

Julia Zarczuk✉, Bogdan Klepacki¹✉

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Pojęcie, znaczenie i pomiar śladu węglowego (*carbon footprint*)

The term, importance and measurement of the carbon footprint

Synopsis. Celem opracowania było ukazanie problematyki śladu węglowego. Zostało wyjaśnione pojęcie *carbon footprint*, jego geneza i zakres. Omówiono regulacje prawne, zalety i wady oraz metody szacowania wskaźnika. Zaprezentowany został wybrany kalkulator emisji CO₂ informujący o wpływie na środowisko danego użytkownika w porównaniu do średnich kraju/świata.

Słowa kluczowe: ślad węglowy, regulacje prawne, metody wyliczania, kalkulator emisji CO₂

Abstract. The aim of the study was to present the problem of the carbon footprint. The concept of carbon footprint, its origin and scope are explained. Legal regulations, advantages and disadvantages as well as methods of the indicator estimation were discussed. A selected CO₂ emission calculator was presented, informing about the environmental impact of a given user compared to the country/world average.

Key words: carbon footprint, legal regulations, estimating methods, CO₂ emission calculator

JEL codes: O13, O44, P51, P56

Wstęp

Ślad węglowy to bardzo interesujące i wciąż nie do końca poznane zagadnienie. Pojęcie śladu węglowego, choć jest obecne w literaturze naukowej od wielu lat, w życiu codziennym nie jest często spotykane. Jednak w obliczu postępujących zmian klimatu i konieczności im przeciwdziałania, zyskuje on na popularności. Wskaźnik śladu węglowego pozwala oszacować, jak każdy człowiek oddziałuje na środowisko z perspektywy emitowanych gazów cieplarnianych, a w szczególności CO₂.

Jednym z naturalnych procesów, które występują na Ziemi są zmiany klimatu. Obecna jego zmiana ma charakter antropogeniczny, co oznacza, iż w największym stopniu jest po-

✉ Julia Zarczuk – julia_zarczuk@o2.pl

✉ Bogdan Klepacki – Szkoła Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Instytut Ekonomii i Finansów;
e-mail: bogdan_klepacki@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-3483-7530>

wodowana bezpośrednią lub pośrednią działalnością człowieka, a nie czynnikami naturalnymi. Niewłaściwe działania ludzkie doprowadziły do nadmiernego koncentrowania się gazów cieplarnianych w atmosferze, czyli nasilenia tzw. efektu cieplarnianego i w efekcie do globalnego ocieplenia. Konsekwencje tych zjawisk są zauważalne na całym świecie. Szacuje się, że w perspektywie najbliższych dziesięcioleci ich intensywność oraz częstotliwość występowania może ulec zwiększeniu.

Jako cel opracowania przyjęto dokonanie charakterystyki *carbon footprint*, ukazanie zastosowania wskaźnika śladu węglowego oraz rozpoznanie ważniejszych problemów z nim związanych. Przedsiębiorstwa logistyczne, zwłaszcza duże transportowe (operatorzy logistyczni), są liczącym się źródłem zanieczyszczenia środowiska, w ostatnim okresie jednak coraz częściej wdrażają rozwiązania proekologiczne (np. samochody hybrydowe, elektryczne), które redukują emisje CO₂. Dzięki temu mogą realizować swoje strategie CSR. W pracy została wykorzystana metoda studiów literaturowych oraz zasobów sieci internetowej.

Geneza oraz zakres pojęcia śladu węglowego

W literaturze naukowej pojęcie *carbon footprint* funkcjonuje od kilkudziesięciu lat pod nazwą „ślad węglowy”. Obecnie posługują się nim także media, jak i ludzie ze środowiska polityki oraz biznesu, wykorzystując takie określenia jak: „kopalny ślad stopy”, „profil/odcisk węglowy” czy „ekoodcisk” [Konieczny i in. 2013, s. 53]. Powodem rosnącego zainteresowania jest dostrzeżenie konieczności przeciwdziałania zmianom klimatycznym, w tym globalnemu ociepleniu oraz monitorowania emisji GHG.

Koncepcja śladu węglowego została ustanowiona w 2005 roku w trakcie debaty dotyczącej monitorowania i kontroli emisji gazów cieplarnianych. Początkowo termin ten był bardziej promowany przez różne inicjatywy prywatne, korporacje czy organizacje pozarządowe niż przez społeczność naukową. Jest to powodem różnic w kwestii definiowania oraz metod szacowania. Po raz pierwszy pojęcie śladu węglowego pojawiło się w prasie w 2000 roku, a po pięciu latach firma BP (ang. *British Petroleum*) rozpoczęła kampanię promującą ten wskaźnik. W literaturze naukowej temat śladu węglowego został poruszony w 2007 roku, w postaci listu do czasopisma „Nature” [Frączek i Śleszyński 2016, s. 139].

Pochodzenie terminu ślad węglowy (CF – ang. *carbon footprint*) jest związane ze śladem ekologicznym (EF – ang. *ecological footprint*), który bywa określany jako ekologiczny odcisk stopy, bądź w rozbudowanej wersji tłumaczenia – ślad ekologiczny, który pozostawia człowiek w środowisku. Jest to jeden z pierwszych mierników pozwalających ocenić presję wywieraną na środowisko. Obecnie istnieje grupa wskaźników śladowych, tzw. *footprint family*, na czele ze śladem ekologicznym. W jej skład wchodzi różne mierniki – „ślady”, które pozwalają ocenić intensywność eksploatacji środowiska w zależności od rodzaju i formy jego użytkowania oraz poszczególnych zasobów. Jednym z nich jest ślad węglowy będący przedmiotem rozważań w tym opracowaniu [Śleszyński 2016, s. 57–67].

Dla porównania, ślad ekologiczny odnosi się do biologicznie produktywnych gruntów/ziem oraz obszarów morskich wyrażonych w hektarach globalnych, które są niezbędne do utrzymania ludzkiej populacji. Według tej koncepcji, ślad węglowy będący jednym z podzbiórów/elementów śladu ekologicznego uwzględnia jedynie te powierzchnie terenu, które

są odpowiedzialne za absorbowanie dwutlenku węgla wyprodukowanego przez ludzkość w ciągu jej życia [Pandey i in. 2011, s. 137].

Współczesne pojęcie śladu węglowego uległo modyfikacjom i jest odmienne od powyższego wyjaśnienia. W środowisku naukowym można spotkać wiele definicji, a główna różnica między nimi, oprócz poziomu szczegółowości, odnosi się do działań oraz gazów cieplarnianych, które są uwzględniane przy jego ocenie [Kijewska i Bluszcz 2016, s. 43]. Niektórzy autorzy definiują ślad węglowy jako całkowitą emisję CO₂ będącą następstwem bezpośredniej/pośredniej aktywności lub skumulowania na wszystkich etapach życia produktu. W tym znaczeniu uwzględnia się działania indywidualne, populacji oraz poszczególnych firm, organizacji, sektorów itd. Produkty obejmują zarówno towary, jak i usługi. W każdym z tych przypadków rozpatrywana jest bezpośrednia oraz pośrednia emisja wyłącznie CO₂ (rozwiązanie bardziej przejrzyste i praktyczne). Jako kompleksowy wskaźnik uwzględniający pozostałe gazy cieplarniane proponowany jest tzw. ślad klimatyczny (ang. *climate footprint*) [Wiedmann i Minx 2008, s. 4–5]. Równocześnie inni autorzy na podstawie badań i metod wykorzystywanych do obliczania CF sugerują, aby uwzględniać oprócz CO₂ pozostałe gazy cieplarniane [Pandey i in. 2011, s. 137]. W rzeczywistości ta wersja jest dominująca.

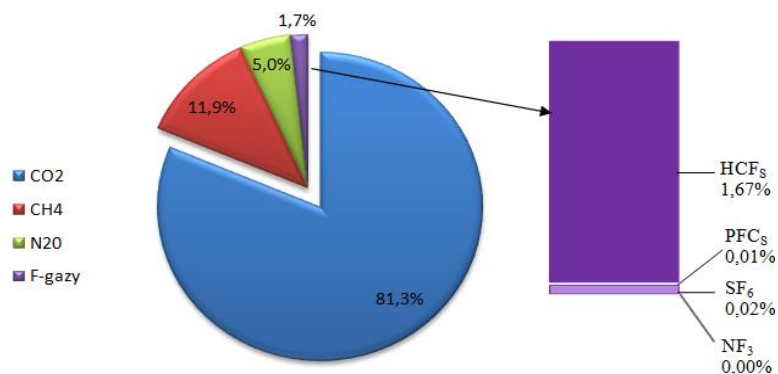
Według jednej z definicji CFP (ang. *carbon footprint of a product*) to całkowita ilość wyemitowanego dwutlenku węgla oraz pozostałych gazów cieplarnianych (GHG – ang. *greenhouse gases*) względem emisji, która wynika z cyklu życia danego produktu, przy jednoczesnym uwzględnieniu procesu jego składowania i unieszkodliwiania. Uszczegóławiając, emisja ta może być powodowana przez takie podmioty jak np. określona osoba, organizacja, wydarzenie czy dany produkt. Dodatkowo, podmioty te mogą również w sposób bezpośredni bądź pośredni wytwarzać własny ślad węglowy [Kulczycka i Wernicka 2015, s. 61–63].

Zgodnie z Normą ISO 14067:2018 ślad węglowy produktu jest sumą emisji oraz pochłaniania GHG, która jest wyrażona w ekwiwalencie dwutlenku węgla i opiera się na ocenie cyklu życia, z wykorzystaniem określonej kategorii wpływu zmian klimatu.

Oprócz CO₂ do gazów cieplarnianych (zgodnie z protokołem z Kioto) zalicza się także: tlenek diazotu/podtlenek azotu (N₂O), metan (CH₄), fluorowane gazy przemysłowe (fluorowęglowodory (HCFS), sześćfluorek siarki (SF₆), perfluorowęglowodory (PFCS) [Załęgowski i in. 2013, s. 1]. Dla każdego z tych gazów możliwe jest przypisanie wskaźnika globalnego potencjału ocieplenia (GWP; ang. *global warming potential*). Jest to wskaźnik, który wskazuje wyrażoną w sposób liczbowy siłę oddziaływania/potencjalny wpływ na ocieplenie klimatu 1 kg określonego gazu cieplarnianego w ciągu stulecia, w porównaniu do wartości jaką osiąga 1 kg dwutlenek węgla [Więk i Tkacz 2012, s. 83].

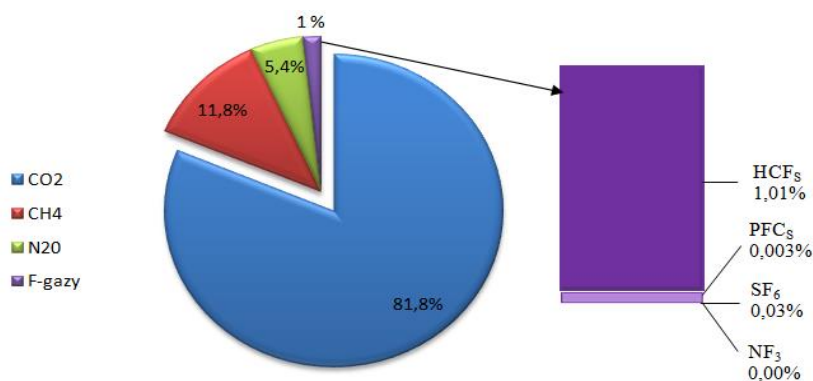
Udział poszczególnych gazów cieplarnianych w Polsce w 2017 roku w odniesieniu do całkowitej emisji w kraju został zaprezentowany na rysunku 1, a w roku następnym na rysunku 2. Dominującą pozycję wśród gazów cieplarnianych zajmuje CO₂, udział tlenu diazotu oraz metanu zaś jest znacząco mniejszy. W przypadku fluorowanych gazów przemysłowych (są to tzw. F – gazy) ich udział w emitowaniu gazów cieplarnianych jest niewielki, a dla NF₃ (trójfluorek azotu) nie zanotowano żadnej emisji. Porównując 2018 rok do 2017 roku, zauważalny jest wzrost udziału CO₂ oraz N₂O, z kolei spadek pozostałych gazów.

J. Zarczuk, B. Klepacki



Rysunek 1. Poszczególne gazy cieplarniane i ich udział w całkowitej emisji w Polsce w 2017 roku
Figure 1. Individual greenhouse gases and their share in the total emissions in Poland in 2017

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2019].



Rysunek 2. Poszczególne gazy cieplarniane i ich udział w całkowitej emisji w Polsce w 2018 roku
Figure 2. Individual greenhouse gases and their share in the total emissions in Poland in 2018

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2020].

Istnieją dwie możliwości wyrażania śladu węglowego – są to kilogramy lub tony dwutlenku węgla (CO₂). Jako jego miarę natomiast przyjęto tonę ekwiwalentu dwutlenku węgla – tCO₂e. Umożliwia ona dokonywanie porównań emisji różnych gazów cieplarnianych, wykorzystując jednakową skalę, czyli biorąc pod uwagę zawartość CO₂ [Popławski i Rutkowska 2017, s. 245–246].

Regulacje prawne

Już w latach 90. XX wieku wiele państw na całym świecie podjęło starania mające na celu przeciwdziałanie zmianom klimatu, zawierając porozumienie UNFCCC/FCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), czyli Ramową konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu. Konwencję podpisano w trakcie tzw. Szczytu Ziemi (konferencja Narodów Zjednoczonych na temat środowiska i rozwoju) w Rio de Janeiro w 1992 roku, a została wdrożona dwa lata później (także w 2004 roku Polska dokonała ratyfikacji tej konwencji). Obecnie do sygnatariuszy zalicza się 197 stron, włączając w to UE jako organizację oraz wszystkie jej kraje członkowskie [European Commission 2018, s. 24–25].

Początkowo w konwencji UNFCCC nie zawierały się nakazy odnośnie zmniejszania emisji GHG. Jednak zostało to zmienione poprzez ustanowienie właściwych protokołów wraz z limitami emisji. Do trzech głównych zalicza się: protokół z Kioto (1997 rok), porozumienie paryskie (2015 rok) i Katowicki pakiet klimatyczny – Katowice Rulebook (2018 rok).

W ramach protokołu z Kioto do konwencji UNFCCC część państw (odpowiadających jedynie za 18% emisji na świecie), w tym także Polska, zobowiązała się, aby zredukować emisję GHG (w odniesieniu do 1990 roku) w dwóch okresach rozliczeniowych: 2008–2012 o ok. 5% oraz 2013–2020 o ok. 20%. W przypadku pierwszego okresu rozliczeniowego UE oraz państwa członkowskie (w liczbie 15 krajów) przyjęły swój własny cel – redukcję emisji w całej UE na poziomie 8%, co zostało osiągnięte z nadwyżką – 11,7%. W drugim okresie rozliczeniowym wspólne zobowiązanie zostało rozłożone na 29 państw i UE [Postępy w redukcji...]. Środki konieczne do realizacji tego zobowiązania wprowadzono w 2007 roku jako pakiet klimatyczno-energetyczny do 2020 roku, który oprócz wspomnianej wcześniej redukcji emisji GHG wyznacza cel poprawienia efektywności energetycznej na poziomie 20% oraz korzystanie w UE z energii, która w 20% ma pochodzenie ze źródeł odnawialnych. Jednak po siedmiu latach dokonano zmian i zostały ustalone nowe ramy klimatyczno-energetyczne obowiązujące w okresie 2021–2030, w których założono, że nastąpi: redukcja emisji GHG na poziomie minimum 40% (w odniesieniu do 1990 roku), udział energii odnawialnej na poziomie minimum 32% oraz poprawa efektywności energetycznej na poziomie minimum 32,5%. Pierwszy z wymienionych celów jest celem wiążącym. Dzięki jego realizacji UE będzie mogła dokonać transformacji gospodarki na neutralną dla klimatu oraz realizować zobowiązania wynikające z porozumienia paryskiego [Climate strategies...].

Porozumienie paryskie zostało przyjęte podczas COP21 w Paryżu w 2015 roku i jest określane jako pierwsze w historii prawnie wiążące oraz powszechne porozumienie w dziedzinie klimatu. Oficjalnie zaczęło obowiązywać od 04.11.2016 r., po tym jak minimum 55 krajów, które odpowiadają za minimum 55% emisji na świecie dokonało jego ratyfikacji. Głównym długoterminowym założeniem porozumienia jest to, aby utrzymać wzrost średniej temperatury na całym świecie na poziomie nieprzekraczającym 2°C powyżej poziomu z czasów epoki przemysłowej, a nawet dążyć do ograniczenia tego wzrostu na poziomie 1,5°C [Porozumienie paryskie..]. Wszystkie zasady dotyczące wdrożenia porozumienia paryskiego zostały ustalone w trakcie konferencji COP24 w Katowicach (2018 rok) i są zawarte w Katowickim pakiecie klimatycznym.

Unia Europejska opracowała długoterminową strategię do 2050 roku, która zakłada neutralność Europy dla klimatu. Gospodarka ma charakteryzować się zerową emisją GHG i w ramach tego przewidzianych jest wiele działań, inwestycji, które będą wspierać państwa

członkowskie w tej transformacji [2050 long-term...]. W Polsce Rada Ministrów opracowała Narodowy program rozwoju gospodarki niskoemisyjnej (NPRGN), a na poziomie gminnym powstały plany gospodarki niskoemisyjnej. Mają one na celu wprowadzenie zmian skutkujących powstaniem niskoemisyjnej nowoczesnej gospodarki [Narodowy Program...]. Powołano także Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), który każdego roku przeprowadza inwentaryzację emisji gazów cieplarnianych, prowadzi ich krajową bazę oraz tworzy odpowiednie raporty [Krajowy Ośrodek...].

Metody szacowania śladu węglowego

Metodyka obliczania śladu węglowego nie została jeszcze globalnie w sposób ostateczny unormowana. Dlatego też, istnieje wiele kwestii różniących w wykorzystywanych sposobach pomiaru. Pierwsza z nich dotyczy zakresu analizy. Pomiary mogą dotyczyć emisji bezpośrednich wytwarzanych przez przedmiot badania – określony obiekt, jak również emisji pośrednich, które uwzględniają emisje zewnętrzne powstałe poza nim, ale dotyczące jego funkcjonowania. Kolejna kwestia dotyczy wyboru gazów cieplarnianych oraz określenia granic systemu, który jest poddawany analizie. Co oznacza, iż można analizować emisje zachodzące w ciągu roku lub określonego przedziału czasowego albo emisje w odniesieniu do badanego obiektu – cały cykl jego życia [Śleszyński 2016, s. 67–68].

Istnieją dwie procedury pomiaru CF. Pierwsza z nich korzysta ze standardów wyznaczonych przez Międzyrządowy Panel ds. Zmian Klimatu – IPCC (ang. *Intergovernmental Panel on Climate Change*), druga zaś opiera się na LCA (ang. *life cycle analysis*), czyli cyklu życia produktu. Obie metody są znormalizowane. W przypadku pierwszej korzysta się z normy 14067:2018, dla drugiej zaś ma zastosowanie grupa norm serii ISO 14040. Dzięki tym metodom możliwe jest uzyskanie ilościowego wyniku odnośnie emisji GHG. Główna różnica między nimi jest taka, iż w cyklu życia produktu uwzględnia się szerszy zakres oddziaływania produktu na środowisko (wiele problemów środowiskowych), w porównaniu do CFP skupiającego się wyłącznie na globalnym ociepleniu [Burchard-Dziubińska 2016, s. 174–175]. Zatem, ślad węglowy produktu jest traktowany jako fragment analizy LCA.

W celu wyliczenia śladu węglowego (ekwiwalentnej emisji CO₂) metodyka IPCC sugeruje, aby przemnożyć emisję określonego gazu cieplarnianego przez dedykowany jemu wskaźnik globalnego ocieplenia przy uwzględnieniu właściwego horyzontu czasowego. A jako ułatwienie dla bezpośrednich kalkulacji IPCC opracowało specjalne tabele z konkretnymi wartościami [Łasut i Kulczycka 2014, s. 138–139].

Inaczej kształtuje się kompleksowy sposób szacowania współoddziaływania w relacji wyrób–otoczenie (metoda LCA), w której uwzględniony jest pełny cykl życia określonego wyrobu. Obejmuje on kolejno: proces pozyskania surowców, produkcję i transport, właściwe stosowanie oraz składowanie końcowe lub gospodarcze wykorzystanie. W zależności od celu stosowanych obliczeń, zakres analizy cyklu życia może się różnić. W literaturze zostały wyróżnione dwa zakresy: „od kołyski do grobu” (ang. *from cradle to grave*) oraz „od kołyski do bramy klienta” (ang. *from cradle to gate*) [Kowalski i in. 2007, s. 25–27]. W tej metodzie zamiast GWP są opracowywane specjalne wskaźniki szkodliwości środowiskowej w ramach określonych zagadnień środowiskowych [Lewandowska 2012].

Zgodnie z właściwymi normami ISO pełna ocena cyklu życia produktu powinna składać się z czterech faz wraz z określoną procedurą ich realizacji:

- faza 1 – określić cel oraz zakres analizy (odpowiednie specyfikacje),
- faza 2 – dokonać analizy zbioru wejść i wyjść, czyli zebrać dane odnośnie określonych procesów,
- faza 3 – ocenić wpływ (oddziaływanie) cyklu życia oraz dane zebrane na wcześniejszych etapach,
- faza 4 – zinterpretować wyniki i porównać je z celem badań z fazy 1.

Otrzymany wynik i jego poziom dokładności jest zależny od jakości pozyskanych danych, którymi mogą być własne obliczenia oraz pomiary. Ponadto, istnieje możliwość skorzystania z baz elektronicznych LCA, gdzie znajduje się wiele zbiorów danych inwentarzowych odnośnie cyklu życia poszczególnych produktów [Konieczny in. 2013, s. 54].

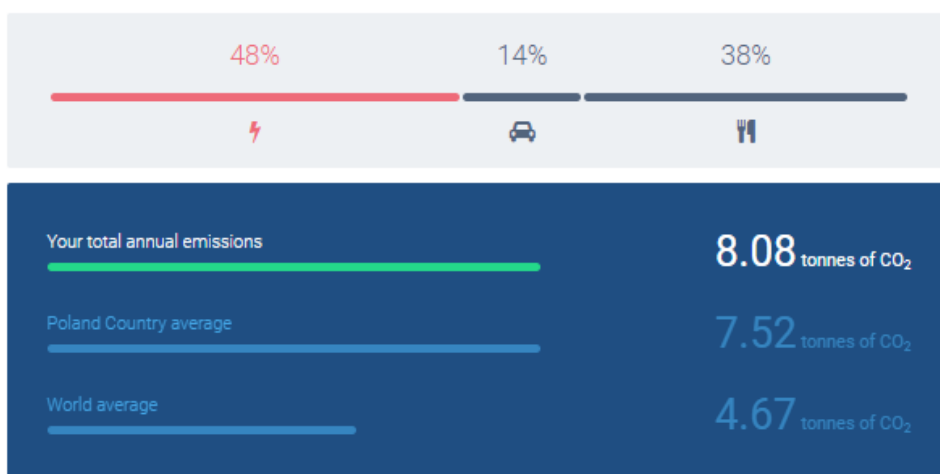
W Polsce jako najpowszechniejszą metodę obliczania śladu węglowego uznaje się specyfikację PAS 2050 – „Publicly Available Specification 2050”, którą opracowało BSI (ang. *British Standard Institute*). PAS 2050 jest niezależnym standardem skoncentrowanym na ilościowym określaniu emisji GHG powstałych w cyklu życia konkretnych towarów/usług, bez uwzględniania potencjalnych środowiskowych, społecznych i ekonomicznych oddziaływań (wyłącznie globalne ocieplenie) [BSI 2008]. Ta specyfikacja jest oparta na istniejących metodach oceny cyklu życia zawartych w ISO 14040/14044. Takie rozwiązanie zapewnia organizacjom wspólną podstawę do dokonywania porównań, a następnie przekazywania informacji interesariuszom oraz identyfikację sposobów redukcji emisji w całym systemie produktu [BSI 2011].

Omawiając metody szacowania śladu węglowego, warto też wspomnieć o polskich i zagranicznych, dostępnych w Internecie gotowych programach komputerowych, tzw. kalkulatorach emisji CO₂. W celu zobrazowania sposobu działania takiego narzędzia jako przykład do obliczenia CF posłuży kalkulator, który został opracowany dla Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ), a wykorzystane informacje będą dotyczyć autorki.

Sposób postępowania jest następujący – na początku należy wypełnić wszystkie puste pola w trzech zakładkach: gospodarstwo domowe, transport oraz styl życia. Następnie kalkulator podaje końcowy wynik (rysunek 3), który można porównać ze średnimi wartościami dla kraju i świata. Ponadto, informuje która dziedzina życia ma najgorszy wpływ na środowisko. W przypadku autorki uzyskany wynik nieznacznie przewyższa średnie krajowe i światowe. Przy obecnym stylu życia autorka produkuje w ciągu roku 8,08 t CO₂ a największa jego ilość pochodzi z obszaru elektryczności, następnie z żywności, a najmniej z transportu.

UN carbon footprint calculator

Your annual household footprint



Country and world average emissions are shown for comparison. The values are adjusted for the number of household members but do not include international flights. All greenhouse gases are converted into CO₂ equivalent.

Read about our emissions estimation method [here](#).

OFFSET MY FOOTPRINT

Rysunek 3. Ostatni etap kalkulatora emisji – końcowy wynik o rocznej produkcji dwutlenku węgla (t)

Figure 3. Final step in the emissions calculator - final result on annual carbon dioxide production (t)

Źródło: [United Nations...].

Zatem, kalkulatory śladu węglowego stanowią pewnego rodzaju ankietę dotyczącą szeroko pojętego stylu życia konsumentów i jednocześnie są narzędziem obliczeniowym. Każdy z nich ma własną metodykę – uwzględniane są inne aspekty, inny jest też poziom zaawansowania/szczegółowości, co ma odzwierciedlenie w zadawanych pytaniach. Dostępne programy charakteryzują się także odmienną oprawą graficzną, co sprawia, że jedne są przejrzyste i łatwe w użyciu, a niektóre mogą powodować pewne trudności i być bardziej czasochłonne. Dzięki zastosowaniu takich kalkulatorów możliwe jest oszacowanie wielkości wpływu na środowisko konkretnych użytkowników, a następnie porównanie otrzymanych wyników z aktualnymi standardami krajowymi czy światowymi. Oprócz tego, w ofercie niektórych programów często pojawiają się indywidualne rekomendacje – propozycje działań,

dzięki którym możliwe jest zredukowanie CF w efektywny sposób. Jednak najistotniejszą kwestią są zmiany zachodzące w świadomości użytkowników, które prowadzą do podejmowania w przyszłości właściwych wyborów oraz odpowiedzialnych decyzji w codziennym życiu [Łasut i Kulczycka 2014, s.138–139].

Zalety i wady stosowania *carbon footprint*

Wysiłek szacowania CF przez zwykłych konsumentów z wykorzystaniem omawianych wcześniej kalkulatorów czy innych narzędzi jest pierwszym krokiem w walce z emisją GHG (można to uznać za główną zaletę). Wiedza o wielkości śladu węglowego i jego negatywnych skutków na całe środowisko wzbudza w społeczeństwie zmianę stylu życia i dokonywanie świadomych wyborów w trosce o całą planetę. Dużym ułatwieniem w takiej „proekologicznej transformacji” jest obecność zagadnienia śladu węglowego w sieci, a także prowadzone kampanie społeczne/środowiskowe, które promują przyjazne środowisku działania, a przede wszystkim pełnią funkcję ekologicznej edukacji. Nie bez znaczenia pozostaje fakt podejmowania tej problematyki przez władze na szczeblu krajowym, unijnym, międzynarodowym, jako wyraz globalnego zaangażowania w walce ze zmianami klimatu.

W przypadku firm wykorzystanie śladu węglowego powoduje korzyści, które można sklasyfikować na trzy kategorie: środowisko, ekonomia oraz wizerunek. Ślad węglowy wskazuje realną wielkość emisji GHG i określa „obszar problemowy”, który w największym stopniu przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska. Dzięki temu, możliwe jest podjęcie działań minimalizujących negatywny wpływ na środowisko, co skutkuje poprawą w zakresie efektywności środowiskowej konkretnego podmiotu. Na skutek tego w wielu przedsiębiorstwach następuje redukcja kosztów, generowane są oszczędności, a tym samym wzrasta wydajność finansowa. Poza tym, tworzą się nowe możliwości rozwoju. Firmy mogą zabiegać o dofinansowanie działań proekologicznych, gdyż znacznie lepiej kształtują się ich relacje z inwestorami, a pozycja negocjacyjna z (potencjalnymi) kontrahentami ulega polepszeniu. Zatem, możliwe staje się wdrażanie udoskonaleń czy wprowadzania innowacji i dzięki temu spełnianie oczekiwań klientów. Szacowanie oraz raportowanie CF przez przedsiębiorstwa pozytywnie wpływa na ich wizerunek i umożliwia dokonanie wpisu np. do raportu CSR (ang. *Corporate Social Responsibility*) – zgodnie z ideą społecznej odpowiedzialności biznesu. W opinii odbiorców takie firmy są w pełni świadome, iż powodują niekorzystne oddziaływania na środowisko naturalne, ale podejmują właściwe działania ograniczające. Rośnie więc poziom zaufania wśród klientów, ogólna atrakcyjność i jednocześnie konkurencyjność rynkowa firm. Wiele podmiotów, decydując się na ujawnienie produkowanego CF, wykorzystuje w tym celu niezależne oznakowanie weryfikacyjne swoich produktów, które korzystnie wpływa na aspekty marketingowe i komunikacyjne.

Ponadto, w wielu firmach ślad węglowy może stanowić punkt wyjścia do sprawdzania wydajności oraz przeobrażeń produktów i ich łańcuchów dostaw w kwestii zrównoważonego rozwoju. Mimo że CF nie dotyczy wszystkich zagadnień zrównoważonego rozwoju, może zapoczątkować większe różnicowanie produktów nienaruszających równowagi ekologicznej (np. poprzez odpowiednie znakowanie) [Scheafer i Blanke 2014, s.74].

Jak większość zjawisk CF nie jest pozbawiony wad. Już na etapie definiowania tego terminu pojawiają się pewne nieścisłości. Bowiem, różni autorzy w różny sposób wyjaśniają to pojęcie. Poza tym, pełna wątpliwości jest kwestia metodyki wyliczania tego wskaźnika.

Istnieje wiele sposobów pomiaru śladu węglowego, jednak ostatecznie nie wiadomo, który jest najwłaściwszy. W przypadku popularnych kalkulatorów emisji gazów cieplarnianych często dostrzegalne są różnice w uzyskiwanych wynikach. Powodem tego jest brak spójności w zakresie wykorzystywanych metod szacowania, odmienne założenia i punkty odniesienia. Chociaż zjawisko śladu węglowego istnieje od dawna, to popularność zyskuje dopiero w obecnych czasach. Wciąż jednak panuje chaos w tej kwestii i brakuje rzetelnych informacji.

Wnioski

1. *Carbon footprint* należy do *footprint family*, czyli rodziny/grupy wskaźników śladowych, które umożliwiają identyfikację i ocenę presji wywieranej na środowisko. Etap definiowania tego terminu nie był pozbawiony nieścisłości, bowiem różni autorzy proponowali różne definicje.
2. Dotychczas nie udało się ostatecznie w skali globalnej unormować metodyki obliczania śladu węglowego. Dlatego, istnieje wiele sposobów/wersji pomiaru i wyliczania CF, znacznie różniących się między sobą.
3. W Internecie dostępne są bezpłatne i łatwe w użyciu narzędzia obliczeniowe, tzw. kalkulatory emisji CO₂. Pomimo pojawiających się niewielkich różnic w otrzymywanych wynikach, idea każdego z nich jest taka sama.

Bibliografia

- 2050 long-term strategy, European Commission, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en [dostęp: 16.09.2020].
- BSI, 2008: BSI, Publicly Available Specification PAS 2050 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, Londyn. [źródło elektroniczne] https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050_Guide.pdf [dostęp: 24.09.2020].
- BSI, 2011: Publicly Available Specification (PAS 2050). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, London, [źródło elektroniczne] <http://shop.bsi-group.com/upload/shop/download/pas/pas2050.pdf> [dostęp: 24.09.2020].
- Burchard-Dziubińska M., 2016: Gospodarka niskoemisyjna w mieście, [w:] EkoMiasto# Środowisko, Zrównoważony, inteligentny i partycypacyjny rozwój miasta, A. Rzeńca A. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 174–175.
- European Commission, 2018: Our planet, our future. Fighting climate change together, Luxembourg, [źródło elektroniczne] <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6af369ed-6221-11e8-ab9c-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-165784711> [dostęp: 15.09.2020].
- European Commission: Climate strategies & targets, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_en, dostęp [dostęp: 15.09.2020].
- Frączek K., Śleszyński J., 2016: Carbon Footprint indicator and the quality of energetic life/Ślad węglowy a energetyczna jakość życia. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 435, s. 136–151.
- ISO 14067:2018(en) Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification [źródło elektroniczne] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:en:ref:19> [dostęp: 07.09.2020]
- Kijewska A., Bluszcz A., 2016: Ślad węglowy jako miernik poziomu emisji gazów cieplarnianych w krajach Unii Europejskiej, Przegląd Górniczy 72, 8, 43.
- Komisja Europejska: Postępy w redukcji emisji gazów cieplarnianych, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress_pl [dostęp: 15.09.2020].
- Konieczny P., Mroczek E., Kucharska M., 2013: Ślad węglowy w zrównoważonym łańcuchu żywnościowym i jego znaczenie dla konsumenta żywności, Journal of Agribusiness and Rural Development 3, 29, 53.

- Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M., 2007: *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, [źródło elektroniczne] <https://www.kobize.pl/> [dostęp 16.09.2020].
- Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2019 (Raport syntetyczny), [źródło elektroniczne] https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/NIR_POL_2019_raport_syntetyczny_23.05.2019.pdf [dostęp: 07.09.2020].
- Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2020 (Raport syntetyczny), KOBiZE, [źródło elektroniczne] <https://www.kobize.pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji> [dostęp 07.09.2020].
- Kulczycka J., Wernicka M., 2015: Zarządzanie śladem węglowym w przedsiębiorstwach sektora energetycznego w Polsce – bariery i korzyści. *Polityka energetyczna – Energy Policy Journal* 18, 2, 61–63.
- Lewandowska A., 2012: Ślad węglowy czy LCA?, *Ecomanager* 4, 38–40, [źródło elektroniczne] <http://ecomanager.pl/slal-weglowy-czy-lca/> [dostęp: 24.09.2020].
- Łasut P., Kulczycka J., 2014: Metody i programy obliczające ślad węglowy, *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk* 87, 138–139.
- Narodowy Program Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej, PIB Rady Ministrów, <https://bip.kprm.gov.pl/kpr/form/r1949,Narodowy-Program-Rozwoju-Gospodarki-Niskoemisyjnej.html>, dostęp 16.09.2020 r.
- Pandey D., Agrawal M., Pandey JS., 2011: Carbon footprint: current methods of estimation, *Environmental Monitoring and Assessment* 178, 137.
- Popławski Ł., Rutkowska M., 2017: Ślad ekologiczny konsumpcji, *Studia i Prace WNEiZ US* 1, 245–246.
- Porozumienie paryskie, Komisja Europejska [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_pl [dostęp: 15.09.2020].
- Scheafer F., Blanke M., 2014: Opportunities and Challenges of Carbon Footprint, Climate or CO₂ Labelling for Horticultural Products, *Erwerbs-Obstbau* 56, 74.
- Śleszyński J., 2016: Footprinting, czyli mierzenie śladu pozostawionego w środowisku, *Optimum. Studia Ekonomiczne* 1, 79, 57–67.
- United Nations, Carbon offset platform, UN carbon footprint calculator, [źródło elektroniczne] <https://offset.climateneutralnow.org/footprintresult> [dostęp: 08.10.2020].
- Wiedmann T., Minx J., 2008: A Definition of Carbon Footprint, [w:] *Ecological Economics Research Trends*, C.C. Pertsova (red.), Nova Science Publishers, Hauppague NY, USA, 4–5.
- Więk A., Tkacz K., 2012: Ślad węglowy surowców zwierzęcych, *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego* 67, 2, 83.
- Załęgoski K., Jackiewicz-Rek W., Garbacz A., 2013: Ślad węglowy betonu, *Materiały Budowlane* 12, 496, 34–36.
- Zarczuk J., 2021: Carbon Footprint w sektorze rolno-spożywczym i transportowym oraz jego znaczenie dla społeczeństwa, Katedra Logistyki, Instytut Ekonomii i Finansów SGGW w Warszawie [praca magisterska].