Gazy cieplarniane stosowane w obliczeniach to: CO₂ (ditlenek węgla), N₂O (tlenek diazotu) oraz CH₄ (metan). W celu obliczenia równoważnika CO₂ powyższym gazom są przypisywane wartości: CO₂ – 1, N₂O – 296, CH₄ – 23.

Obliczając emisję w ujęciu rocznym, spowodowaną zmianami ilości pierwiastka węgla w związku ze zmianą sposobu użytkowania gruntów (E_l), należy podzielić całkowitą emisję na 20 lat. Zgodnie z tym założeniem wielkości tych emisji oblicza się, wykorzystując wzór:

$$e_l = (CS_R - CS_A) \times 3664 \times 1/20 \times 1/P - e_B$$

gdzie:

- e_l – emisja gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym, spowodowana zmianami ilości pierwiastka węgla w związku ze zmianą sposobu użytkowania gruntów (mierzona jako masa równoważnika CO₂ na jednostkę energii wytworzonej z biopaliwa);
- CS_R – ilość pierwiastka węgla na jednostkę powierzchni związana z przeznaczeniem gruntów odniesienia (mierzona jako masa pierwiastka węgla na jednostkę powierzchni, obejmująca zarówno glebę, jak i roślinność). Przeznaczenie gruntów odniesienia oznacza przeznaczenie gruntów w styczniu 2008 roku lub w ciągu 20 lat przed uzyskaniem surowca, jeśli data ta jest późniejsza;
- CS_A – ilość pierwiastka węgla na jednostkę powierzchni związana z rzeczywistym przeznaczeniem gruntów (mierzona jako masa pierwiastka węgla na jednostkę powierzchni, obejmująca zarówno glebę, jak i roślinność). Jeżeli ilości pierwiastka węgla gromadzą się przez okres przekraczający 1 rok, to wartość CS_A jest obliczana jako zasoby węgla na jednostkę powierzchni po dwudziestu latach lub kiedy uprawy osiągną dojrzałość, w zależności od tego, co nastąpi wcześniej;
- P – wydajność upraw (mierzona ilością energii wytwarzanej przez biopaliwo lub biopłynny na jednostkę powierzchni w jednym roku);
- e_B – premia o wartości 29 gCO_{2eq}/MJ za biopaliwo lub biopłynny przyznawana, jeśli biomasa jest otrzymywana z rekultywowanych terenów zdegradowanych lub silnie zanieczyszczonych.

Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych z biopaliw i biopłynów można ustalić w następujący sposób:

$$\text{OGRANICZENIE} = (E_F - E_B)/E_F$$

gdzie:

- E_F – całkowita emisja z biopaliw i biopłynów (najnowsza dostępna wartość średnich emisji pochodzących z kopalnej części benzyny i oleju napędowego wykorzystanych na terytorium Wspólnoty, podana na mocy Dyrektywy 98/70/EC. W przypadku braku takich danych stosuje się wartość 83,8 gCO_{2eq}/MJ);
- E_B – całkowita emisja z kopalnego odpowiednika biopaliwa.

SZACOWANIE EMISJI GHG ZA POMOCĄ KALKULATORA BIOGRACE

Emisję gazów cieplarnianych można oszacować za pomocą narzędzi służących do jej kalkulacji. Obecnie jednym z najpopularniejszych w Europie jest kalkulator BIOGRACE wersja 4. Kalkulator został opracowany przez międzynarodowe konsorcjum w ramach projektu BIOGRACE „Harmonized Calculations of Biofuel Greenhouse Gas Emissions”. Głównymi przyczynami jego popularności są:

- pełna zgodność z metodologią opisaną w Dyrektywie 2009/28/EC,
- zgodność z dodatkowymi wymaganiami określonymi w komunikatach KE,
- bieżąca harmonizacja procedur obliczeniowych,

- bezpłatna dostępność,
- systematyczna aktualizacja kalkulatora według przyszłych wymagań Dyrektywy przez pięć lat, począwszy od 2012 roku.

Kalkulator ten umożliwia oszacowanie rolniczych emisji gazów cieplarnianych (GHG) oraz ograniczeń emisji w całym cyklu życia biopaliw (LCA) w odniesieniu do 1 MJ wytworzonego paliwa. W związku z tym jednostką funkcjonalną w BIOGRACE jest produkcja i użytkowanie 1 MJ paliwa. Za pomocą kalkulatora można oszacować emisję trzech głównych gazów cieplarnianych: CO₂, CH₄ oraz N₂O. W kalkulatorze istnieje także możliwość pokazania zagregowanych wartości emisji wyrażanych w ekwiwalencie ditlenku węgla.

Używanie tego narzędzia umożliwia kalkulację gazów cieplarnianych do uprawy ośmiu roślin: pszenicy, buraka cukrowego, kukurydzy, rzepaku, słonecznika, palmy oleistej, soi oraz trzciny cukrowej, używanych jako substrat do wytwarzania biopaliw transportowych. Ponadto kalkulator BIOGRACE uwzględnia 22 ścieżki produkcji biopaliw z wymienionych roślin. Niestety, narzędzie to nie uwzględnia upraw roślin ligno-celulozowych, będących substratem do produkcji biopaliw 2. generacji, jak również ścieżek produkcji tych biopaliw.

Zgodnie z metodyką BIOGRACE szacowanie emisji GHG na etapie uprawy surowca obejmuje:

- produkcję materiału siewnego/nasadzeniowego,
- nawożenie azotowe (N),
- nawożenie fosforowe (P₂O₅),
- nawożenie potasowe (K₂O),
- nawożenie wapniowe (CaO),
- wykorzystywanie środków ochrony roślin,
- zużycie paliwa do wykonania wszystkich zabiegów polowych,
- emisję polową N₂O,
- emisję w ujęciu rocznym spowodowaną zmianami ilości pierwiastka węgla w związku ze zmianą sposobu użytkowania gruntów,
- emisję spowodowaną akumulacją pierwiastka węgla w glebie dzięki lepszej gospodarce rolnej.

Ważną pozycję w obliczeniach emisji rolniczej GHG zajmuje wielkość emisji tych gazów powstających przy produkcji nawozów azotowych. W UE średnia emisja powstająca w wyniku produkcji nawozów azotowych to 58 860,6 g eq CO₂ kg⁻¹ czystego składnika. Niektóre kraje jednak ze względu na dane pozyskane z zakładów azotowych przyjmują niższe wartości. W Polsce IUNG-PIB, chcąc ustalić rzeczywisty poziom emisji GHG powstającej w wyniku produkcji nawozów azotowych, zwrócił się do Zakładów Azotowych Puławy z wnioskiem o udostępnienie danych emisyjnych dla poszczególnych produkowanych asortymentów nawozów. Uzyskane dane wskazywały na niższą emisję w tym zakładzie niż średnia dla całej UE. Kolejnym krokiem Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) było uzyskanie szczegółowych danych od wszystkich producentów nawozów azotowych w Polsce. Analiza uzyskanych wyników wskazała na następujące wartości emisji dla nawozów azotowych: dla rzepaku 3253,2 g CO₂ eq/kg N (przy stosowaniu 60% N w RSM i 40% w saetrze, co wynika z wiedzy PSPO o nawożeniu rzepaku na cele biopaliw) oraz dla zboża 3414,2 g CO₂ eq/kg N.

Jak wynika z danych uzyskanych przez MRiRW, oszacowane poziomy emisji rolniczych GHG w Polsce są niższe o 6 g CO₂ eq/MJ przy średnim poziomie nawożenia

pszenicy, kukurydzy i rzepaku w porównaniu ze standardową emisją dla nawozów azotowych przyjętą w UE. W ten sposób z poziomu przekraczającego wartości standardowe dla NUTS 2 spadły one do poziomu niższego od tych wartości [Faber 2011].

Kalkulator BIOGRACE nie jest narzędziem pozbawionym wad. Jedną z głównych wad jest brak jednolitej metodyki szacowania polowej emisji N₂O związanej z zastosowaniem nawozów azotowych i rozkładem liści pozostających na plantacjach i resztek późniejszych w odniesieniu do zbóż. Oszacowanie wartości tego parametru jest obciążone bardzo dużą niepewnością w zależności od wybieranej metody, co podkreśla się wyraźnie w metodyce kalkulatora.

Ponadto metoda BIOGRACE nie uwzględnia w obliczeniach sekwestracji węgla w glebie, co jest zgodne z metodyką określoną w Załączniku V Dyrektywy 209/28/CE. Jednak uwzględnianie sekwestracji węgla w glebie wpływa znacząco na wyniki całkowitej emisyjności z uprawy roślin przeznaczonych dla celów energetycznych. Uprawy wieloletnie wiążą znacznie skuteczniej CO₂ pochodzenia atmosferycznego w glebie w wyniku procesu fotosyntezy i rozbudowy masy korzeniowej zasilającej część nadziemną w całym wieloletnim okresie użytkowania plantacji. W przypadku roślin jednorocznych, wykorzystywanych do produkcji biopaliw 1. generacji, mamy do czynienia z emisją CO₂ z gleby (ujemne wartości sekwestracji). Dlatego istotne jest, aby w przyszłości w kalkulacjach emisji GHG uwzględnić również ten parametr.

OCENA CYKLU ŻYCIA LCA BIOPALIW TRANSPORTOWYCH ORAZ SUROWCÓW SŁUŻĄCYCH DO ICH PRODUKCJI ZA POMOCĄ NARZĘDZIA SIMAPRO

Podobnie jak kalkulator BIOGRACE, tak i SimaPro jest cennym narzędziem umożliwiającym oszacowanie emisji związanych z uprawą surowca oraz produkcją biopaliw. SimaPro jest jednak programem, w którym emisja GHG jest tylko jednym z elementów składających się na całkowity wpływ na środowisko cyklu życia biopaliwa, podczas gdy kalkulator BIOGRACE, jak wskazano powyżej, pozwala skupić się wyłącznie na kalkulacji emisji.

Kalkulator BIOGRACE jako narzędzie w pełni zgodne z Dyrektywą 209/28/EC może być wykorzystywany do weryfikacji wyników otrzymanych z użyciem SimaPro. Jak wskazują badania przeprowadzone przez wielu ekspertów, wyniki całkowitej emisyjności gazów cieplarnianych z produkcji biomasy oszacowane z zastosowaniem kalkulatora BIOGRACE oraz oprogramowania SimaPro różnią się blisko dwukrotnie, co wskazuje na ogromny wpływ zastosowanej metodyki na wyniki obliczeń końcowych. Wynika to głównie z przypisania niejednakowych wartości emisji gazów cieplarnianych dla poszczególnych kategorii nakładów materiałowo-energetycznych w procesie wytwarzania biomasy.

Oprogramowanie SimaPro jest narzędziem opartym na ocenie cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) paliw transportowych. Ocena cyklu życia to technika mająca na celu ocenę zagrożeń środowiskowych związanych z systemem wyboru lub działaniem, zarówno przez identyfikowanie materiałów, energii i odpadów wprowadzanych do środowiska, jak i ocenę ich wpływu na środowisko. Ocena dotyczy całego okresu życia wyrobu, począwszy od wydobycia i przetwórstwa surowców mineralnych, proce-

su produkcji wyrobu, dystrybucji, stosowania, wtórnego wykorzystania, utrzymania, recyklingu i ostatecznego zagospodarowania oraz transportu. LCA ukierunkowuje badanie wpływu na środowisko systemu wyrobu na obszar ekosystemu, zdrowia ludzkiego oraz zużytych zasobów. Metoda LCA jest użytecznym narzędziem wychodzącym naprzeciw wymaganiom dotyczącym minimalizacji wpływu na środowisko przemysłu paliwowego, nakładanym przez Unię Europejską na kraje członkowskie. Obejmuje ona cały cykl życia paliwa od momentu pozyskania surowców, przez jego wytworzenie, użytkowanie oraz procedury postępowania z paliwami niespełniającymi wymagań norm przedmiotowych.

Oprogramowanie SimaPro zostało opracowane przez holenderską firmę PRé Consultants. Narzędzie to ma wiele cech umożliwiających wykonywanie dokładnej analizy z jednoczesnym zachowaniem uniwersalności wielu jego zastosowań. SimaPro jest wyposażony w 17 metod określania wpływu wyrobów na środowisko. Najbardziej rozpowszechnione są takie metody wpływu, jak: CML 1992 i 1996 r., Eco-indicator 99, Eco-punkty oraz Eco-95. Wszystkie te metody mogą być edytowane i rozszerzane. Program jest również w pełni zintegrowany z bazami danych: Ecoinvent v. 2, US LCI, ELCD, US Input Output, Eu and Danish Input Output, Dutch Input Output, LCA Food, Industry data v. 2, które zawierają szczegółowe informacje wykorzystywane do tworzenia modeli LCA.

W SimaPro są stosowane metody ekowskaźnikowe. Metoda jest oparta na ocenie szkód wywoływanych w środowisku przez oddziaływanie procesu lub wyboru. Ocenę szkód przeprowadza się na podstawie oszacowania obciążeń przypisanych poszczególnym kategoriom oddziaływań. Badany jest wpływ na: zdrowie ludzkie, jakość ekosystemu oraz zasób surowców naturalnych.

Standardowe ekowskaźniki są opracowane dla materiałów, procesów produkcyjnych, transportowych, energetycznych oraz zagospodarowania odpadów. Obliczając ekowskaźniki dla poszczególnych procesów, uwzględnia się wszystkie ich składowe. W odniesieniu do wytwarzanych materiałów, np. nawozów mineralnych, należy wziąć pod uwagę cykl od wydobycia surowców do uzyskania gotowego materiału. Wskaźnik ten odnosi się do 1 kg materiału. W przypadku procesów produkcyjnych uwzględnia się emisję z samych procesów wraz z emisjami powstałymi z wykorzystaniem energii. Wskaźnik odnosi się do jednostki wyrobu uzyskanego w wyniku procesu, np. 1 m² lub 1 kg.

Program SimaPro jest stosowany w ponad 80 krajach na świecie, co stawia go w ścisłej czołówce narzędzi do wykonywania analizy cyklu życia produktów. Wykorzystywanie tego oprogramowania do szacowania poziomu emisji GHG nie jest pozbawione wad. Jedną z głównych jest niepewność uzyskanego wyniku związana z jakością danych wprowadzanych do analizy oraz przyporządkowaniem emisji GHG poszczególnym nakładom materiałowo-energetycznym. Dlatego źródłem danych do analizy powinny być badania własne, lub też zweryfikowane źródła literaturowe.

WPLYW REDUKCJI EMISJI CO₂ NA SEKTOR BIOPALIW W POLSCE

W tej części artykułu przedstawiono analizę rzeczywistych wartości redukcji emisji CO₂ dla biopaliw transportowych produkowanych w zakładach zlokalizowanych na

terenie województwa warmińsko-mazurskiego, pomorskiego i kujawsko-pomorskiego. Przeanalizowano zakłady produkujące następujące biopaliwa:

- bioetanol produkowany metodą 2-fazową, z pszenicy (dwa zakłady),
- bioetanol produkowany metodą 1-fazową, z melasy buraczanej (jeden zakład),
- biodiesel produkowany z oleju rzepakowego (dwa zakłady).

Podczas obliczeń wykorzystano kalkulator BIOGRACE w wersji 4.0c, który zmodyfikowano odpowiednio do potrzeb każdego z zakładów. Modyfikacje w żaden sposób nie zmniejszyły zakresu analizy cyklu życia każdego z biopaliw i pozostał on zgodny z tym, który zastosowano przy wyznaczaniu wartości standardowych z Załącznika V do Dyrektywy 2009/28/EC.

Tabela 1. Zestawienie redukcji emisji CO₂ w badanych zakładach

Zakład	Rodzaj technologii wytwarzania bioetanolu	Wartość redukcji emisji CO ₂ zgodnie z Dyrektywą 2009/28/EC (%)	Wartość redukcji emisji CO ₂ obliczona z wykorzystaniem kalkulatora BIOGRACE 4.0c (%)
1	Zacieranie na ciepło, 2-fazowa technologia produkcji (pszenica)	17	-26--22
2	Zacieranie na ciepło, 2-fazowa technologia produkcji (pszenica)	17	-1-3
3	Hydroлиза enzymatyczna substratów, 1-fazowa technologia (melasa buraczana)	52	44-48
4	Wykorzystanie zakupionego oleju rzepakowego bez tłoczenia w zakładzie, lecz z ekstrakcją, rafinacją oraz estryfikacją	38	32-36
5	Wykorzystanie zakupionego oleju rzepakowego bez tłoczenia w zakładzie, lecz z ekstrakcją, rafinacją oraz estryfikacją	38	45-49

Źródło: Borowski i in. [2014].

Analiza danych zaprezentowanych w tabeli 1 pozwala na wskazanie wpływu zastosowanej metody produkcji bioetanolu na redukcję emisji CO₂. W pierwszych dwóch zakładach bioetanol jest produkowany z pszenicy z wykorzystaniem metody 2-fazowej, tj. metody zacierania na ciepło. Różnice w poziomie wartości redukcji emisji CO₂ obliczone z wykorzystaniem kalkulatora BIOGRACE 4.0c są spowodowane rodzajem paliwa technologicznego wykorzystywanego w tych dwóch zakładach. W pierwszym zakładzie do produkcji jest używany węgiel kamienny. Ujemne wartości redukcji emisji CO₂ nie pozwolą bez zmiany technologii spełnić kryteriów zrównoważonego rozwoju. Natomiast w drugim zakładzie używa się gazu ziemnego (spalanego w wysokosprawnych kotłach), charakteryzującego się znacznie większą redukcją emisyjności w porównaniu z osiągniętą w zakładzie nr 1. Jednak w obu zakładach bez wprowadzenia zmian technologicznych niemożliwe będzie wypełnienie norm zawartych w Dyrektywie 2009/28/EC.

Znacznie wyższym poziomem redukcji emisji CO₂ charakteryzuje się zakład nr 3, w którym produkcja bioetanolu odbywa się metodą 1-fazową, z melasy buraczanej. Zbliżony poziom redukcji obliczony za pomocą kalkulatora BIOGRACE oraz norm UE daje duże prawdopodobieństwo osiągnięcia zalecanego poziomu. Jak wynika z badań, w tym zakładzie będzie to możliwe dzięki zastosowaniu metody odwadniania etanolu, która charakteryzuje się możliwie niskim stopniem emisyjności, opartej na wnikliwej weryfikacji pochodzenia surowców wykorzystywanych w procesie produkcyjnym w celu określenia rzeczywistej emisyjności przypadającej na uprawy roślin pochodzących z konkretnych regionów krajów.

Pozostałe dwa zakłady wytwarzają biodiesel 1. generacji. Opierają one swoją produkcję na zakupionym oleju rzepakowym. W zakładach są przeprowadzane procesy ekstrakcji, rafinacji i estryfikacji oleju. Różnice w redukcji emisji CO₂ wynikają ze skali produkcji. Roczna produkcja biodiesla w tych zakładach wynosi: zakład 4 – 1 606 000 l/rok, zakład 5 – 3 650 000 l/rok. Piąty zakład ma dużo większe szanse na osiągnięcie wymaganego poziomu redukcji emisji CO₂ przez zmniejszenie ilości energii przypadającej na proces estryfikacji (procentowe zwiększenie wartości redukcji będzie zależało bezpośrednio od zmniejszenia ilości energii przypadającej na 1 MJ biodiesla podczas procesu estryfikacji w zakładzie).

W tabeli 2 zaprezentowano zestaw czynników makro i konkurencyjnych oddziałujących na kształtowanie się sektora paliw transportowych w Polsce. Tabela zawiera również zagrożenia łączące się z poszczególnymi czynnikami.

Tabela 2. Zestawienie czynników mających wpływ na sektor biopaliw transportowych w Polsce

Czynniki makroekonomiczne i konkurencyjne	
Prawne, międzynarodowe (U)	zmienne niekorzystne dla 1. generacji, niepewne dla 2. generacji przy małej skali produkcji
Prawne krajowe	niekorzystne, zwlekanie z ustawą o OZE, nowelizacja ustaw biopaliwowych
Techniczno-technologiczne	konieczność modernizacji w ciągu 2-3 lat, przejście w okresie 7 lat na nowe technologie 2-3. generacji, nowe surowce – niekorzystne
Ekologiczne	niekorzystne, rosnące wymagania odnośnie do kryterium zrównoważonego rozwoju (KZR), zagrożenia typu ILUC
Ekonomiczne	kryzys, brak środków na wsparcie OZE
Polityczne	gasnąca rola lobby rolnego w Polsce, walka o siłę rolnictwa w UE – mniejsza siła, wiele porażek
Konkurencyjne	duża liczba substytutów, nowe, udoskonalone produkty, ostra walka konkurencyjna na rynku paliw, czarny rynek na rynku paliw i biopaliw, biopaliwa transportowe, walka na rynkach globalnych, a na nielokalnych jak większość OZE

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Podstawową metodą obliczania redukcji emisji CO₂ jest kalkulator BIOGRACE, pozostałe opisane metody są tylko jej uzupełnieniem. Wynika to z faktu, iż jedynie ta metoda jest w pełni zgodna z Dyrektywą 2009/28/EC. Jednak nie należy pomijać pozostałych metod, gdyż pozwalają one wziąć pod uwagę dodatkowe elementy wpływające na redukcję emisji CO₂, nieuwzględniane w metodzie BIOGRACE. Jedną z głównych wad BIOGRACE jest brak jednolitej metodyki szacowania polowej emisji N₂O, związanej z zastosowaniem nawozów azotowych i rozkładem liści pozostających na plantacjach oraz resztek poźniowych w odniesieniu do zbóż. Oszacowanie wartości tego parametru jest obciążone bardzo dużą niepewnością w zależności od wybranej metody. Ponadto metoda BIOGRACE nie uwzględnia w obliczeniach sekwestracji węgla w glebie, co jest zgodne z metodyką określoną w Załączniku V Dyrektywy 2009/28/EC. Jednak uwzględnianie tej sekwestracji węgla w glebie wpływa znacząco na wyniki całkowitej emisyjności z uprawy roślin przeznaczonych do celów energetycznych.

Zaprezentowane wyniki badań redukcji emisji CO₂ wskazują, iż te zakłady, w których zamiast węgla kamiennego jako paliwo technologiczne stosuje się gaz ziemny spalany w wysokosprawnych kotłach, charakteryzują się dużą wartością redukcji emisji CO₂. Zastosowanie węgla kamiennego w zakładach produkujących bioetanol metodą 2-fazową może spowodować, że wartość redukcji emisji CO₂ będzie ujemna. W odniesieniu do tych zakładów spełnienie kryteriów zrównoważonego rozwoju jest raczej niemożliwe.

W przypadku produkcji bioetanolu w zakładach o wysokich zdolnościach produkcyjnych skutecznym sposobem zwiększenia wartości redukcji emisji CO₂ jest zastosowanie mniej energochłonnego procesu odwadniania alkoholu. Z kolei w zakładach produkujących biodiesel 1. generacji z oleju rzepakowego, największe korzyści może przynieść zwiększenie skali produkcji.

Nie we wszystkich analizowanych zakładach będzie można ograniczyć emisję CO₂ do poziomu narzuconego przez UE. Zakłady opierające produkcję na 2-fazowej technologii z pszenicy nie mogą osiągnąć odpowiedniego poziomu redukcji emisji CO₂ obecnie, a tym bardziej w przyszłości. W trzecim zakładzie redukcja emisji CO₂ do poziomu 50% do 2017 roku jest bardzo prawdopodobna dzięki zastosowaniu metody odwadniania etanolu. Wśród zakładów opierających swoją produkcję na zakupionym oleju rzepakowym dużo większe szanse na osiągnięcie odpowiedniego poziomu redukcji emisji CO₂ ma zakład piąty – przez zmniejszenie ilości energii przypadającej na proces estryfikacji.

Wydaje się, iż redukcję emisji CO₂ można zwiększyć dzięki zmianie surowca wykorzystywanego do produkcji. Jednak modyfikacja ta nie będzie możliwa we wszystkich istniejących zakładach ze względu na infrastrukturę oraz parametry technologiczne zainstalowanych urządzeń.

Ograniczeń emisji CO₂ można także szukać w pozyskiwanym surowcu. Stosowanie zredukowanych wartości emisyjności przypadających na uprawę roślin do produkcji biopaliw przynosi korzyści w wysokości redukcji emisji CO₂ maksymalnie do 5%. Ponadto ograniczenie odległości, z których są transportowane surowce do produkcji biopaliw wpływa również na ostateczny wynik ograniczenia emisji CO₂. Na przykład zwiększenie odległości, z jakiej jest transportowany surowiec do produkcji biopaliwa o 50 km powoduje zwiększenie emisji o 0,52 g CO₂ eqMJ⁻¹.

LITERATURA

- Borowski P., Gawron J., Golisz E., Kupeczyk A., Piechocki J., Powalka M., Redlarski G., Samson-Bręk I., Sikora M., Szware M., Tucki K., 2014. Wpływ redukcji emisji CO₂ na funkcjonowanie sektorów biopaliw transportowych w Polsce. Oficyna Wydawniczo-Poligraficzna ADAM, Warszawa.
- Brennan L., Owende P., 2010. Biofuels from microalgae – A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 14, 559.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2003/30/WE z dnia 8 maja 2003 r. 2003. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 123/42 z 17.05.2003 r.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. 2009. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 140/16 z dn. 5.06.2009 r.
- Faber A., 2011. Poziom emisji gazów cieplarnianych (CO₂, CH₄ oraz N₂O), dla upraw pszenicy, pszenżyta, kukurydzy i żyta przeznaczonych do produkcji bioetanolu oraz upraw rzepaku przeznaczonych do produkcji biodiesla. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy.
- Hoffert M.I., Caldeira K., Jain A.K., Haites E.F., Harvey L.D.D., Potter S.D., Schlesinger M.E., Schneider S.H., Watts R.G., Wigley T.M.L., Wuebbles D.J., 1998. Energy implications of future stabilization of atmospheric CO₂ content. *Nature* 395, 881-884.
- Merkisz J., Kozak M., 2007. Biopaliwa do samochodowych silników spalinowych. W: *Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 178-183.
- Moore A., 2008. Biofuels are dead: long live biofuels(?) – part one. *New Biotechnol.* 25(1), 6-12.
- United Nations framework convention on climate change. 1992. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> [dostęp: 5.01.2014].