

Infrastruktura i Środowisko. Wydawnictwa Wewnętrzne Instytutu Morskiego w Gdańsku nr 6825, 43-45. **4. Bonner W.N.**, 1971 – An aged grey seal (*Halichoerus grypus*). J. Zool. 164, 261-262. **5. Bonner W.N.**, 1979 – Mammals in the seas. Vol. II. Pinniped Species Summaries and Report on Sirenians. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, 90-93. **6. Galatius A., Ahola M., Härkönen T., Jüssi I., Jüssi M., Karlsson O., Verevkin M.**, 2015 – Guidelines for seal abundance monitoring In the HELCOM area 2014. **7. Gójska A., Pawliczka I., Pawlaczyk P.**, 2012 – Program ochrony foki szarej – projekt. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko. **8. Halkka A., Helle E., Helander B., Jüssi I., Jüssi M., Karlsson O., Soikkeli M., Stenman O., Verevkin M.**, 2005 – Numbers of grey seals counted in censuses in the Baltic Sea, 2000-2004. Abstract. Symposium on the biology and management of seals in the Baltic Area. 15-18 February 2005, Helsinki, Finland, 16-17. **9. Harding K.C., Härkönen T.J.**, 1999 – Development in the Baltic grey seal (*Halichoerus grypus*) and ringed seal (*Phoca hispida*) populations during the 20th century. Ambio 28, 619-627. **10. Harding K.C., Härkönen T., Helander B., Karlsson O.**, 2007 – Status of Baltic grey seals: Population assessment and extinction risk. NAMMCO Sci. Publ. 6, 33-56. **11. Härkönen T., Galatius A., Harding K., Karlsson O., Ahola M., Avellan L.**, 2015 – Population trends and abundance of seals – HELCOM core indicator report. **12. Helle E.**, 1980 – Lowered reproductive capacity in female ringed seals (*Pusa hispida*) in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea, with special reference to uterine occlusions. Finn. Zool. Fennici. 17, 147-158. **13. Hever H.R.**, 1964 – The determination of age, sexual maturity, longevity and a lifetable In the grey seal (*Halichoreus grypus*). Proc. Zool. Soc. Lond. 142, 593-624. **14.** <http://stateofthebalticsea.helcom.fi/biodiversity-and-its-status/marine-mammals/#grey-seal> **15.** <http://www.fokarium.pl/fokarium/projekt.htm> **16. Jensen S., Johnels A.G., Olsson M., Otterlind G.**, 1969 – DDT and PCB in marine animals from Sweden. Nature 224, 247-250. **17. Jensen S.,**

Kihlström J.E., Olsson M., Lundberg C., Örberg J., 1977 – Effects of PCB and DDT on Mink (*Mustela vison*) during the reproduction season. Ambio 6, 239. **18. Jüssi I., Jüssi M.**, 1997 – Estonian National Report. HELCOM SYMPOSIUM “Seals and Fisheries”, Geta, Åland, 1995. Presented at HELCOM SEAL 1997. **19. Karlsson O., Helander B.**, 2005 – Development of the Swedish Baltic grey seal stock 1990-2004. Abstract. Symposium on the biology and management of seals in the Baltic Area. 15-18 February 2005, Helsinki, Finland, p. 21. **20. Königson S., Lundstrom K., Hemmingsson M., Lunneryd S.G., Westerberg H.**, 2006 – Feeding preferences of harbour seals (*Phoca vitulina*) specialised in raiding of fishing gear. Aquatic Mammals 32, 152-156. **21. Kuklik M.**, 2005 – Helska Bliza – dwutygodnik Stowarzyszenia „Przyjaciele Helu”, nr 5/6 (193/194). **22. Kuklik I., Skóra R.K.**, 2007 – Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000. Podręcznik metodyczny. Tom 6. Gatunki zwierząt (z wyjątkiem ptaków). Foka szara. s. 431-435. **23. Lunneryd S.G., Fjälling A., Westerberg H.**, 2003 – A large-mesh salmon trap; a way of mitigating seal impact on a coastal fishery. ICES J. Marine Sci. 60, 1194-1199. **24. Makomaska-Juchiewicz M.**, 2010 – Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny. Część I. GIOŚ, Warszawa. **25. Opiola R.**, 2016 – Foka szara *Halichoerus grypus* (ang. Grey seal) 1364 (<http://morskiesiedliska.gios.gov.pl/pl/o-programie/monitoring-ssakow/powierzchnie-monitoringowe/19-foka-szara>). **26. Pawliczka I., Górski W., Hylla-Wawryniuk A.**, 2012 – Ocena stanu ochrony gatunku foka szara *Halichoerus grypus* w obszarach NATURA 2000 w rejonie Zatoki Gdańskiej. Stacja Morska Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego. WWF Polska. **27. Platt N.E., Prime J.H., Whittames S.R.**, 1974 – The age of the Grey seal at the Farne Islands. ICES C.M. 1974/N:3, 7. **28. Ropelewski A.**, 1959 – Foki u polskich brzegów Bałtyku. Wszechświat 6, 171-173. **29. Saundry P., Hogan C.M.**, 2012 – Grey seal. [In:] Encyclopedia of Earth (eds. J. Cutler). Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). **30. Wołk K.**, 1976. Bałtycka foka. Przyroda Polska 10, 26-27.



Biogospodarka, przemysł rolno-spożywczy, zrównoważony rozwój – wybrane zagadnienia

Janusz Wojdalski^{1,4,5}, Roman Niżnikowski^{2,4}, Karol Krajewski³, Tomasz Żelaziński¹

¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
²Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Zwierzętach, Katedra Szczegółowej Hodowli Zwierząt
³Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie
⁴Stowarzyszenie na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju Polski w Warszawie
⁵Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Energia i Środowisko w Młeczarstwie w Olsztynie

Biogospodarka swoim zasięgiem obejmuje produkcję i przetwarzanie odnawialnych surowców biologicznych oraz przetwarzanie powstających w procesie ich przetwarzania odpadów w produkty o wartości dodanej, takich jak żywność, pasze, bioenergia i bioprodukty. Obejmując rolnictwo, hodowlę

zwierząt, przemysł spożywczy, leśnictwo, przemysł chemiczny, biotechnologię i energetykę, biogospodarka wpisuje się w zrównoważony i trwały rozwój (*sustainable development*). Zrównoważony rozwój to rozwój społeczno-gospodarczy, w którym występuje integracja działań gospodarczych i społecznych z zachowaniem praw człowieka, równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych i środowiskowych, mający na celu zapewnienie realizacji potrzeb obecnej generacji bez naruszania możliwości zaspokajania potrzeb następnych pokoleń. Rozwój zrównoważony może być też traktowany jako proces, w którym uwzględnia się cztery zasadnicze aspekty: ekonomiczny, ekologiczny, społeczny i zagospodarowanie przestrzenne (rys. 1).



Rys. 1. Wielowymiarowe i interdyscyplinarne aspekty rozwoju zrównoważonego

Agroekosystem (jako układ ekologiczny poddany stałemu działaniu agrotechnicznemu człowieka, różniący się od naturalnych ekosystemów tym, że główną rolę wśród producentów spełniają rośliny uprawne) wraz z przemysłem rolno-spożywczym są ściśle związanymi komponentami życia gospodarczego wraz z licznymi uwarunkowaniami natury biotechnicznej. 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. Przemysł rolno-spożywczy jest podzielony na 20 branż. Specyfika branżowa może stanowić zróżnicowane pod względem uciążliwości źródło zagrożeń dla poszczególnych elementów środowiska naturalnego – gleby, wody, powietrza, roślin, zwierząt i człowieka. Problematyka ochrony środowiska w przemyśle spożywczym obejmuje gospodarkę wodno-ściekową, użytkowanie nośników energii, zagospodarowanie produktów ubocznych, gospodarkę odpadami ze szczególnym uwzględnieniem odpadów pochodzenia organicznego, ochronę powietrza przed zanieczyszczeniami (zwłaszcza pyłowymi), ochronę gleby oraz zmniejszanie emisji hałasu. 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. Akty prawne UE dotyczące ochrony środowiska nakładają 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 emisji gazów cieplarnianych, racjonalne wykorzystanie gruntów, ochronę biosfery oraz zrównoważony rozwój społeczny. 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 dość dużym stopniem rozproszenia oraz dużą liczbą małych i średnich zakładów. 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. Podstawowym zadaniem w zakresie ochrony środowiska wymagany od zakładów przetwórstwa żywności jest ograniczenie poboru wody i zmniejszanie ilości ścieków, emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz wytwarzania odpadów. Jest to możliwe poprzez kontrolę poszczególnych procesów produkcyjnych i analizę możliwości wprowadzania. 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 dostęp-

nych technik produkcyjnych – BAT (*Best Available Technology*), które wprawdzie nie mają charakteru obligatoryjnego, lecz dostarczają wiedzy uwzględniającej najnowsze wyniki badań naukowych oraz różne rozwiązania zweryfikowane w podobnych zakładach danej branży [11].

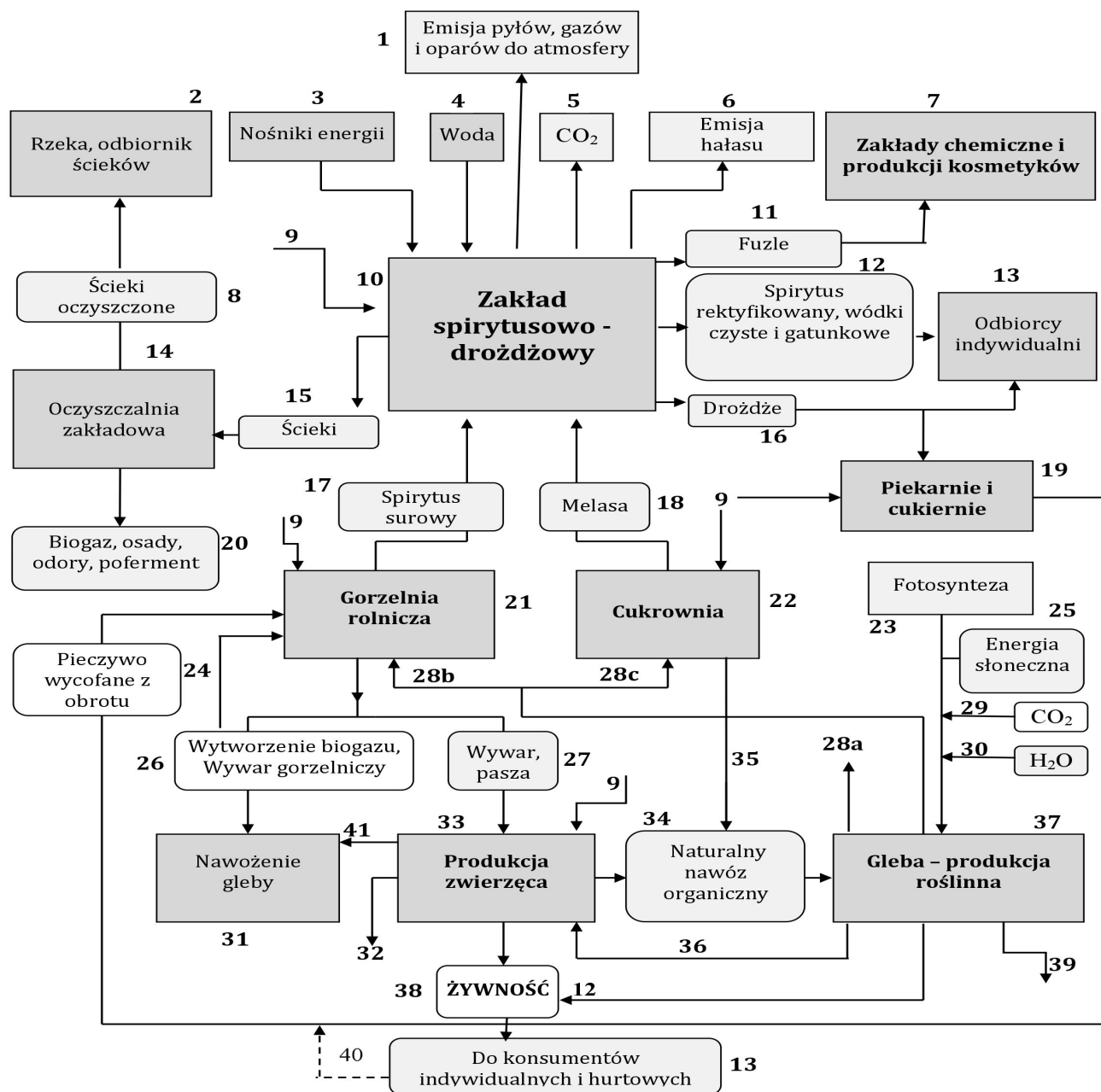
Podstawowym zadaniem w zakresie ochrony środowiska wymagany od przedsiębiorstw produkcji i przetwórstwa żywności jest zmniejszanie poboru wody i odprowadzania ścieków, emisji odorów i zanieczyszczeń do powietrza oraz wytwarzania odpadów. Ciągła kontrola poszczególnych etapów procesu technologicznego i analiza możliwości wdrażania usprawnień mogą doprowadzić do zmniejszenia skutków oddziaływania procesu produkcyjnego, a tym samym poszczególnych instalacji produkcyjnych lub całego zakładu na środowisko. Ponadto istotną pomoc mogą stanowić poradniki z zakresu stosowania najlepszych dostępnych technik produkcyjnych, które wprawdzie nie mają charakteru obligatoryjnego, lecz dostarczają wiedzy uwzględniającej najnowsze wyniki badań naukowych oraz różne rozwiązania zweryfikowane w podobnych przedsiębiorstwach produkcyjnych danej branży.

W artykule przedstawiono wybrane przykłady uwzględniające przepływy materiałów i energii w gospodarce żywnościowej, obejmujące różne jej obiekty i zakłady kilku branż przemysłu rolno-spożywczego, a także związałą charakterystykę najważniejszych aspektów pracy tych zakładów produkcyjnych, mających wpływ na stan środowiska oraz najnowsze pozycje literatury z zakresu zrównoważonej gospodarki energią i środowiskiem w przetwórstwie rolno-spożywczym.

Powiązania podmiotów i przepływy nośników energii w agroekosystemie oraz ekologiczne aspekty przetwórstwa rolno-spożywczego

Przemysł rolno-spożywczy oraz zakłady utylizacyjne i produkcji żelatyny, wykorzystując surowce pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego stają się współuczestnikami przemian materiałów i energii w agroekosystemie. Uwzględniając powiązania z rolnictwem i uwarunkowania lokalizacyjne zakładów produkcyjnych można uwzględnić najważniejsze przepływy materiałowe i energetyczne oraz emisję odpadów i zanieczyszczeń. Ze względu na złożony charakter problematyki, na rysunku 2. przedstawiono wybrane powiązania pomiędzy rolnictwem, produkcją zwierzęcą i zakładami kilku branż w kontekście wybranych aspektów zrównoważonej gospodarki energią i środowiskiem.

Dostarczanie nośników energii i wody wyrażają strumienie (3 i 4). Zaopatrzenie poszczególnych przedsiębiorstw w surowce i materiały pomocnicze wyrażają pozycje (9). Uwzględniono zakład spirytusowo-drożdżowy (10), piekarski i cukierniczy (19), gorzelnię rolniczą (21), cukrownię (22), zakład chemiczny i produkcji kosmetyków (7) oraz naturalne powiązania pomiędzy produkcją roślinną i zwierzęcą a otoczeniem (24, 26, 27, 35, 36, 41). Surowce roślinne wyrażono strumieniami (28). Ziarno zbóż (28a) jest dostarczane do zakładów młynarskich. Produkt jest odbierany przez obiekty (19). Pozycja (28b) stanowi ziemniaki, kukurydzę, zboże i inne źródła węglowodanów przetwarzane w gorzelniach lub zakładach spirytusowo-paszowych (21). Buraki cukrowe (28c) są przetwarzane w zakładach (22). Żywność do bezpośredniego spożycia i przetwarzania oraz produkty wykorzystywane w innych gałęziach i branżach przemysłu są kierowane strumieniami (12, 13, 16, 32, 39, 40) oraz np. jako substraty (12, 16). W procesach produkcji oprócz produktu głównego występują pozostałości o różnym składzie chemicznym i substancje, których wytworzenie nie jest celem danego procesu, lecz ubocznym skutkiem jego prowadzenia. Pozostałości te, zależnie od właściwości, mogą być uznawane jako produkty uboczne lub odpady. Produkty uboczne są też określane jako produkty i mate-



Rys. 2. Przykłady powiązań pomiędzy rolnictwem i przetwórstwem spożywczym z uwzględnieniem przepływów surowców, materiałów i energii

riały uzyskiwane w toku danego procesu, o składzie lub właściwościach istotnie różnych od wytworzonych towarów i które nadają się do obrotu towarowego. Pozostałości jako produkty danego procesu produkcyjnego, o składzie różniącym się od produktów finalnych, mogą być poddawane komercjalizacji. Do tej grupy zaliczane są np. fuzle (11), melasa (18), wywar (27) i nawóz organiczny (34). Z wymienionej grupy pochodzą substraty do produkcji biopaliw. Dotyczy to np. etanolu (12) stosowanego w reakcji transestryfikacji olejów roślinnych w zakładach chemicznych (7). Biogaz (20) może pochodzić z oczyszczalni ścieków (14), jak i przerobu odchodów organicznych z produkcji zwierzęcej (32). Wykorzystanie biogazu jako paliwa powstałego z wywaru (26) – produktu ubocznego powstającego przy produkcji etanolu, umożliwia poprawę bilansu energetycznego gorzelni (21). Wywar ten może mieć także zastosowanie jako pasza w postaci DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles*) (27). Pieczywo wycofane z obrotu (24) i przeterminowane produkty węglowodanowe (40)

częściowo z węzła (19) mogą być przerabiane w gorzelni. W niewielkim stopniu może to dotyczyć wyłoków jabłkowych zawierających w swoim składzie cukry, jako substrat w fermentacji alkoholowej. Strumienie różnych zanieczyszczeń objęto pozycjami (1, 2, 5, 6, 8, 15, 20, 26) i częściowo (31). Pozycje (21, 23, 25, 29, 30, 32, 36, 37 i 39) tworzą także obieg materiałowo-energetyczny agroekosystemu.

Z wymienionymi przepływami materiałów i energii mają związek pojęcia „gospodarka o obiegu zamkniętym”, „odzysk” i „recykling”. Oznaczają one różne działania polegające na pełnym lub częściowym wykorzystaniu odpadów lub umożliwiające odzyskanie z odpadów substancji materiałów lub nośników energii i ich wykorzystaniu. Forma odzysku (recykling) polega na powtórnym przetworzeniu substancji zawartych w odpadach poprodukcyjnych, w celu uzyskania substancji lub materiałów o przeznaczeniu pierwotnym lub innym (w tym recykling organiczny), z wyjątkiem odzysku energii. 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. Przykłady zastosowania kogeneracji w zakładach drobiarskim i mleczarskim zawarto w pracach Bianchi i wsp. [1] oraz Leal i Silveira [22]. Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego przedstawili Ledakowicz i Krzystek [23] oraz Myczko i wsp. [27].

Zarys problematyki energetycznej i materiałowo-odpadowej w hodowli bydła mlecznego (31) i produkcji mleczarskiej (po przekroczeniu wężła 37) zawarto w tabelach 1-4. Peters i wsp. [30] przedstawili bilans gospodarki wodą przy produkcji czerwonego mięsa w Australii.

Tabela 1
Zużycie materiałów (w okresie rocznym) w gospodarstwach zajmujących się chowem bydła [7]

Rodzaj	Zużycie w gospodarstwach utrzymujących	
	krowy mleczne	stado młodzięży do roku
Pasza (Mg/szt.)	20-24	3,6-5,5
Woda (m³/szt.)	21,7-36,2	1,8-2,77
Słoma (Mg/szt.)	1,5-3,5	0,8-1,2
Olej napędowy (dm³/DJP)	40-55	
Dodatki mineralne do paszy (kg/szt.)	20-55	
DJP – współczynnik przeliczeniowy zwierząt gospodarskich (duża jednostka przeliczeniowa)		

Tabela 2
Pozostałości powstające (w okresie rocznym) w gospodarstwach zajmujących się chowem bydła [7]

Rodzaj	Liczba w gospodarstwach utrzymujących	
	krowy mleczne	stado młodzięży do roku
Obornik (Mg/szt.)	10-15	3-6
Upadki (%)	7	
Odpadowa tkanka zwierzęca (Mg/DJP)	0,02	
Straty pasz (%)	2-12	
Odpady z tworzyw sztucznych (Mg)	0,8-1,7	
Złom¹ (Mg)	1-3,5	
Filtry olejowe¹ (szt.)	5-20	
Baterie i akumulatory¹ (szt.)	3-6	
Zużyte opony¹ (szt.)	3-8	

¹Ilości zmienne w latach, zależnie od wyeksploatowania urządzeń

Tabela 3
Zużycie nośników energii i materiałów w przemyśle mleczarskim

Rodzaj	Zużycie			Źródło
	min.	średnia	maks.	
Dodatki kg/(tys. l)		0,44		
Gaz ziemny (m³/tys. l)	17,46	45,84	100,22	
Środki myjące i dezynfekujące (kg/tys. l)	4,34	6,30	13,10	[7]
tworzywa sztuczne (kg/tys. l)	0,46	1,53	5,16	
aluminium (kg/tys. l)	0,21	0,22	0,23	
Energia elektryczna (kWh/tys. l)	30,7	–	50,7	[16]
Energia cieplna (GJ/tys. l)	1,09	–	3,41	

Tabela 4
Pozostałości i odpady w przemyśle mleczarskim [7]

Rodzaj	Ilość		
	min.	średnia	maks.
Ścieki (m³/tys. l)	1,17	3,00	4,69
Serwatka¹ (Mg/Mg)	0,76	0,84	0,86
Surowce i produkty nienadające się do spożycia i przetwarzania (kg/tys. l)	0,23	0,91	1,11
Osady z zakładowych oczyszczalni ścieków (kg/tys. l)		0,90	
Niebezpieczne (kg/tys. l)		0,27	
Niesegregowane komunalne (kg/tys. l)		1,23	
Opakowania wielomateriałowe (kg/tys. l)	0,06	0,16	0,22
Opakowania z papieru i tektury (kg/tys. l)	0,31	0,54	0,80
Opakowania z tworzyw sztucznych (kg/tys. l)	0,03	0,07	0,27
Opakowania z drewna (kg/tys. l)	0,003	0,09	0,27

¹Ilość serwatki powstająca z mleka wykorzystanego do produkcji serów

Gospodarka wodno-ściekowa

Zakłady przemysłu spożywczego zaopatrują się w wodę korzystając głównie z własnych ujęć wód podziemnych (rys. 2, poz. 4). Szacuje się, że największą ilość wody zużywa się na mycie surowców, szczególnie w przetwórstwie buraków cukrowych czy ziemniaków. W niektórych zakładach może ono stanowić do 50% całkowitego zużycia wody. Równie duży udział może mieć zużycie wody na cele chłodnicze, zwłaszcza w niektórych zakładach mleczarskich. Wiele zakładów nie prowadzi bieżących analiz zużycia wody zarówno na różnych etapach realizacji procesów produkcyjnych, jak też w skali całych obiektów. Ścieki pochodzące z zakładów przemysłu spożywczego powstają na różnych etapach przerobu surowców i procesów technologicznych. Ilość i rodzaj ścieków (rys. 2, poz. 15). uwarunkowane są specyfiką branży, składem chemicznym przerabianych surowców, technologią i sezonowością produkcji, jak też ilością zużywanej wody. Na przykład ścieki z zakładów mleczarskich zawierają 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 w zróżnicowanych warunkach mleczarstwa światowego wynosi od 1 do 10 m³ wody/m³ mleka [38]. Prace badawcze dotyczyły zarówno struktury zapotrzebowania na wodę według 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 [10] przedstawia wyniki badań energochłonności mycia metodą CIP (*Cleaning In Place*), które w warunkach przemysłu kanadyjskiego wynosi 0,1-93,0 kWh/1000 litrów mleka. Wskaźniki jednostkowego zużycia wody podawane w dokumentach referencyjnych BAT [5, 42] ustalono na podstawie wyników pomiarów z małej liczby zakładów produkcyjnych i z tego względu wymagają aktualizacji. Inne źródła [14] podają wskaźniki zużycia wody na jednostkę produktu bez uwzględniania szczegółowych danych dotyczących zakładów mleczarskich.

Gospodarka odpadami

Odpady zróżnicowane pod względem rodzaju i składu powstają w każdej z branż przetwórstwa żywności. Przewagę stanowią odpady organiczne pochodzenia zwierzęcego, roślinnego oraz odpady opakowaniowe. Zależnie od branży, praktyki gospodarowania odpadami mogą się różnić. W małych i średnich zakładach problemem może być brak pełnej

ewidencji wytwarzanych odpadów, a równocześnie brak pełnych danych o aktualnym stanie i potrzebach w gospodarce odpadami. Kierunki zagospodarowania pozostałości produkcyjnych są następujące:

- wykorzystanie rolnicze (rys. 2 – poz. 31);
- wykorzystanie do produkcji pasz (rys. 2 – poz. 27);
- wykorzystanie do celów energetycznych (pelety, opał, fermentacja metanowa i produkcja biogazu, fermentacja alkoholowa i dodatek etanolu do paliw ciekłych – np. poz. 17, 20, 26 – rys. 2).

Największe ilości odpadów organicznych pochodzenia roślinnego powstają w cukrowniach. Są to głównie: odpadowa masa roślinna, błoto spławiakowe, wysłodki buraczane, szlam defekosaturacyjny (rys. 2 – poz. 35). Mogą być częściowo przeznaczane na cele rolnicze (rys. 2 – poz. 31). Odpadowa melasa jest surowcem w branży spirytusowo-drożdżowej (rys. 2 – poz. 18). Odpady z przetwórstwa owoców i warzyw są przeznaczane na pasze oraz do pozyskiwania pektyn, aromatów i barwników. Odpadem produkcyjnym w zakładach mleczarskich jest serwatka, której tylko do 20% jest wykorzystywane m.in. na cele paszowe czy przetwórcze. Z danych zawartych w tabeli 4. wynika, że powstaje jej 0,76-0,86 Mg/Mg surowca (podobne zagadnienia omawia także Kubicki [21]). Gęstwa drożdżowa może być stosowana do otrzymywania hydrolizatów drożdżowych i produkcji pasz (rozszerzenie problematyki zawiera praca Steinhoff-Wrześniewskiej i wsp. [32]). Największe problemy z zakresu gospodarowania odpadami dotyczą przetwórstwa mięsnego, branży drobiarskiej i utylizacyjnej [18, 20]. W zakładach przemysłu spożywczego istotnym zagadnieniem są odpady opakowaniowe z drewna, aluminium, szkła i tworzyw sztucznych. Około 60-70% produkowanych materiałów opakowaniowych jest stosowanych do pakowania produktów żywnościowych. W wyniku tego powstają odpady z polimerów nieulegających biodegradacji: polietylenu – 42%, polietylenotereftalanu (PET) – 21%, polipropylenu – 20% oraz polistyrenu – 15%. Ilość odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych poddawanych recyklingowi wynosi ok. 5%, pozostałe ilości trafiają na składowiska. Metody utylizacji, takie jak recykling materiałowy, chemiczny czy energetyczny, wymagają segregacji odpadów oraz stosowania odpowiednich instalacji chroniących środowisko przed toksycznymi produktami spalania.

Zanieczyszczenie powietrza

Emisja zanieczyszczeń do atmosfery dotyczy głównie zanieczyszczeń pyłowych oraz gazowych (rys. 2 – poz. 1, 5 i 20). Można przyjąć, że głównymi źródłami emisji zorganizowanej są paleniska kotłów węglowych, które odprowadzają dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu oraz pyły do atmosfery. Ilość i rodzaj emisji zależy także od specyfiki produkcji branży. Przemysł mleczarski na 1000 litrów przerabianego mleka emituje średnio 1,65 kg dwutlenku siarki, 0,49 kg tlenków azotu i 1,30 kg pyłów. Zestawienie innych przykładów emisji zanieczyszczeń i obliczeń z tego zakresu można odnaleźć w publikacjach WS Atkins [41] oraz Kowalczyk-Juško i Sławińskiej [19]. 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 pyły.

Bilanse ekologiczne w ochronie środowiska

Określenie zakresu oddziaływania zakładu produkcyjnego na środowisko naturalne jest możliwe poprzez prowadzenie stałej analizy etapów realizowanych procesów i operacji oraz istniejącej infrastruktury. Pozwala ona określić potrzeby w zakresie wpływu na środowisko, wskazać możliwości zmniej-

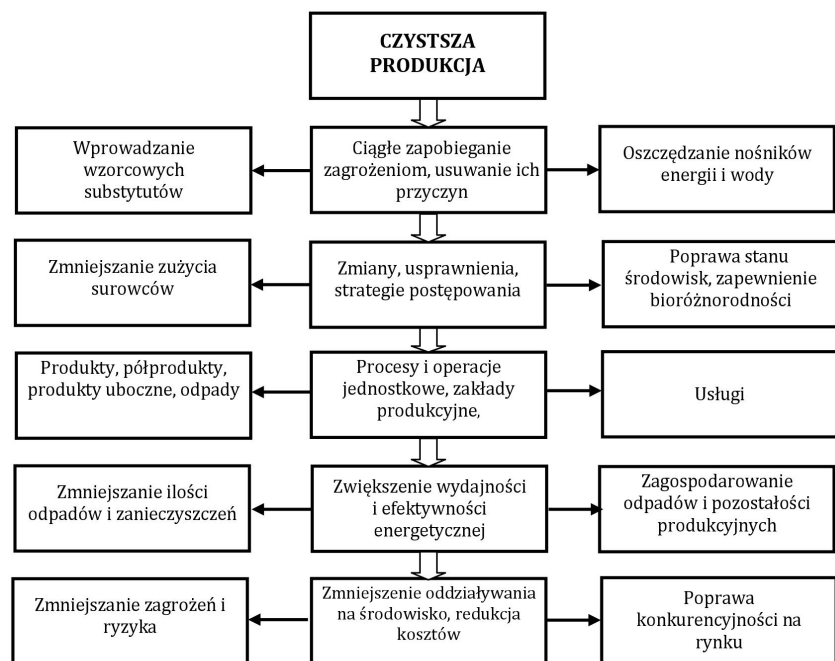
szenia lub eliminacji tego oddziaływania oraz ocenić efekty realizacji przedsięwzięć proekologicznych. Zadaniem dla zakładów przetwórstwa żywności jest systematyczna analiza zużycia surowców produkcyjnych, nośników energii, wytwarzania ścieków, odpadów i emisji zanieczyszczeń gazowych do atmosfery. Jednym 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 skierowanych na zmniejszanie lub eliminację skutków tych oddziaływań. Bilans ekologiczny (ekobilans) może stanowić czynnik rozwoju gospodarczego i prowadzić do realizacji celów ekologicznych i osiągnięcia zrównoważonego rozwoju, np. poprzez stworzenie modelu gospodarki materiałowej w postaci obiegu zamkniętego.

Bilans ekologiczny obejmuje następujące podsystemy: bilans zakładowy (*Input-Output*), bilans procesowy, bilans linii wyrobu (LCA – *Life Cycle Analysis*) oraz bilans lokalizacji i otoczenia przedsiębiorstwa. W tabeli 5. przedstawiono składniki uwzględniane w bilansie ekologicznym. Bilans zakładowy *Input-Output* pozwala zinventaryzować wchodzące i wychodzące strumienie materiałów, nośników energii, emisji zanieczyszczeń oraz produktów finalnych i ubocznych. Wymienione analizy mogą być również przydatne we wdrażaniu metod i programu czystszej produkcji (PCP), których istotę przedstawiono na rysunku 3.

PCP jest strategią ochrony środowiska polegającą na zintegrowanym, zapobiegawczym i ciągłym działaniu w odniesieniu do procesów, operacji jednostkowych, produktów i usług, podejmowanym 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 także hałas i promieniowanie elektromagnetyczne. Zależności pomiędzy bilansem *Input-Output* a środowiskiem naturalnym, z uwzględnieniem przestrzennego zagospodarowania i udziału pracy ludzkiej, zestawiono

Tabela 5
Składniki bilansu materiałowo-energetycznego z punktu widzenia ochrony środowiska

Wejście (<i>Input</i>)	Wyjście (<i>Output</i>)
SUROWCE I MATERIAŁY – surowce produkcyjne – półprodukty, półwyroby – surowce, komponenty, materiały pomocnicze – pozostałe materiały (np. oleje, smary) i surowce wtórne	PRODUKTY – produkty główne, podstawowe – produkty uboczne i pozostałości poprodukcyjne – półprodukty dalszego przerobu w innych branżach przemysłu spożywczego lub gospodarki – odpady
ENERGIA/NOŚNIKI ENERGII – paliwa stałe – paliwa ciekłe – paliwa gazowe (w tym biogaz) – woda zakupiona lub z ujęć własnych – produkcja lub zakup pary wodnej – energia elektryczna – energia ze źródeł odnawialnych	EMISJE MATERIAŁOWE – odpady z przemian nośników energii – surowców niespożywczych – ścieki i wody poprodukcyjne – spaliny – zanieczyszczenia gazowe, odory EMISJE ENERGETYCZNE – straty ciepła – hałas – promieniowanie elektromagnetyczne



Rys. 3. Związki przyczynowo-skutkowe we wdrażaniu programu czystszej produkcji (PCP)

w postaci ośmiu kategorii. Każda z nich jest źródłem informacji i parametrów ekologicznych (tematyka poruszana w pracach [24, 39]). Kategoria A obejmuje strumienie zasilające, stanowiące: zużycie nośników energii i wody (rys. 2 – poz. 3 i 4), substancje niebezpieczne, surowce nie zaliczane do substancji niebezpiecznych oraz surowce wtórne (rys. 2 – poz. 9). Kategoria B określa emisje zanieczyszczeń gazowych i pyłowych odprowadzanych do atmosfery (rys. 2 – poz. 5 i 20), ścieki technologiczne odprowadzane do odbiornika (rys. 2 – poz. 2 i 8), stałe odpady technologiczne (niebezpieczne oraz inne niż niebezpieczne) oraz strumienie oddziaływań fizycznych (hałas, wibracje, promieniowanie (rys. 2 – poz. 6)). Kategoria C ma związek ze strumieniami (rys. 2 – poz. 3, 4, 9) i obejmuje oddziaływanie strumieni wytworzonych produktów na środowisko naturalne. Uwzględnia łączną masę wytworzonych produktów, opakowania bezzwrotne stanowiące integralną część wyrobów, wytwarzane substancje niebezpieczne oraz produkty, które po okresie użytkowania mogą być odpadem uciążliwym dla środowiska. Aspekty zagospodarowania przestrzennego zakładu oddziałującego na środowisko, uwzględnione na rysunku 1., obejmuje kategoria D. Kategoria E stanowi łączną wartość produktów wytwarzanych w zakładzie lub instalacji produkcyjnej. Ma związek z efektywnością ([6] i rys. 1). Kategoria F wyraża zużycie nośników energii i wody z zastosowaniem modeli matematycznych lub formuł empirycznych. Zagrożenia spowodowane wybuchowością pyłów lub związaną z realizacją procesów i operacji produkcyjnych są objęte kategorią G. Związki między wyposażeniem technicznym zakładu produkcyjnego a udziałem pracy ludzkiej wyraża kategoria U.

Bilans procesowy obejmuje przepływy surowców i energii w realizacji poszczególnych etapów procesu technologicznego w jednostce czasu. Bilans linii wyrobu (LCA) obejmuje analizę cyklu życia produktu [28, 33]. 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). Ekobilans może być źródłem danych o rozmiarach oddziaływań związanych z pro-

wadzonymi procesami produkcyjnymi i pomocniczymi oraz może posłużyć do wdrażania metod czystszej produkcji.

Ekobilans procesów i operacji wytwarzania umożliwia:

- rozpoznanie stanu i identyfikację potrzeb zakładów przemysłu spożywczego w zakresie gospodarki odpadami [7, 8];
- 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 wdrażania innowacji, wytwarzania nowych lub alternatywnych produktów;
- tworzenie baz danych zakresu zapotrzebowania na surowce i nośniki energii przydatne w benchmarkingu (przykładem są dane zawarte w tabelach 1-4 oraz publikacjach [16, 40, 41]).
- tworzenie baz danych przydatnych w monitoringu emisji zanieczyszczeń.

Bilans ekologiczny umożliwia identyfikację wymienionych obszarów z procesu produkcyjnego lub poszczególnych operacji, w których może być zmniejszona emisja zanieczyszczeń, energochłonność i materiałochłonność oraz zwiększona efektywność energetyczna produkcji. Bilans ten może być wymagany przy staraniach o pozwolenie zintegrowane wymagane przez jednostki samorządowe, podczas kontroli przestrzegania standardów środowiskowych, czy stosowania najlepszych dostępnych technologii BAT.

W gospodarce rynkowej można wykorzystać wskaźnik śladu węglowego CF (*Carbon Footprint*), określany jako łączna ilość emisji gazów cieplarnianych wyrażona w ekwiwalentach dwutlenku węgla (CO_2) w odniesieniu do otrzymanego produktu albo realizowanego procesu lub usługi, z uwzględnieniem cyklu życia tego produktu łącznie z jego składowaniem i unieszkodliwianiem [15, 17, 36]. Podobne wskaźniki dotyczą tzw. śladu wodnego [9, 13, 25, 31, 34, 35, 43]. W niewielkim stopniu są zbadane możliwości wystąpienia awarii w zakładach przemysłu spożywczego i ich wpływu na środowisko [37].

Produkty uzyskane z zakładów przemysłu rolno-spożywczego z powodzeniem mogą być zastosowane w żywieniu zwierząt gospodarskich. Szczególnie znane są przykłady stosowania makuchów różnego typu w żywieniu zwierząt, przyczyniające się do uzyskiwania wysokich przyrostów dobowych masy ciała i dobrego pod względem efektów prozdrowotnych składu chemicznego mięsa [3, 12]. Również młoto będące produktem ubocznym przemysłu piwowarskiego dostarcza wysokiej jakości białka, którego w suchej masie znaleźć można od 21 do 33% [26]. Doskonałym dodatkiem paszowym może być wywar uzyskiwany przy produkcji bioetanolu – DDGS, składnik białkowo-energetyczny przydatny w żywieniu zwierząt przeżuwających [2, 4]. W żywieniu owiec bardzo dobrze sprawdzają się produkty uboczne przemysłu młynarskiego, uzupełniające pasze treściwe w dawce pokarmowej. Pod tym względem wysoką jakością charakteryzują się otręby pszenne, a także odpady poomłotowe zbóż i roślin strączkowych [29]. Generalnie stwierdzić należy, że zagospodarowanie produktów ubocznych z przemysłu rolno-spożywczego w żywieniu zwierząt prowadzi do wykluczenia kosztów ponoszonych na ich utylizację. Jednocześnie produkty te mogą przyczynić się do poprawy ekonomiki tuczu, a skarmianie ich zwierzętami powoduje ograniczenie ich negatywnego wpływu na środowisko.

Podsumowanie

Zrównoważona gospodarka energią i środowiskiem w przemyśle rolno-spożywczym obejmuje głównie gospodarkę wodno-ściekową, gospodarkę odpadami oraz emisję zanieczyszczeń do atmosfery. Oddziaływanie na środowisko naturalne zależy od specyfiki danej branży. Problemy ochrony środowiska mogą dotyczyć: nieprzestrzegania stawianych wymagań i zaleceń zawartych w aktach prawnych o korzystaniu ze środowiska, stosowania urządzeń i instalacji produkcyjnych nie spełniających standardów ochrony środowiska lub braku analizy oddziaływania procesów technologicznych na środowisko. Zadania, jakie powinny być realizowane przez zakłady przemysłu rolno-spożywczego w zakresie ochrony środowiska, obejmują głównie spełnienie wymagań obowiązujących aktów prawnych dotyczących korzystania ze środowiska naturalnego oraz stosowanie najlepszych dostępnych praktyk produkcyjnych (BAT). Zakłady produkcyjne systematycznie powinny prowadzić analizę procesów technologicznych, obejmującą zużycie surowców i nośników energii, wytworzonych ścieków, odprowadzanych odpadów oraz emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Do przeprowadzenia wielokryterialnej analizy oddziaływań zakładu produkcyjnego na środowisko może posłużyć bilans ekologiczny, obejmujący bilans zakładowy, procesowy, linii wyrobu oraz lokalizacji i otoczenia.

Literatura: 1. Bianchi M., Cherubini F., Pascale A. De., Peretto A., Elmegaard B., 2006 – Cogeneration from poultry industry wastes: Indirectly fired gas turbine application. *Energy* 31, 1417-1436. 2. Borys B., 2011 – Pasze pochodzenia przemysłowego w żywieniu owiec. *Wiad. Zootech.*, R. XLIX, 1, 47-54. 3. Borys B., Grześkowiak E., Borys A., Lisiak D., 2013 – Efekty stosowania produktów towarzyszących produkcji biopaliw w półintensywnym tuczu jagniąt. Cz. II. Uzysk elementów kulinarnych i ująkość mięsa. *Rocz. Nauk. PTZ* 9 (3), 33-45. 4. Brzóska F., 2004 – Pasze uboczne uzyskiwane z produkcji biopaliw i ich znaczenie w bilansie paszowym kraju. *POLAGRA* 2004. *Mat. Konf. Nauk.-Techn.* "Wykorzystanie produktów pochodnych wytwarzania biopaliw w gospodarce paszowej i żywieniu zwierząt". IZ Kraków, 5-14. 5. Bosworth M., Hummelsmose B., Christiansen K., 2000 – Cleaner Production Assessment in Dairy Processing. *COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark*, 17-21. 6. Burnett R.D., Hansen D.R., 2008 – Ecoefficiency: Defining a role for environmental cost management. *Accounting, Organizations and Society* 33, 551-581. 7. Czyżyk F., Strzelczyk M., Steinhoff-Wrześniewska A., Godzwon J., Rajmund A., Koldras J., Kaca E., 2010 – Wytyczne w zakresie wykorzystania produktów ubocznych oraz postępowania zalecanego w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym. *MRIRW, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty-Warszawa*, 74-89. 8. Daniel Z., Juliszewski T., Kowalczyk Z., Malinowski M., Sobol Z., Wrona P., 2012 – Metoda szczegółowej klasyfikacji odpadów z sektora rolniczego i rolno-spożywczego. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2/IV, 141-152. 9. Drastig K., Prochnow A., Kraatz S., Klauss H., Plöchl M., 2010 – Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany). *Advances in Geosciences* 27, 65-70. 10. EPIR (Energy Performance Indicator Report): Fluid Milk Plants, 2010 – Prepared for the National Dairy Council of Canada (ISBN: 0-662-30820-4). 11. European Commission, 2006 – Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries, 97-99, 138-139. 12. Grześkowiak E., Borys B., Fabian M., Lisiak B., Lisiak D., Borys A., Strzelecki J., Borzuta K., 2010 – Właściwości fizyko-chemiczne mięsa jagniąt tuczonych mieszkanką z udziałem makuchu słonecznikowego i nasion Inu z uwzględnieniem pochodzenia rasowego oraz rodzaju mięsni. *Rocz. Nauk. PTZ* 6 (4), 307-320. 13. Huang J., Xu C.C., Ridoutt B.G., Liu J.J., Zhang H.L., Chen F., Li Y., 2014 – Water availability footprint of milk and milk products from large-scale dairy production systems in Northeast China. *J. Cleaner Prod.* 79, 91-97. 14. IFC – World Bank Group, 2007 – Environmental, Health, and Safety Guidelines for Dairy Processing, April 30, 1-15. 15. Karczmarczyk A., 2014 – Ślad wodny i ślad węglowy marnowanej żywności. *Ekonatura* 12, 6-8. 16. Kaleta A., Wojdalski J. (red.), 2008 – *Przetwórstwo rolno-spożywcze. Wybrane zagadnienia inżynierii produkcyjnej i energetycznej*. Wyd. SGGW, Warszawa,

182-198. 17. Konieczny P., Mroczek E., Kucharska M., 2013 – Ślad węglowy w zrównoważonym łańcuchu żywnościowym i jego znaczenie dla konsumenta żywności. *J. Agribusiness Rural Develop.* 3 (29), 51-64. 18. Konieczny P., Uchman W., 1997 – Zakład mięsny a środowisko naturalne. *Wyd. AR Poznań*, 31-52. 19. Kowalczyk-Juśko A., Sławińska M., 2011 – Efekt środowiskowy i ekonomiczny zamiany nośnika energii cieplnej w wybranym przedsiębiorstwie. „Przedsiębiorstwa wobec zmian klimatu”. 7-8 kwietnia 2011, SGH w Warszawie. 20. Kowalski Z., Krupa-Żuczek K., 2007 – A model of the meat waste management. *Polish J. Chem. Technol.* 9 (4), 91-97. 21. Kubicki M. (red.), 1998 – Ochrona środowiska w przemyśle mleczarskim. *Wyd. FAPA, Warszawa*, 27-28, 44-46. 22. Leal E.M., Silveira J.L., 2002 – Study of fuel cell co-generation systems applied to a dairy industry. *J. Power Sources* 106 (1-2), 102-108. 23. Ledakowicz S., Krzystek L., 2005 – Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego. *Biotechnologia* 3 (70), 165-183. 24. Maxime D., Marcotte M., Arcand Y., 2006 – Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *J. Cleaner Prod.* 14, 636-648. 25. Murphy E., De Boer I.J.M., Van Middelaar C.E., Holden N.M., Shalloo L., Curran T.P., Upton J., 2017 – Water footprinting of dairy farming in Ireland. *J. Cleaner Prod.* 140, 547-555. 26. Mussatto S.I., Dragone G., Roberto I.C., 2006 – Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *J. Cereal Sci.* 43 (1), 1-14. 27. Myczko A., Myczko R., Kołodziejczyk T., Golimowska R., Lenarczyk J., Janas Z., Kliber A., Karłowski J., Dolska M., 2011 – Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. *Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Warszawa-Poznań*, 57-73. 28. 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. *Int. J. Life Cycle Assessment* 9, 15, 916-926. 29. Niżnikowski R., Radzik-Rant A., Rant W., Świątek M., Szymańska Z., Ślęzak M., Niemiec T., Orłowski E., Bednarczyk M., 2018 – Wykorzystanie ubocznych produktów przemysłu rolno-spożywczego w żywieniu jagniąt rzeźnych. *Przegl. Hod.* 2, 11-15. 30. Peters G.M., Wiedemann S.G., Rowley H.V., Tucker R.W., 2010 – Accounting for water use in Australian red meat production. *Int. J. Life Cycle Assessment* 3, 15, 311-320. 31. Ridoutt B.G., Williams S.R.O., Baud S., Fraval S., Marks N., 2010 – The water footprint of dairy products: Case study involving skim milk powder. *J. Dairy Sci.* 93 (11), 5114-5117. 32. Steinhoff-Wrześniewska A., Strzelczyk M., Czyżyk F., 2011 – Gospodarka materiałowo-odpadowa w przemyśle piwowarskim. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #47. 33. Thomassen M.A., Dalgaard R., Heijungs R., Boer I., 2008 – Attributional and consequential LCA of milk production. *Int. J. Life Cycle Assessment* 4, 13, 339-349. 34. Vasilaki V., Katsou E., Ponsá S., Colón J., 2016 – Water and carbon footprint of selected dairy products: A case study in Catalonia. *J. Cleaner Prod.* 139, 504-516. 35. Vergé X.P.C., Maxime D., Dyer J.A., Desjardins R.L., Arcand Y., Vanderzaag A., 2013 – Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. *J. Dairy Sci.* 96 (9), 6091-6104. 36. Virtanen Y., Kurppa S., Saarinen M., Katajajuuri J.M., Usva K., Mäenpää I., Mäkelä J., Grönroos J., Nissinen A., 2011 – Carbon footprint of food – approaches from national input-output statistics and a LCA of a food portion. *J. Cleaner Prod.* 16, 19, 1849-1856. 37. Wojdalski J., 2018 – Technologiczno-energetyczne uwarunkowania pracy zakładu branży spirytusowo-paszowej (z uwzględnieniem analizy skutków jakie mogą wystąpić po zmniejszeniu zasilania energią elektryczną i oddziaływania na środowisko). *Ekspertyza. Maszynopis. Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, SGGW, Warszawa*. 38. Wojdalski J., Dróżdź B., Piechocki J., Gaworski M., Zander Z., Marjanowski J., 2013 – Determinants of water consumption in the dairy industry. *Polish J. Chem. Technol.* 15 (2), 61-72. 39. Wojdalski J., Dróżdź B., 2004 – Podstawy analizy oddziaływania zakładu przemysłu rolno-spożywczego na środowisko. *Inżynieria Rolnicza* 5 (60), 363-371. 40. Wojdalski J. (red.), 2010 – *Użytkowanie maszyn i aparatury w przetwórstwie rolno-spożywczym*. Wyd. SGGW, Warszawa, 334-341 (ISBN 978-83-7583-166-5). 41. WS Atkins International, 1998 – Ochrona środowiska w przemyśle rolno-spożywczym. *Standardy środowiskowe*. FAPA, Warszawa, 62-65, 77, 80, 86-87. 42. WS Atkins-Polska, 2005 – *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) wytyczne dla branży mleczarskiej*. Warszawa, 23-27. 43. Zonderland-Thomassen M.A., Ledgard S.F., 2012 – Water footprinting – A comparison of methods using New Zealand dairy farming as a case study. *Agricultural Systems* 110, 30-40.