

Janusz WOJDALSKI^{1),3)}, Tomasz ŻELAZIŃSKI¹⁾, Piotr KONIECZNY²⁾, Bogdan DROŻDŹ¹⁾, Adam KUPCZYK¹⁾,
Ewa GOLISZ¹⁾, Ewelina MROCZEK²⁾, Remigiusz MRUK¹⁾

¹⁾ Wydział Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie

²⁾ Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³⁾ Stowarzyszenie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju Polski, Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne „Energia i środowisko w mleczarstwie”

Uwarunkowania gospodarki energią, wodą i środowiskiem w wybranych branżach przemysłu rolno-spożywczego oraz zarys problematyki zrównoważonego rozwoju

Streszczenie

Przedstawiono powiązania pomiędzy rolnictwem, przetwórstwem spożywczym i podmiotami gospodarczymi w agroekosystemie oraz przedsiębiorstwami innych gałęzi przemysłu z uwzględnieniem przepływów surowców i energii. Przytoczono wyniki badań energochłonności produkcji oraz zużycia surowców i materiałów w cukrownictwie, gorzelnictwie, zakładach spirytusowych i mleczarskich. Przedstawiono uwarunkowania zrównoważonego rozwoju i wdrażania metod czystszej produkcji w przemyśle rolno-spożywczym. Wskazano przykłady wykorzystania odpadów biodegradowalnych na cele energetyczne w celu zwiększenia efektywności energetycznej zakładów produkcyjnych analizowanych branż przetwórstwa surowców biologicznych. Zamieszczono przegląd literatury przydatnej do analizy procesów technologicznych obejmującej zużycie surowców, nośników energii, ilości wytworzonych ścieków oraz odprowadzanych odpadów i zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, energia, woda, odpady, środowisko, czystsza produkcja, przemysł rolno-spożywczy

Factors determining energy, water and environmental management in selected sectors of the agro-food industry and sustainable development challenges

Summary

This paper discusses the relationships between agriculture, the agro-food industry, agricultural companies and other sectors of the food industry in the area of raw materials and energy flows. The article presents the results of studies into the energy intensity of production processes and raw material consumption in the sugar industry, distilled spirits industry, distilleries and dairy plants. The requirements for sustainable development and implementation of cleaner production methods in the agro-food industry are presented. The paper discusses exemplary projects where biodegradable waste is used for power generation to increase the energy efficiency of production plants that process biological materials. The literature useful for analyses of technological processes, including material consumption, energy carriers, the volume of wastewater generated and the quantity of evacuated waste and pollutants, is reviewed.

Key words: sustainable development, energy, water, wastes, environment, cleaner production, agro-food industry

Wprowadzenie

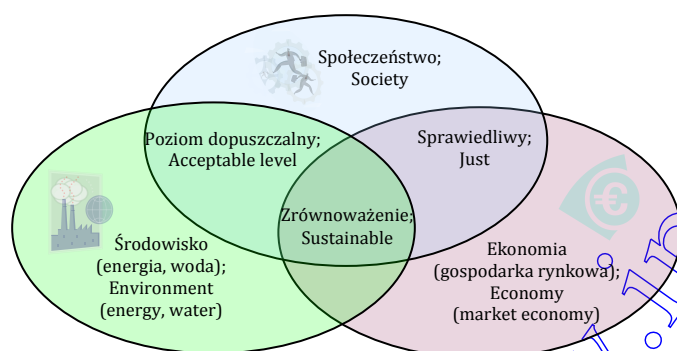
Zrównoważony i trwały rozwój (sustainable development) jest określany, jako rozwój społeczno-gospodarczy, w którym występuje integracja działań gospodarczych i społecznych z zachowaniem praw człowieka, równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych i środowiskowych (Sobanski, 1998). Z definicji sformułowanej przed blisko trzema dekadami (Report..., 1987) rozwój tak pojmowany ma na celu zapewnienie „realizacji potrzeb obecnej generacji bez naruszania możliwości zaspakajania potrzeb następných pokoleń”.

Rozwój zrównoważony może być też traktowany, jako proces, w którym uwzględnia się trzy zasadnicze aspekty: ekonomiczny, ekologiczny i społeczny (rysunek 1). Agroekosystem wraz z przemysłem rolno-spożywczym są komponentami życia gospodarczego wraz z licznymi uwarunkowaniami natu-

ry biotechnicznej (Antoszek, 2004; Burgess i in., 2012; De Neve i in., 2003; Groot i in., 1998; Nonhebel, 2005; Popp i in., 2014). W odniesieniu do sektora rolno-spożywczego, zrównoważony rozwój wymusza zatem dążenie do pozyskiwania surowców pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, ich przetwarzania oraz dystrybucji gotowych produktów spożywczych nie tylko z nadrzędnym celem zapewnienia odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego żywności, ale również systematycznej identyfikacji i monitorowania kluczowych aspektów środowiskowych w całym „łańcuchu żywnościowym” (Konieczny i in., 2013).

Przemysł rolno-spożywczy jest podzielony na dwadzieścia branż. Specyfika branżowa może stanowić różnicowane pod względem uciążliwości źródło zagrożeń dla poszczególnych elementów środowiska naturalnego – gleby, wody, powietrza, roślin, zwierząt i człowieka. Problematyka ochrony środowiska w przemyśle rolno-spożywczym obejmuje gospodarke

wodno-ściekową, użytkowanie nośników energii, zagospodarowanie produktów ubocznych, gospodarkę odpadami ze szczególnym uwzględnieniem odpadów pochodzenia organicznego, ochronę powietrza przed zanieczyszczeniami zwłaszcza pyłowymi i emisją odorów, ochronę gleby oraz zmniejszanie emisji hałasu. Potrzeba poszanowania energii i zmniejszania emisji zanieczyszczeń jest treścią licznych prac, zarówno przeglądowych jak i eksperymentalnych (Budny i Turowski, 2012; Deja, 2001; Konieczny i Dobrucha, 2012; Klemeš i in., 2014). Przykładowo, w pracy Premalatha i in. (2011) zawrócono między innymi uwagę na problematykę ekodegradacji związaną z przetwórstwem żywności. W porównaniu z innymi gałęziami przemysłu, w korzystaniu ze środowiska oraz pod względem stopnia oddziaływania na środowisko zakłady poszczególnych branż tego przemysłu wyróżniają się znacznym i jednocześnie zróżnicowanym zużyciem wody na jednostkę produktu, uciążliwymi ściekami o wysokim BZT₅, wytwarzaniem odpadów oraz hałasem emitowanym przez urządzenia i instalacje produkcyjne. Niektóre branże (w tym przetwórstwo owocowo-warzywne i ziemniaczane oraz cukrownictwo), które charakteryzują się sezonowością produkcji, istotnie mogą wpływać na wielkość obciążeń środowiska (Konieczny i Szymański, 2004). Seroka-Stolka (2013) badała także postawy studentów wobec roli, jaką pełni środowisko przyrodnicze w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa.



Rys. 1. Wielowymiarowe aspekty rozwoju zrównoważonego
Fig. 1. Multidimensional aspects of sustainable development

Akty prawne UE dotyczące ochrony środowiska nakładają także na podmioty tworzące agroekosystem i przemysł rolno-spożywczy obowiązek zapobiegania zagrożeniom środowiska lub ich ograniczenia. Przykładowo, Dyrektywa 2009/28/EC uwzględnia zagadnienia uprawy, zbioru, składowania, przetwarzania i dostawy biopaliw do ostatecznego odbiorcy. Celem tej Dyrektywy jest między innymi zmniejszenie produkcji gazów cieplarnianych, racjonalne wykorzystanie gruntów, ochronę biosfery oraz zrównoważony rozwój społeczny.

Warto przypomnieć, że kierując się powyższymi przesłankami, Komisja Europejska przedstawiła w 2010 roku długookresowy program rozwoju społeczno-gospodarczego Unii Europejskiej (UE) o nazwie „Europa 2020 – Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu”, którego celem jest:

- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych przynajmniej o 20% w 2020 r. w porównaniu do bazowego 1990 r.
- zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii końcowej do 20% w 2020 r., w tym 10% udziału biopaliw w zużyciu paliw pędnych,

- zwiększenie efektywności wykorzystania energii o 20% do 2020 r.

Realizacja tych zadań wymaga od przedsiębiorstw wprowadzenia zmian i działań dostosowujących o charakterze inwestycyjnym i modernizacyjnym zwłaszcza w zakresie technologii i organizacji produkcji. Struktura polskiego przemysłu spożywczego charakteryzuje się dużym stopniem rozproszenia. Identyfikacja skali problemów i potrzeb związanych z ochroną środowiska może być utrudniona. Duże zakłady przetwórstwa rolno-spożywczego, zwykle stosują prawidłowe praktyki w zakresie gospodarki wodno-ściekowej oraz zagospodarowania odpadów i spełniają zalecenia dotyczące ochrony środowiska. W celu identyfikacji problemów i możliwości ich eliminacji lub minimalizacji można stosować bilans ekologiczny. Jest on narzędziem pozwalającym na systematyczną analizę przedstawiającą całościowy stan oddziaływania zakładu produkcyjnego na środowisko (Graczyk, 1996). Podstawowym zadaniem w zakresie ochrony środowiska wymaganym od zakładów przetwórstwa żywności jest ograniczenie poboru wody i zmniejszenia ilości ścieków, emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz wytwarzania odpadów. Jest to możliwe poprzez kontrolę poszczególnych procesów produkcyjnych i analizę możliwości wprowadzania niezbędnych usprawnień. Po roku 2016 na zakłady produkcyjne mogą być nałożone restrykcje z powodu nadmiernej emisji zanieczyszczeń i kary za niedotrzymanie przyjętych norm.

Nowe rozwiązania technologiczne i innowacje mogą doprowadzić do zmniejszenia skutków oddziaływania instalacji produkcyjnych lub całego zakładu na środowisko. Istotną pomoc mogą stanowić poradniki z zakresu stosowania najlepszych dostępnych technik produkcyjnych, które wprowadzie nie mają charakteru obligatoryjnego, lecz dostarczają wiedzy uwzględniającej najnowsze wyniki badań naukowych oraz różne rozwiązania zweryfikowane w podobnych zakładach danej branży. Badaniami zagadnień dotyczących zrównoważonego rozwoju w przetwórstwie żywności zajmuje się w ostatnich latach wiele ośrodków zagranicznych (Veleva i in., 2001; Roy i in., 2007; 2009; Flemmer, 2012; Wang, 2013; 2014) i krajowych (Hadryjańska, 2008; Konieczny i Pikul, 2011; Konieczny i in., 2013).

Cel pracy

Zasadniczym celem niniejszej pracy jest przedstawienie wybranych uwarunkowań i przykładów uwzględniających przepływy materiałów i energii w gospodarce żywnościowej, obejmujących zakłady kilku wybranych branż przemysłu rolno-spożywczego. Wśród celów pracy jest próba syntezy dostępnej literatury z zakresu zrównoważonej gospodarki energią i środowiskiem w różnych branżach przetwórstwa rolno-spożywczego w nadrzędnym zadaniem związanej charakterystyki najważniejszych aspektów pracy tych zakładów, określających ich wpływ na stan środowiska i jednocześnie poszukiwania sposobów wdrażania praktyk czystszej produkcji. Zamierzeniem autorów jest też, aby zacytowane pozycje literatury mogły stanowić źródło inspiracji do pogłębionych badań nad wpływem przetwórstwa rolno-spożywczego na środowisko, występowaniem interakcji pomiędzy elementami agroekosystemu, możliwości zmniejszania energochłonności produkcji oraz skutecznego stosowania technologii małoodpadowych.

Zakłady przemysłu spożywczego wykorzystując surowce pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego stają się współuczestnikami przemian energii w agroekosystemie. Uwzględniając powiązania z rolnictwem i lokalizację wielu zakładów produkcyjnych można zbudować przykładowy model (schemat) uwzględniający najważniejsze przepływy materiałowe i energetyczne oraz emisję odpadów i zanieczyszczeń. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe powiązania pomiędzy rolnictwem i zakładami kilku branż w kontekście wybranych aspektów zrównoważonej gospodarki energią i środowiskiem. Wyodrębniono zakład spirytusowo-drożdżowy (9), piekarski i cukierniczy (18), gorzelnię rolniczą (20), cukrownię (21) oraz zakłady przemysłu chemicznego i produkcji kosmetyków (7). Surowce pochodzenia roślinnego są reprezentowane strumieniami (27). Pozycja (27a) jest to zboże kierowane do zakładów młynarskich, których produkt jest odbierany przez obiekty (18). Pozycje (27b) stanowią odpowiednio ziemniaki, kukurydzę, zboże i inne źródła węglowodanów przetwarzane w gorzelniach (20). Buraki cukrowe (27c) są surowcem w zakładach produkcyjnych (21). Ogólnie żywność do bezpośredniego spożycia i przetwarzania i w innych branżach jest kierowana poprzez węzły (poz. 12, 33 i 34) oraz jako komponenty i substraty (poz. 11 i 15). Zasilanie nośnikami energii i wodą jest wyrażone strumieniami (3 i 4). W procesach produkcyjnych oprócz produktu głównego występują różne pozostałości, substancje lub przedmioty, których powstanie nie stanowi celu danego procesu, lecz jest ubocznym skutkiem jego prowadzenia. Wg Czyżyka i in. (2010) pozostałości te, zależnie od właściwości i określonych warunków, mogą być uznane, jako produkty uboczne lub odpady. Kryteria tej klasyfikacji jak zaznaczają autorzy wymienionej pracy nie są jednoznaczne. Wymienieni autorzy podają następującą definicję: „Ten sam rodzaj pozostałości poprodukcyjnej może być potraktowany, jako produkt uboczny lub za odpad, zależnie od licznych uwarunkowań. Odpady oznaczają też wszystkie substancje lub przedmioty, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do ich pozbycia się jest zobowiązany. Produkty uboczne są też określane, jako produkty, materiały lub towary uzyskiwane w toku danego procesu produkcyjnego, o składzie lub cechach jakościowych wyraźnie różnych od towarów faktycznie wytworzonych oraz które nadają się do wprowadzenia do obrotu. Pozostałości stanowią produkty danego procesu produkcyjnego, o składzie jakościowym wyraźnie odróżniającym się od towarów wytworzonych (będących produktem finalnym) i które nie mogą być poddane komercjalizacji”. Do tej grupy zaliczane są fuzle (10), melasa (17), częściowo wywar (25) i nawóz organiczny (32). Ponadto z wymienionej grupy pochodzą substraty do produkcji biopaliw.

Dotyczy to np. alkoholu etylowego (16) stosowanego w reakcji transestryfikacji olejów roślinnych w zakładach innych gałęzi przemysłu, np. chemicznego lub do produkcji biopaliw (7). Biogaz (19) może pochodzić z oczyszczalni ścieków (13) jak i z przerobu odpadów organicznych lub odchodów pochodzących z produkcji zwierzęcej (31). Poprawę bilansu energetycznego gorzelni rolniczej można częściowo uzyskać dzięki wykorzystaniu biogazu powstałego z wywaru (25) - produktu ubocznego powstającego przy produkcji etanolu. Adamski i in. (2009) przedstawili możliwości wykorzystania wywaru, jako substratu w biogazowni. Podobne prace pro-

wadzili Jodkowski i in. (2010), którzy zaproponowali instalację do energetycznego wykorzystania wywaru gorzelniczego. Koncepcja obejmuje spalanie wywaru odwodnionego mechanicznie bez konieczności suszenia. Wywar ten może mieć także zastosowanie, jako pasza (26). Pieczywo wycofane z obiegu tzw. „zwrotne” (23) i przeterminowane surowce węglowodanowe pochodzące ze strumienia (35) oraz częściowo z węzła (12) mogą być przerabiane w gorzelni (20). W niewielkim stopniu może to dotyczyć także pochodzących z przetwórstwa owocowo-warzywnego wytoków jabłkowych zawierających w swoim składzie cukry, jako substrat w fermentacji alkoholowej. Strumienie odprowadzanych zanieczyszczeń różnego typu można zawrzeć, jako pozycje (1, 2, 5, 6, 8, 13, 14 i 25) i częściowo (30) np. jako zanieczyszczenia gleb. Surowce pochodzenia zwierzęcego (31) są kierowane do zakładów mięsnych, mleczarskich, drobiarskich i ewentualnie utylizacyjnych. Na rysunku 2, zanieczyszczenia są reprezentowane strumieniami (1, 2, 5, 6 i 8) dotyczą także w różnym stopniu zakładów produkcyjnych różnych branż i gałęzi przemysłu (pozycje: 7, 18, 20 i 21). Obieg materiałowo-energetyczny agroekosystemu tworzą także pozycje (22, 24, 28 i 29). Z opisanymi przepływami materiałów i energii mają związek pojęcia „odzysk” i „recykling”. Odzysk oznacza różne działania nietworzące zagrożeń dla ludzi środowiska, polegające na pełnym lub częściowym wykorzystaniu odpadów lub umożliwiające odzyskanie z odpadów substancji materiałów lub nośników energii i ich wykorzystaniu. Recykling jest formą odzysku polegającym na powtórnym przetworzeniu substancji lub materiałów zawartych w odpadach poprodukcyjnych w celu uzyskania substancji lub materiałów o przeznaczeniu pierwotnym lub innym (w tym recykling organiczny) z wyjątkiem odzysku energii (rozszerzenie problematyki zawiera Dz.U. 2013 poz. 21. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach). Wasilewski i Stelmach (2009) przedstawiali też przykłady przetwarzania surowców innych niż niebezpieczne w celu odzysku energii.

Energochłonność produkcji oraz zużycie surowców i materiałów

Istotnym celem pracy zakładów produkcyjnych jest zmniejszenie energochłonności produkcji i jednocześnie wzrost efektywności energetycznej. Identyfikację zakładów produkcyjnych, jako użytkowników nośników energii przedstawiono np. w pracy Wojdalski i Dróżdź (2014). W zakładach przemysłu rolno-spożywczego występują możliwości kogeneracji (tj. skojarzonej gospodarki energią - CHP - *Combined Heat and Power*), która jest procesem technologicznym jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i użytkowej energii cieplnej zazwyczaj w elektrociepłowni. Ze względu na zmniejszone zużycie nośników energii, zastosowanie kogeneracji daje możliwość oszczędności ekonomicznych i jest korzystne z ekologicznego punktu widzenia - w porównaniu z klasyczną ciepłownią, w której występuje odrębne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej (w elektrowni). Poligeneracja obejmuje systemy konwersji energii z jednego lub większej liczby źródeł (odnawialnych i nieodnawialnych), w wyniku których powstają trzy produkty lub więcej. Trigeneracja jest też poligeneracją. Quadgeneracja lub QUAD/CHP jest kolejną skojarzoną technologią, w tym przypadku wytwarzania energii cieplnej, elektrycznej, chłodu użytkowego i dwutlenku węgla ze spalania gazu ziemnego

jako paliwa zużywanego w tej technologii. W tym przypadku, gdy wytwarzane są cztery produkty (media), technologię można określić nazwą quadgeneracją lub QUAD/CHP. Przykłady zastosowania kogeneracji, trigeneracji lub quadgeneracji przedstawili: w zakładach cukrowniczych (Laudański, 2007), piwowarskich (Hufendiek i Klemeš, 1997), drobiarskich (Bianchi i in., 2006), produkcji makaronów (Panno i in., 2007) i produkcji napojów bezalkoholowych (Maryniak, 2011). Inne przykłady można znaleźć w pracach: Calderan i in. (1992); Ledakowicz i Krzystek (2005); Myczko i in. (2011); Piacentino i Cardona (2008) oraz Tassou i in. (2007).

W tabelach 1 - 4 zawarto wybrane wyniki badań dotyczących zużycia nośników energii i materiałów oraz przykłady pozostałości, odpadów i produktów ubocznych w zakładach branży spirytusowo- drożdżowej, wymienionych na rysunku 2 (poz. 9 i 20). Jak wynika z tabeli 3 zużycie nośników energii na jednostkę produktu w zakładach tej samej branży może się różnić nawet kilkakrotnie. Występuje też zróżnicowanie pod względem jednostkowego zużycia materiałów pomocniczych, co uzasadnia potrzebę poszukiwania i wdrażania metod czystszej produkcji poprzez zagospodarowanie odpadów i pozostałości poprodukcyjnych.

Tabela 1. Zużycie nośników energii, surowców i materiałów w gorzelnictwie

Table 1. Consumption of energy carriers, raw materials and other materials in the distilled spirits industry

| Rodzaj; Type | Zużycie na jednostkę produktu; Consumption per unit of production | | Źródło; Source |
|--|--|--------------------------------------|--------------------|
| | Jednostka; Unit | Zakres (średnio); range (average) | |
| Woda; Water | hl·hl ⁻¹ | (16,6) | |
| Surowiec (ziemniaki, żyto); Raw materials (potatoes, rye) | kg·hl ⁻¹ | (117,4) | |
| Materiały opakowaniowe; Packaging materials | Szkło; Glass | kg·hl ⁻¹ | Czyżyk i in., 2010 |
| | Papier; Paper | kg·hl ⁻¹ | |
| | Tworzywa sztuczne; Plastics | kg·hl ⁻¹ | |
| | Klej; Glue | kg·hl ⁻¹ | |
| Aluminium; Aluminum | kg·hl ⁻¹ | (0,28) | |
| Energia elektryczna; Electrical energy | kWh·hl ⁻¹ | 10 – 60 | WS Atkins, 1998 |
| | | 5,8 – 31,0 | Neryng i in., 1990 |
| Energia cieplna; Thermal energy | GJ·hl ⁻¹ | 0,16 – 2,83 | WS Atkins, 1998 |

Tabela 2. Wybrane pozostałości poprodukcyjne i odpady w gorzelnictwie

Table 2. Selected production remainders and wastes in the distilled spirits industry

| Rodzaj; Type | Ilość na jednostkę produktu; Quantity per unit of production | | Źródło; Source |
|---|---|--------------------------------|--------------------|
| | Jednostka; Unit | Wartość średnia; Mean value | |
| Ścieki; Wastewater | m ³ ·Mg ⁻¹ | 4,05 | WS Atkins, 1998 |
| Odpady rektyfikacji (fuzle); rectification by-products (fusel alcohols) | kg·hl ⁻¹ | 0,39 | |
| Wywar pofermentacyjny; fermentation stillage | kg·hl ⁻¹ | 200,8 | Czyżyk i in., 2010 |
| Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków; Sediments from on-site wastewater treatment plants | kg·hl ⁻¹ | 0,31 | |
| Opakowania ze szkła; Glass packaging | kg·hl ⁻¹ | 0,64 | |

Tabela 3. Zakresy zużycia nośników energii, surowców i materiałów w zakładach spirytusowych

Table 3. Consumption of energy carriers, raw materials and other materials in distilled spirits plants

| | Rodzaj; Type | Jednostka; Unit | Zużycie na jednostkę produktu; Consumption per product unit | Źródło; Source |
|--|---|----------------------|--|--------------------|
| | Woda; Water | kg·hl ⁻¹ | 2,8 – 8,5 | |
| | Destylat; Distillate | kg·hl ⁻¹ | 0,4 – 0,45 | |
| Materiały opakowaniowe; Packaging materials | Szkło; Glass | kg·hl ⁻¹ | 41,55 – 66,98 | Czyżyk i in., 2010 |
| | Papier; Paper | kg·hl ⁻¹ | 2,21 – 4,79 | |
| | Tworzywa sztuczne; Plastics | kg·hl ⁻¹ | 0,09 – 0,43 | |
| | Drewno; Wood | kg·hl ⁻¹ | 0,19 – 1,13 | |
| | Aluminium; Aluminum | kg·hl ⁻¹ | 0,32 – 0,51 | |
| | Energia elektryczna; Electrical energy | kWh·hl ⁻¹ | 10 – 180 | WS Atkins,1998 |
| | Energia cieplna; Thermal energy | GJ·hl ⁻¹ | 0,10 – 2,71 | |

Tabela 4. Wybrane pozostałości poprodukcyjne i odpady w zakładach spirytusowych (wartości średnie)

Table 4. Selected production remainders and wastes in distilled spirits plants (mean values)

| | Rodzaj; Type | Jednostka; Unit | Ilość na jednostkę produktu; Quantity per unit of production |
|--|--|---------------------|---|
| | Ścieki; Wastewater | kg·hl ⁻¹ | 1,99 |
| | Odpady z destylacji; Distillation wastes | kg·hl ⁻¹ | 0,13 |
| | Zużyty węgiel aktywny; Spent activated carbon | kg·hl ⁻¹ | 0,02 |
| | Złom; Scrap metal | kg·hl ⁻¹ | 0,11 |
| | Opakowania ze szkła; Glass packaging | kg·hl ⁻¹ | 0,24 |
| | Opakowania z papieru i tektury; Paper and cardboard packaging | kg·hl ⁻¹ | 0,33 |
| | Opakowania z tworzyw sztucznych; Plastic packaging | kg·hl ⁻¹ | 0,10 |

(źródło: opracowanie własne na podstawie Czyżyk i in. 2010)

(source: own elaboration based on Czyżyk et al., 2010)

Tabela 5. Wybrane pozostałości poprodukcyjne w przemyśle cukrowniczym (wartości średnie)

Table 5. Selected production remainders and wastes in the sugar industry (mean values)

| | Rodzaj; Type | Jednostka; Unit | Ilość na jednostkę produktu; Quantity per unit of production | Ilość na jednostkę surowca; Quantity per unit of raw materials |
|--|--|----------------------------------|---|---|
| | Ścieki; Wastewater | m ³ ·Mg ⁻¹ | 1,91 | 0,28 |
| | Osad z oczyszczania i mycia buraków; sediments from beetroot cleaning | kg·Mg ⁻¹ | 450 | 70 |
| | Wysłodki; Beet pulp | Mg·Mg ⁻¹ | 3,23 | 0,49 |
| | Odpadowa masa roślinna; Biomass waste | kg·Mg ⁻¹ | 90 | 10 |
| | Melasa; Molasses | kg·Mg ⁻¹ | 220 | 30 |
| | Wapno; Lime | kg·Mg ⁻¹ | 320 | 50 |
| | Popioły i żuźle; Ash and slag | kg·Mg ⁻¹ | 70 | 10 |

(źródło: opracowanie własne na podstawie Czyżyk i in., 2010)

(source: own elaboration based on Czyżyk et al., 2010)

Tabela 6. Zakresy zużycia energii, wody oraz wybranych surowców i materiałów w przemyśle cukrowniczym

Table 6. Consumption of energy, water, selected raw materials and other materials in the sugar industry

| Rodzaj; Type | Jednostka; Unit | Zużycie na jednostkę produktu; Quantity per unit of production | Zużycie na jednostkę surowca; Quantity per unit of raw materials | Źródło; Type |
|---|----------------------------------|---|---|--------------------|
| Woda; Water | m ³ ·Mg ⁻¹ | 0,08 | 0,01 – 0,43 | |
| Surowce; Raw materials | Mg·Mg ⁻¹ | 5,88 – 7,25 | - | |
| Kamień wapienny; Limestone | Mg·Mg ⁻¹ | 0,14 – 0,33 | 0,02 – 0,05 | Czyżyk i in., 2010 |
| Węgiel i koks; Coal and coke | Mg·Mg ⁻¹ | 0,31 – 0,49 | 0,05 – 0,08 | |
| Energia elektryczna; Electrical energy | kWh/Mg | 120 – 510 | - | |
| | kWh·Mg ⁻¹ | - | 20 – 60 | |
| Energia cieplna; Thermal energy | GJ·Mg ⁻¹ | - | 0,10 – 2,68 | WS Atkins, 1998 |
| | GJ·Mg ⁻¹ | 0,85 – 21,2 | - | |

W tabelach 5 i 6 zawarto przykładowe wyniki badań dotyczące zużycia surowców i nośników energii oraz występujących odpadów i produktów ubocznych w zakładach branży cukrowniczej (poz. 21 – rys. 2).

Zagadnienia gospodarki wodą w cukrownictwie przedstawiają także Strzelczyk i in. (2010). Poz. 31 na rysunku 2 obejmuje m.in. hodowlę bydła mlecznego a następnie po jej przekroczeniu węzła produkcję mleczarską i żywność (12). Bilans gospodarki wodą w hodowli w trzech australijskich stanach przedstawiono w pracy Peters, i in. (2010). Obszerny prze-

gląd wyników badań dotyczących gospodarki wodno-ściekowej w ponad stu zakładach mleczarskich zawarto w pracy Wojdalskiego i in. (2013). Przykłady zużycia materiałów i energii w zakładach mleczarskich zawarto w tabeli 7. Przedstawiono zakresy wskaźników ze względu na zróżnicowanie struktury przerobu mleka w zakładach tej branży. Energetycznym aspektem produkcji zakładów piekarskich (poz. 18 - rys. 2) nawiązujących do kontekstu niniejszej publikacji jest poświęcona praca Drożdż (2011).

Tabela 7. Zakresy wskaźników zużycia nośników energii i wybranych materiałów w przemyśle mleczarskim

Table 7. Consumption of energy carriers and selected materials in the dairy industry

| Rodzaj; Type | Jednostka; Unit | Zakres; Range | Źródło; Source | |
|--|--|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| Gaz ziemny; Natural gas | m ³ ·(tys. l) ⁻¹ | 17,46 – 100,22 | | |
| Środki myjące i dezynfekujące; Detergents and disinfectants | kg·(tys. l) ⁻¹ | 4,34 – 13,10 | | |
| Materiały Opakowaniowe; Packaging materials | Papier i tektura; Paper and cardboard | kg·(tys. l) ⁻¹ | 0,72 – 31,42 | Czyżyk i in., 2010 |
| | Tworzywa sztuczne; Plastics | kg·(tys. l) ⁻¹ | 0,46 – 5,16 | |
| | Aluminium; Aluminum | kg·(tys. l) ⁻¹ | 0,21 – 0,23 | |
| Energia elektryczna; Electrical energy | kWh·(tys. l) ⁻¹ | 30,7 – 50,7 | Kaleta i Wojdalski, 2008 | |

Gospodarka wodno-ściekowa

Zakłady przemysłu spożywczego zapatrują się w wodę korzystając głównie z własnych ujęć wód podziemnych. Największe ilości wody zużywa się na mycie surowców, szczególnie w przetwórstwie buraków cukrowych czy ziemniaków. W niektórych zakładach może ono stanowić do 50% całkowitego zużycia wody. Ponadto równie duży udział może stanowić zużycie wody na cele chłodnicze, zwłaszcza w niektórych zakładach mleczarskich. Modelowaniu gospodarki wodą w powiązaniu z użytkowaniem energii jest poświęcona praca Muller i Craig (2014). Wiele zakładów nie prowadzi bieżących analiz zużycia wody zarówno na różnych etapach realizacji procesów produkcyjnych jak też w skali całych obiektów produkcyjnych. Ścieki pochodzące z zakładów przemysłu rolno-spożywczego powstają na różnych etapach obróbki surowców i procesów technologicznych. Ilość i rodzaj ścieków uwarunkowane są specyfiką

branży, składem chemicznym przerabianych surowców, technologią i sezonowością produkcji jak też ilością zużywaną wody. Np. ścieki z zakładów mleczarskich mogą zawierać znaczne ilości tłuszczów odpadowych. Ponadto nie zostały wyjaśnione w pełni przyczyny dużej zmienności zapotrzebowania na wodę w zakładach tej branży. Według dostępnych wyników badań zużycie to wynosi w różnych krajach od 1 do 10 m³ wody · (m⁻³ przerabianego mleka) (Wojdalski i in., 2013). Prace badawcze dotyczyły zarówno struktury zapotrzebowania na wodę wg działów produkcyjnych jak i ogólnego zużycia wody. Równocześnie wielokierunkowy przerób mleka uniemożliwia dokładne określenie wskaźników zużycia wody na jednostkę gotowego produktu. Opracowanie Energy Performance Indicator Report EPIR (2001) przedstawia także wyniki badań energochłonności mycia metodą CIP (cleaning in place), które w warunkach przemysłu kanadyjskiego wynosi 0,0001-0,0930 kWh · (dm⁻³ przerabia-

nego mleka). Wybrane wyniki badań zużycia wody w tej branży przedstawiono w tabeli 8.

Należy zaznaczyć, że wskaźniki jednostkowego zużycia wody podawane w dokumentach referencyjnych BAT (Best Available Techniques) np. Bosworth, i in. (2000) i WS Atkins Polska (2005) zostały obliczone na podstawie wyników pomiarów z małej liczby zakładów produkcyjnych. Inne materiały, (np. IFC WBG, 2007) podają wskaźniki zu-

życia wody na jednostkę produktu bez uwzględniania szczegółowych danych dotyczących zakładów mleczarskich, których one dotyczą. Problematyce racjonalnego użytkowania wody w zakładach innych branż są poświęcone np. prace Feng i in. (2009); Steinhoff-Wrzesniewskiej i in. (2013) oraz Zandera i in. (2010). W analizach gospodarki wodnej w produkcji żywności mogą być przydatne doświadczenia australijskie (Perry, 2011).

Tabela 8. Ilości zużywanej wody i odprowadzanych ścieków w przemyśle mleczarskim

Table 8. Water consumption and wastewater disposal in the dairy industry

| Charakterystyka zakładów; Plant specification | | Wskaźniki charakteryzujące gospodarkę wodno-ściekową Water consumption and wastewater disposal indicators | | Źródło; Source |
|--|--|--|---|--|
| Liczebność; Number of plants | Profil produkcji; Production profile | Wartości liczbowe; Quantity | Jednostki; Unit | |
| 7 | Przerabiane mleko; Processed milk | 1,05 – 2,21 | dm ³ wody · (dm ⁻³ przerabianego mleka); L of water · (L ⁻¹ of processed milk) | Prasad i in., 2004 |
| 3 | Sery i serwatka; Cheese and whey products | 0,64 – 2,90 | | |
| 10 | Produkty w proszku Powdered products | 0,07 – 2,70 | | |
| Zakłady mleczarskie w Danii (ogółem); Dairy plants in Denmark (total) | | 2,21 – 9,44 | dm ³ wody · (kg ⁻¹ produktu); L of water · (kg ⁻¹ kg of product) | Bosworth i in., 2000 (na podstawie Danish EPA (based on Danish EPA)) |
| Zakłady mleczarskie w Polsce ogółem; Dairy plants in Poland (total) | | 3,48 – 9,77 Średnio 6,08 | dm ³ wody · (dm ⁻³ przerabianego mleka); L of water · (L ⁻¹ of processed milk) | Wojdalski i in., 2012 |
| 11 | Brak informacji; No data available | 0,2 – 10,0 | dm ³ wody · (dm ⁻³ przerabianego mleka); L of wastewater · (L ⁻¹ of processed milk) | Vourch i in., 2008 |

Gospodarka odpadami

Zróżnicowane, pod względem rodzaju i składu, ilości odpadów powstają każdej z branż w przetwórstwa żywności. Dominują odpady organiczne pochodzenia zwierzęcego, roślinnego oraz odpady opakowaniowe. Zależnie od branży, praktyki gospodarowania odpadami mogą się różnić między sobą. W małych i średnich zakładach problemem może być brak pełnej ewidencji wytwarzanych odpadów, jak też brak pełnych danych o aktualnym stanie i potrzebach w gospodarce odpadami. Kierunki zagospodarowania odpadów i pozostałości produkcyjnych są następujące:

- rolnicze wykorzystanie (poz. 32 – rys. 2),
- wykorzystanie do produkcji pasz (poz. 26 – rys. 2),
- wykorzystanie do celów energetycznych (pelety, brykiety, opał, fermentacja metanowa i produkcja biogazu, fermentacja alkoholowa i dodatek etanolu do paliw ciekłych – np. poz. 16, 19, 25 – rys. 2).

Największe ilości odpadów organicznych pochodzenia roślinnego powstają w cukrowniach. Są to głównie odpadowa masa roślinna (np. ogonki, odłamki), błoto spławia-kowe, wysłodki bułaczane, szlam defekosaturacyjny (poz. 36 – rys. 2). Mogą być częściowo przeznaczane na cele rol-nicze (poz. 30 – rys. 2). Odpadowa melasa jest surowcem w branży spirytusowo-drożdżowej (poz. 17 – rys. 2). Odpady z przetwórstwa owoców i warzyw są przeznaczane na pasze oraz do pozyskiwania pektyn, destylatów owoco-wych, aromatów i barwników. Głównym odpadem produkcyjnym w zakładach mleczarskich jest serwatka, której tylko ok. 1/5 jest wykorzystywana na cele m.in. paszowe czy przetwórcze. Z pracy Wojdalskiego i in. (2012) wynika,

że w produkcji serów powstaje jej 0,76 – 0,86 Mg/Mg su-rowca (podobne zagadnienia omawiają także Kubicki, 1998 oraz Rad i Lewis, 2014). Janosz-Rajczyk i Piotrowska (2006) zaprezentowały wybrane sposoby pozyskiwania wodoru. Aktualnie uważa się, że procesem, który w prakty-ce może być wykorzystany do likwidacji odpadów orga-nicznych jest fermentacja. Przytoczono dane eksperymen-talne, które wskazują, że możliwe jest uzyskanie od 0,5 do 2,5 mola wodoru z organicznych substratów w przeliczeniu na mol glukozy. Wyższą wydajność produkcji (do około 4 moli H₂/mol C₆H₁₂O₆) uzyskuje się, gdy proces prowadzi się z udziałem czystych kultur drobnoustrojów oraz w za-kresie temperatur termofilowych. Jędrzejewska-Cicińska i in. (2007) zaproponowali technologię biokonwersji bio-masy poprodukcyjnej z przemysłu mleczarskiego (serwatki) do wysokoenergetycznych paliw gazowych – biowodoru i biometanu na podstawie szeregowego połączenia bio-chemicznych szlaków fermentacyjnych: fermentacji „kwa-śnej”, fotofermentacji i fermentacji metanowej. Występują-ce po sobie etapy biodegradacji zapewniają jednoczesną produkcję biopaliw i unieszkodliwienie serwatki.

Inne przykłady produkcji biogazu z wykorzystaniem sub-stratów pochodzących z obiektów gospodarki żywności-owej i zakładów przemysłu spożywczego przedstawili: Bo-żym i in. (2015); Kim i in. (2012); Głuszczka i in. (2010); Myczko i in. (2011). Gęstwa drożdżowa może być stosowa-na do otrzymywania hydrolizatów drożdżowych i produk-cji pasz (rozszerzenie problematyki zawiera praca Stein-hoff-Wrzesniewskiej i in. (2011). Największe problemy z zakresu gospodarowania odpadami dotyczą przetwórstwa mięsnego, branży drobiarskiej i utylizacyjnej (Ko-

nieczny i Uchman, 1997; Pezacki, 1991). Z pracy Florowskiego i Pisuli (2009) wynika że w ostatnim dziesięcioleciu, polski przemysł mięsny zbierał i przerabiał ok. 800 tys. ton odpadów rocznie (z 1,2 mln Mg odpadów, jakie są wytwarzane podczas uboju ponad 24,5 mln szt. trzody chlewnej, 1,3 mln szt. bydła oraz ponad 1,5 mln Mg drobiu). Odpady te są przerabiane na mączkę mięsno-kostną oraz tłuszcz i spalane lub stosowane, jako polepszacz gleby. Specyfiką odpadów wytwarzanych w zakładach przemysłu mięsnego jest duża zawartość materii organicznej, którą można wykorzystać, jako substrat w fermentacji metanowej. Produkcja biogazu jest obecnie najbliższą ekonomiczną i opłacalną metodą utylizacji odpadów poubojowych. W strukturze odpadów pochodzenia zwierzęcego, odpady szczególnego ryzyka stanowią ok. 7%, odpady wysokiego ryzyka ok. 9% zaś odpady niskiego ryzyka stanowią ok. 80%. W przeszłości gospodarka odpadami pochodzenia zwierzęcego opierała się na ich przetwarzaniu na mączki mięsno-kostne przeznaczone, jako pasze dla zwierząt (Urban, 2002). Z prac Karczka, i in. (2007; 2009a; b) wynika że wartość opałowa tej mączki wynosi 15,24 MJ/kg i aktualnie optymalną metodą utylizacji mączki zwierzęcej jest wysokotemperaturowe spalanie w instalacjach energetycznych, pozwalających wykorzystać wydzieloną w trakcie utylizacji energię cieplną do produkcji pary lub gorącej wody. Równocześnie można uznać, że termiczna utylizacja jest sposobem likwidacji zagrożenia zarażenia prionami (BSE) ludzi i zwierząt. Wyniki badań o podobnym znaczeniu prezentują także Orszulik i Lenkiewicz (2007). Z pracy Wzorek (2008) wynika ponadto, że wytworzone paliwo z mączki mięsno-kostnej i osadów ściekowych, może być wykorzystane w procesie współspalania z węglem w kotłach energetycznych oraz w procesie wypalania klinkieru w przemyśle cementowym. Kopeć i in. (2014) dowiedli, że recykling organiczny odpadów z przemysłu drobiarskiego, przy uwzględnieniu bezpieczeństwa sanitarnego, może być podstawową metodą odzysku zawartych w nich składników pokarmowych dla roślin i materii organicznej. Modele gospodarki odpadami dla przetwórstwa mięsnego przedstawili także: Konieczny i Uchman (1997); Kowalski i Krupa-Żuczek (2007) oraz Staroń i in. (2010). Biotechnologiczne metody przetwarzania odpadów przedstawili Bednarski (2003) oraz Van Dyk i in. (2013). Przegląd aktualnych możliwości zagospodarowania odpadów z przemysłu rolno-spożywczego wraz z obszerną literaturą źródłową zawarto w pracy Mirabella i in. (2014).

W zakładach przemysłu rolno-spożywczego, istotnym zagadnieniem są odpady opakowaniowe z drewna, aluminium, szkła i tworzyw sztucznych. Ok. 60-70% produkowanych materiałów opakowaniowych ma zastosowanie do pakowania produktów spożywczych. W wyniku tego powstają odpady nieulegające biodegradacji, wśród których np. polietylen stanowi ok. 42%, polipropylen i polistyren łącznie ok. 35% oraz polietylenotereftalan (PET) ok. 21%. Ilość odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych poddawanych recyklingowi wynosi poniżej 10%. Pozostałe ilości trafiają na składowiska, co stanowi pewien problem pozostawiony do rozwiązania lokalnym samorządom. Metody utylizacji, takie jak recykling materiałowy, chemiczny czy energetyczny wymaga zbiórki i segregacji odpadów oraz stosowania odpowiednich instalacji chroniących środowisko

przed toksycznymi produktami spalania (Korotinsky i in., 2013; Kumider, 1996; Kumider i Zielnica, 2006; Leszczyński 2001; Piecuch, 1998). Z prac Boryckiej (2009a; b) wynika, że wskaźniki SO₂ dla kompozycji biomasy odpadowej z węglem, zwłaszcza przy udziale wyłoków aroniowych i jabłkowych są niższe niż dla węgla. Koźdrach i Stępień (2014) przedstawili wyniki badań procesu spalania odpadów z przemysłu spożywczego z paliwem konwencjonalnym. Wykorzystano produkt uboczny w produkcji olejów roślinnych tzw. makuchy. Prace prowadzono z wykorzystaniem kotła o mocy 100 kW. Oznaczono między innymi skład spalin ze spalania węgla oraz mieszaniny węgla z makuchami.

Zanieczyszczenie powietrza

Emisja zanieczyszczeń do atmosfery dotyczy głównie zanieczyszczeń pyłowych oraz gazowych (poz. 1 i 5 – rys. 2). Można przyjąć, że głównymi źródłami emisji zorganizowanej są paleniska kotłowni węglowych, które odprowadzają dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu oraz pyły do atmosfery. Ilość i rodzaj emisji może zależeć także od specyfiki produkcji branży. Zakłady mleczarskie na 1000 litrów przetwarzanego mleka emitują średnio: 1,65 kg dwutlenku siarki i 1,30 kg pyłów. Produkcja 1 Mg oleju jadalnego rafinowanego jest związana z emisją ok. 2,17 kg SO₂. W przetwórstwie mięsa i drobiu występuje emisja z komór wędzarniczych oraz odorów z magazynów zwierząt i obróbki poubojowej. Instalacje utylizacji odpadów odprowadzają gazy i odory z termicznego przetwarzania odpadów oraz emitują 2,14 kg pyłów · (Mg⁻¹ surowca). Np. cukrownie (poz. 21 – rys. 2) emitują 0,64 kg pyłów · (Mg⁻¹ buraków). Zestawienie przykładów emisji zanieczyszczeń w innych branżach przemysłu rolno-spożywczego i obliczeń z tego zakresu można odnaleźć w publikacjach WS Atkins (1998) oraz Kowalczyk-Juško i Sławińskiej (2011).

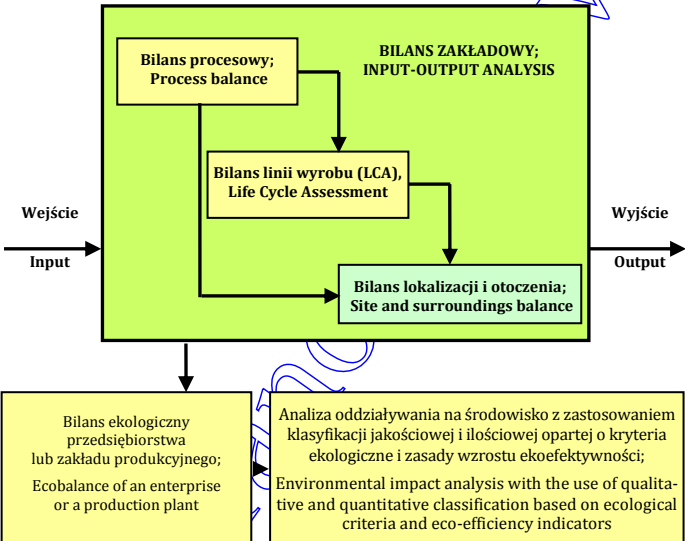
Wraz z rozwojem gospodarki żywnościowej mogą pojawiać się także problemy negatywnego oddziaływania środków transportu na środowisko naturalne. Skowron-Grabowska (2014) omówiła znaczenie zrównoważonego transportu w nowoczesnej gospodarce w kontekście zrównoważonego rozwoju. Istotna jest koncepcja strategii, obejmująca czynniki, które pozwolą na uzyskanie przewagi konkurencyjnej na rynku w sferze usług transportowych. Mając na uwadze stan środowiska naturalnego niezbędne jest więc ograniczenie emisji CO₂ przez środki transportu. Przykłady analiz z tego zakresu można odnaleźć w pracach Borowskiego i in. (2014) oraz Krzywonos i in. (2014).

Bilanse ekologiczne w ochronie środowiska

Określenie zakresu oddziaływania zakładu produkcyjnego na środowisko naturalne jest możliwe poprzez prowadzenie stałej analizy etapów procesów i operacji produkcyjnych oraz istniejącej infrastruktury. Pozwala ona określić potrzeby w zakresie wpływu na środowisko, wskazać możliwości zmniejszenia lub całkowitej eliminacji tego oddziaływania oraz ocenić efekty realizacji przedsięwzięć proekologicznych (Kubicki, 2000). Wśród zadań zakładów przetwórstwa żywności jest analiza ilościowa i jakościowa przetwarzanych surowców oraz gotowych produktów jak również monitoring zużycia nośników energii, wytwarzania ścieków, odpadów i emisji zanieczyszczeń gazowych do

atmosfery. Jednym z narzędzi umożliwiających prowadzenie tej analizy wraz z identyfikacją problemów związanych z ochroną środowiska jest bilans ekologiczny. Jest on przykładem analizy służącej do całościowej identyfikacji czynników oddziaływania przedsiębiorstw na środowisko. Umożliwia także wskazanie środków ukierunkowanych na minimalizację lub eliminację skutków tych oddziaływań (Graczyk, 1996; Korzeń, 2001). Bilans ekologiczny (ekobilans) może stanowić czynnik rozwoju gospodarczego i celów ekologicznych jak też może prowadzić do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju np. poprzez stworzenie modelu gospodarki materiałowej w postaci zamkniętego cyklu. Bilans ekologiczny obejmuje następujące podsystemy: bilans zakładowy (Input-Output), bilans procesowy, bilans linii wyrobu oraz bilans lokalizacji i otoczenia przedsiębiorstwa (rys. 3). W tabeli 9 przedstawiono składniki uwzględniane w bilansie ekologicznym. Bilans zakładowy Input-Output pozwala zinwentaryzować wszystkie wchodzące i wychodzące strumienie materiałów, nośników energii, emisji zanieczyszczeń oraz produktów podstawowych i ubocznych (rys. 3 i tab. 9). Wymienione analizy mogą być przydatne we wdrażaniu metod i programu czystszej produkcji (PCP), których istotę przedstawiono na rysunku 4. PCP są to systematyczne i wielopłaszczyznowe działania prewencyjne w odniesieniu do procesów i operacji jednostkowych, gotowych produktów i usług podejmowane w miejscach powstawania zagrożeń dla ludzi i środowiska. Zarówno bilans zakładowy Input-Output jak i PCP pozwalają również na określenie przyczyn i skutków oddziaływania zakładów przemysłu spożywczego na środowisko obejmujących podstawowe kategorie, tj. zużycie zasobów surowcowych i energetycznych oraz emisję zanieczyszczeń gazowych i pyłowych, odpadów stałych, wód poprodukcyjnych i ścieków. Emitowane są hałas i promieniowanie elektromagnetyczne. Zależności pomiędzy bilansem Input-Output a środowiskiem naturalnym z uwzględnieniem przestrzennego zagospodarowania i udziału pracy ludzkiej zebrane zostały w postaci ośmiu kategorii.

3 i 4 – rys. 2), substancje niebezpieczne, surowce niezaliczanych do substancji niebezpiecznych a także surowce wtórne. Kategoria B zawiera emisje zanieczyszczeń do środowiska którymi są emisje zanieczyszczeń gazowych i pyłowych odprowadzanych do powietrza (poz. 5 – rys. 2), ścieki technologiczne (poz. 14 – rys. 2), odprowadzane do odbiornika (poz. 2 – rys. 2); stałe odpady technologiczne (niebezpieczne oraz inne niż niebezpieczne) jak strumień oddziaływań fizycznych (hałas, wibracje, promieniowanie; poz. 6 – rys. 2). Kategoria C obejmuje oddziaływanie strumieni wytworzonych produktów na środowisko naturalne. Uwzględnia całkowitą ilość wytworzonych produktów, opakowania bezwrotne stanowiąc integralną część wyrobów, wytwarzane substancje niebezpieczne oraz np. produkty, które po okresie użytkowania mogą stanowić odpad uciążliwy dla środowiska. Wybrane aspekty zagospodarowania przestrzennego zakładu oddziałującego na środowisko obejmuje kategoria D. Kategoria E obejmuje łączną wartość produktów wytwarzanych w zakładzie lub instalacji produkcyjnej. Kategoria F wyraża zużycie energii i wody z zastosowaniem formuł empirycznych lub modeli matematycznych. Zagrożenia spowodowane wybuchowością pyłów lub związaną z realizacją procesów i operacji produkcyjnych są objęte kategorią G. Ostatnią, jest kategoria U wyrażająca relacje między wyposażeniem technicznym zakładu produkcyjnego a udziałem pracy ludzkiej (tematyka poruszana w pracach: Korzeń, 2001; Maxime i in., 2006 oraz Wojdalski i Dróżdź, 2004). Bilans procesowy obejmuje przepływy surowców i energii w realizacji poszczególnych etapów procesu technologicznego w jednostce czasu. Bilans linii wyrobu (Life Cycle Assessment – LCA) obejmuje analizę cyklu życia produktu. Periodyk *The International Journal of Life Cycle Assessment* publikuje ocenę licznych problemów ekologicznych związanych z projektowaniem, procesem produkcyjnym i fazą konsumpcyjną/eksploatacyjną produktu kierowanego na rynek (np. Nilsson i in., 2010; Thomassen i in., 2008). Bilans lokalizacji i otoczenia przedsiębiorstwa obejmuje pozostałe działy i sfery działania przedsiębiorstwa uwzględniając ich relacje ze środowiskiem. Są to np. warsztaty i magazyny, obiekty towarzyszące (np. bazy transportowe, oczyszczalnie ścieków), budynki administracyjne lub miejsca składowania odpadów (Graczyk, 1996; Korzeń, 2001). Opracowanie ekobilansu może być źródłem danych o rozmiarach oddziaływań związanych z prowadzonymi procesami produkcyjnymi i pomocniczymi. Równocześnie może on posłużyć do wdrażania metod czystszej produkcji. Ekobilans procesów i operacji wytwarzania umożliwia:



Rys. 3. Przykład struktury bilansu ekologicznego przedsiębiorstwa
Fig. 3. Ecological input-output analysis

Każda z nich jest źródłem informacji i parametrów ekologicznych. Kategoria A obejmuje parametry strumieni zasilaających stanowiących: zużycie nośników energii i wody (poz.

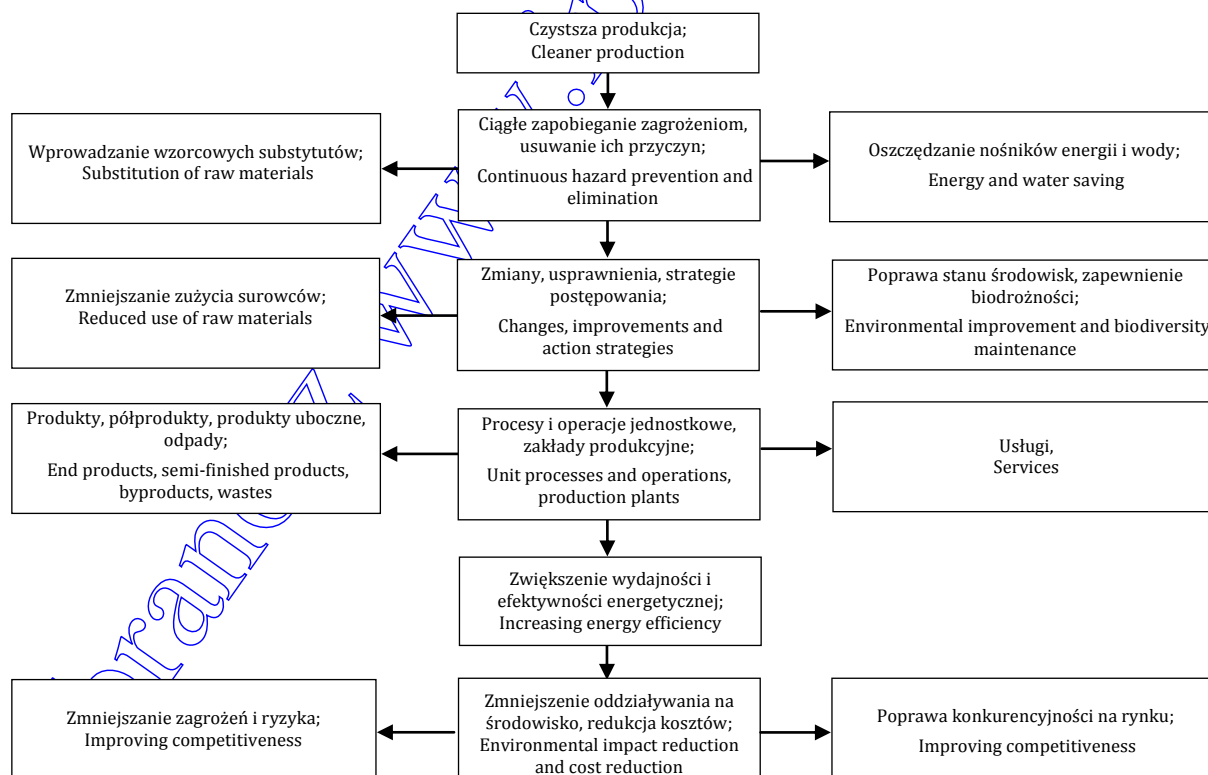
- rozpoznanie stanu i identyfikację potrzeb zakładów przemysłu spożywczego w zakresie gospodarki odpadami (przydatna może być praca Czyżyka i in., 2010),
- przyjęcie strategii i najlepszych rozwiązań z zakresu gospodarki wodno-ściekowej, gospodarki odpadami, zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery, porównywanie zużycia nośników energii i efektów środowiskowych, jakie mogłyby występować podczas wytwarzania nowych lub alternatywnych produktów,
- tworzenie baz danych zakresu zapotrzebowania na surowce i nośniki energii przydatne w benchmarkingu (np. przykładem są dane zawarte w tabelach 1 – 8 oraz publikacjach: Kaleta i Wojdalski, 2008; Neryng i in., 1990; Wojdalski, 2010; WS Atkins, 1998),
- tworzenie baz danych przydatnych w monitoringu emisji zanieczyszczeń.

Tabela 9. Składniki bilansu materiałowo-energetycznego z punktu widzenia ochrony środowiska

Table 9. Material and energy flows and environmental impacts

| Bilans materiałowo-energetyczny; Material and energy flows | |
|--|--|
| Wejście; Inputs | Wyjście; Outputs |
| MATERIAŁY - surowce produkcyjne pochodzenia roślinnego i zwierzęcego - półprodukty z innych gałęzi i branż przemysłu - surowce pomocnicze i komponenty - pozostałe materiały i surowce wtórne MATERIALS - raw materials of plant and animal origin - semi-finished products from other industrial sectors - auxiliary materials and components - other materials and recycled products | PRODUKTY - produkty podstawowe - produkty uboczne i pozostałości poprodukcyjne - półprodukty dalszego przerobu w innych branżach przemysłu spożywczego - odpady PRODUCTS - basic products - by-products and production remainders - semi-finished products for other sectors of the food-processing industry - wastes |
| ENERGIA/NOŚNIKI ENERGII - paliwa stałe - paliwa płynne - paliwa gazowe - woda - zakup lub wytwarzanie pary wodnej - energia elektryczna (zakup lub własne źródła kogeneracyjne) - energia ze źródeł odnawialnych - wykorzystanie odpadów (z produkcji) na cele energetyczne ENERGY/ENERGY CARRIERS - solid fuels - liquid fuels - gaseous fuels - water - purchase or generation of steam - electricity (purchase or local cogeneration sources) - energy from renewable sources - energy generation from production wastes | EMISJE MATERIAŁOWE - odpady z przemian nośników energii i surowców niespożywczych - ścieki, wody poprodukcyjne i osady ściekowe - spaliny - pyły i zanieczyszczenia gazowe (kociołownie) MATERIAL EMISSIONS - wastes from processing energy carriers and non-food raw materials - wastewater, spent water and sediments - exhaust gases - dust and gaseous pollutants (boiler plants) |
| | EMISJE ENERGETYCZNE - straty ciepła z aparatury produkcyjnej - hałas - promieniowanie elektromagnetyczne ENERGY EMISSIONS - heat loss from production equipment - noise - electromagnetic radiation |

W tabeli 10 przedstawiono przykłady analiz LCA dla różnych produktów żywnościowych.



Rys. 4. Związki przyczynowo-skutkowe we wdrażaniu programu czystszej produkcji (PCP)

Fig. 4. Causal relationships during the implementation of the cleaner production program (CPP)

Tabela 10. Przydatność metody LCA w kontekście zrównoważonego rozwoju i wdrażania metod czystszej produkcji

Table 10. Contribution of LCA to sustainable development and implementation of cleaner production methods

| Omawiane zagadnienia Subject | Źródło Source |
|---|--|
| Wszechstronna procedura dla oceny wykorzystania energii słonecznej w suszeniu żywności; General procedures for evaluating the use of solar energy in food drying | Augustus i in., 2002 |
| Zastosowanie metody badań, krytyczne aspekty dotyczące metod badawczych LCA, zmniejszanie emisji zanieczyszczeń; Research methodology, critical aspects relating to LCA research methodology, reduction of pollutant emissions | Baumgartner, 2011; Baumgartner i Zielowski, 2007; De Menna i in., 2015; Djekić i in., 2014; Fredga i Mäler, 2010; González-García i in., 2014; Grzesik, 2006; Henningsson i in., 2004; Maxwell i in., 2006; Maxwell i Vorst, 2003; Namyslak, 2012; Reap i in., 2008; |
| Produkcja i przetwórstwo mleka; Milk production and processing | Berlin, 2002; Flysjö i in., 2011; Hospido i in., 2003; Merets, 2002; Milani i in., 2011; Nielsen i Høier, 2009; Nilsson i in., 2010; Thomassen i in., 2008; |
| Biopaliwa; Biofuels | Azadi i in., 2012; Blottnitz i Curran, 2006; Jayasinghe i Hawboldt, 2012; Kim i in., 2012; |
| Przetwórstwo drobiarskie; Poultry processing | Davis i Sonesson, 2008; |
| Żywność jako źródło białka; Dietary sources of protein | Davis i in., 2010; |
| Przetwórstwo kawy; Coffee processing | De Monte i in., 2005; |
| Przydatność metody; Applicability of the method | Hospido i in., 2010; Keijzers, 2002; |
| Wykorzystanie biomasy; Uses of biomass | Dodić i in., 2010; Escobar i in., 2009; Majoch i Jabłońska, 2013; |
| Hodowla, produkcja i przetwórstwo mięsa; Livestock farming, meat production and processing | Konieczny i Uchman, 1997; Peters i in., 2010; Pezacki, 1991; |
| Produkcja metanolu z trzciny cukrowej; Methanol production from sugarcane | Renó i in., 2011; |
| Różne produkty żywnościowe; Various food products | Roy i in., 2007, 2009; Steinhoff-Wrześniewska i in., 2011; |
| Wskaźniki i wyznaczniki zrównoważonego rozwoju; Indicators and determinants of sustainable development | Maxime i in., 2006; Konieczny i Dobrucka, 2012; Veleva i in., 2001; Waas i in., 2010; |
| Ślad węglowy i ślad wodny; Carbon footprint and water footprint | Drastig i in., 2010; Konieczny i Pikul, 2011; Virtanen i in., 2011; |

Wykonanie bilansu ekologicznego umożliwia identyfikację wymienionych obszarów procesu produkcyjnego lub poszczególnych operacji, w których może być zmniejszona materiałochłonność i zwiększona efektywność energetyczna lub zmniejszenie emisji zanieczyszczeń. W tym kontekście należy zaznaczyć że niektórzy z autorów zwracają uwagę na uwarunkowania ekoelektywności i wprowadzania ekoinnowacji oraz wdrażania czystszej produkcji (Dvarionienė i in., 2012; Introna i in., 2014; Levidow i in., 2014; Prasad i in., 2004; Siebert i in., 2014; Vikhorev i in., 2012; Wojdalski i Drózdź, 2004, 2008). W pracy Grzybek (2003) przedstawiono wpływ stosowania różnych technologii na środowisko i energochłonność przetwórstwa owocowo-warzywnego. Poza przedsiębiorstwem bilans ekologiczny może być wymagany przy staraniach o pozwolenie zintegrowane wymagane przez jednostki samorządowe lub podczas kontroli przestrzegania standardów środowiskowych lub stosowaniu najlepszych dostępnych technologii BAT (Best Available Technology). Omawianej problematyce są też poświęcone publikacje Pawłowski (2006) oraz Malińskiej (2005), które częściowo posłużyły, jako inspiracja do przygo-

towania niniejszej pracy. Literatura przedstawiona poniżej może posłużyć w celu przeprowadzenia bardziej szczegółowych analiz lub określenia związków przyczynowo-skutkowych w zakresie oddziaływania zakładów produkcyjnych na środowisko.

Podsumowanie

Przedstawiono wybrane uwarunkowania energochłonności produkcji i przykłady uwzględniające przepływy materiałów i energii w gospodarce żywnościowej, obejmujących zakłady kilku branż przemysłu rolno-spożywczego. Opisano przykłady powiązań podmiotów gospodarczych w agroekosystemie ze szczególnym uwzględnieniem gorzelni rolniczych, zakładów spirytusowo-drożdżowych, cukrowniczych oraz mleczarskich. Przytoczono dane liczbowe dotyczące zużycia wybranych surowców, energii i wody oraz ilości odprowadzanych odpadów i pozostałości poprodukcyjnych. Zrównoważona gospodarka energią i środowiskiem w przemyśle rolno-spożywczym obejmuje głównie gospodarkę wodno-ściekową, emisję zanieczyszczeń do atmosfery oraz gospodarkę odpadami wraz poszukiwaniem możliwości ich prze-

tworzenia na nośniki energii, które można wykorzystywać w zakładzie produkcyjnym. Rodzaj obciążeń środowiska naturalnego zależy głównie od specyfiki danej branży i składu chemicznego przerabianych surowców. Problemy z zachowaniem wymagań ochrony środowiska szczególnie mogą dotyczyć nieprzestrzegania stawianych zaleceń i wymagań zawartych w normach i aktach prawnych o korzystaniu z zasobów środowiskowych. Ponadto dotyczą stosowania urządzeń i instalacji produkcyjnych niespełniających wymagań (standardów) ochrony środowiska lub braku pełnej analizy oddziaływania procesów i operacji technologicznych na środowisko. Cele i zadania postawione zakładom przemysłu rolno-spożywczego w zakresie ochrony środowiska, obejmują głównie spełnienie wymagań zawartych w aktach prawnych dotyczących korzystania z zasobów środowiska naturalnego, poszanowania nośników energii oraz stosowanie najlepszych dostępnych praktyk produkcyjnych (BAT) zalecanych przez Ministerstwo Środowiska i jednostki naukowo-badawcze. Zakłady produkcyjne powinny w miarę możliwości prowadzić bieżącą analizę procesów technologicznych obejmującą zużycie surowców i nośników energii, wytworzonych ścieków, odprowadzanych odpadów oraz emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Wskazane jest, aby zakłady produkcyjne nawiązywały kontakty z jednostkami naukowymi w celu wdrażania innowacji w zakresie zmniejszania energochłonności produkcji lub analizy przyczyn i skutków w tym zakresie. Do przeprowadzenia wielokryterialnej analizy oddziaływania zakładu produkcyjnego na środowisko może być bilans ekologiczny, obejmujący bilans zakładowy, procesowy, linii wyrobu oraz lokalizacji i otoczenia. Analiza właściwości odpadów biodegradowalnych i ich wykorzystanie na cele energetyczne może istotnie wpłynąć zarówno zmniejszenie wpływu środowisko jak też na zwiększenie efektywności energetycznej zakładów produkcyjnych analizowanych branż przetwórstwa surowców biologicznych. Opracowanie jest próbą syntezy dostępnej literatury z zakresu zrównoważonej gospodarki energią i środowiskiem w różnych branżach przetwórstwa rolno-spożywczego i zwięzłej charakterystyki czynników określających wpływ analizowanych branż na stan środowisko i poszukiwania sposobów wdrażania praktyk czystszej produkcji, zwiększania efektywności energetycznej produkcji oraz stosowania technologii małodopadowych.

Bibliografia

- Adamski, M., Pilarski, K., Dach, J. (2009). Możliwości wykorzystania wywaru gorzelnianego jako substratu w biogazowni rolniczej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 54(3), 10 – 15.
- Antoszek, J. (2004). Przemysł spożywczy a rozwój zrównoważony obszarów wiejskich województwa lubelskiego. *Annales Universitatis Mariae Curie - Skłodowska. Sectio B, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia*, 59, 257 - 272.
- Augustus, L.M., Kumar, S., Bhattacharya, S.C. (2002). A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(6), 367 – 393.
- Azadi, H., de Jong, S., Derudder, B., De Maeyer, P., Witlox, F. (2012). Bitter sweet: How sustainable is bio-ethanol production in Brazil? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(16), 3599-3603. DOI:10.1016/j.rser.2012.03.015.
- Baumgartner, R.J. (2011). Critical perspectives of sustainable development research and practice. *Journal of Cleaner Production*, 8(19), 783 – 786. DOI:10.1016/j.jclepro.2011.01.005.
- Baumgartner, R. J., Zielowski, C., (2007). Analyzing zero emission strategies regarding impact on organizational culture and contribution to sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 13-14(15), 1321 – 1327. DOI:10.1016/j.jclepro.2006.07.016.
- Bednarski, W. (2003). Biotechnologia i wykorzystanie produktów ubocznych, odpadów i ścieków przemysłu spożywczego i gastronomicznego. *Przemysł Spożywczy*, 7, 9 – 10.
- Berlin, J. (2002). Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. *International Dairy Journal*, 11(12), 939-953. DOI:10.1016/S0958-6946(02)00112-7.
- Bianchi, M., Cherubini, F., Pascale, A., De, Peretto, A., Elmgaard, B. (2006). Cogeneration from poultry industry wastes: Indirectly fired gas turbine application. *Energy*, 31, 1417- 1436. DOI:10.1016/j.energy.2005.05.028.
- Blottnitz, H. V., Cui, M. A. (2006). A review of assessments conducted on bio-ethanol as a transportation fuel from a net energy, greenhouse gas, and environmental life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 15, 607 – 19. doi:10.1016/j.jclepro.2006.03.002.
- Borowski, P., Gawron, J., Golisz, E., Kupczyk, A., Piechocki, J., Powalka, M., Redlarski, G., Samson-Bręk, I., Sikora, M., Szwarc, M., Tucki, K. (2014). Wpływ redukcji emisji CO₂ na funkcjonowanie sektorów biopaliw transportowych. Warszawa: Oficyna Wydawniczo-Poligraficzna ADAM. ISBN 978-83-7821-084-9.
- Borycka, B. (2009a). Ekologiczne aspekty współspalania biomasy z odpadów owocowo-warzywnych z węglem. *Energetyka i Ekologia*, 5, 386-390. http://elektroenergetyka.pl/upload/file/2009/6/elektroenergetyka_nr_09_06_e1.pdf
- Borycka, B. (2009b). Walory ekologiczne spalania biomasy z odpadów owocowo-warzywnych. *Energetyka i Ekologia*, 12, 847 – 851. http://elektroenergetyka.pl/upload/file/2009/12/elektroenergetyka_nr_09_12_e1.pdf
- Bosworth, M., Hummelsmose, B., Christiansen, K. (2000). *Cleaner Production Assessment in Dairy Processing*. Denmark: COWI Consulting Engineers and Planners AS, 17 – 21.
- Bożym, M., Florczak, I., Zdanowska, P., Wojdalski, J., Klimkiewicz, M. (2015). An analysis of metal concentrations in food wastes for biogas production. *Renewable Energy*, 77, 467 – 472. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.010>.
- Budny, J., Turowski, J. (2012). Oszczędzanie czy poszanowanie energii? Ekonomiczne, socjologiczne i etyczne aspekty gospodarki energią. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 4, 5 – 11.
- Burgess, P.J., Rivas, C.M., Gavu, J., Mead, A., Cockerill, T., Lord, R., van der Horst, D., Howard, D.C. (2012). A framework for reviewing the trade-offs between, renewable energy, food, feed and wood production at a local level. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews, 1(16), 129 – 142. DOI: [10.1016/j.rser.2011.07.142](https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.142).
- Calderan, R., Spiga, M., Vestrucci, P. (1992). Energy modeling of a cogeneration system for a food industry. *Energy*, 17(6), 609 – 616.
- Czyżyk, F., Strzelczyk, M., Steinhoff-Wrześniewska, A., Godzwon, J., Rajmund, A., Kołdras, J., Kaca, E. (2010). *Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz postępowania zalecanego postępowania w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym*. Falenty-Warszawa: MR i RW, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, 74 – 89. ISBN 978-83-62416-06-6.
- Davis, J., Sonesson, U. (2008). Life cycle assessment of integrated food chains—a Swedish case study of two chicken meals. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(13), 574 – 584. DOI: [10.1007/s11367-008-0031-y](https://doi.org/10.1007/s11367-008-0031-y).
- Davis, J., Sonesson, U., Baumgartner, D.U., Nemeček, T. (2010). Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. *Food Research International*, 7(43), 1874 – 1884. DOI: [10.1016/j.foodres.2009.08.017](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.08.017).
- Deja, A. (2001). Zadania przemysłu spożywczego z zakresu ochrony środowiska w świetle przepisów polskich i UE. Część II. *Przemysł Spożywczy*, 3, 54 – 56.
- De Menna, F., Vittuari, M., Molari, G. (2015). Impact evaluation of integrated food-bioenergy systems: A comparative LCA of peach nectar. *Biomass and Bioenergy*, 73, 48 – 61. DOI: [10.1016/j.biombioe.2014.12.004](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.12.004).
- De Monte, M., Padoano, E., Pozzetto, D. (2005). Alternative coffee packaging: an analysis from a life cycle point of view. *Journal of Food Engineering*, 4(66), 405 – 411. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2004.04.006](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.006).
- De Neve, S., Sleutel, S., Hofman, G. (2003). Carbon mineralization from composts and food industry wastes added to soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1(67), 13 – 20. DOI: [10.1023/A:1025113425069](https://doi.org/10.1023/A:1025113425069).
- Djekić, I., Miocinović, J., Tomasević I., Smigić N., Tomić N. (2014). Environmental life-cycle assessment of various dairy products. *Journal of Cleaner Production*, 68, 64 – 72. DOI: [10.1016/j.jclepro.2013.12.054](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.054).
- Dodić, S.N., Popov, S.D., Dodić, J.M., Ranković, J.A., Zavargo, Z.Z. (2010). Biomass energy in Vojvodina: Market conditions, environment and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(14), 862 – 867. DOI: [10.1016/j.rser.2009.10.019](https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.019).
- Drastig, K., Prochnow, A., Kraatz, S., Klaus, H., Plöchl, M. (2010). Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany). *Advances in Geosciences*, 27, 65 – 70. DOI: [10.5194/adgeo-27-65-2010](https://doi.org/10.5194/adgeo-27-65-2010).
- Dróżdź, B. (2011). Analysis of energy consumption in the small bakery. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture*, 58, 57 – 66.
- Dvarionienė, J., Kruopienė, J., Stankevičienė, J. (2012). Application of cleaner technologies in milk processing industry to improve the environmental efficiency. *Clean Technologies and Environmental Policy*. DOI: [10.1007/s10098-012-0518-x](https://doi.org/10.1007/s10098-012-0518-x).
- Dyrektywa (2009). 28/EC, http://www.ekoefekt.pl/dokumenty/dokument_9.pdf.
- Energy Performance Indicator Report: Fluid Milk Plants*. (2001). Prepared for the National Dairy Council of Canada. ISBN: 0-662-30820-4.
- Escobar, J.C., Lora, E.S., Venturini, O.J., Yáñez, E.E., Castillo, E.F., Almazan, O. (2009). Biofuels: Environment, technology and food security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6 – 7(13), 1275 – 1287. DOI: [10.1016/j.rser.2008.08.014](https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.014).
- Feng, X., Huang, L., Zhang, X., Liu, Y. (2009). Water system integration in a brewery. *Energy Conversion and Management*, 2(50), 354 – 359. DOI: [10.1016/j.enconman.2008.09.013](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.09.013).
- Fredga, K., Mäler, K-G. (2010). Life Cycle Analyses and Resource Assessments. *Ambio*, 1(39), 36 – 41. DOI: [10.1007/s13280-010-0063-y](https://doi.org/10.1007/s13280-010-0063-y).
- Flemmer, C. (2012). Environmental input-output analysis of the New Zealand dairy industry. *International Journal of Sustainable Development*, 15(4), 313 – 333. DOI: [10.1504/IJSD.2012.050030](https://doi.org/10.1504/IJSD.2012.050030).
- Florowski, T., Pisula, A. (2009). Produkcja biogazu z organicznych odpadów przemysłu mięsnego. *Przemysł Spożywczy*, 63, 10 – 16.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S. (2011). How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(16), 420 – 430. DOI: [10.1007/s11367-011-0283-9](https://doi.org/10.1007/s11367-011-0283-9).
- Gaworski, M. (2002). Effects of transformation of raw milk management system (model study). *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Agriculture – Agricultural Engineering*, 42, 37 – 43.
- Głaszczka, A., Wardal, W. A., Romaniuk, W., Domasiewicz, T. (2010). *Biogazownie rolnicze*. Monografia. Warszawa: MULTICO Oficyna Wydawnicza, ISBN 978-83-7073-432-9.
- González-García, S., Gomez-Fernández, Z., Dias, A.C., Feijoo, G., Moreira, M.T., Arroja, L. (2014). Life Cycle Assessment of broiler chicken production: a Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74, 125 – 134. DOI: [10.1016/j.jclepro.2014.03.067](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.067).
- Graczyk, M. (1996). *Od ekobilansów do eko-controllingu*. *Nowoczesne zarządzanie przedsiębiorstwem*. Zielona Góra: 80 – 85.
- Groot, J.J.R., Penning de Vries, F.W.T., Uithol, P.W.J. (1998). Food supply capacity study at global scale. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1 – 3(50), 181 – 189. DOI: [10.1023/A:1009788211315](https://doi.org/10.1023/A:1009788211315).
- Grzesik, K. (2006). Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA) – nowej techniki w ochronie środowiska. *Inżynieria Środowiska*, 11(1), 101 – 113.
- Grzybek, A. (2003). Wpływ wybranych technologii na środowisko i energochłonność przetwórstwa owocowo-warzywnego. Warszawa: KTR, PTIR, IBMER, 2(44), 56 – 153.
- Hadryjańska, B. (2008). The implementation of the sustainable development concept in agri-food companies. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 1(7), 99 – 108.
- Henningsson, S., Hyde, K., Smith, A., Campbell, M. (2004). The value of resource efficiency in the food industry: a waste minimisation project in East Anglia, UK. *Journal of Cleaner Production*, 5, 12, 505 – 512. DOI: [10.1016/S0959-6526\(03\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00104-5).

- Hospido, A., Davis, J., Berlin, J., Sonesson, U. (2010). A review of methodological issues affecting LCA of novel food products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 44 – 52. DOI:10.1007/s11367-009-0130-4.
- Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G. (2003). Simplified life cycle assessment of galician milk production. *International Dairy Journal*, 10(13), 783 – 796. DOI:10.1016/S0958-6946(03)00100-6.
- Hufendiek, K., Klemeš, J. (1997). Integracja procesów produkcyjnych browaru metodą Pinch Point Technology. *Gospodarka Paliwami i Energią*, 9, 22 – 25.
- IFC – World Bank Group. (2007). *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Dairy Processing*, 30, 1 – 15.
- Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S., Rotunno R. (2014). Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *Journal of Cleaner Production*, 83, 108 – 117. DOI:10.1016/j.jclepro.2014.07.001.
- Janosz-Rajczyk, M., Piotrowska, P. (2006). Biologiczna produkcja wodoru z odpadów. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 9, 301 – 314.
- Jayasinghe, P., Hawboldt, K. (2012). A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 798 – 821. DOI:10.1016/j.rser.2011.09.005.
- Jędrzejewska-Cicińska, M., Krzemieniewski, M., Kozak K. (2007). Innowacyjna technologia konwersji biodegradowalnych odpadów z przemysłu mleczarskiego (serwatka) do wysokoenergetycznych paliw gazowych (wodór, metan). *Energetyka*, 296 – 299.
- Jodkowski, W., Sitka, A., Wójs, K. (2010). Koncepcja poprawy bilansu energetycznego produkcji bioetanolu. *Archiwum Energetyki*, 10(3 – 4), 140-143.
- Kaleta A., Wojdalski J. (2008). *Przetwórstwo rolno-spożywcze. Wybrane zagadnienia inżynierijno-produkcyjne i energetyczne*. Warszawa: Wyd. SGGW. 182 – 198. ISBN 978-83-7244-809-4.
- Karcz, H., Kantorek, M., Kozakiewicz, A., Grabowicz, M., Szczepaniak, S. (2009a). Mączka zwierzęca paliwem do produkcji energii. *Recykling*, 18 – 21.
- Karcz, H., Kantorek, M., Kozakiewicz, A., Felga K. (2009b). Proces spalania mączki zwierzęcej. *Rynek Instalacyjny*, 90 – 93.
- Karcz, H., Kozakiewicz A. (2007). Sposób termicznej utylizacji odpadów zwierzęcych. *Energetyka*, 11, 823 – 831.
- Keijzers, G. (2002). The transition to the sustainable enterprise. *Journal of Cleaner Production*, 4(10), 349 – 359. PII: S0959-6526(01)00051-8.
- Kim, Y.S., Yoon, Y.M., Kim, C.H., Giersdorf, J. (2012). Status of biogas technologies and policies in South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5(16), 3430 – 3438. DOI:10.1016/j.rser.2012.02.075.
- Klemeš, J.J., Varbanov, P.S., Alwi, S.R.W.W., Manan, Z.A. (2014). Process Integration and Intensification: Saving Energy, Water and Resources. *Walter de Gruyter GmbH & Co KG*.
- Kłós, Z. (2013). Wykorzystanie ekobilansowych metod oceny oddziaływania na środowisko w odniesieniu do wybranych problemów sektora rolno-spożywczego. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1/4(5), 18 – 24.
- Konieczny, P., Dobrucka, R. (2012). Chemia dla środowiska i zrównoważonego rozwoju: zastosowania wybranych ekowskaźników. *Gaz, Woda, Technika Sanitarna*, 4, 188 – 191.
- 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), 51 – 64.
- Konieczny P., Pikul J., (2011). Przetwórstwo i dystrybucja żywności w zrównoważonym rozwoju: wybrane zastosowania wskaźnika śladu węglowego. *Gaz, Woda, Technika Sanitarna*, 7 – 8, 300 – 303.
- Konieczny, P., Szymański, M. (2004). Ścieki przemysłu spożywczego – charakterystyka, zagrożenia, korzyści. *Forum Eksploatatora*, 3 – 4, 19 – 23.
- Konieczny, P., Uchman, W. (1997). *Zakład mięsny a środowisko naturalne*. Poznań: Wyd. AR. 31 – 52. ISBN 83-7160-077-1.
- Kopeć, M., Gondek, K., Orłowska, K., Kulpa, Z. (2014). Wykorzystanie odpadów z ubojni drobiu do produkcji kompostu. *Inżynieria Ekologiczna*, 37, 143 – 150; DOI: 10.12912/2084139X.25.
- Kowalczyk – Juško, A., Sławińska M. (2011). *Efekt środowiskowy i ekonomiczny zamiany nośnika energii cieplnej w wybranym przedsiębiorstwie Przedsiębiorstwa wobec zmian klimatu*. Warszawa: Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, 7 – 8 kwietnia 2011.
- Korotinsky, V., Tanas, W., Garkusha, K., Garkusha, K. (2013). Prospects of development of bioenergetics in Belarus. *Teka. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture*, 13(1), 71 – 76. http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot13_1/Teka_13_1.pdf.
- Korzeń, Z. (2001). *Ekologistyka*. Poznań: 123 – 127.
- Kowalski, Z., Krupa-Żuczek, K. (2007). A model of the meat waste management. *Polish Journal of Chemical Technology*, 9(4), 91 – 97. DOI:10.2478/v10026-007-0098-4.
- Kozdrach, R., Stępień, A. (2014). Wykorzystanie odpadów organicznych z przemysłu spożywczego w procesach współspalania paliw w kotłach średniej mocy. *Instal*, 7(8), 29 – 35.
- Krzywonos, M., Borowski, P., Kupczyk A., Zabochnicka – Świątek, M. (2014). Ograniczenie emisji CO₂ poprzez stosowanie biopaliw motorowych. *Przemysł Chemiczny*, 7(93), 1124 – 1127. DOI:10.12916/przemchem.2014.1124.
- Kubicki, M. (1998). *Ochrona środowiska w przemyśle mleczarskim*. Warszawa: Wyd. FAPA, 27 – 28, 44 – 46. ISBN 83-910082-1-5.
- Kubicki, M. (2000). Warunki sprostania wymogom prawnym w zakresie ochrony środowiska z uwzględnieniem branży owocowo-warzywnej. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 10, 38 – 39.
- Kumider, J. (1996). *Utylizacja odpadów przemysłu rolno-spożywczego. Aspekty towaroznawcze i ekologiczne*. Poznań: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 9 – 33, ISBN 83-85530-63-0.
- Kumider, J., Zielnica J. (2006). *Bioenergetyka szansą dla środowiska naturalnego-wybrane zagadnienia*. Poznań: : Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 28 – 58. ISBN 83-7417-145-6.

- Laudański, A. (2007). *Analiza energochłonności produkcji cukru z krajanki buraczkanej*. Praca doktorska. Warszawa: WIP, SGGW.
- Ledakowicz, S., Krzystek, L. (2005). Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego. *Biotechnologia*, 3(70), 165 – 183. http://www.pfb.info.pl/files/kwartalnik/3_2005/Ledakowicz-Krzystek.pdf.
- Leszczyński, W. (2001). Materiały opakowaniowe z polimerów biodegradowalnych. *Przemysł Spożywczy*, 8, 81 – 84.
- Levidow, L., Lindgaard-Jørgensen, P., Nilsson, Å., Skenhall, S.A., Assimacopoulos, D. (2015). Process eco-innovation: assessing meso-level eco-efficiency in industrial water-service systems. *Journal of Cleaner Production*. (In Press) DOI:10.1016/j.jclepro.2014.12.086.
- Majoch, A., Jabłońska M.M. (2013). Bioodpady jako nowe źródło energii odnawialnej. *Nafta-Gaz*, 69, 673 – 682.
- Malińska, K. (2005). *Problemy ochrony środowiska w przedsiębiorstwach przemysłu spożywczego. Środowisko a Zdrowie*. VII Ogólnopolska Sesja Popularno-Naukowa. Częstochowa, 135 – 145.
- Maryniak, L. (2011). Kogeneracja w przemyśle spożywczym. *Power Industry-Energetyka i Przemysł. Dodatek Konferencyjny*, 2, 28 – 43.
- Maxime, D., Marcotte, M., Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14, 636 – 648. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.07.015.
- Maxwell, D., Sheate, W., van der Vorst, R. (2006). Functional and systems aspects of the sustainable product and service development approach for industry. *Journal of Cleaner Production*, 17(14), 1466 – 1479. DOI:10.1016/j.jclepro.2006.01.
- Maxwell, D., van der Vorst, R. (2003). Developing sustainable products and services. *Journal of Cleaner Production*, 8(11), 883 – 895. DOI:http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00164-6.
- Merete, E. (2002). Life cycle assessment (LCA) of industrial milk production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(2), 115 – 126. DOI :http://dx.doi.org/10.1065/lca2001.12.069.
- Milani, F.X., Nutter, D., Thoma, G. (2011). Environmental impacts of dairy processing and products: A review. *Journal of Dairy Science*, 9(94), 4242 – 4254. DOI: 10.3168/jds.2010-3955.
- Mirabella, N., Castellani V., Sala S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28 – 41. DOI:10.1016/j.jclepro.2013.10.051.
- Muller, C.J., Craig, I.K. (2014). Cooling Water System Modeling for Control and Energy Optimisation Purposes. In *Proceedings of the 19th IFAC World Congress, Cape Town, IFAC 10*, 3973 – 3978. <http://scl.hanyang.ac.kr/scl/database/papers/IFAC/2014/media/files/Y030.pdf>.
- Myczko, A., Myczko, R., Kołodziejczyk, T., Golimowska, R., Lenarczyk, J., Janas, Z., Kliber, A., Karłowski, J., Dolska, M. (2011). *Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych*. Warszawa-Poznań: Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. 57 – 73. ISBN 978-83-62416-23-3.
- Namyślak, Ł. (2012). Szacowanie wielkości emisji wybranych surowców energetycznych dla biogazowni z zastosowaniem metody LCA. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 78, 183 – 193.
- Neryng, A., Wojdalski, J., Budny, J., Krasowski, E. (1990). *Energia i woda w przemyśle rolno-spożywczym*. Warszawa: WNT, 92 – 129, 168 – 217, 279 – 302. ISBN 83-204-1075-4.
- Nielsen, P.H., Høier, E. (2009). Environmental assessment of yield improvements obtained by the use of the enzyme phospholipase in mozzarella cheese production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2(14), 137 – 143. DOI: 10.1007/s11367-008-0048-2.
- Nilsson, K., Flysjö, A., Davis, J., Sim, S., Unger, N., Bell, S. (2010). Comparative life cycle assessment of margarine and butter consumed in the UK, Germany and France. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9(15), 916 – 926. DOI:10.1007/s11367-010-0220-3.
- Nonhebel, S. (2005). Renewable energy and food supply: will there be enough land? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(9), 191 – 201. DOI:10.1016/j.rser.2004.02.003.
- Orszulik, E., Lenkiewicz, D. (2007). Mączki mięsno-kostne jako paliwo w kotłach rusztowych. *Archiwum Spalania*, 7(1-2), 1 – 12.
- Panno, D., Messineo, A., Dispenza, A. (2007). Cogeneration plant in a pasta factory: Energy saving and environmental benefit. *Energy*, 32, 746 – 754. DOI:10.1016/j.energy.2006.06.004.
- Pawłowski, A. (2006). Wielowymiarowość rozwoju zrównoważonego. *Problemy Ekorożwoju*, 1(1), 23 – 32.
- Peters, G.M., Wiedemann, S.G., Rowley H.V., Tucker, R.W. (2010). Accounting for water use in Australian red meat production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 3(15), 311 – 320. DOI:10.1007/s11367-010-0161-x.
- Perry, C. (2011). Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. *Agricultural Water Management*, 98, 1840 – 1846.
- Pezacki, W. (1991). *Przetwarzanie surowców rzeźnych*. Warszawa: PWN, 17 – 26, 107 – 145. ISBN 83-01-10287-X.
- Piacentino, A., Cardona, F. (2008). EABOT – Energetic analysis as a basis for robust optimization of trigeneration systems by linear programming. *Energy Conversion and Management*, 49, 3006 – 3016. DOI: 10.1016/j.enconman.2008.06.015.
- Piecuch, T. (1998). *Termiczna utylizacja odpadów i ochrona powietrza przed szkodliwymi składnikami spalin*. Koszalin: Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, 63 – 119.
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., Fári, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559 – 578. DOI:10.1016/j.rser.2014.01.056.
- Prasad, P., Pagan, R., Kauter, M., Price, N. (2004). *Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry*. St Lucia: The University of Queensland, Environmental Management Centre, 43 – 48, 57 – 66.
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., Abbasi, S.,A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(15), 4357 – 4360. DOI:10.1016/j.rser.2011.07.115.
- Rad, S.J., Lewis M.J. (2014). Water utilisation, energy utilisation and waste water management in the dairy industry:

- A review. *International Journal of Dairy Technology*, 67, 1 – 20. DOI:10.1111/1471-0307.12096.
- Reap, J., Roman, F., Duncan, S., Bras, B. (2008). A survey of unresolved problems in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(13), 374 – 388. DOI: 10.1007/s11367-008-0009-9.
- Renó, M.L.G., Lora, E.S., Palacio, J.C.E., Venturini, O.J., Buchgeister J., Almazan O. (2011). A LCA (life cycle assessment) of the methanol production from sugarcane bagasse. *Energy*, 6(36), 3716 – 3726. DOI: 10.1016/j.energy.2010.12.010.
- Report, (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development*. General Assembly Resolution 42/187, 11 December.
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T. (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 1(90), 1 – 10. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016.
- Roy, P., Shimizu, N., Okadome, H., Shiina, T., Kimura, T. (2007). Life cycle of rice: Challenges and choices for Bangladesh. *Journal of Food Engineering*, 4(79), 1250 – 1255. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.017.
- Seroka-Stolka, O. (2013). Attitudes of students towards corporate social and environmental responsibility. *Teka. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture*, 13(1), 155 – 160. http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot13_1/Teka_13_1.pdf.
- Siebert, L.C., Yamakawa, E.K., Aoki, A.R., Ferreira, L.R., Santos, P.A., Silva, E.J., Filipini, F.A. (2014). *Energy efficiency indicators assessment tool for the industry sector*. In Transmission & Distribution Conference and Exposition-Latin America (PES T&D-LA), 2014 IEEE PES. 1 – 6. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6955242&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D6955242.
- Skowron-Grabowska, B. (2014). Strategiczne uwarunkowania zrównoważonego transportu przedsiębiorstw. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 3, 24 – 32.
- Sobański R. (1998). *Prawa człowieka w państwie ekologicznym*. Warszawa: Wyd. Akademii Teologii Katolickiej. ISBN 83-7072-116-8.
- Staroń, A., Kowalski, Z., Banach, M., Wzorek, Z. (2010). Sposoby termicznej utylizacji odpadów z przemysłu mięsnego. *Czasopismo Techniczne. Chemia*, 107, 323 – 332.
- Steinhoff-Wrześniewska, A., Strzelczyk, M., Czyżyk, F. (2011). Gospodarka materiałowo-odpadowa w przemyśle piwowarskim. *Nauka Przyroda Technologia*, 5(4), 1 – 7. http://www.npt.up-poznan.net/pub/art_5_47.pdf.
- Steinhoff-Wrześniewska, A., Rajmund, A., Godzwon, J. (2013). Water consumption in selected branches of food industry. *Inżynieria Ekologiczna*, 32, 164 – 171. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-a0e4fa8e-8815-4ff5-aaf7-aa4e7520af6e>.
- Strzelczyk, M., Steinhoff-Wrześniewska, A., Rajmund, A. (2010). Indicators of water consumption and the quantity of wastewater formed in selected branches of food industry. *Polish Journal of Chemical Technology*, 12(4), 6 – 10. DOI:10.2478/v10026-010-0040-z.
- Tassou, S.A., Chaer, I., Sugiarta, N., Ge, Y.T., Marriott D. (2007). Application of tri-generation systems to the food retail industry. *Energy Conversion and Management*, 48, 2988 – 2995. DOI: 10.1016/j.enconman.2007.06.049.
- Thomassen, M.A., Dalgaard, R., Heijungs, R., Boer, I. (2008). Attributional and consequential LCA of milk production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(4), 339 – 349. DOI:10.1007/s11367-008-0007-y.
- Urban, R. (2002). Problemy modernizacji i restrukturyzacji przemysłu utylizacyjnego. *Przemysł Spożywczy*, 3, 33 – 35.
- Van Dyk, J.S., Gama, R., Morrison, D., Swart, S., Pletschke, B.I. (2013). Food processing waste: Problems, current management and prospects for utilisation of the lignocellulose component through enzyme synergistic degradation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 521 – 531. DOI:10.1016/j.rser.2013.06.016.
- Veleva, V., Hart, M., Greiner, T., Grumley, C. (2001). Indicators of sustainable production. *Journal of Cleaner Production*, 5(9), 447 – 452. DOI:10.1016/S0959-6526(01)00004-X.
- Vikhorev, K., Greenough, R., Brown, N. (2012). An Advanced Energy Management Framework to Promote Energy Awareness; http://www.iesd.dmu.ac.uk/~kvikho/papers/Vikhorev_12Advanced.pdf.
- Virtanen, Y., Kurppa, S., Saarinen, M., Katajajuuri, J.M., Usva, K., Mäenpää, L., Mäkelä, J., Grönroos, J., Nissinen, A. (2011). Carbon footprint of food – approaches from national input-output statistics and a LCA of a food portion. *Journal of Cleaner Production*, 16(19), 1849 – 1856. DOI:10.1016/j.jclepro.2011.07.001.
- Vourch, M., Balannec, B., Chaufer, B., Dorange, G. (2008). Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. *Desalination*, 219, 190 – 202. DOI:10.1016/j.desal.2007.05.013.
- Waas, T., Verbruggen, A., Wright, T. (2010). University research for sustainable development: Definition and characteristics explored. *Journal of Cleaner Production*, 7(18), 629 – 636. DOI:10.1016/j.jclepro.2009.09.017.
- Wang, L. (2013). *Energy Consumption and Reduction Strategies in Food Processing, in Sustainable Food Processing*, UK: John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, (eds B. K. Tiwari, T. Norton and N. M. Holden), DOI:10.1002/9781118634301.ch16.
- Wang, L. (2014). Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Efficiency*, 7(5), 791 – 810. DOI:10.1007/s12053-014-9256-8.
- Wasilewski, R., Stelmach, S. (2009). Przetwarzanie odpadów innych niż niebezpieczne w celu odzysku energii w województwie śląskim. *Problemy Ekologii*, 4, 190.
- Wojdalski, J., Drózd, B. (2014). *Audyt energetyczny i zmniejszanie energochłonności produkcji* (rozdział 6. w monografii: Postęp technologiczny, żywieniowy i jakościowy w produkcji pasz i karm. Wybrane zagadnienia - monografia pod red. K. Zawiślaka i P. Sobczaka). Lublin: Polskie Stowarzyszenie Producentów i Dystrybutorów Karmy dla Zwierząt Towarzyszących, 63 – 91. ISBN 978-83-63761-44-8.
- Wojdalski, J., Drózd, B. (2004). Podstawy analizy oddziaływania zakładu przemysłu rolno-spożywczego na środowisko. *Inżynieria Rolnicza*, 5(60), 363 – 371.
- Wojdalski, J., Drózd, B. (2008). Ekoefektywność przemysłu mleczarskiego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 1, 89 – 92.
- Wojdalski, J., Drózd, B., Piechocki, J., Gaworski, M., Zander, Z., Marjanowski, J. (2013). Determinants of Water Con-

- sumption in the Dairy Industry. *Polish Journal of Chemical Technology*, 2, 61 – 72. DOI: [10.2478/pjct-2013-0025](https://doi.org/10.2478/pjct-2013-0025).
- Wojdalski, J., Dróżdź, B., Żelaziński, T. (2012). *Zrównoważona gospodarka energią i środowiskiem w przetwórstwie rolno-spożywczym*. Mierzęcin: Materiały XXXI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Problemy gospodarki energią i środowiskiem w mleczarstwie”. Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne „Energia i środowisko w mleczarstwie” – UW-M w Olsztynie. 4 – 7; 31 – 49.
- Wojdalski, J., (2010). *Użytkowanie maszyn i aparatury w przetwórstwie rolno-spożywczym*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 334 – 341. ISBN 978-83-7583-166-5.
- WS Atkins International (1998). *Ochrona środowiska w przemyśle rolno-spożywczym. Standardy środowiskowe*. Warszawa: FAPA, 46 – 49; 62 – 65; 77; 80; 86 – 87.
- WS Atkins – Polska (2005). *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) wytyczne dla branży mleczarskiej*. Warszawa: Ministerstwo Ochrony Środowiska, 23-27.
- Wzorek, M. (2008). Paliwo na bazie mączki mięsno – kostnej - właściwości i możliwości zastosowania. *Archiwum Spalania*, 8(1-2), 1 – 8.
http://pl.wikipedia.org/wiki/Zr%C3%B3wnowa%C5%BCony_rozw%C3%B3j.
- Zander, Z., Dajnowiec, F., Zander, L. (2010). Water in food industry. *Przemysł Spożywczy*, 64(11), 27 – 31.

Podziękowanie

Składamy podziękowanie Recenzentom za wnikliwe uwagi, które przyczyniły się podniesienia wartości merytorycznej artykułu.

Janusz Wojdalski

Katedra Organizacji I Inżynierii Produkcji,
Wydział Inżynierii Produkcji SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 164,
tel. 22 59 345 79

janusz_wojdalski@sggw.pl;

skype: januszwojdalski