
Julia Zarczuk[✉], Bogdan Klepacki^{1✉}

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ślad węglowy w sektorze rolno-spożywczym i konsumpcji żywności

Carbon Footprint in agri-food sector and food consumption

Synopsis. W opracowaniu przedstawiono rolę sektora rolno-spożywczego w emisji gazów cieplarnianych. Zaprezentowano wielkość tej emisji w przypadku ważniejszych produktów spożywczych. Najwyższa dotyczy produktów zwierzęcych lub ich przetworów. Na czele znalazły się: mięso jagniąt, wołowina, żółty ser, wieprzowina i łosoś hodowlany. Wielkość śladu węglowego jest kształtowana także przez opakowanie. Najniższą emisyjnością odznaczają się opakowania szklane, nieco większą plastikowe, następnie papierowe, a największą puszki metalowe. Dla śladu węglowego jest bardzo ważna struktura spożycia ludności. Gdyby przyjąć, że dieta wegańska byłaby jedyną, to emisja GHG na świecie w zakresie żywności mogłaby ulec zmniejszeniu nawet o 70%. Redukcja w UE konsumpcji mięsa, nabiału i jaj o połowę zmniejszyłaby emisję gazów cieplarnianych o 25–40%. Ponadto, dieta roślinna zmniejsza ryzyko śmierci powodowane chorobami układu krążenia, ryzyko otyłości, cukrzycy typu II i niektórych nowotworów.

Słowa kluczowe: ślad węglowy, gazy cieplarniane, żywność, rolnictwo, agrobiznes

Summary. The paper presents the role of the agri-food sector in greenhouse gas emissions. The amount of this emission was presented in the case of the most important food products. It is the highest in the case of animal products or their products. At the fore was lamb, beef, cheese, pork and farmed salmon. The size of the carbon footprint is also shaped by the packaging. Glass packaging is characterized by the lowest emissivity, slightly larger plastic ones, then paper ones, and the highest metal cans. The structure of consumption of the population is very important for the carbon footprint. If we assumed that a vegan diet was the only one, global GHG emissions in the field of food could be reduced by up to 70%. If the consumption of meat, dairy and eggs in the EU was cut in half, its greenhouse gas emissions would be cut by 25–40%. In addition, a plant-based diet reduces the risk of death from cardiovascular disease, the risk of obesity, type II diabetes, and certain cancers.

Key words: carbon footprint, greenhouse gases, food, agriculture, agribusiness

JEL kody: L66, O03, P28, Q53

Wstęp

Znaczący udział w emisji gazów cieplarnianych (GHG), obok transportu, energetyki, czy produkcji tekstyliów ma sektor rolno-spożywczy¹. W rolnictwie jej powstawanie związane jest z produkcją zwierzęcą (głównie) oraz roślinną (w mniejszym stopniu). Biorąc pod

[✉]Julia Zarczuk – e-mail: s185701@sggw.edu.pl

[✉]Bogdan Klepacki – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Katedra Logistyki; e-mail: bogdan_klepacki@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-3483-7530>

¹ Problematykę śladu węglowego autorzy przedstawili w opracowaniach: [Zarczuk 2021, Zarczuk i Klepacki 2021a, b].

uwagę wzrastającą liczbę ludności na świecie i wzrost zapotrzebowania na żywność, przy obecnych stylach i preferencjach żywienia, w przyszłości może dojść do kilkukrotnego wzrostu emisji GHG w produkcji żywności oraz jej transporcie i przechowywaniu². Skutki tego mogą być katastrofalne. Dlatego konieczna jest radykalna transformacja w globalnym systemie żywnościowym, a pomocna ma być w tym dieta planetarna.

Cel, materiały i metody badań

Jako cel badawczy opracowania przyjęto określenie znaczenia rolnictwa i całego sektora żywnościowego (agrobiznesu) w emisji gazów cieplarnianych, a w związku z tym w tworzeniu śladu węglowego przez ten sektor. Dodatkowo celem było porównanie śladu węglowego powodowanego konsumpcją różnych produktów żywnościowych.

W opracowaniu w zakresie zbierania materiału badawczego zastosowano metodę studiów literaturowych oraz studiów zasobów sieci internetowej. Przy ich przetwarzaniu posłużono się metodą analizy i krytyki piśmiennictwa.

Rolnictwo a ślad węglowy

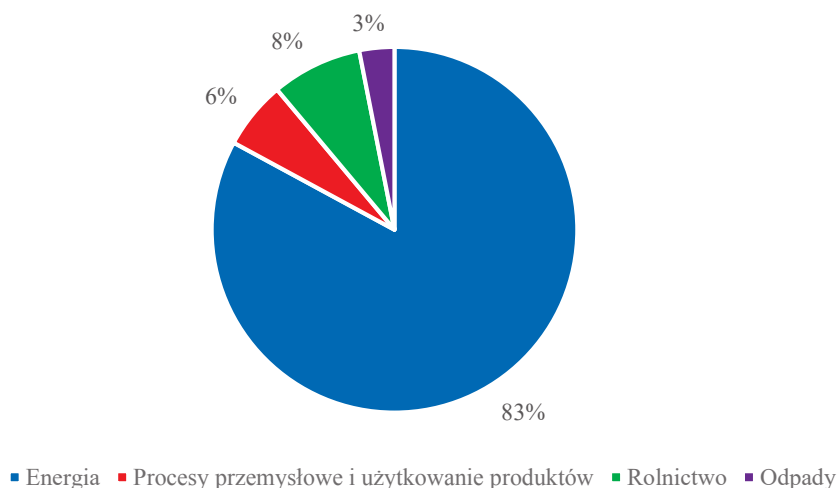
Emisję gazów cieplarnianych często kojarzy się z przemysłem i emisją CO₂ będącą skutkiem procesu spalania paliw. Jednak rolnictwo (zwłaszcza konwencjonalne) także w znacznych ilościach zużywa energię i wytwarza określony ślad węglowy [Więk i Tkacz. 2012]. W Polsce w 2018 roku rolnictwo wyemitowało ok. 33,1 mln t GHG (ekw. CO₂). Stanowi to około 8,0% całkowitej krajowej emisji (z wyłączeniem kategorii związanej z użytkowaniem gruntów, zmian użytkowania gruntów, leśnictwa) i sprawia, iż plasuje się ono na drugim miejscu pod względem wielkości, tuż za kategorią energia (gdzie 15,8% stanowi transport – rysunek 1). W porównaniu do kategorii procesy przemysłowe i użytkowanie produktów oraz odpady rolnictwo osiąga zbliżony wynik.

W UE największym emitentem gazów cieplarnianych w kategorii rolnictwo w 2018 roku była Francja (74,8 mln t ekw. CO₂), następnie Niemcy (63,6 mln t ekw. CO₂) i Wielka Brytania (40,8 mln t ekw. CO₂). Polska znajdowała się na piątym miejscu [Eurostat].

Główne źródła emisji GHG w rolnictwie w Polsce można podzielić na sześć kategorii: fermentacja jelitowa, gleby rolne, odchody zwierzęce, wapnowanie, stosowanie mocznika oraz spalanie odpadów roślinnych. W 2018 roku za 85,8% całkowitej emisji GHG były odpowiedzialne gleby rolne (46,4%) oraz fermentacja jelitowa zwierząt (39,4%), a z nawozami naturalnymi obejmowały one aż 97,0%. Udział pozostałych źródeł był minimalny³.

² Według raportu FAO w 2019 roku w skali świata produkcja żywności odpowiada za emisję 7,2 Gt CO₂eq, zmiany w użytkowaniu gruntów (osuszanie mokradeł i wylesianie) – 3,5 Gt CO₂eq, a produkcja nawozów, przetwórstwo żywności, pakowanie, transport, handel detaliczny, konsumpcja w gospodarstwach domowych i utylizacja odpadów spożywczych – 5,8 Gt CO₂eq [Więckowska 2021].

³ Według raportu Zeroemisyjna Polska 2050 produkcja żywności odpowiadała za 8% emisji gazów cieplarnianych w Polsce, co stanowiło 32 mln ekwiwalentu CO₂. Potencjał jego redukcji do 2050 roku w chowie zwierząt oceniano na 9 mln [Fundacja WWF Polska 2020].



Rysunek 1. Udział różnych źródeł w całkowitej emisji gazów cieplarnianych w Polsce w 2018 roku
 Figure 1. The share of various sources in the total greenhouse gas emissions in Poland in 2018

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Krajowego Raportu..., 2020].

Dla sektora rolniczego najistotniejsza jest emisja metanu (CH_4), podtlenku azotu (N_2O) oraz dwutlenku węgla (CO_2). Emisja metanu jest związana z fermentacją jelitową przeżuwaczy oraz z magazynowaniem odchodów zwierzęcych. Metan może także powstawać na skutek procesów spalania resztek poźniwnych. Jeśli chodzi o emisję podtlenku azotu, powstaje ona z gleb rolnych oraz na skutek stosowania nawozów i częściowo ze spalania resztek roślinnych. Do głównych źródeł emisji CO_2 w rolnictwie zalicza się spalanie paliw, produkcję energii cieplnej oraz eksploatację energii elektrycznej [Bieńkowski i in. 2015, s. 84–85]. Jednak takie gospodarowanie energią jest zaliczane w większości do kategorii energia. W przypadku emisji i pochłaniania CO_2 przez produkcję roślinną często stosuje się także tzw. bilans zerowy. Powodem jest zdolność roślin uprawnych do pochłaniania w kolejnym okresie wegetacyjnym całkowitej ilości CO_2 , który wcześniej został wyemitowany [Roszkowski 2011, s. 89]. Zatem w raportach dotyczących emisji GHG w rolnictwie uwzględnia się CO_2 pochodzący z wapnowania oraz stosowania nawozów mączkowych. Warto też dodać, iż rolnictwo w niewielkim stopniu odpowiada za emisję amoniaku (pochodzenie nawozowe), który z kolei w sposób pośredni może być źródłem podtlenku azotu [Zaliwski 2007, s. 36].

Sektor rolniczy w Polsce w 2018 roku wyemitował 17,60 mln t ekw. CO_2 podtlenku azotu, co stanowiło ok. 79,6% całkowitej krajowej emisji tego związku – 14,58 mln t ekw. CO_2 metanu (ok. 29,9%) oraz 1,01 mln t ekw. CO_2 (ok. 0,3%) [Krajowy Ośrodek..., 2020]. Wysoki udział CH_4 i N_2O wynika z tego, iż rolnictwo jest największym ich producentem.

Dodatkowo potencjał globalnego ocieplenia tych związków jest bardzo wysoki i w porównaniu do CO₂, w większym stopniu wpływają one na ocieplenie klimatu [Bujanowicz-Haraś 2018, s. 18].

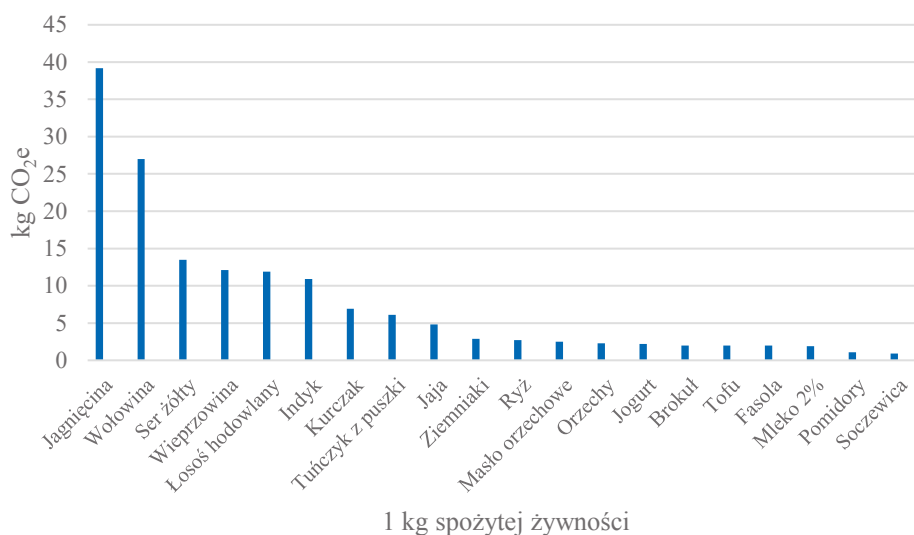
Ślad węglowy rolnictwa jest powodowany przez bezpośrednią produkcję roślinną i zwierzęcą oraz zmiany form użytkowania ziemi (wylesianie, osuszanie itp.). W mniejszym stopniu przez transport, gdyż na tę dziedzinę znacznie większy wpływ mają inne kategorie emisji (istotne są kwestie bilansowania) [Roszkowski 2011, s. 86]. Zgodnie z danymi FAO, globalna emisja GHG z rolnictwa w okresie 2000–2017 wzrosła o 16%, z czego fermentacja jelitowa stanowiła 40%. Zwierzęce i chemiczne źródła nawożenia gleb to ponad 30% całkowitej globalnej emisji [FAO 2020, s. 32]. Według najnowszych szacunków produkcja zwierzęca jest odpowiedzialna za ok. 14,5% globalnej emisji GHG. Produkcja roślinna natomiast jest znacznie mniej obciążająca dla środowiska [Trzy sposoby...].

Carbon footprint ukryty w żywności

Żywność jest ściśle związana z systemem żywnościowym, który jest odpowiedzialny za ok. 21–37% całkowitej globalnej emisji GHG produkowanej przez człowieka. Według tych szacunków: 9–14% emisji pochodzi z upraw i hodowli na terenie gospodarstw, 5–14% emisji jest powodowana użytkowaniem gruntów/zmianą użytkowania gruntów, 5–10% emisji jest związana z działaniami w łańcuchach dostaw [Mbow i in. 2019]. Wynika stąd, iż emitowane gazy cieplarniane, w przypadku systemu żywnościowego, w ok. 80% pochodzą z rolnictwa, reszta zaś przypada na inne procesy. Warto też dodać, iż do produkcji żywności zużywane są znaczne ilości wody słodkiej, z czego za ok. 70% jej całkowitego poboru jest odpowiedzialny sektor rolniczy [Sierpińska 2019].

Wyżywienie ponad 7 mld ludzi na świecie uwzględniając współczesne diety oraz praktyki produkcyjne znacznie obciąża środowisko naturalne i generuje „koszty środowiskowe” [Poore i Nemecek 2018, s. 987]. Jednak obciążenie to nie rozkłada się równomiernie. W hodowli zwierząt zużywa się więcej zasobów w przeliczeniu na jednostkę masy uzyskanego produktu, niż w przypadku uprawy roślin. W zależności od gatunków zwierząt hodowlanych emisje GHG mogą się różnić [Global Livestock...]. Jako główne źródło emisji w tym sektorze, z udziałem na poziomie około 62%, należy wymienić bydło (5,024 gigaton ekw. CO₂). Znacznie niższy udział w emisji mają: trzoda chlewna i kurczaki (po około 10%), bawoły (ok. 9%), małe przeżuwacze (ok. 7%) i pozostały drób (ok. 1%). Taki procentowy rozkład wynika nie tylko z wielkości pogłowia bydła, ale z emisji dużej ilości metanu z fermentacji jelitowej. Dotyczy to również owiec i kóz, ale popularność ich chowu jest mniejsza. Szacuje się, że bakterie, które znajdują się w układzie pokarmowym krowy produkują w ciągu dnia 250–400 l metanu. W 89% ten związek chemiczny jest wydalany z organizmów krow (odbijanie) i w ten sposób przedostaje się do atmosfery [Soraja Tumanowicz 2019]. Jako naturalny sposób zmniejszenia metanogenezy rozważa się dodawanie do pasz oregano [Kryszewski 2016].

Znacząco niższą emisyjnością w porównaniu do produktów mięsnych charakteryzują się produkty roślinne (zwłaszcza warzywa). Szczegółową emisjotwórczość wybranych produktów zaprezentowano na rysunku 2, gdzie połączono emisje spowodowane produkcją (produkt nie opuszcza gospodarstwa) oraz pozostałe emisje, kiedy produkt jest poza nim. Dla przykładu, ślad węglowy jagnięciny jest około 44 razy większy, niż ślad węglowy soczewicy.



Rysunek 2. Emisja gazów cieplarnianych wybranych produktów żywnościowych

Figure 2. Greenhouse gas emissions of selected food products

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [EWG's quick...].

W zależności od opracowań i przeprowadzonych analiz, poszczególne produkty spożywcze mogą wykazywać inne wyniki. Licząc wielkość emisji w kg ekw. CO₂/1000 kcal, niektóre niskokaloryczne warzywa mogą mieć większy wpływ na środowisko, niż w przeliczeniu na porcję białka (kg ekw. CO₂/100 g białka). Poza tym, powodem różnic może być ogólny sposób uprawy, w tym stosowanie upraw szklarniowych warzyw, które mają 3-krotnie większą emisyjność niż uprawy gruntowe. Taka sama zależność w wielkości emisji występuje w połowach ryb z wykorzystaniem trału dennego [Sierpińska 2019].

Wielkość śladu węglowego poszczególnych produktów spożywczych jest kształtowana także przez opakowanie i jego materiał. Najniższą emisyjnością odznaczają się opakowania szklane – wyprodukowanie 1 kg takiego opakowania (wielokrotny użytek), emituje ok. 0,5 kg ekw. CO₂. Dla opakowań plastikowych emisja wynosi od 2 do 2,2 kg ekw. CO₂/kg opakowania, a dla toreb papierowych i kartonów 7,5/7,7 kg ekw. CO₂/kg opakowania. Największą emisję powodują puszki metalowe ok. 9 kg ekw. CO₂/kg opakowania [Skąpska 2020].

Innym zjawiskiem, którego skala intensywności obecnie narasta jest marnotrawienie żywności, co stanowi ok. 24% wszystkich emitowanych GHG z nią związanych [Matras 2020]. Najwięcej żywności, poza procesami przechowywania i konsumpcji, jest marnowana podczas produkcji [Bednarczuk i Śleszyński 2019, s. 23]. Globalnie aż 30% wyprodukowanego jedzenia jest wyrzucana, co generuje ogromne straty finansowe i środowiskowe. Problem ten dotyczy głównie krajów wysokorozwiniętych, które produkują oraz kupują żywność w ilości przewyższającej ich potrzeby. Według WWF w Polsce co roku marnowane jest

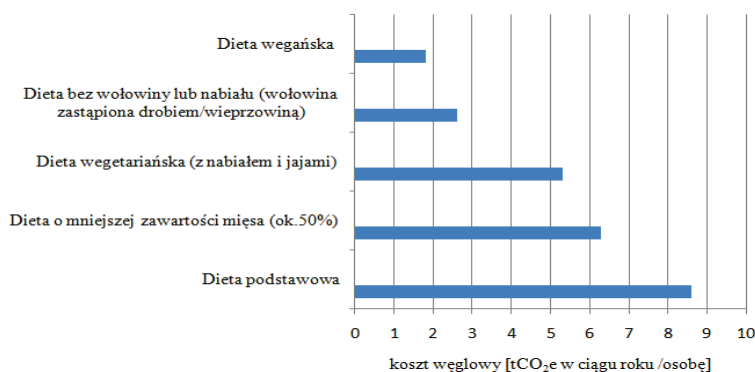
aż 5 mln t jedzenia. Przeciętny mieszkaniec Polski marnuje żywność w ilości 235 kg, a Europejczyk od 158 do 298 kg [Żywność...]. Warto więc, dokonywać przemyślanych wyborów żywieniowych, zwracając uwagę na aspekty środowiskowe i zdrowotne.

Poprawa stanu środowiska a poprawa zdrowia

Żywność wraz z całym system żywnościowym ma ogromny potencjał, aby zapewnić i pielęgnować ludzkie zdrowie oraz wspierać zrównoważony rozwój środowiska. Jednak, na skutek nieodpowiednich działań i niewłaściwej konsumpcji, może stanowić zagrożenie zarówno dla społeczeństwa, jak i dla całej planety [Willett. i in. 2019, s. 447]. Specjaliści z EAT w raporcie „Diets for a better future” przewidują, że przy obecnych preferencjach żywieniowych i wzorcach konsumpcji, do 2050 roku nastąpi podwojenie emisji GHG powstałych w związku z produkcją żywności. Według prognoz szacowany na 5 Gt ekw. CO₂ „budżet węglowy” zostanie znacznie przekroczony, co będzie skutkowało katastrofami środowiskowymi. Zatem, żywność (produkty jakie spożywamy – ilość/jakość, jak dużo z nich jest marnowanych, oraz sposób i ilość produkcji), ma kluczowe znaczenie w przeciwstawianiu się zmianom klimatu [Loken 2020, s. 6].

Popularne stwierdzenie o globalnym ociepleniu głosi, iż rozpoczyna się ono na talerzu, każdy produkt spożywczy w diecie człowieka charakteryzuje się bowiem określonym śladem węglowym, co czyni je mniej lub bardziej szkodliwym dla klimatu. Szczególnym przypadkiem są produkty pochodzenia zwierzęcego, których spożycie w największym stopniu wpływa na wielkość śladu węglowego poszczególnych diet [Zmieniaj dietę...]. Naukowcy z Oxford w 2014 roku oszacowali, iż emisyjność diet z wysoką zawartością mięsa wobec diet roślinnych jest 2–2,5 razy większa. Dla wegan ich dzienny ślad węglowy wynosi ok. 2,9 kg ekw. CO₂, dla wegetarian i osób spożywających ryby wartości są zbliżone, ok. 3,8/3,9 kg ekw. CO₂. Największy ślad węglowy mają osoby, które konsumują mięso i produkty pochodzenia zwierzęcego (istotny jest rodzaj i ilość) – przy ich spożyciu na poziomie ponad 100g/dzień, wynosi on ok. 7 kg ekw. CO₂ [Scarborough i in. 2014, s. 179].

Analizując roczne koszty węglowe wybranych diet (rysunek 3), dostrzegalna jest zależność, zgodnie z którą wraz z ograniczeniem spożycia mięsa (szczególnie wołowiny) i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz jednoczesnym wzrostem konsumpcji produktów roślinnych maleje roczny ślad węglowy diety, a tym samym uciążliwość dla środowiska.



Rysunek 3. Ślad węglowy poszczególnych diet (z uwzględnieniem emisji z produkcji)

Figure 3. Carbon footprint of individual diets (including emissions from production)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Searchinger i in. 2018, s. 251].

Obliczono, że jeśli dieta wegańska byłaby jedyną dietą wśród ludzi, to emisja GHG na świecie w zakresie żywności mogłaby ulec zmniejszeniu (do 2050 roku) nawet o 70% [Trzy sposoby na...]. Jeśli natomiast w całej UE konsumpcja takich produktów jak: mięso, nabiał oraz jaja zostanie zredukowana o połowę, to emisja gazów cieplarnianych (żywność) zmniejszy się o ok. 25–40%. Ponadto, takie zmiany w diecie przyczyniłyby się do zmniejszenia zagrożenia dla zdrowia [Westhoek. i in. 2014, s. 196]. Dieta roślinna zmniejsza ryzyko śmierci spowodowanej chorobami układu krążenia (o 26%) oraz ryzyko takich chorób jak otyłość (o 65%), cukrzyca typu II (o 62%) i niektóre nowotwory (o 15%) [Twój obiad...].

Zgodnie z „Piramidą Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej” oprócz codziennej aktywności kluczowe dla zdrowia oraz dobrego samopoczucia jest ograniczenie spożycia mięs (głównie mięsa czerwonego) oraz przetworzonych produktów pochodzenia zwierzęcego w ilości do ok. 0,5 kg na tydzień [Instytut Żywności i Żywienia – PIB]. Jak wynika z danych Głównego Urzędu Statystycznego w Polsce w 2018 roku (w porównaniu do 2017 roku) spożycie mięsa spadło o ok. 2,3% i w przeliczeniu na jedną osobę wyniosło ok. 62,4 kg. Średnio w ciągu dnia statystyczny Polak zjadał ok. 171 g mięsa, co znacznie przekracza zalecane 0,5 kg/tydzień [GUS 2020, s. 67–68]. Dla porównania, mieszkaniec Ameryki Północnej w 2018 roku skonsumował ponad 90 kg mięsa, czyli ok. 260 g/dzień. Według prognoz FAO, do 2028 roku spożycie mięsa będzie wzrastało (globalnie jest to kilka mln t), co jest równoznaczne ze wzrostem emisji GHG. Stopy wzrostu będą jednak niższe w porównaniu do ostatniej dekady. To pokazuje, iż społeczeństwo zaczyna z większą świadomością komponować zawartość swojej codziennej diety, ale wciąż takich osób jest za mało [OECD/FAO 2018, s. 157].

Wychodząc naprzeciw problemom współczesnego świata, komisja EAT – Lancet wskazuje na konieczność przeprowadzenia radykalnej transformacji globalnego systemu żywnościowego. W tym celu opracowano dietę planetarną, która jest korzystna dla ludzkiego zdrowia i przyjazna dla środowiska. Zgodnie z jej założeniami należy spożywać optymalne ilości kalorii, a główne ich źródło mają stanowić różnorodne produkty roślinne. Zaleca się ograniczyć spożycie mięs i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz wysokoprzetworzonej żywności. Według zaleceń, około połowę talerza (posiłku) mają stanowić warzywa i owoce (z przewagą pierwszych). W drugiej połowie natomiast powinny się znaleźć pełne ziarna,

roślinne źródła białka, nienasycone oleje roślinne oraz opcjonalnie zwierzęce źródła białka i produkty nabiałowe [The EAT-Lancet Commission 2020, s. 5–10].

Dieta planetarna w istocie jest bardzo zbliżona do tradycyjnych wzorców żywieniowych, co oznacza, iż globalna populacja nie musi odżywiać się dokładnie w ten sam sposób. Wręcz przeciwnie, w diecie planetarnej należy uwzględniać takie aspekty jak: kultura, tradycja, położenie geograficzne oraz demografia określonej populacji. Zastosowanie takiego modelu żywienia w skali globalnej ułatwiłoby walkę z nadmiernym konsumpcjonizmem (kraje wysokorozwinięte) oraz głodem (kraje ubogie) i przyczyniłoby się do obniżenia liczby osób, które mają nadwagę/otyłość lub są niedożywione. Eksperti EAT- Lancet szacują, że dieta planetarna mogłaby uchronić ludzkość przed 11 mln zgonami w skali rocznej oraz zapobiec nieodwracalnym/katastrofalnym zmianom środowiska na całej Ziemi [Dieta planetarna...].

Wiele współczesnych chorób jest powodowanych w dużym stopniu spożywaną żywnością. Wiadomo także, jaką presję na środowisko wywiera produkcja określonych produktów spożywczych. Zatem zmodyfikowanie preferencji żywieniowych i zastosowanie diet ze zmniejszoną ilością (lub całkowite wyeliminowanie) mięsa oraz produktów pochodzenia zwierzęcego na rzecz produktów roślinnych oraz zwracanie uwagi na ślad węglowy, przyczyni się do poprawy zdrowia i środowiska [Bieńkowski i in. 2016, s. 9–10].

Wnioski

1. Obecny światowy system żywnościowy odpowiada za 21–37% globalnej emisji GHG produkowanej przez człowieka. Znaczna ich część pochodzi z rolnictwa, gdzie głównym źródłem jest produkcja zwierzęca stanowiąca około 14,5% całkowitych światowych emisji gazów cieplarnianych.
2. Produkcja roślinna nie jest tak obciążająca dla środowiska jak zwierzęca. Produkty mięsne i pochodzenia mięsnego odznaczają się wyższą emisyjnością niż produkty roślinne i są bardziej szkodliwe zarówno dla klimatu, jak i zdrowia ludzi. Ich spożycie determinuje wielkość śladu węglowego określonych diet i ogólną uciążliwość środowiskową.
3. Istnieje silny związek między żywnością (całością diety), środowiskiem i zmianami klimatycznymi a stanem zdrowia ludności.
4. Wydaje się, że korzystnym rozwiązaniem umożliwiającym balans między wszystkimi powyższymi elementami oraz realizacją (radykałnej i koniecznej) transformacji w systemie żywnościowym na całym świecie może być dieta planetarna.

Bibliografia

- Bednarczuk A., Śleszyński J., 2019: Marnotrawstwo żywności – problem pomiaru i dostępności danych, *Optimum. Economic Studies* 3(97), 19–32.
- Bieńkowski J., Holka M., Dabrowicz R., Dworecka-Wąż E., 2016: Emisje gazów cieplarnianych związane z różnymi scenariuszami diet mieszkańców Polski, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Problemy Rolnictwa Światowego* 16(3), 9–19.
- Bieńkowski J., Jankowiak J., Holka M., Dabrowicz R., 2015: Potrzeby wyznaczenia śladu węglowego produkcji rolniczej i perspektywy jego zastosowań, *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 2(80), 83–96.
- Bujanowicz-Haraś B., 2018: Emisja gazów cieplarnianych (GHG) z perspektywy polskiego sektora rolnego, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu* 20(3), 16–21.

- Burchard-Dziubińska M., Rzeńca A., Drzazga D., 2014: Zrównoważony rozwój – naturalny wybór, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Dieta planetarna – sposób żywienia, który pomoże zapobiec katastrofie ekologicznej, VI Narodowy Kongres Żywnościowy, [źródło elektroniczne] <https://kongres-zywniowy.waw.pl/dieta-planetarna-sposob-zywienia-ktory-pomoze-zapobiec-katastrofie-ekologicznej/> [dostęp: 27.04.2021].
- Eurostat, Greenhouse gas emissions by source sector, [źródło elektroniczne] https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_gge&lang=en [dostęp: 20.10.2020].
- FAO, 2020: World Food and Agriculture, Statistical Yearbook 2020, Rome, [źródło elektroniczne] <http://www.fao.org/3/cb1329en/CB1329EN.pdf> [dostęp: 27.04.2021].
- Fundacja WWF Polska, 2020: Zeroemisyjna Polska 2050, [źródło elektroniczne] <https://www.wwf.pl/Zeroemisyjna-Polska> [dostęp: 27.04.2021].
- Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM), FAO, [źródło elektroniczne] <https://www.fao.org/gleam/results/en/#c300947> [dostęp: 10.11.2020].
- GUS, 2020: Rolnictwo w 2019 r., Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, [źródło elektroniczne], <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/rolnictwo/rolnictwo-w-2019-roku,3,16.html> [dostęp: 14.11.2020].
- Instytut Żywności i Żywienia – PIB, [źródło elektroniczne] <http://www.izz.waw.pl/zasady-prawidowego-ywienia> [dostęp: 14.11.2020].
- Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), 2020: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2020. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2018 (Raport syntetyczny), Warszawa, <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>, dostęp 09.02.2021 r.
- Kryszewski R., 2016: Oregano dla krów zmniejsza emisję metanu, [agropolska.pl](https://www.agropolska.pl/produkcja-zwierzeca/bydlo/oregano-dla-krow-zmniejsza-emisje-metanu,514.html), [źródło elektroniczne] <https://www.agropolska.pl/produkcja-zwierzeca/bydlo/oregano-dla-krow-zmniejsza-emisje-metanu,514.html> [dostęp: 10.11.2020].
- Loken B. (red.), 2020: The Report – Diets for a Better Future, EAT, [źródło elektroniczne] <https://eatforum.org/knowledge/diets-for-a-better-future/> [dostęp 14.11.2020].
- Matras A., 2020: Wybrał soje zamiast mięsa, żeby ratować planetę. Dieta a globalne ocieplenie, Dietetyka #nienazarty, [źródło elektroniczne] <https://dietetykaniemazarty.pl/b/wybral-soje-zamiast-miesa-zeby-ratowac-planete> [dostęp: 11.11.2020].
- Mbow C., Rosenzweig C., Barioni L.G., Benton T.G., Herrero M., Krishnapillai M., Liwenga E., Pradhan P., Rivera-Ferre M.G., Sapkota T., Tubiello F.N., Xu Y., 2019: Food Security, [w:] Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley (red.), IPCC, Ankara, [źródło elektroniczne], <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/> [dostęp: 10.11.2020].
- OECD/FAO, 2018: OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD Publishing, Paris, Rome [źródło elektroniczne] <http://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2018-2027/en/> [dostęp: 14.11.2020].
- Poore J., Nemecek T., 2018: Reducing food's environmental impacts through producers and consumers, *Science*, volume 360, 987–992.
- Roszkowski A., 2011: Technologie produkcji zwierzęcej a emisje gazów cieplarnianych, *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2(19), 83–97.
- Scarborough P., Appleby P.N., Mizdrak A., Briggs A.D.M., Travis R.C., Bradbury K.E., Key T.J., 2014: Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, Fish-eaters, vegetarians and vegan in the UK, *Climatic Change* 125(2), 179–192.
- Searchinger T., Wiersenus S., Beringer T., Dumas P., 2018: Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change, *Nature* 564, 196–205.
- Sierpińska A., 2019: Klimatyczny ślad kotleta, *Nauka o klimacie*, [źródło elektroniczne] <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/klimatyczny-sladd-kotleta-386> [dostęp: 10.11.2020].
- Skąpska S., 2020: Działania proekologiczne na rynku rolno-spożywczym, MODR Warszawa, [źródło elektroniczne] <https://www.modr.mazowsze.pl/sir/2880-dzialania-proekologiczne-na-rynku-rolno-spozywczym> [dostęp: 12.11.2020].
- Soraja Tumanowicz J., 2019: Krowa – sprawca globalnego ocieplenia? [agroFakt.pl](https://www.agrofakt.pl/produkcja-metanu-przez-krowy/), [źródło elektroniczne] <https://www.agrofakt.pl/produkcja-metanu-przez-krowy/> [dostęp: 10.11.2020].
- Trzy sposoby na wsparcie naszych działań, *proveg international*, [źródło elektroniczne] <https://proveg.com/pl/5-pro/pro-srodowisko/> [dostęp: 27.10.2020].

J. Zarczuk, B. Klepacki

- Twój obiad może zmienić świat!, *Dietetyka #nienazarty*, [źródło elektroniczne] <https://dietetykaniemazarty.pl/dbamo-klimat> [dostęp: 14.11.2020].
- Westhoek H., Lesschen J.P., Rood T., Wagner S., De Marco A., Murphy-Bokern D., Leip A., van Grinsven H., Sutton M.A., Oenema O., 2014: Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. *Global Environmental Change* 26, 196–205.
- Więckowska M., 2021: Przyszłość rolnictwa pod znakiem zapytania? Pilnie potrzebna redukcja emisji GHG w sektorze, *Teraz środowisko*, [źródło elektroniczne] <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/przyszlosc-rolnictwa-redukcja-emisje-gazy-cieplarniane-WPR-11131.html> [dostęp: 18.04.2021].
- Więk A., Tkacz K., 2012: Ślad węglowy surowców zwierzęcych, *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego* 67(2), 81–94.
- Willett W. i in. 2019: Food in the Anthropocene: the EAT – Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems, *The Lancet* 393, 447–92.
- Zaliwski A., 2007: Emisja gazów cieplarnianych przez rolnictwo, *Studia i Raporty IUNG-PIB* 4, 35–47.
- Zarczuk J., 2021: Carbon Footprint w sektorze rolno-spożywczym i transportowym oraz jego znaczenie dla społeczeństwa, Instytut Ekonomii i Finansów SGGW w Warszawie, Katedra Logistyki [praca magisterska].
- Zarczuk J., Klepacki B., 2021: Pojęcie, znaczenie i pomiar śladu węglowego (*carbon footprint*), *Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomika i Organizacja Logistyki* 1, 85–95.
- Zarczuk J., Klepacki B., 2021: Powstawanie śladu węglowego w branży transportowej, *Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 2 [w druku].
- Zmieniaj dietę, nie klimat. Rozwiązanie problemu zmian klimatu na naszych talerzach, *proveg international*, [źródło elektroniczne] <https://proveg.com/pl/zmieniajdietenieklimat/> [dostęp: 13.11.2020].
- Żywność, Fundacja WWF, [źródło elektroniczne] <https://www.wwf.pl/ekonsumpcja/zywnosc> [dostęp: 11.11.2020].