

Ślad węglowy: dlaczego ślad węglowy masła jest wielokrotnie większy od śladu węglowego mleka?

Jan den Boer
Katedra Biogospodarki Stosowanej
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
kontakt: jan.denboer@upwr.edu.pl

Zasady alokacji w metodologii Oceny Cyklu Życia

Zastosowanie LCA (Life Cycle Assessment; Ocena Cyklu Życia) w systemach rolniczych bywa skomplikowane, ponieważ oprócz głównego produktu (np. mleka) często występują produkty uboczne, takie jak mięso, obornik czy energia. Pasze dla bydła mlecznego są często pozyskiwane z upraw, takich jak soja, z której wytwarzany jest olej jako produkt uboczny. Wymaga to odpowiedniego podziału wpływów na środowisko oraz zasobów na każdy z produktów na podstawie zasady alokacji. Alokacja może być oparta na różnych kryteriach, takich jak wartość ekonomiczna, właściwości produktu czy z uwzględnieniem rozszerzenia systemu.

Metodologia postępowania z produktami ubocznymi często ma znaczący wpływ na wyniki śladu węglowego (ŚW). Istnieją różne sposoby postępowania z produktami ubocznymi, różniące się w zależności od zastosowania praktycznego, ale nie ma jednej, wspólnej lub ustalonej metody. Procedura alokacji opisana w normie ISO 14044 jest następująca [3]:

Krok 1: Jeśli to możliwe, należy unikać alokacji poprzez:

- a) podział procesu wielofunkcyjnego na dwa lub więcej podprocesów i zebranie danych wejściowych i wyjściowych odnoszących się do każdego z podprocesów lub
- b) rozszerzenie systemu produkcyjnego (znane jako rozszerzenie systemu) o dodatkowe funkcje związane z produktami ubocznymi.

Krok 2: Jeżeli nie można uniknąć alokacji, wejścia i wyjścia systemu powinny zostać



podzielone pomiędzy jego różne produkty lub funkcje w sposób odzwierciedlający podstawowe relacje fizyczne między nimi (tj. powinny odzwierciedlać sposób, w jaki dane wejściowe i wyjściowe zmieniają się na skutek ilościowych zmian w produktach lub w funkcjach dostarczanych przez system).

Krok 3: Jeśli nie można ustalić samych relacji fizycznych czy wykorzystać ich jako podstawy alokacji, dane wejściowe powinny być alokowane między produktami i funkcjami w sposób odzwierciedlający inne relacje między nimi. Na przykład dane wejściowe i wyjściowe mogą być alokowane między produktami proporcjonalnie do wartości ekonomicznej produktów.

W całym cyklu życia mleka i produktów mlecznych, od gospodarstwa rolnego do bramy zakładu produkcyjnego, zachodzi szereg procesów, w których uczestniczą liczne produkty uboczne, w tym na przykład:

- Produkcja pasz (np. śruty sojowej i oleju sojowego)
- Produkcja mleka i mięsa w gospodarstwie (tj. mięso i cielęta są produktami ubocznymi w przypadku eksportu z gospodarstwa)
- Produkcja wyrobów mlecznych w miejscu przetwórstwa (np. odtłuszczone mleko i śmietanka; lub ser i serwatka)
- Wytwarzanie energii (np. produkcja biogazu w gospodarstwie rolnym lub energia elektryczna wytwarzana w zakładzie przetwórstwa mlecznego, skąd nadwyżkę energii elektrycznej można eksportować do sieci).
- Wpływ transportu, chłodzenia i przygotowywania wielu produktów spożywczych jednocześnie w fazie użytkowania (np. zakup mleka i kilku innych produktów spożywczych, a następnie ich transport do domu konsumenta).

Zgodnie z metodą zaproponowaną przez International Dairy Federation wykorzystano metodologię atrybucyjną LCA. Oznacza to, że rozszerzenie systemu nie ma tu zastosowania, stąd podpunkt 1b w procedurze alokacji ISO opisanej powyżej jest nieistotny. Zazwyczaj metoda rozszerzenia nie może być stosowana ze względu na podwójne liczenie [2].

W przypadku gospodarstw mlecznych, w których nacisk kładzie się na produkcję mleka, mięso pochodzące z nadwyżek cieląt i wybrakowanych krów mlecznych jest ważnym produktem ubocznym. Dlatego konieczne jest określenie całkowitych emisji i przydzielenie emisji między mleko a inne produkty uboczne.

Zakłady produkujące mleko zazwyczaj wytwarzają więcej niż jeden produkt, ponieważ zawartość tłuszczu w surowym mleku jest wyższa dla mleka w proszku lub świeżych produktów mlecznych (np. mleko płynne, jogurt lub desery mleczne), dlatego nadmiar tłuszczu mlecznego można dalej przetworzyć na masło lub bezwodny tłuszcz mleczny.



Innym typowym przykładem koprodukcji w sektorze mleczarskim jest wytwarzanie sera, w którym, powstaje także serwatka.

Powstawanie wymienionych produktów ubocznych, transport surowego mleka oraz jego przetwarzania, a także innych nakładów, wymaga przypisania im odpowiednich wpływów środowiskowych.

Gromadzenie danych dla każdej jednostki procesowej w zakładzie jest zasobochłonne, a czasami niemożliwe, w wyniku niewystarczającego pomiaru na poziomie jednostki procesowej. W wielu przypadkach alokacja jest konieczna, ponieważ kilka produktów powstaje w wyniku jednego procesu (np. oddzielenie odtłuszczonego mleka i śmietanki). Często dane dotyczące wykorzystania zasobów lub emisji są dostępne tylko w całej fabryce, a wykorzystanie zagregowanych danych (tj. na poziomie firmy lub zakładu), co obniża dokładność współczynnika ŚW dla konkretnego produktu, w przeciwieństwie do szczegółowych danych dla konkretnych procesów jednostkowych w zakładzie. Dlatego zalecane jest uzyskanie najwyższego poziomu szczegółowych danych, jak to możliwe, biorąc pod uwagę cel i ramy czasowe badania.

Alokacja ŚW odnoszącego się do surowego mleka dostarczanego do zakładu przetwórczego (wliczając transport z gospodarstwa do zakładu przetwórczego) powinna być przeprowadzona na podstawie zawartości suchej masy mlecznej (tłuszczu, białka i laktozy) w produkcie końcowym, tj. jako alokacja przy użyciu suchej masy odpowiednich trzech składników suchej masy mlecznej. Przede wszystkim tłuszcz, białko i laktoza mają wartość ekonomiczną i dlatego są wzięte pod uwagę w procesie alokacji. Popiół zawarty w mleku raczej nie ma wartości ekonomicznej, a więc nie jest brany pod uwagę. Oprócz tego zawartość popiołu w mleku jest raczej ograniczona w porównaniu do zawartości tłuszczu, białka i laktozy.

Współczynnik alokacji (WA) można obliczyć dla każdego produktu (i) przy użyciu następującego równania (IDF, 2022):

$$WA_i = \frac{SMM_i * Q_i}{\sum_i^n SMM_i * Q_i}$$

W tym równaniu WA jest współczynnikiem alokacji dla produktu i; SMM jest zawartością suchej masy mlecznej w produkcie i; Q natomiast jest ilością produktu wytworzonego w miejscu produkcji lub w jednostce produkcyjnej (w kg produktu i).

Oprócz surowego mleka, zakład przetwórstwa mleczarskiego wykorzystuje kilka innych istotnych substratów/strumieni (np. woda, elektryczność, ciepło), dla których należy pozyskać dane ilościowe. Dane te należy również zgromadzić dla produktów końcowych/pozostałości, jak np. odpady stałe, odpady produktowe, ścieki, emisje z czynników chłodzących. Wszystkie te dane wejściowe i wyjściowe muszą być uwzględnione w SW.



Jeśli to możliwe, energia i inne dane wejściowe, a także emisje i inne dane wyjściowe powinny być przypisane do określonych etapów przetwarzania i przepływów produktów (krok 1 w ISO 14044 [3]). Na przykład, jeśli mleko jest najpierw pasteryzowane i rozdzielane na mleko odtłuszczone i śmietankę, a następnie mleko odtłuszczone jest suszone w celu wytworzenia mleka odtłuszczonego w proszku, zalecane jest przydzielenie energii na pasteryzację i rozdzielanie jej między mlekiem a śmietanką, podczas gdy energia na suszenie powinna być przypisana wyłącznie do mleka odtłuszczonego w proszku. Niektóre dane wejściowe są łatwe do przypisania do konkretnego produktu (np. materiały opakowaniowe lub składniki) i nie jest wymagana żadna alokacja, podczas gdy inne są bardziej złożone (np. zużycie energii lub oczyszczanie ścieków). Jeśli nie istnieją żadne zróżnicowane informacje dla różnych etapów przetwarzania lub przepływu produktów, tak że nie można ich przypisać do konkretnego produktu, zalecane jest przydzielenie wszystkich danych wejściowych i wyjściowych na podstawie zawartości suchej masy mlecznej produktu, jak opisano w równaniu powyżej. W większości scenariuszy przetwarzania energia jest wykorzystywana przede wszystkim do procesów ogrzewania, chłodzenia i suszenia, co oznacza, że zawartość suchej masy mlecznej produktów końcowych odpowiednio odzwierciedla udział zużycia energii.

Inne dane wejściowe (np. woda, chemikalia) i wyjściowe (np. odpady, ścieki) zazwyczaj mają niewielki udział w ŚW, dlatego przydzielenie na podstawie zawartości suchej masy mlecznej jest uważane za najlepszą opcję. Niektóre produkty mleczne zawierają również składniki niemleczne (np. miks tłuszczowy, w którym miesza się tłuszcz mleczny z roślinnym, lub jogurt owocowy zawierający owoce lub mieszanki owocowe), jednak zakłada się, że większość energii zużywanej w zakładzie mleczarskim jest wykorzystywana do ogrzewania i chłodzenia. Dlatego zalecane jest, aby alokacja była ponownie przeprowadzana na podstawie zawartości suchej masy mlecznej, a nie na podstawie suchej masy, tj. żadna energia nie jest przydzielana na olej roślinny, owoce, cukier itp.

Procedurę alokacji na poziomie zakładu przetwórstwa mleczarskiego można zatem podsumować następująco:

Krok 1: Podziel system na mniejsze części i przypisz dane wejściowe i wyjściowe do konkretnych procesów, albo na podstawie szczegółowych, zróżnicowanych informacji (np. odczytów liczników), albo na podstawie najlepszej dostępnej wiedzy

Krok 2: Odejmij wszystkie dane wejściowe i wyjściowe od danych z kroku 1 (jeśli ma to zastosowanie) i przydziel pozostałe dane wejściowe i wyjściowe do produktów na podstawie zawartości suchej masy mlecznej, jak opisano w równaniu powyżej.

Konsekwencje alokacji dla produktów mlecznych

W ramach projektu SUPRIM modelowano ślad węglowy jednej z współpracujących mleczarni. Porównując właściwości produktów mlecznych ustalono następujące współczynniki alokacji:

- mleko 2%: SMM: 11,0%; Q: 631,8 kg; WA 36,9%
- masło: SMM: 84,0%; Q: 48,3 kg; WA 21,5%

Masło wykazało współczynnik alokacji 21,5%, przy udziale poniżej 5% całej masy produktów mlecznych. Inaczej mówiąc: 21,5% całego śladu węglowego niektórych etapów produkcji (np. produkcji mleka surowego, wykazującego największy udział w całkowitym śladzie węglowym produktów mlecznych) jest przypisany do masła. Taki współczynnik alokacji powoduje, że w ramach modelowania ŚW mleczarni wyznaczony całkowity ślad węglowy masła (5,25 kg CO₂ eq/kg) jest prawie siedmiokrotnie większy niż ślad węglowy mleka 2% (0,77 kg CO₂ eq/kg). W innych badaniach różnice w śladzie węglowym obu produktów mlecznych są nawet większe (9-10 krotnie) [1, 4].

Literatura

1. Finnegan W., Goggins J., Clifford E., & Zhan, X. (2017). Global warming potential associated with dairy products in the Republic of Ireland. *Journal of Cleaner Production*, 163, 262–273.
2. IDF. (2022). The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector. *Bulletin of the IDF No. 520/2022, No. 520/2022*.
3. International Organisation for Standardization. (2016). ISO 14044:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. <https://www.iso.org/standard/38498.html>
4. Santos L. de L. C. dos, Renato N. dos S., Florindo, T. J., Rosa A. P., & Borges A. C. (2022). Life Cycle Assessment of Dairy Products: A Case Study of a Dairy Factory in Brazil. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 9646, 14(15), 9646.



UNIwersYTET
PRzyroDniczy
WE WROcŁAWIU



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO



UNIwersYTET
ROLNICZY
W KRAKOWIE



UNIwersYTET
PRzyroDniczy
W POZNANIU

