

WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI I ENERGETYKI
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Inżynieria rolnicza w dobie innowacyjnej gospodarki

Osiągnięcia naukowe i dydaktyczne Wydziału

MONOGRAFIA

pod redakcją
Tadeusza Juliszewskiego

Kraków 2012

Recenzenci:

Prof. dr hab. Andrzej Kwieciński – UP Lublin

Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki – ITP Falenty

Monografia finansowania ze środków własnych WIPiE

Redakcja naukowa: prof. dr hab. Tadeusz Juliszewski

Opracowanie redakcyjne: dr hab. inż. Maciej Kuboń

Redaktor językowy: mgr Mirosław Grzegórzek

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków 2012

ISBN 978-83-930818-9-9

Projekt okładki oraz zdjęcie: Piotr Nawara

Wydanie I

Druk i oprawa:

DRUKROL S. C., Kraków, ul. Ujastek 9

tel./fax (12) 412 46 50

e-mail: drukarnia.drukrol.pl; www.drukrol.pl

Ark. wyd 23,2; ark. druk. 20,75

nakład: 200 egz.

Spis treści

Bogusław Cieślikowski: Tendencje rozwojowe magistral informatycznych stosowanych w ciągnikach rolniczych	5
Sławomir Francik, Jerzy Langman: Sztuczne Sieci Neuronowe i ich zastosowania w inżynierii rolniczej	21
Jarosław Frączek, Zbigniew Ślipek: Znaczenie agrofizyki w inżynierii produkcji.....	35
Tomasz Głąb: Skutki oddziaływania maszyn rolniczych na roślinność łąkową ...	53
Tadeusz Juliszewski, Paweł Kielbasa: Ergonomia w inżynierii rolniczej dawniej i dziś	65
Stanisław Kokoszka: Aktualne zagadnienia transportu rolniczego	83
Józef Kowalski, Maciej Kuboń: Komitet Techniki Rolniczej Polskiej Akademii Nauk. Misja i rola w inżynierii rolniczej	99
Barbara Krzysztofik: Jakość i bezpieczeństwo żywności, systemy zarządzania i kontroli. Pojęcia ogólne, rys historyczny	129
Maciej Kuboń: Logistyka w inżynierii rolniczej.....	153
Sławomir Kurpaska: Wybrane aspekty stosowania źródeł energii odnawialnej w obiektach pod osłonami	181
Dariusz Kwaśniewski: Produkcja biomasy z wierzby energetycznej w aspekcie ponoszonych nakładów pracy i kosztów	209
Hubert Latała: Wykorzystanie kolektorów słonecznych w produkcji ogrodniczej pod osłonami	227
Norbert Marks, Tomasz Jakubowski: Fizyczne metody stymulacji bulw ziemniaka	253
Rudolf Michałek, Maciej Kuboń: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej – organ towarzyszący i wspierający rozwój krajowego i krakowskiego Ośrodka Inżynierii Rolniczej	267
Kazimierz Rutkowski: Proenergetyczne rozwiązania konstrukcji i wyposażenia obiektów szklarniowych stan i perspektywy badań	281
Zygmunt Sobol: Aktualne problemy z jakością surowca na produkty z ziemniaka ..	299
Wiesław Tomczyk Wyzwania „Inżynierii rolniczej” w procesie odnowy maszyn rolniczych w aspekcie poszanowania środowiska przyrodniczego	309
Maria Walczykova: Wybrane aspekty rolnictwa precyzyjnego	321

TENDENCJE ROZWOJOWE MAGISTRAL INFORMATYCZNYCH STOSOWANYCH W CIĄGNIKACH ROLNICZYCH

Bogusław Cieślikowski

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Analiza trendów rozwojowych ciągników rolniczych obejmuje zagadnienia techniczno-konstrukcyjne, obrazujące poziom techniczny oraz cechy funkcjonalno-eksploatacyjne, składające się na jakość eksploatacyjną ciągnika. Rozwój techniczno-konstrukcyjny zostaje ukierunkowany na uzyskanie najwyższego poziomu parametrów systemu technicznego, spełniających wymagania sformułowane przez użytkowników, wymuszające cechy nowoczesności ciągnika. Rozwój konstrukcji ciągników rolniczych na tle wymagań niezawodnościowych upowszechnia wydajne systemy transmisji i wymiany danych. Symptomy rozwoju ciągników rolniczych scharakteryzować można za pomocą parametrów ilościowych oraz jakościowych opisujących zarówno ciągnik rolniczy jako całość, jak też poszczególne jego zespoły. Do opisu cech techniczno-konstrukcyjnych można wykorzystać dane techniczne podawane przez producenta. Bardziej obszernym zbiorem cech są testy ciągników rolniczych, które przeprowadzane są w porównywalnych warunkach przez niezależne zespoły ekspertów. W odniesieniu do systemów technicznych nowoczesność można zdefiniować jako wysoki stopień spełnienia wymagań, wynikających z potrzeb branży przy uwzględnieniu najnowszych osiągnięć i doświadczeń w procesach projektowania, konstruowania, produkcji i eksploatacji [Francik 2009]. Dobór ciągnika nie musi być wyznaczony wektorem innowacyjności rozwiązań w obrębie wszystkich układów funkcjonalnych, co potwierdzone jest ofertą różnorodnych modeli ciągników w obrębie wybranego producenta. Potencjalny nabywca współczesnego ciągnika rolniczego powinien posiadać wiedzę w zakresie najnowszych trendów rozwojowych ciągników, co znacząco może ułatwić podjęcie trafnej decyzji zakupowej. Istotne są również zagadnienia obsługi serwisowej, mające swe uzasadnienie w stopniu złożoności współczesnego cią-

gnika rolniczego. Nieliczne publikacje naukowe w tym zakresie analizują np. funkcjonowanie systemu logistycznego dystrybucji części zamiennych w obrębie krajowego serwisu DEERE & Company ciągników JOHN DEERE [Juściński, Piekarski 2009]. Wyniki badań opracowano metodą statystyczną, wyznaczając wartość indeksów sezonowych. Cenną informacją z punktu widzenia użytkownika ciągnika tej firmy jest dokonana analiza napraw pogwarancyjnych na przestrzeni kolejnych miesięcy w latach 2003-2005 w aspekcie terminów zabiegów agrotechnicznych zalecanych dla upraw krajowych. Publikowane analizy popytu na usługi naprawcze ciągników na rynkach światowych wskazują na specyfikę zaplecza technicznego, generując zjawiska typowe dla tego segmentu [Bowersox 2009].

Producenci stosują praktyki różnorodnego nazewnictwa i symboliki rozwiązań konstrukcyjnych w obrębie podzespołów ciągnika wraz z różnorodnością podstaw parametryzacji układów. Często stosowaną praktyką w ocenie modelu ciągnika jest odniesienie mocy silnika do ciężaru całkowitego lub generowanej siły uciągu w określonych warunkach. Producenci ciągników prezentują w ofertach zazwyczaj dane bez odniesień do metod normowych pomiaru mocy silnika. W przypadku gdy interesuje nas moc użyteczna z uwzględnieniem sprawności układu przeniesienia napędu, należy posługiwać się wartością podawaną na WOM.

Cechą współcześnie oferowanych ciągników jest różnorodność wyposażenia. Współczesne ciągniki firmy VALTRA serii N produkowane są w systemie „à la Carte” z możliwością uwzględnienia ponad pół miliona kombinacji parametrów technicznych i opcji wyposażenia dostosowanych do indywidualnego zamówienia klienta. Od dwudziestu lat firma ta, występująca pod wcześniejszą nazwą VALMET, wprowadziła możliwość wyboru wersji kolorystycznej ciągnika, co odbiega również od obecnie ugruntowanych zasad w tej dziedzinie, gdyż firmy produkujące ciągniki chcą być rozpoznawane przez swój standard kolorystyczny.

Klasyczny ciągnik rolniczy doczekał się ugruntowanej postaci konstrukcyjnej wyrażającej jego bryłę, dostosowaną do realizacji prac polowych z udziałem maszyn i narzędzi oraz do wykonywania prac transportowych. Wymogi ogólne mają swoje podłoże w ustalonych kryteriach ergonomicznych, trakcyjnych i bezpieczeństwa pracy. Wszelkie modyfikacje układów funkcjonalnych ciągników warunkowane są spełnieniem wymogu ich implementacji w obrysie bryły nadwozia. Podjęte prace nad alternatywnym zasilaniem ciągnika gazem CNG i LPG napotykają na główną przeszkodę zainstalowania pokaźnych rozmiarów butli gazowych, które stanowią zawsze kolizję z nadzorem stref roboczych prowadząc zwykle do obudowania kabiny. Wykorzystanie ciągników zasilanych CNG jest natomiast standardem w zakresie transportu wewnętrznego przy holowaniu przyczep niskopodwoziowych, jak np. na hali tłoczni karoseryjnej.

Modyfikacja klasycznego układu napędowego ciągnika warunkowana jest rozwojem elektrycznych układów zasilania zagregatowanych maszyn oraz wyposażenia ciągnika. Przykładem takiego rozwiązania jest ciągnik JOHN DEERE 7430

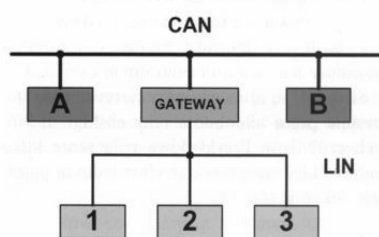
i 7530 Premium z napędem elektrycznym klimatyzacji oraz wentylatora chłodnicy. Wprowadzono system odzysku energii kinetycznej i potencjalnej spalin z zamianą na energię elektryczną w układzie Electric Turbo Compounding, tworząc magistralę elektryczną DC Vehicle Power Bus do zasilania elektrycznego zagregatowanych maszyn. Współdziałanie generatora T. Compounding z generatorem zintegrowanym z kołem zamachowym silnika (Motor Generator) pozwala na wyeliminowanie napędu maszyn metodą klasyczną przez WOM. Pojawia się jednak pewien problem lokalizacji układu T. Compounding w strefie zewnętrznej narożnika kabiny operatora.

Od kilku lat podejmowane są prace z zakresu wykorzystania ogniw paliwowych do zasilania elektrycznego układu napędowego ciągnika. Należy przy tym zauważyć, iż nastąpiła „podmiana” elementów układu napędowego bez naruszenia bryły nadwozia. Firma NEW HOLLAND zaprezentowała pierwszy na świecie ciągnik serii NH2 o mocy 78 kW wyposażony w ogniwa paliwowe. Miejsce klasycznego zbiornika paliwa zajął zbiornik wodoru, natomiast ogniwa paliwowe wypełniły przestrzeń przeznaczoną dla silnika spalinowego. Silnik elektryczny wraz z uproszczoną przekładnią zlokalizowano w miejscu tradycyjnej skrzyni biegów. Pokażnych rozmiarów filtr powietrza umieszczono w strefie zespołu chłodnic silnika spalinowego. W przeciwieństwie do stosowania w przeszłości systemów zasilania Fuel Cell, ciągnik NH2 jest przykładem systemu Full Power, charakteryzującego się brakiem tradycyjnych akumulatorów, służących do gromadzenia energii elektrycznej.

1. Magistrale informatyczne stosowane w ciągnikach rolniczych

Współczesne ciągniki rolnicze objęte zostały standaryzacją zasad transmisji danych w obrębie układów funkcjonalnych, jak również w zestawie ciągnik-maszyna. Producenci maszyn rolniczych uwzględnili potrzebę standaryzacji wymiany danych, co warunkuje możliwość sprzedaży sprzętu rolniczego o zaawansowanej technologii. Międzynarodowy standard ISO 11783 o nazwie ISOBUS umożliwił komunikację w obrębie jednolitej platformy sprzętowo-programowej dla połączeń i wymiany danych między układami elektronicznymi. Opracowanie normy nastąpiło przy współpracy i akceptacji podstawowych zasad systemowych przez największych światowych producentów maszyn rolniczych. Koordynację systemu ISOBUS powierzono grupie roboczej składającej się z przedstawicieli producentów zrzeszonych w VDMA (Europa) oraz AEM (USA). Jednocześnie powołano organ kontrolny DLG (Niemiecki Związek Rolniczy), którego zadaniem jest kontrola kompatybilności systemów ISOBUS oraz postępów wdrażania standardu transmisji ISO 11783 „An Electronic Communications Protocol of Agricultural Equipment”, zachowując zgodność z normą DIN 9684 i SAE J1939. Norma ISO określa ponadto: nośnik, złącze wtykowe i protokół wymiany danych ISOBUS. Rozwój standardów transmisji danych CAN (Controller Area Network) uży-

skął swój odpowiednik w postaci nowego protokołu CANBUS, który umożliwił w czasie rzeczywistym wymianę informacji w zakresie funkcjonalnym komputera pokładowego agregatu. Proces sterowania i kontroli układów funkcjonalnych ciągnika i maszyny rolniczej odbywa się z wykorzystaniem wspólnej magistrali pracującej wg protokołu CANBUS. Zastosowanie mostków pozwala na łączenie różnych rodzajów sieci, w tym o różnej prędkości czy architekturze („master/slave”). Mogą wówczas powstawać sieci lokalne tzw. LIN (Local Interconnect Network), funkcjonujące wg schematu zamieszczonego na rysunku 1 [Widerski 2005].



Rys. 1. Schemat połączenia sieci LIN i CAN [Widerski 2005]

Efektem tych zagadnień innowacyjnych jest zaznaczający się wzrost niezawodności sprzętu rolniczego wraz z równoczesną realizacją procesów diagnostycznych w systemie on-line przy ograniczeniu kosztów wykonania instalacji elektrycznej i zmniejszeniu mocy obliczeniowych sterowników.

Nastąpiło ograniczenie sumarycznej długości przewodów instalacji elektrycznej, zwiększanie udziału sygnałów cyfrowych wolnych od wpływu zakłóceń zewnętrznych

oraz wyeliminowanie klasycznych sterowników analogowych przypisanych do wybranych funkcji pokładowych ciągnika. Zaletą protokołu transmisji CAN jest możliwość wielokrotnego wykorzystania sygnałów z czujników w całym systemie magistrali. Nadrzędną cechą stosowanego systemu mechatronicznego jest mała ilość błędów, wynikająca z ciągłej kontroli danych wysyłanych do urządzeń sterujących. W przypadku rozpoznania błędu następuje automatyczne powtórzenie przesyłu informacji. Rozbudowa układów oznacza wzrost liczby czujników i sterowników mikroprocesorowych, wymagających szybkiej wymiany dużych ilości danych. Realizacja tych zadań możliwa jest jedynie przy zapewnieniu komunikacji opartej na magistralach cyfrowych. Normy ISO wprowadzają podział magistral ze względu na szybkość przesyłu danych:

- ISO 11898 przeznaczona dla aplikacji o dużej szybkości (transmisja do 1 Mbits^{-1}),
- ISO 11519 przeznaczona dla wolniejszych aplikacji (do 125 kbs^{-1}).

Przebieg komunikacji na magistrali sygnałowej pozwala na realizację procesu optymalizacji parametrów roboczych agregatu przy zapewnieniu największej wydajności i jakości procesu technologicznego. Dalszą ewolucję zapewnią przyszłościowe magistrale „x-by-wire”, które umożliwią zastąpienie w ciągniku wielu układów mechanicznych i hydraulicznych układami mechatronicznymi, wykorzystującymi silniki i siłowniki elektryczne. Proces ten przyczyni się do zwiększenia szybkości działania poszczególnych podzespołów i podniesienia ich niezawodności.

Stosując kombinacje topologii, rozumianych jako strukturę węzłów i ich połączeń podstawowych, możemy uzyskać kolejne struktury, tzw. topologie hybrydowe. Abonentami sieci nie muszą być tylko skomplikowane sterowniki, np. kontrolujące pracę silnika (EDC silnika z ZS) czy skrzyni biegów (EGS). Mogą nimi być również czujniki wyposażone w przetwornik, przekształcający otrzymany sygnał analogowy do postaci cyfrowej, przygotowujące informacje pomiarowe dla innych węzłów tej sieci. Sygnał cyfrowy, jaki występuje w magistrali, pozbawiony jest opóźnień i zniekształceń w przekazywanych informacjach [Jantos, Mamala 2007].

W literaturze spotkać można szereg opracowań na temat perspektywnego rozwoju standardu ISO 11783 w dziedzinie rolnictwa jako systemu LBS czy systemu ISOBUS [Fellmeth 2003; Lorencowicz, Jukowski 2006; Jantos, Mamala 2007]. Proponowanym standardem będzie budowa otwartych systemów, a nawet platform informatycznych, wykorzystujących najnowsze technologie informatyczne. Systemy te wykorzystują nawigację GPS, światłowody, wirtualne mostki oraz technologię przesyłu informacji Bluetooth.

Identyfikacja protokołu transmisji magistrali CANBUS wraz z adresem urządzenia na magistrali pozwala na dokonanie obszernych testów i pełnej diagnostyki ciągnika. Jednak zaszyfrowany protokół transmisji CAN przy braku danych zmusza użytkownika do zakupu gotowych systemów. Dokonanie pełnej identyfikacji transmisji danych umożliwiłoby otwarcie systemu CAN.

Podjęte analizy z wykorzystaniem urządzenia firmy SYS-TEC do identyfikacji protokołu transmisji magistrali CANBUS ukierunkowane zostały na proces rozszerzenia funkcji komputera pokładowego ciągnika [Jantos, Mamala 2007]. Urządzenie to współpracuje z programem PCANVIEW oraz specjalistyczną nakładką programową CANbus Toolset firmy Export Control w środowisku Matlab/Simulink [Mat. inf. ExpertControl 1998].

Ciągniki cechują się dużą różnorodnością stosowanych elementów, z których zbudowano magistralę CANBUS [Mamala i in. 2008]. Stan ten powoduje, iż magistrale – pomimo pracy według jednego standardu – różnią się szczegółami konfiguracji i nie są w pełni kompatybilne, np. co do poziomu napięcia czy formowania ramki transmisji danych [Jantos, Mamala 2007]. Urządzenie SYS-TEC przystosowane jest do konwersji różnych poziomów napięć, a także do oferowanych interfejsów [SYS TEC 2004]. Po zidentyfikowaniu ramki danych protokołu transmisji magistrali sygnałowej należy dobrać odpowiedni interfejs firmy SYS-TEC. Dla protokołu transmisji CAN Low Speed jest odpowiedni interfejs SYS-TEC typu GW-002-010 (transceiver TJA1054), a dla CAN High Speed – interfejs typu GW-002 (transceiver 82C251) [Jantos, Mamala 2007].

Przeglądy serwisowe i procesy diagnostyczne w obrębie każdej marki współczesnych ciągników prowadzone są z użyciem wyspecjalizowanych testerów i oprogramowania firmowego. Informacje na temat używanego *hardware* oraz *software* stanowią tajemnicę firmową i są strzeżone przed upublicznieniem. Tak

więc szczegółowe informacje dostępne są wyłącznie dla pewnej grupy przedstawicieli firm, a w wersji uproszczonej, stanowią materiał szkoleniowy dla diagnostyków obsługujących przedstawicielstwa serwisowe.

W przypadku serwisu obejmującego większą gamę firm produkujących ciągniki możliwe jest wykorzystanie testerów o pewnych cechach uniwersalności. Najbardziej znanym tego typu urządzeniem jest Texa Navigator TXT Agri wraz z oprogramowaniem IDC3 Agri w polskiej wersji językowej oraz najnowszej – IDC4 Agri – w wersji angielskiej. Interfejs diagnostyczny Navigator TXT Agri podlega podłączeniu do gniazda diagnostycznego ciągnika poprzez Bluetooth (lub kabel USB), łącząc się z dowolnym komputerem klasy PC po zainstalowaniu oprogramowania IDC3/4 Agri.

Obsługiwane są następujące typy protokołu: kody błyskowe, CAN ISO 11898 i ISO 15765-4, K-L, ISO9141-2, ISO 14230 (Keyword 2000), SAE J1850 PWM 41.6 Kbps i VPW 10.4 Kbps, ISO11519-2, SAE J1708 – kompatybilne z FMS, EOBD (wszystkie protokoły), ISO 15031-5, ISO 15765-4.

Wg danych producenta urządzenie to dostosowane jest do przeprowadzania procedur diagnostycznych współczesnych ciągników w takich firm jak: John Deere, New Holland, Case, Fendt, Krone, Steyr, Same, Deutz-Fahr, Class, Lamborghini, Hurlimann, Landini, McCormick, Valtra, JCB, Renault, Lavendra [Mat. inf. TEXA Poland].

Możliwość dostępu do procedur diagnostycznych z udziałem sieci informatycznych ciągnika obejmuje kontrolę układów zasilania silnika, różnorodnych układów przeniesienia napędu, systemów stabilizacji nadążnej (głównie zawieszenie przednie), elektronicznie sterowanych TUZ, komputera pokładowego oraz modułów komfortu i klimatyzacji.

Oprogramowanie IDC4 zapewnia łatwość obsługi z dostępem do zasobów diagnostycznych poprzez wybór typu, marki i modelu ciągnika, silnika i skrzyni biegów. Oprócz standardowych opcji odczytu i kasowania błędów, podglądu parametrów bieżących, możliwe jest wykonywanie testu stanu technicznego silnika, testu turbiny (doładowania), elektrozaworów, oraz wielu innych parametrów zależnych od marki i modelu ciągnika. Funkcja regulacji pozwala między innymi na: kodowanie wtryskiwaczy, kalibrację sprzęgła w skrzyniach biegów, kalibrację podnośników [Mat. inf. TEXA Poland]. W oprogramowaniu IDC4 zawarto również schematy elektryczne odnoszące się do poszczególnych układów funkcjonalnych ciągnika, karty techniczne podzespołów oraz opisy dotyczące opcji regulacji.

2. Rozwój procedur kontrolno-diagnostycznych

Ciągniki CLAAS Arion wyposażone są w terminal CIS (Claas Information System) (rys. 2). Terminal umożliwia przełączanie automatyki stabilizacji prędkości roboczej, sterowanie przekładnią Hexashift, progresywne przełączanie funkcji nawrotu Reversshift, sterowanie procesami roboczymi z funkcją Elektropilot

(wielofunkcyjny zestaw zainstalowany w podłokietniku), funkcje komputera pokładowego (obliczanie powierzchni roboczej, zużycia paliwa, wydajności powierzchniowej, wskazania terminu przeglądów). Układ ten umożliwił wprowadzenie centralnego sterowania funkcjami roboczymi CEBIS z szybkim dostępem Direct Acces. Terminal wskazuje w linii menu prędkość roboczą ciągnika przy prędkości obrotowej wału silnika, informacje definiowane przez użytkownika, przyporządkowanie klawiszy funkcyjnych, wskazania przełożenia w skrzyni Hexashift, informacje o funkcjonowaniu układów pomocniczych, wskazania ilości paliwa i temperatury cieczy chłodzącej silnik.

Innym przykładem upowszechnienia centralnego systemu zarządzania TMC (Traktor Management Centre) jest ciągnik gąsienicowy Challenger MT800B (305-510 kW). Dokonano rozszerzenia zakresu optymalizacji parametrów roboczych agregatu poprzez wprowadzenie funkcji monitorowania naciągu pasów gąsienicowych wraz z wizualizacją trybu pracy zespołu przekładniowego, wykazem szczegółowych parametrów roboczych oraz kontrolą pozycjonowania podnośnika. Po jednokrotnym ustawieniu przebiegu nawrotu układ Class Sequence Management (CSM) zapewnia powtarzalność procesu bez interwencji operatora.

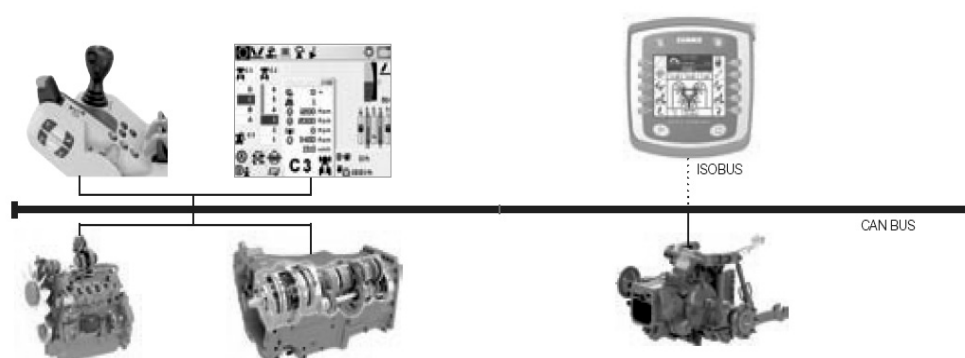
Sterowanie automatyczne obejmuje: przedni i tylny TUZ i WOM, napęd wszystkich kół, blokady mechanizmów różnicowych oraz nadążne sterowanie tłumieniem drgań przedniego mostu napędowego. Ponadto układ umożliwia wprowadzenie 6-ciu programów czasowego sterowania dla wybranych procesów. Zastosowanie CANBUS-Arion z piętnastoma kontrolerami na magistrali pozwala na użycie nowoczesnych rozwiązań w rodzaju CSM (rys. 3). Producent podaje wynik skrócenia łącznej długości użytych przewodów instalacyjnych szacując oszczędność w stosunku do instalacji tradycyjnej na poziomie 1,5 km.

W ciągniku gąsienicowym Challenger MT800B (340-510kW) elektroniczne moduły sterujące pracą silnika, skrzyni Powershift, hydrauliką siłową i stabilizacją zawieszenia przedniego, komunikują się przez sieć Intellitronics wg protokołu CANBUS. Umożliwia to optymalizację i analizę wydajności ciągnika z wykorzystaniem terminala TMC oraz wykonywanie powtarzalnych zadań za pośrednictwem systemu sterowania One-Touch w łączności z systemem satelitarnym Auto-Guide wg protokołu ISO 11783. Dla zapewnienia stałych obrotów silnika (Constant Engine Speed) oraz niezmiennego poziomu mocy na WOM realizowana jest funkcja w trybie Constant Ground Speer. Wyświetlacz TMC przekazuje informa-



Rys. 2. Terminal sterujący CEBIS zamontowany w kabinie ciągnika CLAAS Arion [Mat. inf. CLAAS 2011]

cje operatorowi w formacie tekstowym oraz w postaci kodów w zakresie: monitorowania naciągu gąsienic, monitorowania wydajności, zużycia paliwa, informacji serwisowych, konfiguracji agregatu, nawigacji, systemu One-Touch, systemu Power Managment, nastawu WOM, TUZ oraz pozycjonowania 6-ciu rozdzielaczy hydraulicznych.



Rys. 3. Schemat strukturalny magistrali sygnałowej CANBUS w ciągniku CLAAS Arion
[Mat. inf. CANBUS-Arion 2011]

Zaawansowane systemy sterowania dotyczą ciągników CASE IH z udziałem monitora AFS PRO 300 lub z niezależnym monitorem AFS PRO 600 z ekranem dotykowym. Układ sterowania zapewnia automatyzację wszystkich funkcji sterowania zespołem przeniesienia napędu, łącznie z sekwencją 30-tu operacji na uwrociu, a także sprawozdawczości dla procedur agrotechnicznych z zapisem informacji dotyczących wykonanych zabiegów, zużycia paliwa oraz kosztów eksploatacji. Monitorowanie osiągnięć dotyczy ogólnej wydajności dziennej oraz wydajności dla poszczególnych zadań agrotechnicznych. Wszystkie dane można zapisać na dysku przenośnym USB niezależnie od zapisu w pamięci układu AFS. Po zakończeniu operacji można wydrukować wyniki dotyczące rozliczenia wykonanych zadań. Monitory AFS pozwalają zaprogramować parametry hydrauliczne przepływu oleju dla poszczególnych zaworów hydrauliki zewnętrznej. Układ pozwala na zapisanie wartości nastawów dla poszczególnych narzędzi dedykowanych do przeprowadzenia zabiegu agrotechnicznego. Sprzęgnięcie zestawu i połączenie układu do magistrali sygnałowej warunkuje rozpoczęcie pracy. Układ wykazuje pełną kompatybilność z ISOBUS, co jest widoczne po podłączeniu testera. Można uzyskać podgląd interfejsu użytkownika na monitorze AFS, umożliwiając interaktywną obsługę narzędzia (ekran AFS). Znacznym ułatwieniem pracy operatora jest zastosowanie wejścia wideo, co umożliwia uzyskanie obrazu z kamery zainstalowanej dla monitorowania strefy tylnej agregatu.

Innowacyjne rozwiązanie zastosowano w ciągniku gąsienicowym CASE Quadtrac jako układ AFS Accu Guide w połączeniu z technologią DGPS, umożliwiający

samoczynne prowadzenie równoległych przejazdów ciągnika po dowolnej trajektorii ruchu (linia prosta, łuk, spirala).

Wyznaczenie rzeczywistej prędkości roboczej współczesnych ciągników z napędem na 4-koła z uwzględnieniem poślizgu kół napędowych realizowane jest z udziałem pomiaru radarowego. Przykładem może być zestaw nadajnik-odbiornik zainstalowany w strefie układu przeniesienia napędu ciągnika DEUTZ-FAHR. Pomiar radarowy poślizgu kół ciągnika z wyświetlaniem wartości mierzonej widoczny jest na wyświetlaczu głównym Infocenter. Przekroczenie poślizgu powyżej 8% powoduje automatyczne włączenie trybu awaryjnego sterowania podnośnikiem, powodując podniesienie narzędzia. Ponowne opuszczenie ramion podnośnika następuje w przypadku, gdy poślizg kół ulega zmniejszeniu do wartości zaprogramowanej i przebiega bez interwencji operatora.

3. Koncepcja wykorzystania magistrali informatycznej LIN dla potrzeb implementacji rozszerzeń procesów diagnostycznych w ciągnikach współczesnej generacji

Pewną propozycją opracowania sposobu wymiany informacji w obrębie układów funkcjonalnych ciągnika oraz agregatu bez konieczności aktualizacji danych w komputerze pokładowym (KP) jest współdziałanie rozszerzonej lub odrębnej sieci informatycznej zintegrowanej z główną magistralą informatyczną. Rozpatrywane są dwa przypadki wykorzystania magistrali informatycznej LIN dla potrzeb implementacji rozszerzeń procesów diagnostycznych w ciągnikach współczesnej generacji. Do realizacji przesyłu danych zaproponowano wykorzystanie uproszczonych sieci informatycznych LIN (Local Interconnect Network), ponieważ w większości przypadków ilość przesyłanych danych jest niewielka [Cieślowski 2009]. Magistrala LIN jest często stosowana jako uzupełnienie sieci CAN, przy czym transmisja ograniczona jest wpływem zakłóceń elektromagnetycznych i nie przekracza 20 kb/s-1 [Merkisz, Mazurek 2007]. Uzyskano eliminację niepotrzebnego obciążenia magistrali głównej przez urządzenia, które wyłącznie pobierają informacje lub wysyłają je tylko w przypadku zapytania przez dany sterownik [Widerski 2005]. Komunikacja pomiędzy odrębnymi sieciami informatycznymi powinna odbywać się za pomocą dedykowanej magistrali ISOBUS z niewielką modyfikacją kodu KP ciągnika. Pełni on rolę panelu komunikacyjnego umożliwiającego wprowadzenie parametrów regulacyjnych maszyny lub parametryzację warunków trakcyjnych ciągnika z opcją informowania operatora o stanie niezdolności agregatu do wykonania zabiegu. Transmisja ograniczona jest wpływem zakłóceń elektromagnetycznych i nie przekracza 20 kb/s-1 [Merkisz, Mazurek 2007].

Arbitraż i likwidacja kolizji w magistrali LIN są zbędne, ponieważ w metodzie „master/slave” tylko urządzenie „master” steruje dostępem do linii danych. Sygnały przetwarzane w poszczególnych układach są możliwe do wykorzystania przez wiele sterowników.

Przykładem analizy jest system diagnostyczny układu hydrauliki zewnętrznej oraz kontroli poślizgu kół ciągnika. Zaproponowano wprowadzenie magistrali LIN, opartej jest na strukturze typu „master/slave”, jako uzupełnienie systemu diagnostycznego komputera pokładowego współczesnego ciągnika rolniczego. Parametryzacja węzła „slave” odnosi się do wartości parametrów roboczych układu, pozyskanych podczas badań w warunkach operacji agrotechnicznych.

Pierwszy przypadek dotyczy zasad sterowania oraz procedur diagnostycznych w procesie pozycjonowania ramy pługa obrotowego. Prowadzone uprzednio prace badawcze w KIMiA UR dotyczyły adaptacji systemu diagnostycznego do układu pozycjonowania obrotu pługa LEMKEN Vari Opal7, współpracującego z ciągnikiem DEUTZ FAHR [Cieślowski 2009]. Panel komunikacyjny sterownika pługa zostaje uzupełniony parametrami granicznymi, np. maksymalnego poziomu ciśnienia dynamicznego oleju w trakcie przesterowania rozdzielacza hydraulicznego, prowadząc do parametryzacji udaru hydraulicznego w układzie hydrauliki siłowej ciągnika. Przyrost ciśnienia oleju w przewodach wysokiego ciśnienia (w wyniku gwałtownego zablokowania przepływu) zostaje zwielokrotniony, w wyniku działania zredukowanej siły bezwładności ogniw mechanizmu obrotu pługa na tłocznik siłownika. Zjawisko to jest często przyczyną uszkodzenia przewodów elastycznych oraz pompy lub zaworu zwrotnego [Dreszer, Kwiecień 2001]. Impuls towarzyszący temu uderzeniu hydraulicznego powodowany jest przez zjawisko przemiany energii kinetycznej poruszającej się cieczy na energię ciśnienia.

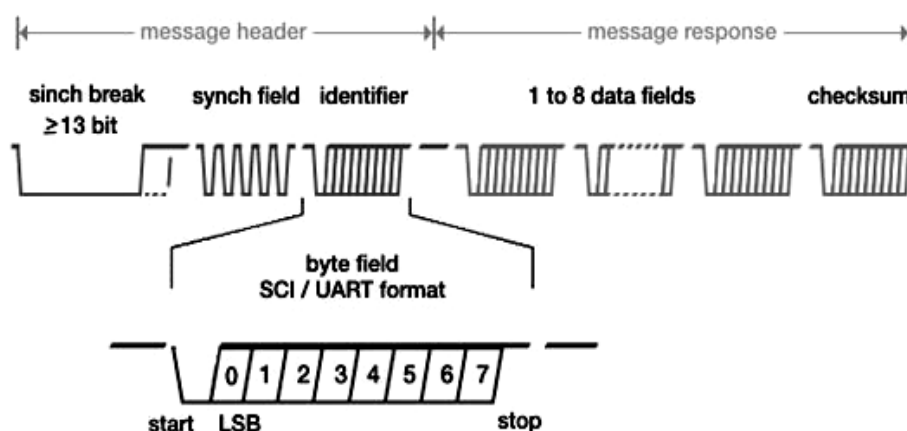
Drugi przypadek obejmuje implementację magistrali LIN do procesu diagnostyki stanu trakcyjnego ciągnika rolniczego w aspekcie kontroli poślizgu kół. Na wstępie procedur kontrolnych zostają wprowadzone parametry sterująco-diagnostyczne oraz klasyfikacja warunków brzegowych poślizgu w odniesieniu do realizowanych procesów trakcyjnych.

Sterownik główny („master”) zostaje zaimplementowany do systemu sterującego maszyny lub ciągnika wraz z czujnikami i elementami wykonawczymi, które stanowią strukturę podrzędną („slave”). Sterownik ten przetwarza dane, pośrednicząc w transmisji danych z węzłów (z wyeliminowaną zasadą arbitrażu) i komunikuje się z siecią CAN przez moduł Geteway, który „uzgadnia” ramki danych. Ramka danych w sieci LIN (rys. 4) zawiera klasyczny podział na strefę nagłówka (message header) i odpowiedzi węzła (message response) [Scott i in. 2004]. Odpowiedź, jako druga część komunikatu może być wysyłana zarówno z węzła „slave”, jak również z węzła „master”.

W przypadku analizowanego pierwszego procesu diagnostycznego, sterownik rozdzielacza hydraulicznego wysyła nagłówek kierowany do układu sterowania siłownikiem maszyny, w wyniku czego można przypisać konkretną nadwyżkę ciśnienia do sygnału czujnika pozycjonowania elementu roboczego. W przypadku konieczności zainicjowania funkcji roboczych układu hydraulicznego, odpowiedź zostaje nadana przez węzeł „master” do układu pozycjonowania elementu robo-

czego. Pojedynczy „master” kontroluje bezkolizyjną komunikację aż z 16 urządzeniami podrzędnymi (zgodnie ze specyfikacją). Do głównych zadań sterownika „master” można zaliczyć:

- nadanie nagłówka,
- monitorowanie danych transmitowanych,
- ustalanie prędkości transmisji,
- przetwarzanie danych,
- pośredniczenie w transferze pomiędzy urządzeniami sieci LIN a CAN.



Rys. 4. Ramka danych sieci LIN [Scott i in. 2004]

Odpowiedź posiada nagłówek, który określa identyfikator układu sterującego rozdzielaczem oraz informację, iż przetwarzaną wartością będzie żądana zmiana pozycjonowania elementu roboczego. Sygnał ten zostaje przetworzony przez układ odbiorczy sterownika rozdzielacza elektromagnetycznego w układzie hydraulicznym, wywołując zmianę pozycji suwaka rozdzielacza hydraulicznego.

Tym samym odpowiedź zostaje nadana przez węzeł „master” do układu pozycjonowania ramy pługa obrotowego wraz wartościami ciśnień dynamicznych zaistniałych w wyznaczonym przedziale czasowym uznanym za istotny. Węzeł „master” rezerwuje liczbę przedziałów czasowych dla nadania nagłówka i odebrania odpowiedzi z czujników, przy czym każde pole zawiera 10 bitów. Na podstawie odczytanych poziomów napięć z czujnika temperatury oleju możliwa jest również diagnostyka symptomowa mówiąca o zdolności oleju w układzie hydraulicznym, jako wynik koniunkcji parametrów ciśnienia dynamicznego oleju w reprezentatywnym przedziale charakterystyki czasowej oraz zmian dp/dt po przesterowaniu rozdzielacza. Na wyświetlaczu komputera pokładowego ciągnika w przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych zostaje wyświetlona infor-

macja. Pełna diagnoza zapisywana jest w pamięci modułu wnioskującego, dzięki czemu serwis będzie dysponował danymi o stanie czujników, jak również informacją o wszystkich stanach przeciążenia układów.

Drugi przykład obejmuje implementację układu kontroli poślizgu kół ciągnika współczesnej generacji. Występuje w tym przypadku również konieczność opracowania sposobu wymiany informacji pomiędzy projektowanym układem kontroli poślizgu kół ciągnika bez konieczności aktualizacji danych w komputerze pokładowym (KP) ciągnika. Parametryzacja procesu dotyczy zarówno przejazdu kalibracyjnego, jak też wybranych operacji agrotechnicznych. Rozwiązanie tego problemu następuje poprzez zasadnicze odciążenie głównej magistrali sygnałowej ciągnika przez połączenie KP ciągnika z pomocniczą siecią informatyczną.

Zapisane zostaną na wstępie parametry sygnałów częstotliwościowych kół napędowych ciągnika odniesione do uśrednionej częstotliwości impulsów generowanych przez czujniki indukcyjne kół kierowanych. W systemie napędu 4-ech kół ciągnika korzystne jest pozyskanie sygnału korekcyjnego prędkości ciągnika generowanego przez czujnik radarowy. Pomiar radarowy prędkości roboczej ciągnika nie uwzględnia jednak zróżnicowanych warunków trakcyjnych agregatu. Tak więc pomiar realizowany jest przy założeniu, że trajektoria ruchu agregatu pokrywa się z osią podłużną ciągnika, co w wielu przypadkach nie odzwierciedla rzeczywistego stanu eksploatacyjnego.

Obróbka sygnałów częstotliwościowych stanowi podstawę do identyfikacji procesu pracy mechanizmu różnicowego w odniesieniu do zadanego przedziału czasu i obciążeń silnika, rozróżniając odchylenia od prostoliniowego toru przejazdu agregatu z możliwością wyodrębnienia fazy dryfu bocznego. Syntetycznym parametrem obrazującym zróżnicowane stany poślizgu kół ciągnika jest współczynnik k_1 jako iloraz średnich częstotliwości obrotu kół przednich kierowanych oraz średniej częstotliwości obrotu tylnych kół napędowych:

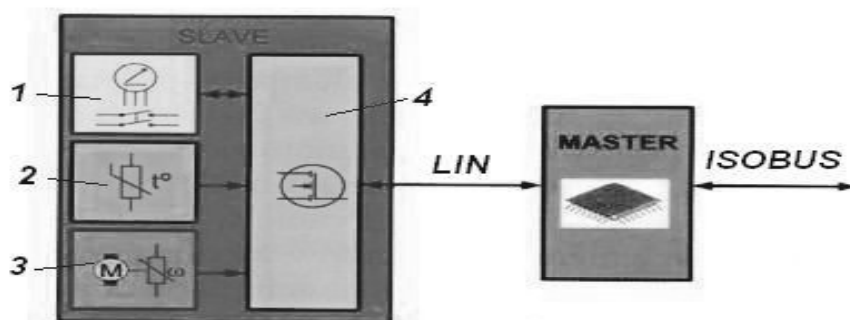
$$k_1 = \frac{f_{srK}}{f_{srN}}$$

gdzie:

- k_1 – współczynnik obrotu kół ciągnika,
- f_{srK} – średnia częstotliwość kół kierowanych,
- f_{srN} – średnia częstotliwość kół napędowych.

W przypadku napędu wszystkich kół ciągnika konieczny jest sygnał odniesienia w postaci impulsów czujnika radarowego korygowany, ze względu na możliwość wystąpienia zmiany trajektorii ruchu oraz stan dryfu bocznego ciągnika, sygnałami pochodzącymi z czujników obrotów kół ciągnika.

Zaproponowano schemat ideowy analizowanych systemów diagnostycznych przedstawiony na rysunku 5.



Rys. 5. Schemat blokowy systemu diagnostycznego układów: A – hydrauliki siłowej ciągnika, B – kontroli poślizgu kół ciągnika z napędem na dwa koła: 1A – układ kontroli ciśnienia oleju, 1B – układ porównujący sygnały częstotliwościowe obrotów kół ciągnika, pochodzące z czujników indukcyjnych w strefie tarcz impulsowych każdego koła, 2A – czujnik temperatury oleju, 2B – układ kontroli trajektorii ruchu ciągnika jako sygnał spozycjonowania układu kierowniczego wspomagany sygnałem czujników pochodzących z układu ESP, 3A – czujnik pozycjonowania wybranego elementu roboczego maszyny, 3B – układ wyznaczający prędkość rzeczywistą ruchu ciągnika: pomiar z wykorzystaniem czujników indukcyjnych przy ewentualnym wspomaganie pomiarem radarowym, 4 – moduł wnioskowania

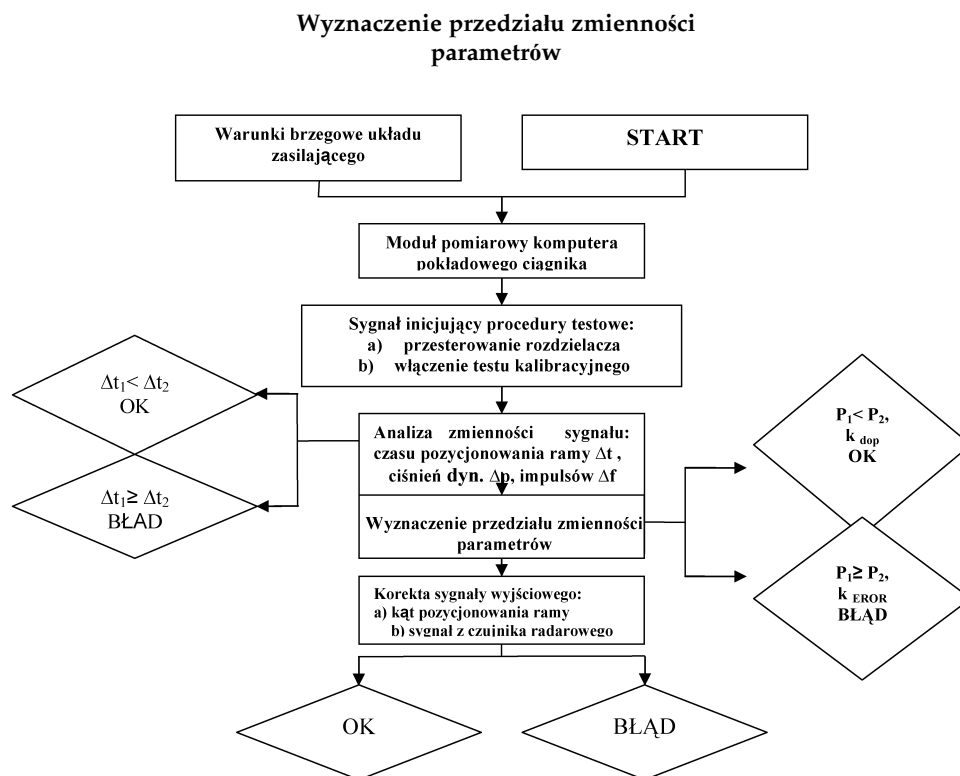
Parametryzacja węzła „slave” w pierwszym etapie obejmuje rzeczywisty zapis charakterystyki poślizgu kół w funkcji generowanej siły uciągu ciągnika w podziale na zróżnicowane rodzaje gleby i ich parametry fizyczne w stosunku do uzyskanych wartości poślizgu kół ciągnika. Zapis charakterystyk trakcyjnych ciągnika w warunkach realizacji zadanej operacji agrotechnicznej uznanych za poprawne utworzy zatem bazę danych i pozwoli na ustalenie warunków brzegowych w relacji operacji w warunkach zidentyfikowanego przez układ pomiarowy rzeczywistego stanu dynamicznego ciągnika. Odpowiedź układu diagnostycznego, jako druga część komunikatu o stwierdzonym poślizgu kół, może być wysyłana zarówno z węzła „slave”, jak również z węzła „master”. Przykładem pierwszego rodzaju odpowiedzi jest identyfikacja zmienności współczynnika k_1 w procesie kalibracji wstępnej układu pomiarowego. Sterownik układu wysyła wówczas nagłówek kierowany do układu kontroli, który odpowiada informacją o aktualnym współczynniku k_1 . Odpowiedź zostaje nadana przez węzeł „master” do układu pozycjonowania trajektorii ruchu ciągnika w celu określenia stanu trakcyjnego ciągnika, identyfikując stan dryfu bocznego lub chwilowych zmian zadanego toru jazdy. Odpowiedź posiada nagłówek, który określa identyfikator układu kontroli kierunkowości traktacji oraz informację, iż przetwarzaną wartością

będzie modyfikacja dawki paliwa w celu dostosowania prędkości ciągnika do wartości zadanej. Sygnał ten zostaje przetworzony przez układ ECU silnika oraz sterownika, np. zmiany przełożenia skrzyni Powershift lub Vario. Wyznaczone wartości dopuszczalne poślizgu stanowią podstawę decyzyjną przesterowania dawki paliwa, zmiany przełożenia, potrzeby załączenia stopnia reduktora lub włączenia blokady mechanizmu różnicowego. Węzeł „master” rezerwuje również w tym przypadku liczbę przydziałów czasowych dla nadania nagłówka i odebrania odpowiedzi z kolejnych etapów generowania danych, przy czym każde pole zawiera podobnie do poprzedniego przykładu – 10 bitów.

Na podstawie odczytanych sygnałów z wymienionych trzech układów, traktowanych jako stopnie identyfikacji stanu trakcyjnego, możliwa jest również diagnostyka symptomowa, mówiąca o zdolności agregatu ciągnikowego do realizacji procesu agrotechnicznego. W module wnioskowania diagnostycznego oprócz algorytmu diagnozy funkcjonalnej traktacji agregatu zaimplementowana zostanie diagnoza przetworników sygnałowych: czujników obrotu kół, przetwornika pozycjonowania układu kierowniczego oraz przetworników korekcyjnych. Każde rozpoczęcie procedury diagnostycznej rozpoczyna się od testu układu diagnostycznego. Na wyświetlaczu komputera pokładowego ciągnika zostanie wyświetlona tylko informacja w przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych. Podobnie jak w poprzednim przykładzie istnieje możliwość uzyskania pełnego zakresu danych zapisanych w pamięci modułu wnioskującego. Serwis będzie dysponował danymi o stanach pracy ciągnika w zakresie ponadnormatywnych wartości poślizgu kół napędowych z przypisaniem tych wartości do realizowanych uprzednio operacji polowych.

Etapy kroków rozszerzenia programu komputera pokładowego ciągnika ze względu na współdziałanie dwóch projektowanych rozszerzeń procesu diagnostycznego komputera pokładowego ciągnika zamieszczono na rysunku 6.

W komputerach pokładowych wyposażonych w moduł wnioskowania diagnostycznego należy zmodyfikować oprogramowanie w celu uzyskania informacji diagnostycznej odnośnie zaklasyfikowania zdolności zadaniowej agregatu ciągnikowego co najmniej w dwustanowej diagnostyce. Projektowane układy mechatroniczne sterowania umożliwią w łatwy sposób odczytanie sygnałów z czujników oraz wprowadzenie ich za pomocą sieci LIN do modułu wnioskowania diagnostycznego. W module wnioskowania diagnostycznego oprócz algorytmu diagnozy funkcjonalnej agregatu zaimplementowana zostanie diagnoza elementów detekcyjnych, co wyeliminuje błędy związane z awarią przetworników sygnałowych. Każde rozpoczęcie procedury diagnostycznej zacznie się od testu układu diagnostycznego w pętli sprawdzeń.



Rys. 6. Etapy kroków rozszerzenia programu komputera pokładowego ciągnika

Bibliografia

- Cieślikowski B.** (2009): Proces diagnostyki układu hydrauliki siłowej w mechanizmie obrotu pługa. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 23-27.
- Dreszer K., Kwiecień S.** (2001): Elementy i układy hydrostatyczne w maszynach rolniczych. Wyd. WAR, Lublin.
- Fellmeth P.** (2003): CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783. *CAN Newsletter*, September, 6.
- Francik S.** (2009): Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca sztuczne sieci neuronowe. Cz. I. Założenia i metody. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 41-47.
- Jantos J., Malama J.** (2007): Identyfikacja protokołu transmisji magistrali CAN w pojazdach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(94), 57-63.
- Juściński S., Piekarski W.** (2009): Naprawy pogwarancyjne ciągników rolniczych jako element autoryzowanego serwisu dystrybucji. *Inżynieria Rolnicza*, 8(117), 23-30.

- Lorencowicz E., Jukowski M.** Standardy komunikacji i przesyłu danych w maszynach rolniczych. Rolniczy Przegląd Techniczny, 9, ISSN 15078701.
- Mamala J, Jantos J, Augustynowicz A.** (2008): Diagnostyka predykcyjna ciągników rolniczych. Inżynieria Rolnicza, 5(103), 97-101.
- Merkisz J., Mazurek S.** (2007): Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych, WKi Warszawa, 1-32.
- Scott A. Shearer, Timothy S. Stombaugh, Matthew Veal, Matthew Darr, Carl R. Dillon.** (2004): Precision Agriculture: CAN-Based Precision Seed Placement. Kentucky Agricultural Experiment Station, University of Kentucky, 8.
- Widerski T.** (2005): Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik Serwisowy, 5, ISSN 1643-4609.
- Materiały informacyjne: Export Control 1998.
- Materiały serwisowe: SYS TEC: USB-CANmodul GW-002 Systems Manual Edition,
- Biuletyn elektroniczny: SYS TEC electronic GmbH –TEXA Poland - Texa Nawigator TXT Agri.

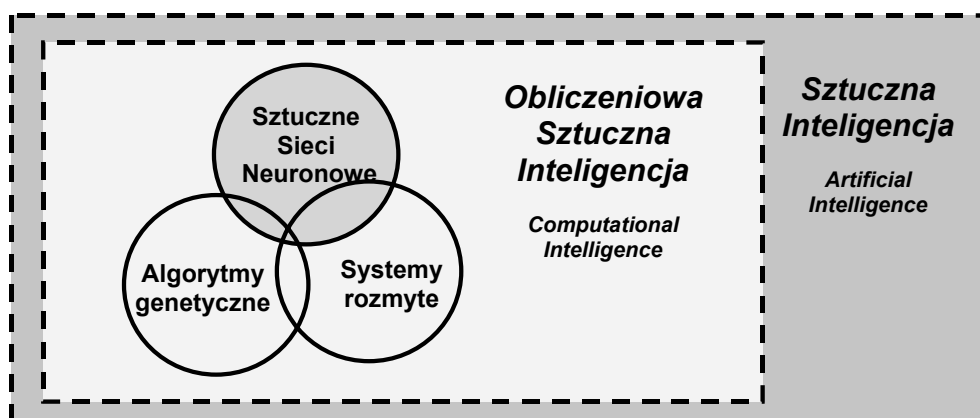
SZTUCZNE SIECI NEURONOWE I ICH ZASTOSOWANIA W INŻYNIERII ROLNICZEJ

Sławomir Francik, Jerzy Langman

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Historia rozwoju SSN

Sztuczne Sieci Neuronowe (SSN) należą do grupy metod tzw. Obliczeniowej Sztucznej Inteligencji (rys. 1). Rozwój Sztucznej Inteligencji, a w szczególności Sztucznych Sieci Neuronowych, jest ściśle związany z postępem badań nauk biologicznych (badania mózgu, sieci nerwowych i przesyłania sygnałów nerwowych) oraz rozwojem elektroniki i informatyki.



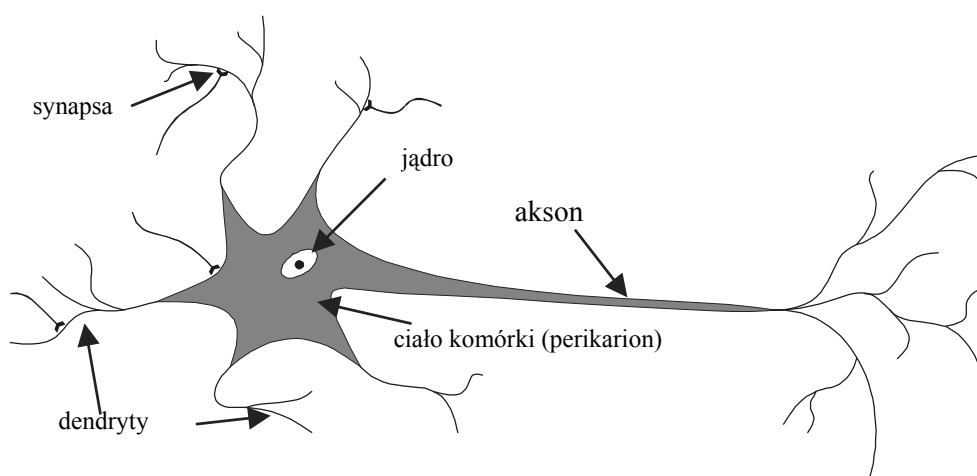
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Hertz i in. 1995]

Rys. 1. Sztuczne Sieci Neuronowe jako metoda Sztucznej Inteligencji

Jako ogólną definicję można przyjąć, że SSN to uproszczony model biologicznego mózgu, który tworzą połączone w sieć neurony – podstawowe elementy przetwarzające i przenoszące sygnały. Pojedynczy neuron (komórka nerwowa)

może mieć kilka tysięcy połączeń z innymi neuronami za pomocą synaps (rys. 2). A zatem jest to bardzo rozbudowana struktura sieciowa (mózg człowieka składa się z około 10 miliardów neuronów).

Przez analogię do sieci biologicznej Sztuczna Sieć Neuronowa jest zbudowana ze sztucznych neuronów powiązanych w sieć, przy czym ich liczba jest mniejsza o kilka rzędów wielkości. Biologiczne synapsy w SSN zostały zastąpione przez połączenia, którym przypisywane są odpowiednie wagi. Większość Sztucznych Sieci Neuronowych ma budowę warstwową. Wyróżnia się warstwy: wejściową, wyjściową i ukryte.



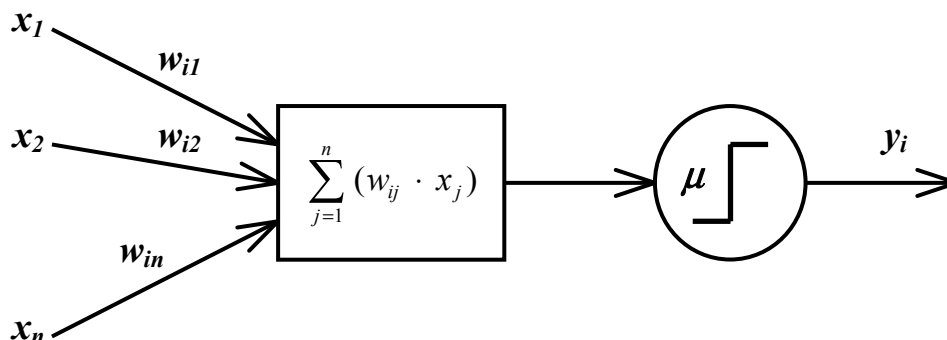
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Hertz i in. 1995]

Rys. 2. Schemat biologicznego neuronu

Idea Sztucznych Sieci Neuronowych została zaproponowana w 1943 roku przez neurobiologa Warrena McCulloch'a i statystyka Waltera Pitts'a, którzy matematyczny model zespołu neuronów oparli na budowie biologicznego mózgu. Zaproponowali oni model sztucznego neuronu (rys. 3), w którym sygnały wejściowe x_i były mnożone przez odpowiednie wagi w_i , a następnie sumowane i przekształcane za pomocą funkcji aktywacji μ w sygnał wyjściowy neuronu y_i .

Kolejnym istotnym wydarzeniem w rozwoju SSN była pierwsza symulacja programowa sieci neuronowej (1956 rok – N. Rochester) zaprezentowana na pierwszej międzynarodowej konferencji na temat sztucznej inteligencji, która została zorganizowana przez Marviną Minsky'ego, Johna McCarthy'ego, Claude'a Shanona i Nathania Rochesterą.

W 1957 roku powstaje pierwsza realizacja sprzętowa Sztucznej Sieci Neuro-
nowej – Perceptron, opracowany przez Franka Rosenblatta oraz Charles’a Wight-
mana. Składał się on z 8 sztucznych neuronów o 512 losowych połączeniach. Ko-
lejne lata przynoszą następne odkrycia dotyczące SSN (np. pierwszy komercyjny
neurokomputer opracowany przez B. Widrowa – sieć Madaline).



Źródło opracowanie własne na podstawie [Hertz i in. 1995; Rutkowska i in 1997]

Rys. 3. Schemat sztucznego neuronu McCullocha i Pittsa.

Niestety w 1969 roku Marvin Minsky i Seymour Papert wykazują, że sieci typu Perceptron mają istotne ograniczenia możliwości zastosowania, co powoduje regres zainteresowania SSN aż do roku 1982, kiedy to John Hopfield opracowuje sieć ze sprzężeniem zwrotnym, a w roku 1986 opracowany zostaje algorytm wstecznej propagacji błędu (Rumelhart, Hinton, Williams) i powstaje monografia pod redakcją McClellanda i Rumelharta „Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. v.1. Foundations, v.2. Psychological and Biological Models”.

Sztuczne sieci neuronowe mogą być realizowane sprzętowo – jako tzw. neurokomputery – albo programowo – przez symulację działania układu wielu neuronów na komputerze jednoprosesorowym. Ta druga możliwość realizacji SSN jest wielokrotnie tańsza (istnieją gotowe programy pozwalające opracowywać sieci dla konkretnych zadań) i w większości zastosowań wystarczająca.

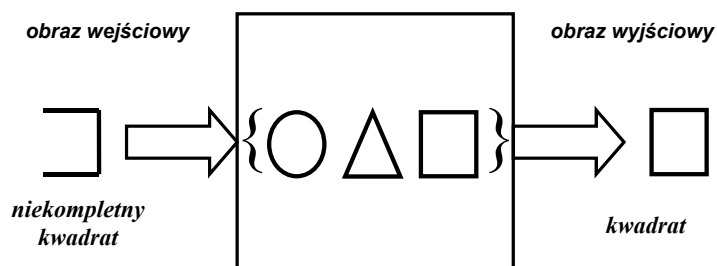
Główne zastosowania SSN

W literaturze przedmiotu wyróżnia się cztery główne grupy zastosowań Sztucznych Sieci Neuronowych [Korbicz i in. 1994; Żurada i in. 1996]:

1. autoasocjacja,
2. heteroasocjacja,

3. klasyfikacja i rozpoznawanie,
4. detekcja regularności.

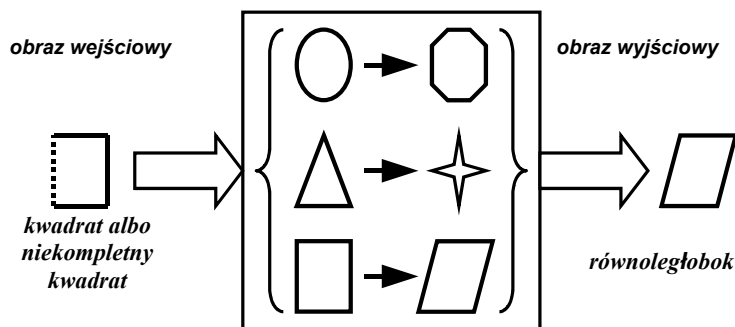
1. Autoasocjacja polega na otrzymywaniu z obrazu niekompletnego i zakłóconego obrazu faktycznego: sieć realizuje odwzorowanie typu $X \rightarrow X$ (rys. 4).



Źródło opracowanie własne na podstawie [Żurada i in. 1996]

Rys. 4. Schemat autoasocjacji

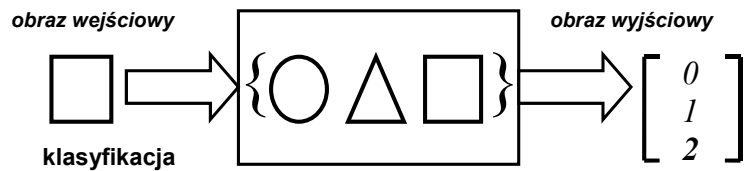
2. Heteroasocjacja polega na realizacji przez SSN odwzorowania wejście $\rightarrow$ wyjście typu: $X \rightarrow Y$ (rys. 5). Sieć rozpoznaje z obrazu niekompletnego i zakłóconego obraz faktyczny i przekształca go w zadany obraz wyjściowy.



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Żurada i in. 1996]

Rys. 5. Schemat heteroasocjacji

3. Klasyfikacja i rozpoznawanie polegające na przypisywaniu do odpowiednich zbiorów różnych obrazów wejściowych (rys. 6).



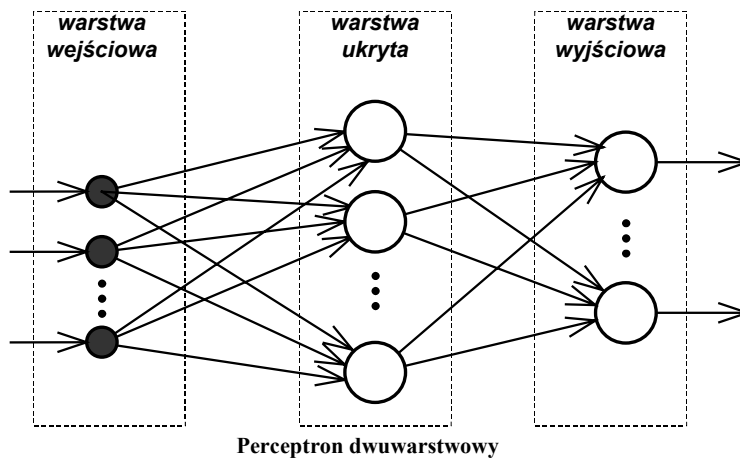
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Żurada i in. 1996]

Rys. 6. Schemat klasyfikacji i rozpoznawania

4. **Detekcja regularności** polegająca na wykrywaniu statystycznie istotnych cech w obrazie wejściowym.

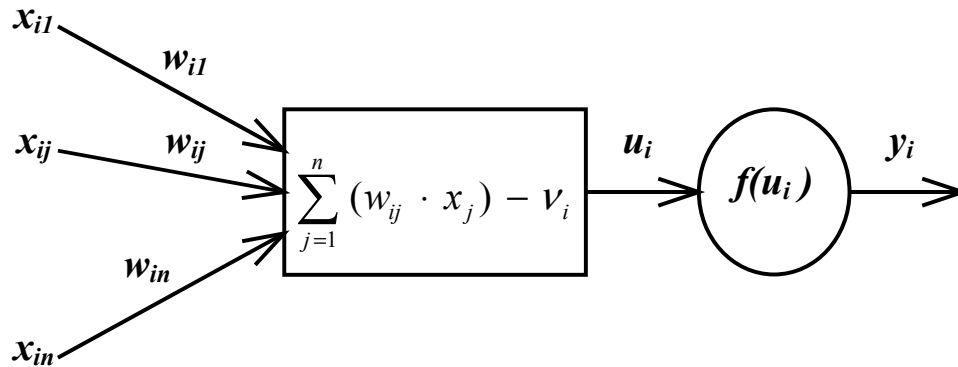
Jednokierunkowe wielowarstwowe SSN

Większość opracowywanych dla różnych zagadnień Sztucznych Sieci Neuro- nowych to wielowarstwowe sieci jednokierunkowe, w których sygnały są przesy- łane w jednym kierunku – od wejścia do wyjścia sieci. Do najczęściej stosowanych SSN należą wielowarstwowe Perceptrony (MLP). Schemat tego typu sieci został przedstawiony na rysunku 7. W tego typu sieci stosowany jest uogólniony model neuronu (rys. 8). Jest to model neuronu McCullocha i Pittsa, w którym zmieniona została funkcja aktywacji, co pozwala uzyskać na wyjściu ciągły sygnał.



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Osowski 1996]

Rys. 7. Schemat sieci neuronowej typu Perceptron



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Osowski 1996]

Rys. 8. Schemat uogólnionego modelu neuronu

Do neuronu dociera pewna liczba sygnałów wejściowych, które są mnożone przez odpowiednie wagi. Tak obliczona ważona suma wejść (pobudzenie neuronu) przekształcana jest przez funkcję aktywacji w sygnał wyjściowy:

$$y_i = f(u_i) = f \left[\sum_{j=1}^n (w_{ij} \cdot x_{ij}) - v_i \right]$$

gdzie:

- $f(u_i)$ to tzw. funkcja aktywacji (wzmocnienia, przejścia lub wygładzająca),
- w_{ij} to waga oznaczająca wartość synapsy łączącej i -ty neuron z j -tym neuronem warstwy poprzedniej,
- x_{ij} to j – ty sygnał wejściowy do i – tego neuronu,
- v_i to wartość progowa elementu i – tego.

Jedną z zalet SSN jest ich zdolność do samoprogramowania podczas **procesu uczenia sztucznych sieci neuronowych**. Uczenie sieci polega na zmianie wag połączeń pomiędzy neuronami (według ustalonego algorytmu uczenia) w celu zapewnienia wymaganego sposobu działania sieci – dostosowania do rozwiązania wybranego zadania. Podczas uczenia następuje minimalizacja wybranej funkcji błędu. Najczęściej jest to błąd średniokwadratowy:

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K (d_k - z_k)^2} \quad (2)$$

gdzie:

d_k – wartość oczekiwana na wyjściu sieci, dla k-tego przykładu uczącego;

z_k – wartość wyliczona na wyjściu sieci, dla k-tego przykładu uczącego;

K – liczba przykładów uczących.

SSN w inżynierii rolniczej

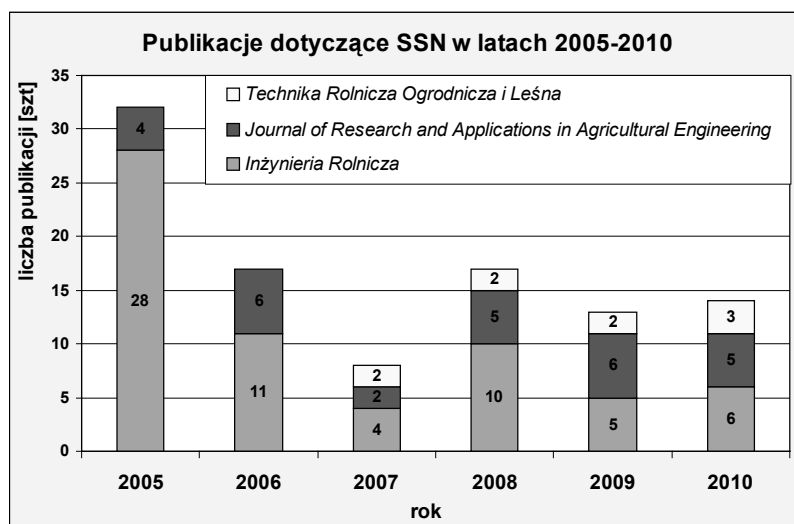
W Polsce badania związane z wykorzystaniem Sztucznych Sieci Neuronowych rozwinęły się w latach 90-tych XX w. Pierwszy podręcznik, poświęcony w całości SSN, autorstwa prof. R. Tadeusiewicza pt.: „Sieci neuronowe” ukazał się w 1993 roku. W kolejnych latach wydane zostały inne książki poświęcone tej tematyce m. in.: „Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania” [Korbicz i in.1994], „Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym” [Osowski 1996], „Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy teorii i zastosowania” [Żurada i in. 1996].

Pierwsze prace w Polsce dotyczące zastosowania SSN w zagadnieniach inżynierii rolniczej miały miejsce w końcu lat 90-tych XX wieku w Krakowie na ówczesnym Wydziale Techniki Rolniczej i Energetyki Akademii Rolniczej (obecnie Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki UR w Krakowie). Pierwsze opublikowane wyniki badań były poświęcone zastosowaniu Sztucznych Sieci Neuronowych SSN w diagnostyce maszyn rolniczych [Langman 1998] oraz dotyczyły potencjalnych możliwości zastosowania SSN w inżynierii rolniczej [Langman 1999].

W następnych latach badania związane z wykorzystaniem SSN w inżynierii rolniczej były już prowadzone przez pięć ośrodków akademickich: Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki UR w Krakowie [Ślipek, Francik 2000; Łapczyńska-Kordon i in. 2000], Instytut Inżynierii Rolniczej UP w Poznaniu [Boniecki 2000], Wydział Inżynierii Produkcji UP w Lublinie [Kluza i in. 2001; Kusz i in. 2001], Katedrę Podstaw Inżynierii SGGW w Warszawie [Trajer 2001] i Instytut Inżynierii Rolniczej ZUT w Szczecinie [Grieger, Rynkiewicz 2001].

W kolejnych latach zakres badań dotyczących zastosowania SSN w inżynierii rolniczej zwiększył się znacznie, czego dowodem jest wzrost liczby publikacji naukowych z tego zakresu. Analiza liczby publikacji, jakie ukazały się w trzech polskich wydawnictwach poświęconych zagadnieniom inżynierii rolniczej („Inżynieria Rolnicza”, „Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna”, „Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering”), pozwala stwierdzić, że największa liczba prac (32 publikacje) została opublikowana w 2005 roku (Rys. 9). W kolejnych latach liczba publikacji zmniejszyła się i pozostawała na mniej więcej sta-

łym poziomie. Ponieważ w zestawieniu tym nie uwzględniono innych wydawnictw naukowych, jest to jedynie przybliżona analiza ilościowa.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 9. Liczba publikacji poświęconych zastosowaniu SSN w inżynierii rolniczej

Większość opracowywanych dla różnych zagadnień inżynierii rolniczej Sztucznych Sieci Neuronowych to wielowarstwowe sieci jednokierunkowe, najczęściej wielowarstwowe Perceptrony (MLP).

Analizując tematykę badań dotyczących zastosowania SSN w inżynierii rolniczej można stwierdzić, że dotyczą one głównie klasyfikacji i detekcji regularności, zgodnie z wymienionymi wcześniej czterema głównymi grupami zastosowań.

Zastosowania SSN do zadań klasyfikacji:

1. **Analiza obrazu i klasyfikacja** – badania dotyczyły np. jakości suszu warzywnego, dojrzałości jabłek, szkodników zbóż [Langman 2005, 2006; Koszela, Weres 2005, 2009; Górski i in. 2008; Boniecki i in. 2010, 2007].
2. **Klasyfikacja** – badania poświęcone klasyfikacji ziarniaków kukurydzy pod względem ich jakości [Boniecki, Nowakowski 2008a,b].
3. **Diagnostyka** - badania dotyczyły przekładni kombajnu, aparatury paliwowej silników ZS, pomp wtryskowych [Kaczorowski, Langman 1999; Cieślowski, Langman 2005; Klimkiewicz 2005,2008; Langman, Pedryc 2008].

Zastosowania SSN do detekcji regularności:

1. Prognozowanie:

- a) cen i wielkości sprzedaży (produktów i maszyn rolniczych, energii elektrycznej) [Francik 2003,2005b; Trojanowska, Małopolski 2004; Koszela i in. 2005; Dejewski i in. 2009],
- b) wielkości i jakości plonów [Boniecki, Weres 2003; Boniecki 2004, 2005; Nie-dbała i in. 2005a,b, 2007; Boniecki, Mueller 2006],
- c) parametrów technicznych ciągników i maszyn rolniczych [Francik, Ślipek 2000a,b; Ślipek, Francik 2001; Francik 2001, 2006a,b],
- d) temperatury, wilgotności i sum napromienienia słonecznego [Białobrzewski 2005a,b,c; Trajer, Czekalski 2005; Trajer, Kozłowski 2005; Neugebauer i in. 2010].

2. Modelowanie:

- a) procesu mieszania [Tukiendorf 2002, 2005a,b; Matuszek, Tukiendorf 2005; Królczyk i in. 2008],
- b) procesu suszenia warzyw, ziarna zbóż, zrębków wierzby [Łapczyńska-Kordon i in. 2000, 2006, 2008; Francik, Łapczyńska-Kordon 2001; Łapczyńska-Kordon, Francik 2001, 2002, 2006, 2008; Walczak 2005; Olszewski i in. 2008],
- c) procesu powstawania uszkodzeń ziarniaków [Złobecki, Francik 2001, 2003; Złobecki i in. 2006; Nowakowski, Boniecki 2008],
- d) procesu tarcia zewnętrznego materiałów roślinnych [Frączek i in. 2000; Francik, Frączek 2001, 2002].

3. Ocena:

- a) nowoczesności ciągników i maszyn rolniczych [Francik 2005a, 2009, 2010a,b],
- b) zdolności kredytowej [Kiljańska, Klimkiewicz 2008].

Podsumowanie

Autorzy artykułu starali się przedstawić aktualny stan badań związanych z zastosowaniem Sztucznych Sieci Neuronowych w inżynierii rolniczej.

Przedstawienie historycznych początków i rozwoju badań nad SSN pozwala stwierdzić, że naukowcy polscy, zajmujący się problematyką badawczą w zakresie inżynierii rolniczej, bardzo szybko włączyli się w światowy nurt badań związanych z zastosowaniami sieci neuronowych i aktualne ich osiągnięcia w tym zakresie są znaczące.

Przegląd badań opublikowanych w ostatnich latach może stanowić pomoc dla osób, które zamierzają bliżej zapoznać się z tematyką SSN i stosować modele neuronowe w swojej pracy badawczej. Analiza publikacji umożliwiła wyróżnienie kilku głównych kierunków zastosowań modeli neuronowych w zakresie badawczym inżynierii rolniczej. Autorzy zdają sobie jednocześnie sprawę z faktu, iż pomimo starań nie uwzględnili prawdopodobnie wszystkich publikacji i zastosowań SSN. Natomiast przedstawione zostały w sposób kompleksowy osiągnięcia wszystkich polskich ośrodków naukowych związane z zastosowaniami sieci neuronowych w zagadnieniach inżynierii rolniczej i wymienieni zostali naukowcy zajmujący się tym zagadnieniem.

Bibliografia

- Białobrzewski I.** (2005a): Porównanie algorytmów uczenia sieci neuronowej jednokierunkowej, z czasowym opóźnieniem, wykorzystanej do predykcji wartości temperatury powietrza atmosferycznego. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 7-15.
- Białobrzewski I.** (2005b): Porównanie modeli GRNN utworzonych z wykorzystaniem modułów sieci neuronowych pakietów MATLAB i STATISTICA. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 15-24.
- Białobrzewski I.** (2005c): Wykorzystanie sieci neuronowej do estymacji wartości wilgotności względnej powietrza na podstawie wartości jego temperatury. *Inżynieria Rolnicza*, 1(61), 15-22.
- Boniecki P.** (2000): Neural Networks as an Alternative to the Classic Analysis of Empirical Systems in Agricultural Engineering. *Prace PIMR*, 45(4), 68-72.
- Boniecki P.** (2004): Sieci neuronowe typu MLP oraz RGB jako komplementarne modele aproksymacyjne w procesie predykcji plonu pszenżyta. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 49(1), 28-33.
- Boniecki P.** (2005): Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych typu RBF do predykcji plonu wybranych roślin zbożowych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 50(2), 15-19.
- Boniecki P., Mueller W.** (2006): Prognozowanie plonów wybranych płodów rolnych z wykorzystaniem modeli neuronowych w postaci szeregów czasowych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 51(4), 40-43.
- Boniecki P., Nowakowski K.** (2008a): Klasyfikacja ziarniaków kukurydzy w oparciu o neuronową identyfikację kształtu. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*, 6.
- Boniecki P., Nowakowski K.** (2008b): Klasyfikacja ziarniaków kukurydzy w oparciu o neuronową identyfikację kształtu. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 53(3), 14-17.
- Boniecki P., Jakubek A., Kluza T., Nowakowski K.** (2010): Neuronowa identyfikacja dojrzałości wybranych odmian jabłek. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*, 6.
- Boniecki P., Piekarska-Boniecka H.** (2007): Neuronowa identyfikacja wybranych szkodników zbóż w oparciu o informację zawartą w postaci dwuwymiarowych obrazów. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 52(1), 30-36.

- Boniecki P., Weres J.** (2003): Wykorzystanie technik neuronowych do predykcji wielkości zbiorów wybranych płodów rolnych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 48, 56-59.
- Cieślakowski B., Langman J.** (2005): Analiza parametru diagnostycznego zespołu przekładniowego kombajnu zbożowego z użyciem sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 57-62.
- Dejewska T., Boniecki P., Jakubek A.** (2009): Budowa neuronowych modeli prognostycznych na przykładzie wybranych zagadnień inżynierii rolniczej. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*, 5.
- Francik S.** (2001): Możliwości zwiększenia dokładności prognoz technicznych uzyskiwanych z użyciem sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 11(31), 69-75.
- Francik S.** (2003): Możliwości wykorzystania SSN do prognozowania sprzedaży maszyn rolniczych w warunkach rynkowych. *Inżynieria Rolnicza*, 12(54), 97-105.
- Francik S.** (2005a): Próba zastosowania sztucznych sieci neuronowych do oceny nowoczesności maszyn rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 63-70.
- Francik S.** (2005b): Prognozowanie ceny ogórka szklarniowego za pomocą sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), 91-97.
- Francik S.** (2006a): Metoda prognozowania wartości parametrów technicznych nowoczesnych maszyn rolniczych. Część I. Metodyka prognozowania parametrów ciągników rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 101-108.
- Francik S.** (2006b): Metoda prognozowania wartości parametrów technicznych nowoczesnych maszyn rolniczych. Część II. Modele neuronowe do wyznaczania parametrów ciągników rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 109-116.
- Francik S.** (2009): Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca sztuczne sieci neuronowe. Cz. I: Założenia metody. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 41- 47.
- Francik S.** (2010a): Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca sztuczne sieci neuronowe. Cz. II: Modele neuronowe do oceny nowoczesności ciągników rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 29-36.
- Francik S.** (2010b): Metoda oceny nowoczesności techniczno-konstrukcyjnej ciągników rolniczych wykorzystująca sztuczne sieci neuronowe. Cz. III: Zastosowanie metody - ocena ciągników. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 37-44.
- Francik S., Frączek J.** (2001): Model development of the external friction of granular vegetable materials on the basis of artificial neural networks. *Int. Agrophysics*, 15, 231-236.
- Francik S., Frączek J.** (2002): Wpływ kształtu pojedynczych nasion na wartość siły tarcia zewnętrznego. *Inżynieria Rolnicza*, 4(37), 83-89.
- Francik S., Łapczyńska-Kordon B.** (2001): Sztuczne sieci neuronowe w modelowaniu temperatury powierzchni buraka ćwikłowego. *Inżynieria Rolnicza*, 10(30), 129-134.
- Francik S., Ślipek Z.** (2000): Metoda prognozowania techniki rolniczej przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(19), 79- 86.
- Francik S., Ślipek Z.** (2000a): Metoda prognozowania techniki rolniczej przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(19), 79- 86.
- Francik S., Ślipek Z.** (2000b): Dokładność prognozy technicznej w zależności od architektury SSN. *Prace PIMR*, 2, 64 -66. Poznań.
- Frączek J., Francik S., Złobecki A.** (2000): Siła zewnętrznego tarcia statycznego i kinetycznego wybranych nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 9(20), 79- 84.

- Górski M., Kaleta J., Langman J.** (2008): Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do oceny stopnia dojrzałości jabłek. *Inżynieria Rolnicza*, 7(105), 53-56.
- Grieger A., Rynkiewicz M.** (2001): Skuteczność uczenia sieci neuronowej na potrzeby oceny stanu technicznego maszyny rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 11(31), 85-90.
- Kaczorowski J., Langman J.** (1999): Eliminacja zakłóceń pomiarowych w procesie diagnozowania na przykładzie rozsiewacza nawozów. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 4, 47-52.
- Kiljańska M., Klimkiewicz M.** (2008): Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do oceny zdolności kredytowych rolników – klientów firmy leasingowej. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 153-158.
- Klimkiewicz M.** (2005): Zastosowanie sieci neuronowych w diagnostyce aparatury paliwowej silników o zapłonie samoczynnym. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 153-160.
- Klimkiewicz M.** (2008): Model neuronowy lokalizacji uszkodzeń pomp wtryskowych. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 159-164.
- Kluza F., Marciniak A. W., Skwarcz J.** (2001): Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do prognozowania czasu zamrażania produktów spożywczych. *Inżynieria Rolnicza*, 11(31), 131-136.
- Korbicz J., Obuchowicz A., Uciński D.** (1994): Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.
- Koszela K., Boniecki P., Weres J.** (2005): Ocena efektywności neuronowego prognozowania w oparciu o wybrane metody na przykładzie dystrybucji produktów rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(62), 69-76.
- Koszela K., Weres J.** (2005): Analiza i klasyfikacja obrazów suszu warzywnego z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (62), 77-82.
- Koszela K., Weres J.** (2009): Neuronowa klasyfikacja obrazów suszu warzywnego. *Inżynieria Rolnicza*, 8(117), 61-67.
- Królczyk J., Matuszek D., Tukiendorf M.** (2008): Wykorzystanie sieci neuronowych (FBM) do modelowania procesu mieszania dwuskładnikowych układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza*, 7(105), 117-122.
- Kusz A., Marciniak A. W., Strzałkowski K.** (2001): Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do interpolacji i danych w systemach informacji przestrzennej. *Inżynieria Rolnicza*, 11(31), 167-177.
- Langman J.** (1998): Diagnostowanie maszyn rolniczych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, seria Rozprawy.
- Langman J.** (1999): Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w inżynierii rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 1(7), 153-158.
- Langman J.** (2005): Rozpoznawanie obrazów z użyciem sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 263-268.
- Langman J.** (2006): Zastosowanie sztucznej inteligencji w diagnostyce procesów przetwórczych. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 279-285.
- Langman J., Pedryc N.** (2008): Realizacja wnioskowania diagnostycznego rozpylacza opryskiwacza polowego w czasie rzeczywistym. *Inżynieria Rolnicza*, 11(109), 165-172.
- Łapczyńska-Kordon B., Francik S.** (2001): Sztuczne sieci neuronowe w modelowaniu zmian wymiarów geometrycznych warzyw podczas konwekcyjnego suszenia. *Prace Komisji Nauk Rolniczych PAU*, 2, 83-89.
- Łapczyńska-Kordon B., Francik S.** (2002): Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do wyznaczania współczynnika dyfuzji masy. *Inżynieria Rolnicza*, 9(42), 163-168.

- Łapczyńska-Kordon B., Francik S.** (2006): Analiza twardości selera w czasie suszenia. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 295-302.
- Łapczyńska-Kordon B., Francik S.** (2008): Model neuronowy zmian zawartości wody w zrębkach wierzby podczas konwekcyjnego suszenia. *Inżynieria Rolnicza*, 11(109), 143-148.
- Łapczyńska -Kordon B., Francik S., Frączek J.** (2000): Modelowanie procesu suszenia pora przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 9(20), 187-192.
- Łapczyńska-Kordon B., Francik S., Frączek J., Ślipek Z.** (2006): Modelowanie skurczu suszarniczego wybranych warzyw korzeniowych za pomocą sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 303-311.
- Łapczyńska – Kordon B., Francik S., Ślipek Z.** (2008): Model neuronowy zmian temperatury podczas konwekcyjnego suszenia zrębków wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 11(109), 149-155.
- Matuszek D., Tukiendorf M.** (2005): Komputerowa analiza obrazu i modelowanie neuronowe w ocenie i prognozowaniu rozkładu cząstek dwuskładnikowego układu ziarnistego podczas mieszania systemem funnel-flow. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), s. 229-235.
- Neugebauer M., Piechocki J., Sołowiej P.** (2010): Predykcja zmian temperatury dla złoża kompostu w zależności od stopnia napowietrzenia przy pomocy sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 151-157.
- Niedbała G., Przybył J., Boniecki P., Sęk T.** (2005a): Analiza założeń dla modelowania plonu buraka cukrowego z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(62), 123-130.
- Niedbała G., Przybył J., Sęk T.** (2005b): Predykcja plonów buraka cukrowego przy wykorzystaniu technik neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 8 (68), 285-290.
- Niedbała G., Przybył J., Sęk T.** (2007): Prognozowanie zawartości cukru w korzeniach buraka cukrowego z wykorzystaniem technik regresyjnych i neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2 (90), 225-234.
- Nowakowski K., Boniecki P.** (2008): Neuronowy model do identyfikacji makrouszkodzeń ziarniaków. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 53(2), 79-81.
- Olszewski T., Ryniecki A., Boniecki P.** (2008): Neural network development for automatic identification of the endpoint of drying barley in bulk. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 53(1), 26-31.
- Osowski S.** (1996): Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym. WNT, Warszawa.
- Tadeusiewicz R.** (1993): Sieci neuronowe. Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa.
- Trajer J.** (2001): Modelowanie procesu przechowywania warzyw w wybranych jego aspektach. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Trajer J., Czekalski D.** (2005): Prognozowanie sum napromienienia słonecznego dla potrzeb energetyki słonecznej. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 393-398.
- Trajer J., Kozłowski K.** (2005): Neuronowy model prognozowania dziennego napromienienia słonecznego. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), 361-366.
- Trojanowska M., Małopolski J.** (2004): Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do prognozowania miesięcznej sprzedaży energii elektrycznej na wsi. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 3(1-2), 111-118.
- Tukiendorf M.** (2002): Porównanie sposobów modelowania procesu mieszania jednorodnych układów ziarnistych przy użyciu modelu stochastycznego oraz metody wstecznej

- propagacji w technice sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(35), 315-320.
- Tukiendorf M.** (2005a): Przykład zastosowania sieci neuronowej w modelowaniu procesu mieszania układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 375-382.
- Tukiendorf M.** (2005b): Zastosowanie sieci FBM w neuronowym modelowaniu mieszania dwuskładnikowych układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), 367-373.
- Ślipek Z., Francik S.** (2001): prognozowanie zmian techniczno-eksploatacyjnych parametrów maszyn rolniczych przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 385, ser. Technika Rolnicza, 17, 29-35.
- Walczak R.** (2005): Implementacja w systemie „SYMUNEURON” matematycznego modelu procesu suszenia ziarna. *Inżynieria Rolnicza*, 1 (61), 165-172.
- Złobecki A., Francik S.** (2001): Defining the damaging process of cereal grains on the basis of artificial neural network. *Int. Agrophysics*, 15, 219-223.
- Złobecki A., Francik S.** (2003): Ocena odporności na uszkodzenia ziarna zbóż okryto- i nago-ziarnistych przy pomocy metod statystycznych oraz z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych. *Acta Agrophysica*, 95, 281-287.
- Złobecki A., Macura R., Michalczyk M.** (2006): Modelowanie procesu omlotu przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 451-460.
- Żurada J., Barski M., Jędruch W.** (1996): Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy teorii i zastosowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

ZNACZENIE AGROFIZYKI W INŻYNIERII PRODUKCJI

Jarosław Frączek, Zbigniew Ślipek

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Pytanie o rolę i znaczenie agrofizyki w nauce może wydawać się absurdalne, jeśli zgodzimy się z powszechnie panującym poglądem, że rozwija się ona znakomicie, a jej umiejscowienie w naukach rolniczych jest bezdyskusyjne.

Czy zatem badania agrofizyczne powinny być zaliczane do kategorii badań podstawowych? Jaką rolę pełni ta kategoria badań w rozwoju nauki? Czy powinny być finansowane? Na te i wiele innych powiązanych tematycznie pytań jednoznaczna odpowiedź jest trudna. Skrajne poglądy w tym temacie zasadzają się na tezie, że oznaką ubóstwa państwa jest przeznaczanie na finansowanie badań podstawowych znaczącej części środków budżetowych kierowanych na naukę. W wielu dyskusjach naukowców przytaczane są różne argumenty i poglądy. Najczęściej przyjmowany jest w nich liniowy model rozwoju nauki i techniki. Zgodnie z nim badania podstawowe prowadzą do badań stosowanych, które z kolei prowadzą do zastosowań w przemyśle i produkcji. W modelu rozwoju nauki wyróżniamy wówczas podział na:

- badania podstawowe (tzw. czyste, prowadzące do poszerzania naszej wiedzy naukowej o prawach przyrody),
- badania stosowane (rozwiązujące w gruncie rzeczy problemy praktyczne),
- badania wdrożeniowe (tzw. rozwojowe – innowacje, produkcja, eksploatacja).

W wielu obszarach działalności człowieka model ten sprawdza się dość dobrze. Trudno jednak uznać go jako uniwersalny. Często występuje sprzężenie zwrotne, które powoduje, iż postęp techniki prowadzi do postępu w naukach podstawowych. Świetnie wyraził to w swojej wypowiedzi laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii George Porter, który stwierdził, iż „termodynamika zawdzięcza więcej maszynie parowej, niż maszyna parowa zawdzięcza nauce”.

Od wielu lat toczy się dyskusja nad sensem badań podstawowych, nad ich znaczeniem i sposobami, a raczej źródłami finansowania. Naszym zdaniem

umowny podział nauki na nauki podstawowe i stosowane jest w chwili obecnej zbędny. Trudno bowiem wyraźnie rozgraniczyć obszary zainteresowań badaczy – nie jesteśmy często w stanie zawczasu powiedzieć, co będzie zastosowane.

Panuje przekonanie, że nauki podstawowe rozwijane są przez ciekawość świata. Natomiast w przypadku nauk stosowanych, celem jest rozwiązywanie konkretnych problemów, wynikających z zaspokajania potrzeb praktycznych. Nie ulega wątpliwości, że nauka ma właśnie temu służyć – zaspokajaniu potrzeb praktycznych człowieka, chociaż byłoby niedobrze, gdyby jej rola tylko do takiej użyteczności i praktyczności została zredukowana. Wydaje się więc, że racjonalnym kryterium wartościującym znaczenie nauki powinna być jej doskonałość oraz zdolność do przetwarzania osiągnięć i rezultatów badań w innowacje.

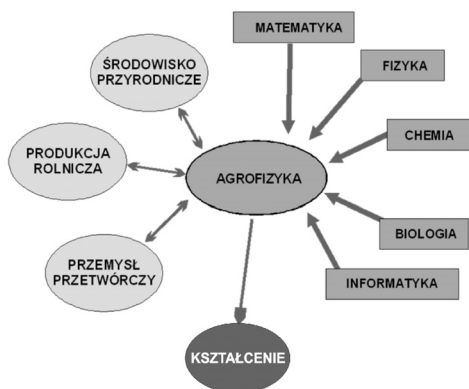
W naszym kraju, w wyniku wdrożenia w 2010 roku reformy nauki, dość jednoznacznie określono system zarządzania, wydzielając dwa główne obszary działalności, mianowicie nauki podstawowe oraz stosowane.

Powołane Narodowe Centrum Nauki ma zadanie wspierać działalność naukową w zakresie badań podstawowych, czyli prac eksperymentalnych lub teoretycznych, podejmowanych przede wszystkim w celu zdobycia nowej wiedzy o podstawach zjawisk i obserwowalnych faktów, bez nastawienia na praktyczne zastosowania ani użytkowanie. Natomiast głównym zadaniem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju jest zarządzanie i realizacja strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, które bezpośrednio przekładają się na rozwój innowacyjności.

Jak już na wstępie zaznaczono, wśród reprezentantów wielu dziedzin i dyscyplin naukowych panuje przekonanie, że agrofizyka jest nauką podstawową.

Istnieje kilka definicji agrofizyki i każda z nich wyraźnie akcentuje wielorakość zagadnień, które mieszczą się w jej obszarze badawczym. Jak stwierdza Walczak, [2001] agrofizyka, jako integralna część fizyki środowiska, dotyczy badań nad rolniczym wykorzystaniem terenu oraz produkcji żywności. Haman i Michałek [2004] za główne zadanie agrofizyki uznaje opisanie obiektu badawczego, którym jest ekosystem i obiekt biologiczny kształtowane poprzez działalność rolniczą metodami nauk ścisłych – w szczególności fizyki. Przytoczone definicje uwypuklają szeroki zakres badań agrofizycznych i ich interdyscyplinarny charakter, który wymusza współpracę wielu specjalistów (rolników, fizyków, chemików, informatyków, biologów, mechaników, matematyków).

Powiązanie nauk podstawowych z agrofizyką oraz otoczeniem gospodarczym schematycznie przedstawiono na rysunku 1. Zobrazowano tu obszary, które „obsługiwane” są przez agrofizykę. Jest to zarówno środowisko przyrodnicze (gleba, powietrze, roślina), jak i produkcja rolnicza (gleba, maszyna, roślina) oraz przemysł przetwórczy (produkty rolnicze, maszyny i urządzenia). Oprócz biologii czy chemii, agrofizyka opiera się na osiągnięciach innych nauk podstawowych, między innymi takich jak: fizyka – z której bierze metody badawcze oraz informatyka i matematyka – np. w zakresie modelowania, analizy obrazu itp.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Agrofizyka i jej otoczenie

Początkowo zainteresowania agrofizyki skupiały się głównie na zagadnieniach określania i standaryzacji metod pomiaru właściwości bio- i agromateriałów. Z czasem, wykorzystując wyniki oceny cech fizycznych tych materiałów, udoskonalono analizę, symulację i optymalizację wielu procesów transportu masy i energii, zachodzących w środowisku (np. glebowym) oraz podczas produkcji żywności. Szczególny nacisk położony jest obecnie na ocenę jakości biomateriałów i bioproduktów oraz ochronę środowiska (w tym ekologiczne źródła energii – biopaliwa).

Jak stwierdza Molenda [2001] w ostatnich latach odbywa się ewolucja inżynierii rolniczej w kierunku inżynierii biosystemów, inżynierii środowiska oraz inżynierii żywności. Coraz większego znaczenia nabiera również utylitarny charakter prowadzonych badań.

Nasuwa się więc pytanie, czy nie przywłaszczamy sobie obszarów badawczych innych dyscyplin? Wydaje się, że odpowiedź jest stosunkowo prosta – nie. Obejmujemy je bowiem szerzej, uwzględniając wzajemne powiązania środowiskowe, a w przypadku materiałów biologicznych – ich specyficzne właściwości na poziomie struktur komórkowych, tkankowych, organów i części użytkowych roślin.

Zainteresowanie agrofizyką częstokroć mieści się w zakresie wielu różnych obszarów nauki. Między innymi ze względu na specyficzny obiekt badawczy i stosowane metody, agrofizyka wykazuje ścisły związek z biofizyką, lecz jej zakres jest zgoła odmienny, bo dotyczy struktur środowiska rolniczego, tzn. gleby, roślin i zwierząt oraz procesów technologicznych związanych z produkcją żywności. Współczesne badania właściwości materiału biologicznego w aspekcie produkcyjnym, ukierunkowane na zastosowania w technologiach rolniczych i przetwórczych, wymagają uwzględniania najnowszych osiągnięć biologii, biotechnologii, nauki o materiałach, a przede wszystkim fizyki. W chwili obecnej trudno jednoznacznie zakwalifikować agrofizykę do nauk podstawowych. Trudno też przecenić jej rolę w obszarze tych nauk, dla których pełni ona rolę usługową, m.in. w stosunku do agronomii, inżynierii produkcji czy technologii żywności i żywienia. Jeżeli inżynierię produkcji rozumiemy jako wiedzę o naukowych sposobach operowania materią w celu efektywnego zaspokajania (na rozmaitych poziomach) ważnych potrzeb współczesnego człowieka, to znaczenie agrofizyki w inżynierii produkcji żywności jest bezdyskusyjne.

Można wskazać kilka najważniejszych obszarów, w których badania agrofizyczne mają kapitalne znaczenie dla inżynierii produkcji. Są to:

- ocena i dobór surowców do produkcji,
- konstrukcja maszyn i urządzeń,
- optymalizacja procesów produkcyjnych,
- automatyzacja i sterowanie procesami roboczymi.

Celem tego opracowania jest określenie miejsca agrofizyki we współczesnym obszarze nauk, a także próba, poparta różnymi przykładami, wykazania jej podstawowego znaczenia w rozwiązywaniu problemów technicznych, jakie stawia dynamicznie rozwijająca się inżynieria produkcji, szczególnie inżynieria produkcji żywności.

Przegląd zastosowań i wykorzystania osiągnięć agrofizyki w inżynierii produkcji

Przy rozwiązywaniu wielu problemów występujących w inżynierii produkcji, szczególnie takich, które związane są z projektowaniem, wytwarzaniem i eksploatacją systemów technicznych (maszyn i urządzeń), niezbędna jest wiedza dotycząca przetwarzanego materiału i zachodzących procesów. W zagadnieniach tych, zwłaszcza w przypadku maszyn rolniczych, które z punktu widzenia technicznego (w porównaniu z innymi gałęziami techniki) charakteryzowały się pewnymi opóźnieniami innowacyjnymi, agrofizyka może odegrać ważną rolę.

Jednymi z pierwszych badań agrofizycznych prowadzonych w obszarze produkcji i przetwarzania żywności były prace dotyczące mechanicznych właściwości roślinnych materiałów ziarnistych. Określano zarówno mechaniczne właściwości roślin w aspekcie związków występujących w układzie maszyna-roślina, jak i uszkodzenia mechaniczne ziarna zbóż w procesach czyszczenia i sortowania [Kolowca, Frączek 1988; Ślipek, Frączek 1992]. Wykorzystanie uzyskanych wyników badań pozwoliło na podniesienie jakości materiału siewnego poprzez ograniczenie liczby ogniw procesu technologicznego, które w sposób najbardziej destrukcyjny oddziałują na ziarno. Przeprowadzone zostały pomiary polowe, w których obok zmiennych czynników opisujących zbierany materiał (wilgotność, siła wiązania ziarna z kłosem, masa tysiąca nasion, stosunek ziarna do słomy) uwzględniane były również parametry regulacyjne kombajnu (prędkość jazdy, wielkość szczeliny, prędkość obrotowa bębna młóącego). Pozwoliło to na opracowanie zasad zbioru zbóż nasiennych.

Podjęte zostały również badania związane z określeniem cech wytrzymałościowych ziarna zbóż w celu stworzenia odpowiedniej teorii procesów deformacji i niszczenia tych materiałów [Frączek 1996; Frączek, Ślipek 1998, 1999a,b]. Tok postępowania obejmował formalny opis koncepcji rozwiązania problemu wyrażony w postaci matematycznego modelu, a następnie empiryczną weryfikację

i testowanie. W badaniach uwzględnione zostały liczne zmienne czynniki, które wpływają na odporność ziarna na obciążenia mechaniczne. Między innymi obok zawartości wody w ziarnie, uwzględniane były czynniki odmianowe (budowa anatomiczno-morfologiczna, geometria pojedynczego ziarna), prędkość uderzenia (obciążenia), krotność uderzenia (przy obciążeniach pojedynczych i wielokrotnych), wartość odkształcenia i siły wymuszającej (zarówno przy próbach quasi-statycznych, jak i udarowych).

Opracowany został model tarcia zewnętrznego, a także wewnętrznego ziarnistych materiałów roślinnych, uwzględniający rozmaite czynniki wpływające na ten proces [Frączek i in. 1999; Frączek 1999]. Utworzenie prawidłowego opisu tego zjawiska, występującego zarówno między ziarnami, jak i ziarnami a stykającymi się z nimi elementami maszyn i urządzeń, jest niezmiernie istotne z punktu widzenia możliwości przeprowadzenia optymalizacji wielu procesów, w których realizowany jest ciągły przepływ masy – w trakcie transportu, mieszania, zagęszczania i innych zabiegów. Wartości współczynnika tarcia zewnętrznego i wewnętrznego są także podstawowymi parametrami opisu rozkładu naprężeń w warstwie materiału i związanych z tym obciążeń konstrukcji, np. silosów.

Badania ziarna zbóż są obecnie prowadzone w bardzo wielu kierunkach. Nie chodzi już tylko o określenie podstawowych wielkości fizycznych, ale także o dokonanie pomiarów wybranych wielkości determinujących przebieg procesu technologicznego. Ma to przykładowo miejsce przy określaniu twardości ziarna, która jak stwierdzają Dziki i in. [2011a] decyduje o warunkach kondycjonowania i przemiału oraz właściwościach mąki. Wg Autorów, produkcja mąki z ziarna o miękkim i twardym bielmie, przy zastosowaniu tych samych warunków przemiału prowadzi do zaniżania wyciągu mąki jasnej i wzrostu w niej substancji mineralnych. Określenie twardości na etapie przyjęcia pszenicy do przerobu umożliwiłoby więc zastosowanie odpowiednich warunków przemiału i przyczyniłoby się do większej efektywności tego procesu.

Metody pomiaru twardości ziarna zbóż doskonalone są od wielu lat i bazują najczęściej na metodzie Rocwella oraz Vickersa [Haddad i in. 1999, Frączek i in. 2003, Dobraszczyk 2002]. Jednak największe znaczenie praktyczne mają tzw. technologiczne wskaźniki twardości. Ma to np. miejsce w odniesieniu do ziarna pszenicy, dla której pomiar wykonywany jest metodami WHI (Wheat Hardness Index), NIR (Near Infrared Reflectance), PSI (Particle Size Index) i HI (Hardness Index – wyznaczony urządzeniem SKCS), w których twardość wyrażana jest pośrednio [Gąsiorowski i in. 1999; Dziki i in. 2011c]. Metoda SKCS znalazła również możliwości dodatkowego wykorzystania do oceny spadku jakości ziarna powodowanego przez różne czynniki, takie jak porastanie [Olejarski i in. 2007] czy porażenie przez szkodniki zbożowo-mączne [Miś, Grundas 2002]. Trzy z wymienionych metod: NIR, PSI i SKCS są znormalizowane przez amerykańskie stowarzyszenie American Association of Cereal Chemists (AACC Approved Methods: 39-70, 55-30, 55-31, 2000).

Dość obszerną literaturę mają badania doświadczalne dotyczące cięcia źdźbeł. Jednak z punktu widzenia modelowania wyniki nie tworzą zwartego systemu informacyjnego. Mamy do czynienia z rozwiązaniami punktowymi, pochodzącymi z różnych obszarów problematyki cięcia [Zastempowski, Bochat 2005; Bochat i in. 2009]. Podstawową przesłanką trudności przy modelowaniu jest mała znajomość tych cech fizykomechanicznych, które mają wpływ na przebieg procesu cięcia. Opracowane modele procesu cięcia roślin źdźbłowych, nawet te bardziej rozbudowane i uwzględniające opory powietrza, oddziaływania sąsiednich źdźbeł oraz niejednorodności morfologicznej źdźbła, nie zostały w pełni zweryfikowane. Jak stwierdzają Bochat i Grzonkowski [2005] przydatność tych modeli jest ograniczona, ponieważ nie odnoszą się w pełni do rzeczywistych warunków cięcia, np. za pomocą bębnowego zespołu tnącego.

Zdecydowanie lepiej opracowany jest problem matematycznego modelowania omłotu, separacji, transportu masy. Bogata literatura przedmiotu wskazuje, iż zakres tematyki realizowanej przez różnych autorów cechuje mniejsze rozproszenie, a modele i programy lepiej wnikają w opis fizyczny procesów.

Modelowanie procesu omłotu dotyczy również gatunków trudno wymłacalnych. M.in. Frączek i Reguła [2011] przeprowadzili analizę procesu omłotu pszenicy orkiszowej w listwowo-sitowym zespole młocącym. Badano wpływ prędkości obrotowej wału zespołu młocącego oraz przepustowości na wielkość niedomłotu oraz uszkodzalność ziarna. Autorzy zaproponowali nieliniowe modele opisujące zmiany obu wielkości w funkcji prędkości obrotowej wału oraz przepustowości.

W ostatnich latach daje się wyraźnie zaobserwować zwiększenie liczby badań agrofizycznych, które dotyczą szeroko pojętej jakości produktu. Między innymi prowadzone są prace mające na celu podniesienie jakości materiału siewnego. Wykorzystywane są w tym celu nowoczesne metody stymulujące rozwój roślin. Przykładowo Pietruszewski i Kania [2011] badali wpływ promieniowania mikrofalowego na kinetykę kiełkowania łubinu białego i grochu konsumpcyjnego. Jądrwieńczak [2011] przeprowadził analizę procesu czyszczenia nasion gorczycy, dzięki której zaproponował cztery różne warianty przebiegu procesu technologicznego czyszczenia mieszaniny nasiennej.

Cruz i in. [2011] określali cechy fizyczne ziarna kukurydzy z roślin poddanych działaniu pola elektromagnetycznego przed siewem. Autorzy konkludują, że przedsiewne działanie polem elektromagnetycznym na nasiona hybryd kukurydzy (San Juan i San Jose) modyfikuje cechy fizyczne otrzymanego ziarna. Zaobserwowano istotne różnice w takich cechach jak długość i szerokość ziaren oraz masa 1000 ziaren. Otrzymane wyniki mogą mieć znaczenie w procesie produkcji oraz jakości tortilli.

Zaguła i in. [2010] zastosowali komputerowy system wizyjny do badania wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na jakość truskawek. Autorzy uzależnili stopień wybarwienia od jędrności badanych owoców. Wykazali

istotny wpływ zastosowanych pól magnetycznych stałych i zmiennych na jakość owoców szacowaną za pomocą parametrów jędrnościowych, poziomu zawartości wody oraz cukrów.

Badaniami agrofizycznymi objęte jest również przetwarzanie mięsa. Przykładowo Szeląg [2011] przeprowadził teoretyczną analizę procesu kutowania w aspekcie termodynamicznym. Układ roboczy został potraktowany jako termodynamiczny układ otwarty. Autor podzielił pracę tarcia na część cieplną i mechaniczną.

Badania jakościowe są szczególnie istotne w przypadku produktów spożywczych. Określany jest wpływ różnych parametrów procesu technologicznego na uzyskiwaną końcową jakość produktu. Poniżej przytoczono kilka przykładów tego typu badań, w których wykorzystano nowoczesny warsztat badawczy.

Różydło i in. [2011] badali wpływ warunków wytwarzania ciasta na proces fermentacji i właściwości fizyczne pieczywa pszennego. Autorzy stwierdzili, że wraz ze wzrostem temperatury wody od 10 do 50°C zwiększała się liniowo temperatura ciasta, a zwiększanie temperatury wody powodowało wzrost objętości chleba. Miększy chleb z ciasta miesionego dłużej miał niższą twardość.

Dziki i in. [2011b] dokonali oceny wilgotności, masy, objętości, gęstości chleba oraz cech mechanicznych miększu pieczywa handlowego pszennego, mieszanego i żytniego, według metody TPA (Texture Profile Analysis). Badania wykazały, iż najniższymi parametrami (gęstość, twardość, gumowatość i żuwalność miększu) charakteryzowało się pieczywo pszenne, a najwyższymi żytnie. Autorzy stwierdzili, że różnice we właściwościach mechanicznych poszczególnych rodzajów pieczywa wynikają w głównej mierze ze zmiennej gęstości miększu.

Maszevska i in. [2011] analizowała wpływ wypieku i warunków przechowywania na jakość chemiczną frakcji lipidowej wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych. Autorzy stwierdzili, że w uwzględnionym okresie przechowywania badanych wyrobów następował stały wzrost wartości liczby nadtlenkowej niezależnie od rodzaju użytego tłuszczu. Równocześnie wzrost czasu przechowywania powodował spadek tempa przyrostu wartości liczby kwasowej.

Mitrus i Wójtowicz [2011] badali zmienność wybranych cech fizycznych i tekstury ekstradowanych przekąsek z dodatkiem modyfikowanych skrobi. Autorzy wyznaczali wskaźnik ekspandowania, gęstość usypową, siłę cięcia w teście cięcia nożem Warner-Bratzlera, twardość w teście podwójnego ściskania w komorze Kramera oraz cechy sensoryczne (kształt, barwę, smak, zapach i kruchość) w 5-cio punktowej skali. Stwierdzili, że zwiększanie ilości skrobi modyfikowanej w mieszaninie surowcowej powodowało wzrost wartości współczynnika ekspandowania przekąsek i obniżanie gęstości usypowej. Natomiast skrobia modyfikowana zwiększała twardość uzyskanych produktów oraz obniżała ich ocenę sensoryczną.

Duża część prac poświęcona jest jakości produktów uzyskiwanych w procesach suszenia. Janiszewska i in. [2011] analizowali zależności pomiędzy rodzajem zastosowanej metody homogenizacji emulsji aromatu cytrynowego a wybranymi

właściwościami fizycznymi proszków. Stwierdzono, iż najwyższe wartości badanych parametrów (porowatość, gęstość pozorna i luźna) uzyskano dla proszków z emulsji otrzymanej przy użyciu dwustopniowej homogenizacji.

Określano również wpływ odwadniania osmotycznego i rodzaju substancji osmotycznej na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek poddanych obróbce osmotycznej [Ciurzyńska i in. 2011]. Stwierdzono, że zastosowanie sacharozy i glukozy do odwadniania osmotycznego nie wpływa istotnie na zmiany wartości współczynników i wskaźników barwy dla rozdrobnionych liofilizowanych truskawek. Odwadnianie spowodowało obniżenie siły i pracy niezbędnej do odkształcenia próbki.

Jaźwiec i in. [2011]. analizowali wpływ cech mechanicznych i reologicznych na odczucia smakowe, wzrokowe i czuciowe podczas spożywania suszonego melona żółtego. Autorzy stwierdzili, że spośród trzech sposobów suszenia – konwekcyjnego, sublimacyjnego oraz mikrofalowego w warunkach obniżonego ciśnienia – najniższą ocenę jakości sensorycznej dotyczącą elastyczności i ciągliwości uzyskał trzeci z zastosowanych sposobów.

Oceniano również jakość sensoryczną oraz stan mikrobiologiczny dostępnych na rynku pasztetów mięsnych [Makała, Tyszkiewicz 2011]. W profilu smaku i zapachu nie stwierdzono zmian wskazujących na obniżenie wyróżników jakościowych, a badane próbki nie budziły zastrzeżeń co do stanu mikrobiologicznego.

Jedną z metod oceny jakości żywności są badania jej właściwości reologicznych, które znajdują zastosowanie w projektowaniu różnych produktów i modyfikowaniu już istniejących [Juszczak i in. 2002; Pruska-Kędzior i in. 2005].

Bakier i Lewczuk [2000] określali właściwości reologiczne miodu pszczelego w postaci skryształizowanej. Pomiaru zostały przeprowadzone na specjalnym stanowisku badawczym. Zwrócono uwagę na wystąpienie silnego efektu tiksotropowego, zależnego głównie od szybkości ścinania.

Szulc i Lenart [2009] badali wpływ składu surowcowego, sposobu aglomeracji i rodzaju cieczy nawilżającej na właściwości reologiczne sproszkowanych odżywek dla dzieci. Pomiaru wykonywano na aparacie Jenike'go w teście bezpośredniego ścinania. Wyznaczono kohezynność, kąt tarcia wewnętrznego, wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie, największe naprężenie konsolidujące oraz indeks płynięcia.

Wyniki tego typu badań można by mnożyć, bowiem badania reologiczne prowadzone są obecnie bardzo szeroko i obejmują wiele różnych produktów przeznaczonych do spożycia [np. Plaskota 2004; De Bruijne, Bot 1999; Dłużewska, Leszczyński 2005; Glibowski, Krępacka 2006; Gustaw i in. 2003; Rutkowska, Neryng 2003]. Jak stwierdzają Kolowca i Krzysztofik [2003] zakres zastosowań wyników badań agrofizycznych stale rośnie. Dzięki nim możliwa jest zarówno poprawa jakości produktów spożywczych, jak i modyfikacja żywności, m.in. poprzez zastępowanie wysokokalorycznych składników produktami o obniżonej zawartości tłuszczu.

Agrofizyczne badania jakości dotyczą nie tylko produktów spożywczych. Przyprawdza się je również na wielu produktach biologicznych przeznaczonych dla przemysłu i energetyki. W tym ostatnim przypadku rozwinęły się znacznie badania roślin energetycznych i produkowanych z nich brykietów i peletów [Sko-necki i in. 2011; Frączek (red.) 2010a,b,c]

Jak już wcześniej stwierdzono, obszar badań agrofizycznych obejmuje również modelowanie wielu zjawisk i procesów. Stopa i Smolnicki [2011] metodą elementów skończonych modelowali rozkład przemieszczeń walcowej próbki bulwy ziemniaka przy obciążeniu osiowym. W oparciu o określone właściwości wytrzymałościowe materiału zbudowano model dyskretny procesu ściskania osiowego, który poddano weryfikacji. Autorzy uzyskali wysoką zgodność wyników doświadczalnych z modelem MES. Wachowicz [2011] wykorzystała zbiory rozmyte do sterowania mikroklimatem w specjalistycznych pomieszczeniach produkcyjnych. Autorka opisała przykładowy lingwistyczny model procesów wymiany ciepła i masy oraz system adaptacyjnego sterowania mikroklimatem w szklarni.

Zamiarem autorów niniejszej publikacji nie było przytoczenie wszystkich aspektów i obszarów badań agrofizycznych – ze względu na ich rozległość, nie jest to możliwe – a jedynie wykazanie jak szeroko prowadzone są tego typu badania oraz zaznaczenie, że w obecnej chwili badania gleby (które niewątpliwie zainicjowały rozwój agrofizyki) stanowią jedynie niezmiernie ważny fragment tej problematyki naukowej.

Poszerzenie obszaru badawczego zaowocowało zwiększeniem zainteresowania wynikami badań agrofizycznych nowych dziedzin naukowych. Zestawienie najważniejszych dla agrofizyki – według analizy przeprowadzonej przez autorów – dziedzin w obszarze nauk rolniczych oraz technicznych zmieszczono w tabeli 1 (klasyfikacja zgodna Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 8 sierpnia 2011). W tabeli przedstawiono również ocenę znaczenia badań agrofizycznych w trzech zakresach: badania właściwości fizycznych różnych biomateriałów (badania podstawowe), modelowanie procesów oraz optymalizacja procesów (badania stosowane). Ocena ta powstała w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych metodą delficką. Ankietowano 50 ekspertów, którzy posiadają wiedzę, doświadczenie oraz informacje o wdrożeniach, dotyczących obszaru badań agrofizycznych prowadzonych w różnych dziedzinach nauki. Zastosowano trzystopniową skalę znaczenia agrofizyki w danej dziedzinie – znaczenie największe, średnie oraz minimalne.

Dotychczasowe struktury mechaniczne systemów technicznych stosowanych w rolnictwie wykazują stosunkowo małą (w porównaniu np. z techniką samochodową, w tym ciągnikami rolniczymi) podatność na wzbogacanie ich w układy sterująco-kontrolne, oparte o techniki mikroprocesorowe. Istnieje więc potrzeba zasadniczo innego podejścia do projektowania takich nowoczesnych struktur i opracowania nowych modeli matematycznych konstrukcji. Nie ulega bowiem

wątpliwości, że dynamiczne zmiany jakościowe w konstrukcji i eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych będą zachodzić poprzez wprowadzanie do nich systemów elektroniki i informatyki.

Tabela 1. Znaczenie agrofizyki w naukach rolniczych i technicznych

Dyscyplina nauki	Badanie materiałów	Modelowanie procesów	Optymalizacja procesów
agronomia	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
inżynieria rolnicza	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
kształtowanie środowiska	■ ■ ■	■ ■	■
ogrodnictwo	■ ■	■ ■	■
rybactwo	■	-	-
technologia żywności i żywienia	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
zootechnika	■	■	■
budowa i eksploatacja maszyn	■ ■ ■	■ ■	■
transport	■ ■	-	-
mechanika	■ ■ ■	-	-
inżynieria środowiska	■ ■ ■	■ ■	-
inżynieria materiałowa	■ ■ ■	■ ■ ■	■
włókiennictwo	■ ■	■ ■	■ ■

Źródło: opracowanie własne

Oznaczenia:

■ ■ ■ - największe znaczenie

■ ■ - średnie znaczenie

■ - minimalne znaczenie

I tu właśnie należy upatrywać obszaru badawczego dla agrofizyki. Oprócz określania i standaryzacji metod pomiaru fizycznych właściwości bio- i agromateriałów, współczesne badania ukierunkowane są na analizę, symulację i optymalizację procesów transportu masy i energii zachodzących przy produkcji żywności. Szczególną wagę przywiązuje się do oceny jakości biomateriałów i bioproduktów oraz ochrony środowiska. Coraz większego znaczenia nabiera również użyteczny charakter prowadzonych badań.

Rola agrofizyki w inżynierii produkcji jest znacząca i trudna do przecenienia. Dowodem tego może być choćby coraz większe zapotrzebowanie na tego typu badania ze strony nauk technicznych, zwłaszcza w zakresie wykorzystania materiałów biologicznych w produkcji przemysłowej (produkcja żywności, włókiennictwo, drzewnictwo itp.), ochronie środowiska (ochrona wody, powietrza, gleby, ogrzewnictwo, energetyka itp.), projektowaniu i eksploatacji systemów technicznych (zmniejszanie nakładów energetycznych, ograniczanie strat, poprawa jakości produktu itp.).

Rys. 2. Sterowanie mikroklimatem i nawożeniem w szklarni

Jest powszechnie wiadomo, że dynamiczne zmiany jakościowe w konstrukcji i eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych będą zachodzić poprzez wprowadza-

nie do nich systemów elektroniki i informatyki. Istnieje potrzeba zasadniczo innego podejścia do projektowania takich nowoczesnych struktur, a raczej potrzeba opracowania nowych modeli matematycznych konstrukcji. Podstawowa trudność leży tu w wymodelowaniu złożonych procesów mechanicznych zachodzących w układzie: powierzchnia zespołów roboczych – przerabiany materiał. Materiał roślinny możemy w ujęciu mechaniki teoretycznej klasyfikować jako ośrodek rozproszony, nieciągły, niejednorodny, mający anizotropową strukturę porowatowo-włóknistą.

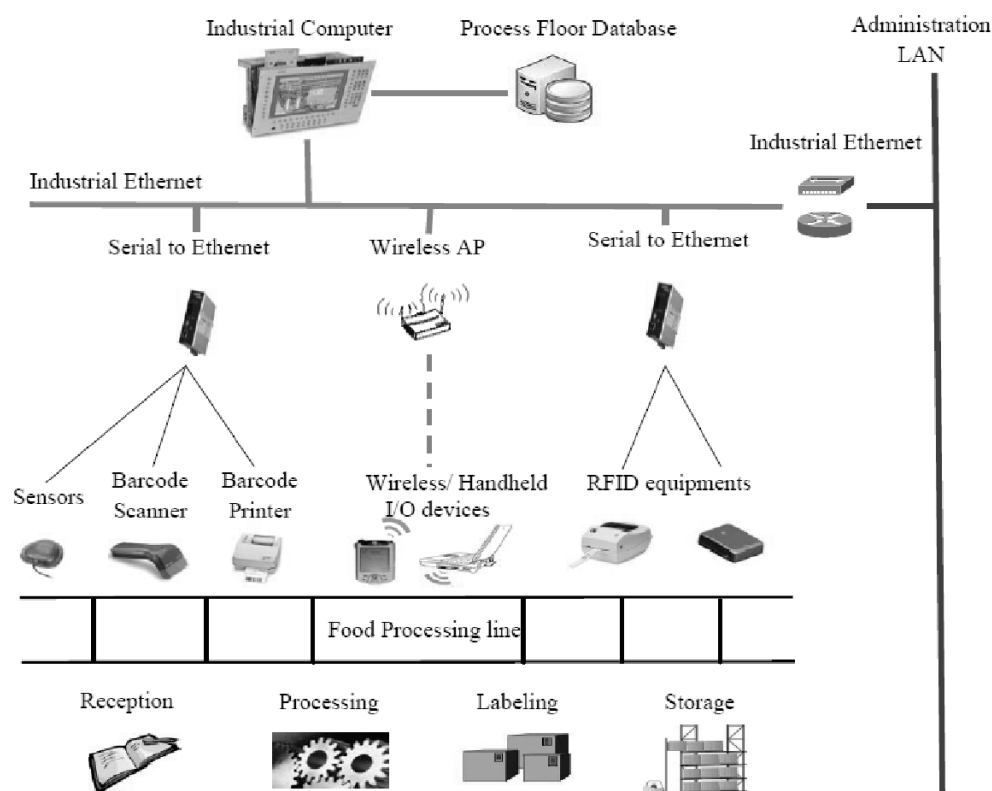
Mechanika teoretyczna dobrze radzi sobie z ośrodkami ciągłymi, jednak mechanika ośrodków rozproszonych jest jeszcze słabo rozwinięta – szczególnie w kontekście modelowania. Modelowanie takie jest warunkiem powodzenia przy projektowaniu mechatronicznym.

Zasadnicza zmiana jakościowa przy tym podejściu do projektowania polega bowiem na zastąpieniu dotychczasowych technik opartych na takich nośnikach informacji jak: instrukcje obsługi (klasyczne), książki, katalogi – systemami informatycznymi.

Mają one służyć gromadzeniu danych i ich „wyszukiwaniu” z przeznaczeniem np. do celów regulacji, sterownia, diagnozowania (autodiagnozy). Mechatronizacja daje także możliwości samoczynnego podejmowania decyzji na podstawie – zaimplementowanych w pokładowych systemach informatycznych – algorytmów.

Równie ważnym problemem jest zmniejszenie udziału pracy ludzkiej w produkcji żywności. W przemyśle przetwórczym proces ten jest bardzo zaawansowany. Monitorowanie, kontrola i sterowanie przebiegiem procesu produkcyjnego są często w pełni zautomatyzowane (rys. 3). Wymaga to stosowania nowoczesnych urządzeń pomiarowych, ustalenia wielkości wejściowych i parametrów decydujących o przebiegu procesu oraz przeprowadzenia cyfryzacji odczytów analogowych – w tym zakresie badania agrofizyczne są szeroko wykorzystywane.

Zdecydowanie gorzej przedstawia się to w przypadku polowej produkcji roślinnej i produkcji zwierzęcej, gdzie robotyzacja obejmuje bardzo nieliczne dziedziny. Robot wykonywać musi złożone, precyzyjne i szybkie ruchy w przestrzeni technologicznej. Musi także rozpoznawać elementy tej przestrzeni. Przykładowo, w przypadku zbioru z drzew będą to zarówno owoce jak i gałęzie oraz liście (rys. 4). Każde drzewo jest inne, jego elementy rozmieszczone w sposób losowy, a ponadto często wykonują ruchy w sposób nieuporządkowany (wiatr). Złożoność takiego robota i zbliżenie jego czynności do czynności ludzkich jest tu znacznie większe, aniżeli w pokazywanych na filmach reklamowych efektownych robotach przemysłowych, montujących karoserie samochodowe, gdzie przestrzeń technologiczna jest ściśle zdeterminowana, a ruchy powtarzalne. Potrzebne są tu informacje o geometrii, właściwościach fizycznych roślin i ich elementów. Złożoność takiego systemu jest zasadniczą przeszkodą w rozwoju robotów rolniczych.



Źródło: Sebestyen i in. 2008

Rys. 3. Model fizyczny monitorowania procesu produkcji żywności

Przeprowadzona analiza wskazuje również wyraźnie na konieczność kształcenia w zakresie agrofizyki lub jej elementów na studiach wyższych. Przekłada się to bezpośrednio na ugruntowanie wiedzy podstawowej absolwenta, pozwalającej mu właściwie rozumieć zjawiska i procesy fizyczne zachodzące w rolnictwie i technice. Kluczowe będzie w tym względzie właściwe opisanie efektów kształcenia (w kategoriach przede wszystkim wiedzy i umiejętności) w modułach kształcenia uwzględniających agrofizykę tak, aby przyszły inżynier był przygotowany do realizacji wyzwań stojących przed nowoczesną inżynierią produkcji.



Źródło: [<http://spectrum.ieee.org/automaton>]

Rys. 4. Postać koncepcyjna robota do zbioru owoców

Podsumowanie

Przedstawione w poprzednim rozdziale przykłady zastosowań wskazują, że projektowanie, eksploatacja, optymalizacja, sterowanie i inne działania, związane z procesami produkcyjnymi w rolnictwie, zasadzają się w dużym stopniu na znajomości właściwości fizycznych materiałów pochodzenia biologicznego. Wiedzę o tych materiałach czerpiemy w dużej mierze z badań właściwych agrofizyce.

Czy zatem współczesna agrofizyka ma szanse rozwijać się jako nauka podstawowa, czy też jako agrofizyka stosowana? Czy metody przez nią wypracowywane mają odpowiadać na pytania czysto poznawcze, czy też wypełniać zadania i służyć rozwiązywaniu problemów praktycznych, stawianych przed uczonymi przez gospodarkę? Może przez biogospodarkę?

Modelowym przykładem ukierunkowania badań agrofizycznych na późniejsze zastosowania praktyczne jest tematyka kompleksowych badań agrofizycznych rzepaku, prowadzona w Instytucie Agrofizyki PAN [Szot, Tys 2003; Tys 2006]. Badania te ukierunkowane były na obszar obejmujący zarówno hodowlę tej rośliny, uprawę, zbiór, jak i technologie przetwarzania i zastosowania na cele żywieniowe oraz nieżywieniowe.

Przykładów takich badań kompleksowych, ukierunkowanych na rozmaite, dotychczas nieznane lub pomijane zastosowania, które mają swoje podstawy w agrofizyce, można wskazać więcej.

Sądzymy, że nastąpił już zmierzch agrofizyki tradycyjnej, mającej swe początki w ubiegłym wieku, której uprawianie zawężało się często do swoistej „rozprawy o metodzie”.

Należy się zatem spodziewać, że agrofizyka ugruntuje swoje znaczenie jako dyscyplina stosowana zarówno w naukach rolniczych jak i technicznych, a jej rola i podstawowe cele obejmą takie zagadnienia jak: modelowanie matematyczne i fizyczne procesów w układzie gleba-maszyna-roślina-atmosfera, nowe bio- i agromateriały, zastosowania wiedzy agrofizycznej w mechatronice. Taki kierunek rozwoju agrofizyki został wyraźnie zarysowany i ugruntowany w wydanej ostatnio *Encyclopedia of Agrophysics* [Springer 2011]. Wydaje się więc, że ukierunkowanie na pozyskiwanie wiedzy naukowej, służącej rozwiązywaniu problemów praktycznych, może mieć kapitalne znaczenie dla postępu technicznego w gospodarce żywnościowej (biogospodarce) i powodować, że agrofizyka stanie się ważnym, wspólnym mianownikiem nauk technicznych, rolniczych i biologicznych, a jej znaczenie w nowoczesnej inżynierii produkcji, której istotnym atrybutem jest wiedza naukowa, będzie niekwestionowane.

Bibliografia

- Bakier S., Lewczuk P.** (2000): Właściwości reologiczne miodu pszczelego w postaci skryształizowanej. *Inżynieria Rolnicza*, 5(16), 23-30.
- Bochat A. Grzonkowski R.** (2005): Problematyka modelowania cięcia materiału anizotropowego, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 1-2, 29-30.
- Bochat A., Zastempowski Bochat M., Zastempowski M.** (2009): Identyfikacja quasi-statycznej siły cięcia źdźbeł pszenżyta na użytek projektowania nożycowo-palcowych zespołów tnących. *Journal of Research and Application in Agriculture Engineering*, Vol. 54(2).
- Bohdziewicz J., Grzemiński P.** (2011): Właściwości reologiczne warzyw uprawianych pod osłonami. *Inżynieria Rolnicza*, 8(133), 37-43.
- Ciurzyńska A., Lenart A., Siemiątkowska M.** (2011): Wpływ odwadniania osmotycznego na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek. *Acta Agrophysica*, 17(1), 17-32.
- Cruz D. G., Bautista R. Z., Aguilar C. H., Pacheco F. A. D., Orea A. C., Bonilla J. L. L.** (2011): Physical characteristics of grains of maize pre-sowing treated by electromagnetic fields. *Acta Agrophysica*, 18(1), 17-31.
- De Bruijne D.W., Bot A.** (1999): Fabricated FAT-based foods. [w:] *Ford Texture Measurement and Perceptron*, Rosenthal J.A., Aspen Publisher.
- Dłużewska E., Leszczyński K.** (2006): Stabilność i cechy reologiczne emulsji napojowych z dodatkiem gumy ghatti. *Inżynieria Rolnicza*, 1, 21-24.
- Dobraszczyk B.J.** (2002): Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modelling of fracture in wheat endosperm. *J. Cereal Sci.*, 35, 235-263.

- Dziki D., Różyło R., Laskowski J.** (2011): Przemiał pszenicy i wpływ twardości ziarna na ten proces. *Acta Agrophysica*, 18(1), 33-43.
- Dziki D., Siastała M., Laskowski J.** (2011): Ocena właściwości fizycznych pieczywa handlowego. *Acta Agrophysica*, 18(2), 235-244.
- Dziki D., Różyło R., Laskowski J., Grundas S.** (2011): Ocena właściwości fizycznych ziarna pszenicy przy wykorzystaniu analizatora pojedynczych ziarniaków. *Inżynieria Rolnicza*, 1(126), 39-46.
- Encyclopedia of Agrophysics.** (2011), Springer.
- Frączek J.** (1996): Wytrzymałość ziarna obciążanego w masie, *Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln.*, Z. 443, 375-384.
- Frączek J.** (1999): Tarcie ziarnistych materiałów roślinnych. *Zesz. Naukowe AR w Krakowie*, Z. 252.
- Frączek J. (red.).** (2010): Optymalizacja procesu produkcji paliw kompaktowych wytwarzanych z roślin energetycznych, PTIR Kraków.
- Frączek J. (red.).** (2010): Produkcja biomasy na cele energetyczne. PTIR, Kraków.
- Frączek J. (red.).** (2010): Przetwarzanie biomasy na cele energetyczne. PTIR, Kraków.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z.** (1999): Interaction of individual surface microridges in the course of friction between construction walls and plant material. *Int. Agrophysics*, 13, 435-438.
- Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M.** (2003): Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. *Acta Agrophysica*, 92, 47-72.
- Frączek J., Reguła T.** (2011): Analiza procesu omłotu pszenicy orkiszowej w listwowositowym zespole młóącym. *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 13-20.
- Frączek J., Ślipek Z.** (1998): Influence of moisture content and number of mechanical impacts, upon the energy and sprouting capacity of wheat grains, *Int. Agrophysics*, 12, 97-101.
- Frączek J., Ślipek Z.** (1999): Fatigue strength of wheat grains. Part 1. The analysis of grain deformation at multiple loads, *Int. Agrophysics*, 13, 93-97.
- Frączek J., Ślipek Z.** (1999): Fatigue strength of wheat grains. Part 2. The fatigue strength index for wheat grain. *Int. Agrophysics*, 13, 211-214.
- Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P., Obuchowski W.** (1999): Twardość ziarna pszenicy. *Przeg. Zboż.-Młyn.*, 7, 6-8.
- Glibowski P., Krępacka A.** (2006): Wpływ dodatku preparatów serwatki na właściwości reologiczne jogurtów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(46), 75-82.
- Gustaw W., Achremowicz B., Mazurkiewicz J.** (2003): Właściwości reologiczne żeli κ -karagenu z dodatkiem galaktomannanów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(34), 25-38.
- Haddad Y., Mabilie F., Mermet A., Abecassis J. Benet, J.C.** (1999): Rheological properties of wheat endosperm with a view on grinding behaviour. *Powder Technol.*, 105, 89-94.
- Haman J., Michałek R.** (2004): Związki między agrofizyką a inżynierią rolniczą. *Acta Agrophysica*, 3(3), 479-485.
- Jadwisieńczyk K.** (2011): Analiza procesu czyszczenia nasion gorczycy. Cz. 2. Algorytmy procesu czyszczenia. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 87-93.
- Janiszewska E., Krupa K., Witrowa-Rajchert D.** (2011): Wpływ sposobu homogenizacji na wybrane właściwości fizyczne otrzymanych metodą suszenia rozpyłowego mikrokapsulek aromatu cytrynowego. *Acta Agrophysica*, 18(2), 287-296.

- Jaźwiec B., Stępień B., Kita A., Paślawska M.** (2011): Instrumentalna i sensoryczna analiza twardości i sprężystości suszonego melona żółtego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 73-80.
- Juszczak L., Fortuna T., Maziarz M.** (2002): Wybrane właściwości reologiczne ketchupów handlowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(30), 88-98.
- Kenghe R., Nimkar P., Shirkole S.** (2011): Resistance of bulk lathyrus to airflow. *Acta Agrophysica*, 18(1), 87-99.
- Kolowca J., Frączek J.** (1988): Ocena pracy linii czyszczenia i sortowania pod względem uszkodzeń mechanicznych ziarna. *Roczniki Nauk Rolniczych*, T. 78-C-4, 199-212.
- Kolowca J., Krzysztofik B.** (2003): Właściwości reologiczne miąższu bulw wybranych odmian ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 9, 127-136.
- Kurpaska S.** (2007): Szklarnie i tunele foliowe. *Inżynieria i procesy*. PWRiL, Warszawa.
- Makała H., Tyszkiewicz S.** (2011): Charakterystyka jakości sensorycznej i stanu mikrobiologicznego rynkowych pasztetów mięsnych. *Acta Agrophysica*, 18(2), 321-334.
- Maszevska M., Żbikowska A., Matysiak K.** (2011): Zmiany hydrolityczne i oksydacyjne zachodzące we frakcji lipidowej podczas wypieku i przechowywania wyrobów biszkoptowo-tłuszczowych. *Acta Agrophysica*, 18(1), 111-120.
- Miś A., Grundas S.** (2002): Wheat grain hardness modified by the laboratory sprouting test. *Int. Agrophysics*, 16, 283-288.
- Mitrus M., Wójtowicz A.** (2011): Wybrane cechy jakościowe przekąsek ekstrudowanych z dodatkiem skrobi modyfikowanych. *Acta Agrophysica*, 18(2), 335-345.
- Molenda M.** (2001): Teraz raczej jakość. Materiały konferencji Agrofizyka na początku XXI wieku. Wydawnictwo FRNA, Z. 3, 29-31.
- Olejarski P., Nawrot J., Grundas S.** (2007): Przydatność wyników pomiarów parametrów fizycznych ziarna dla określenia obecności wołka zbożowego. *Postępy w Ochronie Roślin*, 47(1), 88-91.
- Pietruszewski S., Kania K.** (2011): Wpływ promieniowania mikrofalowego na kinetykę kiełkowania nasion łubinu białego i grochu konsumpcyjnego *Acta Agrophysica*, 18(1), 121-129.
- Plaskota D.** (2004): Właściwości reologiczne jogurtów w zależności od czasu ich dojrzewania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(41), 88-99.
- Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Bera E., Gryciuk K., Golińska-Krzysztofiak J.** (2005): Application of dynamic rheology methods to describing viscoelastic properties of wheat gluten. *EJPAU, Topic Food Science and Technology*, Vol. 8(2).
- Różyło R., Dziki D., Laskowski J.** (2011): Wpływ warunków wytwarzania ciasta na proces fermentacji i właściwości fizyczne pieczywa pszennego. *Acta Agrophysica*, 18(1), 131-142.
- Rutkowska J., Neryng A.** (2003): Dynamiczne właściwości reologiczne wybranych margaryn piekarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(34), 81-90.
- Sebestyen G., Nicoara D., Rusu M., Buzdugan L., Cerghizan M., Saplacan G.** (2008): Supervisory Control and Quality Assurance in Food Industry, IEEE international conference on automation quality and testing, robotics. *Proceedings*.
- Skonecki S., Kulig R., Potręć M.** (2011): Ciśnieniowe ząszczanie trocin sosnowych i topolowych – parametry procesu i jakość aglomeratu. *Acta Agrophysica*, 18(1), 149-160.
- Stopa R., Smolnicki T.** (2011): Modelowanie rozkładów przemieszczeń walcowej próbki bulwy ziemniaka przy obciążeniu osiowym metodą elementów skończonych. *Inżynieria Rolnicza*, 9(134), 223-230.
- Szeląg M.** (2011): Analiza teoretyczna procesu kutrowania w aspekcie termodynamicznym. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), 257-264.

- Szot B., Tys J.** (2003): Straty ilościowe i jakościowe nasion rzepaku powodowane terminem zbioru. *Acta Agrophysica*, 2(1), 205-211.
- Szulc K., Lenart A.** (2009): Właściwości reologiczne aglomerowanej żywności w proszku dla dzieci. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(62), 46-56.
- Ślipek Z., Frączek J.** (1992): Mechanical damage of grain in conventional cleaning-up processes, *Proceedings of TAE, University of agriculture Prague*, 545-549.
- Tys J.** (2006): Rzepak. Zbiór, suszenie, przechowywanie. Instytut Agrofizyki PAN, 1-58.
- Wachowicz E.** (2011): Zbiory rozmyte w sterowaniu mikroklimatem w budynkach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 265-270.
- Walczak R.** (2001): Agrofizyka: fizyka środowiska i żywności. Materiały XXXVI Zjazdu Fizyków Polskich, Toruń, 118-122.
- Wilhelm L.R., Tompkins F.D., Mullins C.A.** (2006): Airflow resistance of bean and pea pods. *Transactions of the ASAE*, 26(3), 946-949.
- Zagula G., Gorzelany J., Puchalski C.** (2010): Zastosowanie komputerowego systemu wizyjnego do badania wpływu pól magnetycznych i elektromagnetycznych na jakość truskawek. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120), 293-300.
- Zastempowski M. ; Bochat A.** (2005): Analiza modeli cięcia źdźbeł roślin zbożowych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 1-2, 95-96.

SKUTKI ODDZIAŁYWANIA MASZYN ROLNICZYCH NA ROŚLINNOŚĆ ŁĄKOWĄ

Tomasz Głąb

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Degradacja fizyczna gleby, towarzysząca wykonywanym pracom mechanizacyjnym związanym z działalnością rolniczą, dotyczy wszystkich terenów użytkowanych rolniczo na całym świecie. Degradacja ta jest uznawana za jeden z czterech głównych typów degradacji gleb na świecie wraz z erozją wodą, wietrzną i degradacją chemiczną [Oldeman i in. 1991]. Główną przyczyną tej degradacji jest zagęszczenie gleby związane ze zmechanizowanymi pracami na terenach rolniczych. Szacuje się, że na świecie w około 82% źródłem degradacji fizycznej jest właśnie ugniatanie gleby [EEA 1995].

Problem zagęszczenia gleby dotyczy wszystkich terenów użytkowanych rolniczo, w tym także użytków zielonych. Podobnie jak we wszystkich krajach Europy Środkowej, w polskich gospodarstwach dominującym sposobem konserwacji paszy jest suszenie w warunkach naturalnych. Szacuje się, że ta technologia jest stosowana dla około 60% zbieranej masy [Jankowska-Huflejt 2006]. Jest to rezultat przede wszystkim niskich kosztów i sprzyjających warunków klimatycznych. Niestety ta technologia zbioru i konserwacji zielonki jest związana z bardzo intensywnymi przejazdami ciągników i maszyn po powierzchni łąk. Z tego względu tereny wieloletnich upraw pastewnych są szczególnie narażone na degradację fizyczną. Problem ugniatania gleb trwałych użytków zielonych był podejmowany wielokrotnie w literaturze. Najczęściej badania dotyczyły zmian właściwości fizycznych gleby poddawanej naciskom kół ciągników oraz zmiany plonowania traw i roślin motylkowych [Douglas 1997; Frame i Merrilees 1996; Błaszczewicz i Kryszak 2003]. Jednakże w prezentowanych pracach można zaobserwować sprzeczne wyniki. Z jednej strony często stwierdzanym faktem jest redukcja plonu pod wpływem ugniatania. Równocześnie można znaleźć w literaturze doniesienia o zwiększaniu się wydajności traw pastewnych na glebach poddanych zagęszczeniu kołami maszyn [Douglas 1997]. Wzajemne relacje maszyna-gleba-roślina w odniesieniu do roślinności łąkowej nie zostały do chwili obecnej dostatecznie poznane. Bardzo pomocne w zrozumieniu tych relacji jest poznanie reakcji systemu korzeniowego na warunki zmieniającego się zagęszczenia gleby. To zagad-

nienie w odniesieniu do traw pastewnych nie było dotychczas podejmowane w badaniach. Znaczący udział w wyjaśnieniu reakcji systemu korzeniowego roślin łąkowych na zagęszczenie gleby mają badania prowadzone w Instytucie Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych UR w Krakowie.

Zmiany w środowisku glebowym

Degradacja fizyczna gleb użytkowanych rolniczo zwykle pociąga za sobą spadek plonowania roślin, przynosząc wymierne straty ekonomiczne. Obecnie na świecie ugniatanie gleby jest powszechnie uznawane jako jeden z głównych czynników obniżających plony i stanowiący poważny problem w rolnictwie. Potwierdzają to wyniki wielu badań dotyczących upraw polowych [Soane, van Ouwerkerk 1995], jak również wieloletnich roślin pastewnych [Douglas 1997; Kopeć, Głąb 1998].

Wielokrotne przejazdy ciężkich maszyn i ciągników rolniczych po powierzchni gleby powodują jej stopniową degradację fizyczną, czego dalszym skutkiem jest pogorszenie warunków wzrostu korzeni roślin i w efekcie redukcja plonów. Powszechnie stwierdza się, iż ugniatanie gleby kołami ciągników powoduje zmiany we właściwościach fizycznych gleby, takie jak wzrost gęstości, spadek porowatości ogólnej, obniżenie pojemności i przepuszczalności powietrznej, zmianę pojemności i retencji wodnej oraz wzrost oporów ścinania i spoistości [Hodara, Domżał 1991; Głąb, Zaleski 1999] (Tabela 1).

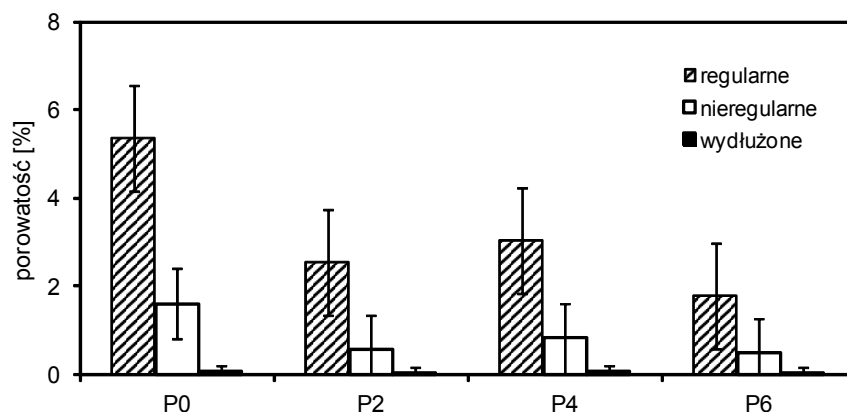
Tabela 1. Zmiana podstawowych parametrów fizycznych gleby powodowana przez wielokrotne przejazdy kół ciągnika

Wariant	Gęstość objętościowa ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Porowatość ogólna ($\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$)	Zwięźłość (Mpa)
<i>0-10 cm</i>			
P0	1,43 c	0,441 a	2,14 a
P2	1,47 b	0,426 b	2,28 ab
P4	1,48 b	0,421 b	2,30 ab
P6	1,52 a	0,405 c	2,47 b
<i>10-20 cm</i>			
P0	1,42 c	0,445 a	2,45 a
P2	1,50 b	0,415 b	2,55 a
P4	1,53 ab	0,402 bc	2,57 a
P6	1,56 a	0,391 c	2,50 a
<i>20-30 cm</i>			
P0	1,45 b	0,435 b	2,20 a
P2	1,47 ab	0,426 bc	2,33 a
P4	1,51 a	0,410 c	2,38 a
P6	1,49 ab	0,418 bc	2,32 a

Źródło: Głąb, Kopeć 2009

Stopień deformacji gleby pod wpływem ugniatającego działania kół zależy od wielu czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć nacisk jednostkowy oraz czas działania obciążenia, krotność przejazdów, a także rodzaj i właściwości gleby (skład granulometryczny, wilgotność, gęstość objętościowa etc.). Wielkość zmian właściwości fizycznych gleby zależy w dużym stopniu od ich wartości wyjściowych występujących przed ugniataniem. W przypadku gruntów ornych największe zmiany gęstości gleby obserwowane są w wierzchniej warstwie 0-10 cm, a ich zasięg dochodzi do głębokości 30 cm [Domżał, Hodara 1990]. Potwierdzają to również badania autora [Głąb, Kopec 2009; Głąb 2008].

Zagęszczenie gleb, zarówno użytkowanych rolniczo jak i leśnych, nie tylko zmienia porowatość ogólną gleby, ale również modyfikuje system porów, ich kształt i rozmieszczenie (rys. 1). Udział porów wydłużonych, odpowiedzialnych za transport wody i wzrost korzeni, jest silnie zredukowany w zagęszczonej glebie. Występują również inne zmiany, w rezultacie powodujące przekształcenie typu struktury i zmianę jej klasyfikacji. Domżał i Słowińska-Jurkiewicz [1996] wyróżnili trzy typy struktur charakterystycznych dla gleb intensywnie ugniatanych. Masywna, z licznie zagęszczonymi strefami, występująca w śladach kół ciągników do głębokości ok. 10 cm. Struktura z licznymi poziomymi spękaniami, występująca w warstwie powierzchniowej. Struktura z poziomymi i pionowymi spękaniami o różnej szerokości, charakterystyczna dla gleb pyłowych i gliniastych. Również inne badania [Głąb, Ciarkowska 2006] potwierdzają dominację struktury masywnej na glebach ugniatanych przez maszyny rolnicze.



Źródło: Głąb 2009

Rys. 1. Makroporowatość gleby dla różnych krotności ugniatania z wydzieleniem frakcji porów wg kształtu. Wartości średnie z lat 2004-2007 (słupkami błędów oznaczono błąd standardowy). P0 – obiekt kontrolny, nieugniatany; P1 – jeden przejazd; P2 – dwa przejazdy; P4 – cztery przejazdy; P6 – sześć przejazdów ciągnika Ursus C-360

Charakterystyka zmian struktury gleby i jej właściwości fizycznych na użytkach zielonych poddawanych ugniataniu różni się istotnie od gleb ornych. Ze względu na brak uprawek spulchniających można się spodziewać znacznie silniejszej degradacji fizycznej gleby. Jednakże nie zawsze znajduje to potwierdzenie w literaturze. Nieliczne publikacje, zajmujące się problematyką struktury gleby na użytkach zielonych, wskazują na większą trwałość agregatów glebowych i mniejszą podatność na zagęszczenie [Głąb, Ciarkowska 2006]. Istotna wydaje się również działalność fauny glebowej zwiększająca udział dużych porów poprawiających właściwości powietrzno-wodne gleby [Haynes 1981]. Ponadto na użytkach zielonych, gdzie w wierzchniej, kilkucentymetrowej warstwie gleby znajduje się główna, bardzo gęsta masa korzeni, obserwowane jest zjawisko amortyzowania nacisków wywieranych przez koła maszyn rolniczych, co powoduje zmniejszenie gęstości gleby w porównaniu z gruntami ornymi [Douglas, Crawford 1993].

Zmianom parametrów fizycznych gleby, wynikającym z jej zagęszczenia przez koła maszyn rolniczych, towarzyszą również zmiany ich właściwości chemicznych. Najczęściej jest to wynik zmniejszenia przepuszczalności wodnej i powietrznej gleby. Autor w swoich badaniach nad zagęszczeniem gleb pod roślinnością trawiastą zaobserwował zmiany zawartości N. Najwyższą zawartością N ogólnego wyróżniał się zwykle obiekt kontrolny w całej badanej warstwie 0-30 cm, podczas gdy na obiektach ugniatanych wartość ta była znacznie niższa. Nie odnotowano wpływu liczby przejazdów kół na zawartość pozostałych makroelementów [Głąb 2009].

Wy tłumaczeniem zmniejszenia ilości N_{org} w glebie zagęszczonej mogą być zwiększone straty tego pierwiastka na drodze denitryfikacji. Ugniatanie gleby powodowało zmniejszenie porowatości gleby. Zmiany te dotyczyły głównie porów o dużych średnicach odpowiadających za wymianę gazową pomiędzy glebą a atmosferą. Sprzyjało to powstawaniu obszarów o zmniejszonej przepuszczalności powietrznej i ograniczonym dostępie tlenu [Ball i in. 1999]. W takich warunkach intensywniej przebiegają procesy denitryfikacji [Rochette 2008]. Wzrost emisji N_2O na glebach zagęszczonych potwierdza również Sitaula i in. [2000] w doświadczeniu z jęczmieniem z trzyletnią wsiewką mieszanki trawiastej. Zmiany ilości N w glebie zagęszczonej według Lipca i Stępniewskiego [1995] mogą być również przypisane mniejszej mineralizacji N z resztek organicznych.

Dalszym skutkiem mniejszej dostępności N w glebie jest ograniczone pobieranie tego pierwiastka i mniejsza jego zawartość w plonie [Douglas i in. 1995]. Alakukku i Elonen [1995] uważają nawet, że plon N w stosunku do ogólnego plonu suchej masy jest czulszym wyznacznikiem wpływu zagęszczenia gleby na wzrost i rozwój roślin w porównaniu do samej wartości plonu suchej masy.

Właściwości biologiczne gleb najczęściej są charakteryzowane na podstawie aktywności mikroorganizmów glebowych. Ze względu na trudności w oznaczeniu żywej biomasy w celu określania aktywności biologicznej gleby wykorzystywane są często metody pośrednie. Najczęściej stosowaną metodą jest oznaczenie

aktywności dehydrogenazy (DHA). Parametr ten jest związany z czynnością wielu białek enzymatycznych lub nawet systemów enzymatycznych, powszechnie występujących w drobnoustrojach glebowych [Januszek i in. 2007]. Aktywność tych enzymów w glebie jest stosowana jako wskaźnik intensywności metabolizmu oddechowego wszystkich populacji mikroorganizmów glebowych, co służy do określania całkowitej aktywności mikrobiologicznej gleby. Aktywność dehydrogenaz jest powszechnie stosowana do oceny czynników niekorzystnie działających na drobnoustroje glebowe. Obserwowano ścisłą zależność pomiędzy aktywnością dehydrogenaz oraz zawartością azotu, materii organicznej, żyznością gleby, natlenieniem i przepuszczalnością powietrzną. Oznaczenie aktywności tych enzymów jest wykorzystywane m.in. do określania wpływu na środowisko glebowe takich czynników, jak nawożenie mineralne i organiczne, system uprawy czy też zanieczyszczenia pestycydami i metalami ciężkimi [Brzezińska 2006; Mi-jangos i in. 2006].

Dane uzyskane z analiz gleby z doświadczenia polowego prowadzonego w Instytucie Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych UR w Krakowie wykazały wzrost aktywności enzymatycznej gleby ugniatanej kołami ciągnika w porównaniu z obiektem kontrolnym, nieugniatanym. Na wszystkich obiektach ugniatanych aktywność dehydrogenaz wynosiła średnio $7,98 \mu\text{g TPF}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$. Pomiędzy poszczególnymi wariantami ugniatania nie stwierdzono istotnych różnic. Wyniki te wskazują, że warunki większego zagęszczenia gleby sprzyjają większej aktywności mikroorganizmów glebowych. Wpływ zagęszczenia gleby na wzrost aktywności enzymatycznej gleby potwierdzają również badania Dick'a [1984].

W swoich badaniach autor zastosował również pośrednią metodę oznaczania liczebności (aktywności) fauny glebowej [Głąb 2009]. Wynikiem nie jest liczba osobników na jednostce powierzchni, a jedynie określana jest ilość porów, których kształt i wielkość pozwalają przypuszczać, iż były wytworzone przez organizmy żywe. W przypadku gleby pod roślinnością trawiastą można przyjąć, iż duże i średnie biopory powstały tylko w wyniku działalności zwierząt o średnicy powyżej 2 mm. Natomiast w przypadku porów małych oprócz zwierząt w ich powstaniu również miały swój udział korzenie roślin. Wiąże się to z faktem, że średnica korzeni traw przekraczała 1 mm, nie była jednak nigdy większa niż 2 mm. Z przeprowadzonych badań wynika, że ugniatanie gleby kołami ciągnika spowodowało bardzo wyraźną redukcję ilości bioporów na wszystkich obiektach ugniatanych w porównaniu z obiektem kontrolnym. Różnice te jednak stwierdzono tylko w warstwie 0-10 cm.

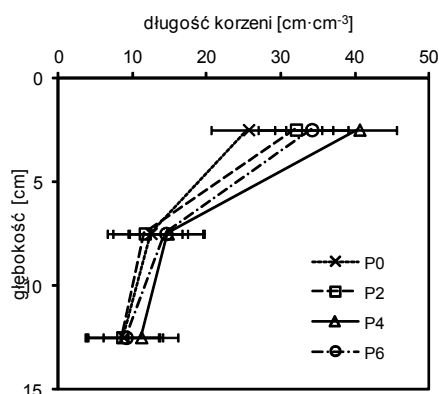
Reakcja systemu korzeniowego na zagęszczenie gleby

W badaniach dotyczących wpływu ugniatania na kształtowanie się systemu korzeniowego roślin powszechnie stwierdza się, iż zwięzła gleba stwarza mechaniczny opór rosnącym korzeniom oraz powoduje powstawanie niekorzystnych

warunków dla zaopatrywania się korzeni w tlen, wodę i składniki mineralne [Lipiec, Stępniewski 1995; Cook i in. 1996].

W badaniach nad zmianą morfologii systemu korzeniowego roślin łąkowych prowadzonych przez autora, w większości przypadków potwierdza się zmniejszenie ich długości i koncentracja w wierzchniej warstwie. Typowym przykładem takiej reakcji jest system korzeniowy kostrzewy łąkowej [Głąb 2007] (rys. 2).

W silnie zagęszczonej glebie korzenie rosnąc, wykorzystują powstające pęknięcia,



Zródło: Głąb, 2007

Rys. 2. Wpływ ugniatania na długość systemu korzeniowego kostrzewy łąkowej w warstwie gleby 0-15 cm. P0 - obiekt kontrolny, nieugniatany; P1 - jeden przejazd, P2 - dwa przejazdy, P4 - cztery przejazdy; P6 - sześć przejazdów ciągnika Ursus C-360

szczeliny lub pory pochodzenia zoogenicznego. Skutkiem tego jest bardzo nierównomierny wzrost korzeni w obszarach o mniejszej zwięzłości powodując nieregularne rozmieszczenie korzeni w glebie [Logsdon, Linden 1992]. Ponadto samoistne odnawianie się systemu porów glebowych czy też warunki klimatyczne powodują zmienne reakcje roślin na zagęszczenie gleby. Natomiast Taylor i Brar [1991] podkreślają, iż ugniatanie gleby może zmieniać morfologię i funkcjonowanie systemu korzeniowego, jednakże zmiany te niekoniecznie muszą wpływać na rozwój części nadziemnych i plonowanie roślin. Zależać to będzie w znacznym stopniu od warunków wilgotnościowych panujących w glebie, struktury gleby, jej zasobności w składniki pokarmowe, warunków pogodowych itp. Mimo znacznych zmian w budowie morfologicznej korzeni, spowodowanych

silnym ugnieceniem gleby, mogą one nadal w wystarczający sposób zaopatrywać roślinę w wodę i składniki mineralne w niej rozpuszczone. Szczególnie dotyczy to wielu gatunków z rodziny wiechlinowatych (*Poaceae*), które znajdują optymalne warunki do wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego w glebie lekko zagęszczonej [Bouwman, Arts 2000]. Wyniki te potwierdzają również wcześniejsze badania autora niniejszej pracy [Kopeć, Głąb 2002; Kopeć, Głąb 1999].

Podatność roślin na uszkodzenia mechaniczne

W literaturze brak pozycji dotyczących właściwości mechanicznych traw w kontekście ich podatności na ugniatające działanie kół ciągnika. Badania podjęte w Instytucie Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych UR w Krakowie stanowią istotny i oryginalny wkład w opis tych zjawisk. Mechaniczne właściwości traw, w tym również roślin zbożowych, dotyczą najczęściej proble-

matyki związanej ze zbiorem i oporami cięcia [Kaack, Schwarz 2001] oraz podatności na wyleganie [Jeżowski i in. 2005]. Problem odporności węzłów krzewienia na mechaniczne uszkodzenia nie może być porównywany z przedstawionymi powyżej zagadnieniami. Wykazano, że wartości wskaźnika sprężystości (W_s) dla badanych gatunków traw mieściły się w szerokim zakresie od 71-342 [Głąb 2009]. Najniższą wartość wskaźnika W_s otrzymano dla życicy wielokwiatowej. Węzły krzewienia tego gatunku można uznać za najłatwiej ulegające odkształceniom pod wpływem działającego nacisku. Znacznie wyższą odporność wykazały węzły krzewienia wiechliny łąkowej ($W_s=177$) i kostrzewy trzcinowej ($W_s=292$). Najmniej podatna na zgniatanie okazała się kostrzewa łąkowa. Wartość wskaźnika sprężystości dla tego gatunku osiągnęła wartość 342 N.

Uzyskane wartości wskaźnika sprężystości częściowo korespondują z wartościami wytrzymałości biologicznej (W_b). Największej siły potrzebnej do trwałego uszkodzenia węzłów krzewienia należało użyć w przypadku kostrzewy łąkowej ($W_b=213$ N). Ze względu na wysokie wartości W_b i W_s gatunek ten można uznać za najbardziej odporny na mechaniczne uszkodzenia. Drugim pod względem wytrzymałości biologicznej, ale o znacznie mniejszej wartości W_b , jest wiechlina łąkowa ($W_b=87$ N). Natomiast bardzo małą siłę niszczącą węzły odnotowano dla kostrzewy trzcinowej i życicy wielokwiatowej. Życica wielokwiatowa okazała się gatunkiem najmniej odpornym na mechaniczne uszkodzenia zarówno ze względu na najniższą wartość wskaźnika W_b jak i wskaźnika sprężystości W_s . Kostrzewa trzcinowa jest gatunkiem, który przy stosunkowo wysokim wskaźniku W_s cechuje bardzo niska wartość siły niszczącej. Węzły krzewienia tego gatunku można opisać jako twarde, słabo poddające się odkształceniom, ale równocześnie bardzo kruche, łatwo pękające pod wpływem nacisku.

Podsumowując, należy podkreślić bardzo dużą zmienność oznaczonych parametrów mechanicznych węzłów krzewienia badanych gatunków traw. Świadczy to o różnej ich podatności na uszkodzenia, które mogą zachodzić w trakcie przejazdu kół ciągnika po powierzchni darni. Oznaczone właściwości mechaniczne węzłów są zwykle bardzo pomocne w interpretacji wyników plonowania badanych traw uzyskanych w poszczególnych terminach zbioru.

Plony roślinności łąkowej

Najważniejszym skutkiem agronomicznym nadmiernego ugniatania gleby jest redukcja plonów roślin. Powszechnie uważa się, iż jest to konsekwencja zagęszczenia gleby spowodowanego przejeżdżającymi kołami maszyn rolniczych i związanej z tym degradacji fizycznej, chemicznej i biologicznej. Większość prac związanych z problematyką ugniatania gleby dotyczy roślin jednorocznych, gdzie często obserwowaną zależnością dla tych roślin jest zmniejszanie się plonów przy wzroście zagęszczenia gleby. W przypadku wieloletnich roślin pastewnych zależności te są bardziej złożone. Roślinność łąkowa jest poddawana wielokrotnemu

ugniataniu kilkakrotnie w trakcie okresu wegetacyjnego. W ciągu wielu lat eksploatacji efekt ugniatania może ulegać kumulacji, przy czym największe różnice można dostrzec w pierwszym roku użytkowania. Douglas i Crawford [1993] wskazują na stopniowe zmniejszenie się skutków ugniatania w ciągu kolejnych lat uprawy roślin trawiastych. Wyniki wielu prac dowodzą również, że nie zawsze ugniatanie powoduje ograniczenie plonowania roślin wieloletnich, czasem rośliny te plonują znacznie lepiej na glebie silnie zagęszczonej [Douglas i in. 1992]. Przyczyny i mechanizmy tego zjawiska nie są jeszcze w pełni poznane, najczęściej przypisywane jest ono lepszej zasobności gleby zagęszczonej w wodę i składniki mineralne.

Zasadniczym problemem w dokładnym poznaniu mechanizmów, odpowiadających za zmiany plonowania roślin łąkowych, jest kompleksowe działanie wielu czynników związanych zarówno z parametrami maszyn, właściwościami gleby, jak i składem gatunkowym oraz właściwościami mechanicznymi poszczególnych gatunków roślin.

Efekt ugniatania powodowanego przez koła ciągnika lub innych maszyn rolniczych uzależniony jest od szeregu czynników związanych z ogumieniem kół, masą maszyny oraz stosowaną technologią uprawy. Rodzaj i zakres skutków przejazdów kół ciągnika, widocznych w postaci zagęszczenia gleby, uzależniony jest także od jej właściwości. Najważniejszymi parametrami są skład granulometryczny i wilgotność, ale również uwzględnić należy typ gleby, strukturę i zawartość materii organicznej. Ponadto nieuwzględnianym dotychczas w badaniach czynnikiem jest podatność poszczególnych gatunków na mechaniczne uszkodzenia. Poszczególne gatunki roślin łąkowych mogą się różnić znacząco w tym zakresie, poczynając od gatunków, które wymagają gleb o większym zagęszczeniu, poprzez gatunki nie reagujące na zmiany zwięzłości, a kończąc na roślinach bardzo szybko ustępujących z runi przy nawet niewielkim zagęszczeniu. Wśród gatunków, objętych badaniami przez autora, do najbardziej wrażliwych zaliczyć należy rośliny motylkowate; wśród nich doskonałym przykładem jest lucerna siewna [Głąb 2008] (Tabela 2).

Tabela 2. Plon suchej masy lucerny siewnej poddanej zróżnicowanemu ugniataniu kołami ciągnika. Wartości średnie z lat 2003-2006. P0 – obiekt kontrolny, nieugniatany; P2 – ugniatanie dwukrotne; P4 – ugniatanie czterokrotne; P6 – ugniatanie sześciokrotne

Intensywność ugniatania	Plon (t s.m.·ha ⁻¹)			
	I pokos	II pokos	III pokos	Średnia
P0	3,99	3,84	3,54	3,79
P2	3,92	3,44	3,41	3,59
P4	4,06	3,50	3,31	3,62
P6	3,69	3,10	3,02	3,27

Źródło: Głąb 2008

Wśród traw niektóre gatunki korzystnie reagują na zwiększone zagęszczenie gleby. Spadek plonu powodowany wielokrotnymi przejazdami wynika najczęściej z mechanicznych uszkodzeń pędów nadziemnych. Przykładem takiej rośliny jest wiechlina łąkowa [Głąb 2009] (Tabela 3). Gatunek ten wykazuje znacząco wyższe plonowanie na obiektach ugniatanych w porównaniu z obiektem kontrolnym. Zwykle zależność ta jest widoczna tylko w czasie pierwszego pokosu.

Tabela 3. Plony suchej masy ($t\ s.m.\cdot ha^{-1}$) wiechliny łąkowej dla 3 terminów zbioru. Wartości średnie z lat 2004-2007. P0 – obiekt kontrolny, nieugniatany; P2 – ugniatanie dwukrotne; P4 – ugniatanie czterokrotne; P6 – ugniatanie sześciokrotne

Pokos	Plon s.m. wiechliny łąkowej przy różnej liczbie przejazdów				Średnia
	P0	P2	P4	P6	
I	3,23	3,39	3,50	3,43	3,39
II	2,44	2,33	2,17	2,10	2,26
III	1,92	1,75	1,73	1,58	1,74

Źródło: Głąb 2009

Podsumowanie

Podsumowując, można stwierdzić, że na wydajność badanych traw w warunkach zróżnicowanego ugniatania kołami ciągnika mają wpływ zarówno reakcja systemu korzeniowego na zagęszczenie gleby, jak również mechaniczna podatność węzłów krzewienia na zgniatanie. Zwykle w badaniach nad wpływem wielokrotnych przejazdów kół maszyn rolniczych na roślinność użytków zielonych obserwuje się, że właściwości fizyczne gleby, takie jak gęstość objętościowa i zwięzłość, ustalają się na stałym poziomie, odpowiednim dla danej krotności przejazdów, już w pierwszym roku badań. Przez pozostałe lata prowadzenia doświadczenia zagęszczenie gleby nie ulega większym zmianom. Można zatem stwierdzić, że korzenie badanych gatunków traw przez wszystkie lata badań, na poszczególnych obiektach doświadczalnych mają zapewnione stałe warunki wzrostu w zakresie właściwości fizycznych podłoża. A zatem różna reakcja plonowania badanych gatunków traw na ugniatanie kołami ciągnika w poszczególnych pokosach nie jest wynikiem zmian zagęszczenia gleby pod kołami ciągnika, ale wynika z uszkodzeń mechanicznych w czasie przejazdów. Właściwości korzeni traw decydują o wydajności w trakcie wiosennego odrostu, natomiast o plonach uzyskanych w czasie kolejnych pokosów w znacznym stopniu decydują właściwości mechaniczne węzłów krzewienia uszkodzanych przez zgniatanie kołami ciągnika w trakcie prac związanych ze zbiorem i konserwacją skoszonej masy. W końcowym efekcie, mimo wzrostu wydajności niektórych traw w czasie pierwszego pokosu, łączny, roczny plon wykazuje ujemną korelację z rosnącą intensywnością ugniatania.

Bibliografia

- Alakukku L., Elonen P.** (1995): Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops. *Soil and Tillage Research*, 36, 141-152.
- Ball B. C., Scott A., Parker J. P.** (1999): Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil and Tillage Research*, 53, 29-39.
- Bouwman L. A., Arts W. B. M.** (2000): Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applied Soil Ecology*, 14, 3, 213-222.
- Brzezińska M.** (2006): Aktywność biologiczna oraz procesy jej towarzyszące w glebach organicznych nawadnianych oczyszczonymi ściekami miejskimi. *Acta Agrophysica*, 131, 164.
- Cook A., Marriott C. A., Seel W. Mullins E.C.** (1996): Effects of soil mechanical impedance on root and shoot growth of *Lolium perenne* L., *Agrostis capillaris* and *Trifolium repens* L. *Journal of Experimental Botany*, 47, 1075-1084.
- Dick W. A.** (1984): Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48, 569-574.
- Domżał H., Hodara J.** (1990): Soil compaction changes in the layer 0,5 m. depth caused by machine wheels. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 388, 29-40.
- Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.** (1996): Struktura gleby jako wskaźnik agrotechnicznych i ekologicznych skutków zagęszczenia gleb użytkowanych rolniczo. *Fragmenta Agronomia*, 1(49), 104-113.
- Douglas J. T.** (1997): Soil compaction effects on second-harvest yields of perennial ryegrass for silage. *Grass and Forage Science*, 52, 129-133.
- Douglas J. T., Campbell D. J., Crawford C. E.** (1992): Soil and crop response to conventional, reduced ground pressure and zero traffic systems for grass silage production. *Soil and Tillage Research*, 24, 421-439.
- Douglas J. T., Crawford C. E.** (1993): The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass and Forage Science*, 48, 91-100.
- Douglas J. T., Crawford C. E., Campbell D. J.** (1995): Traffic Systems and Soil Aerator Effects on Grassland for Silage Production. *J. Agric. Engng Res.*, 60, 261-270.
- EEA (European Environment Agency) (1995): Corine soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Głąb T.** (2009): Analiza przyczyn zmian plonowania wybranych gatunków traw pod wpływem wielokrotnych przejazdów kół ciągnika. *Inżynieria Rolnicza*, 3(112), 100.
- Głąb T.** (2007): Effect of soil compaction on root system development and yields of tall fescue. *Int. Agrophysics*, 21, 3, 233-239.
- Głąb T.** (2008): Effects of tractor wheeling on root morphology and yield of Lucerne (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*, 63, 398-406.
- Głąb T., Ciarkowska K.** (2006): Wpływ wielokrotnych przejazdów na właściwości morfometryczne struktury gleby pod mieszańką trawiasto-koniczynową. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 165-170.
- Głąb T., Kopeć S.** (2009): Effect of soil compaction on root system morphology and yields of meadow fescue (*Festuca pratensis*). *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, 2, 219-225.

- Głąb T., Zaleski T.** (1999): The Influence of Soil Compaction on Water Retention of Soil on Grasslands. *Acta Agraria et Silvustria, Series Agraria*, 37, 69-75.
- Haynes R. J.** (1981): Effect of soil management practices on soil properties, earthworm population and tree root distribution in a commercial apple orchard. *Soil and Tillage Research*, 1, 269-280.
- Hodara J., Domżał H.** (1991): A preliminary study on the durability of the effects of compaction on a brown soil developed from loess. *Soil and Tillage Research*, 19, 255-262.
- Januszek K., Błońska E., Stanik P.** (2007): Uwagi dotyczące oznaczania aktywności dehydrogenaz w glebach testem TTC – formazan. *Acta Agrophysica*, 9(3), 635-644.
- Jeżowski S., Surma M., Adamski T., Krajewski P., Głowacka K.** (2005): Genetic analysis of morphological and physical stem characteristics determining lodging resistance in two- and six-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.) lines. *International Agrophysics*, 19(4), 299-303.
- Kaack K., Schwarz K. U.** (2001): Morphological and mechanical properties of *Miscanthus* in relation to harvesting, lodging, and growth conditions. *Industrial Crops and Products*, 14, 145-154.
- Kopeć S., Głąb T.** (1998): The effect of tractor wheel passes on the productivity grass and red clover swards. *Proceedings of the 17th General Meeting EGF, Debrecen, Hungary*, 3, 769-772.
- Kopeć S., Głąb T.** (1999): Reakcja korzeni kupkówki pospolitej, życicy trwałej i koniczyny łąkowej na ugniatające działanie kół ciągnika. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura* 75, 197, 71-74.
- Kopeć S., Głąb T.** (2002): Influence of soil compaction on yield and root development of *Lolium perenne*, *Phleum pratense* and *Trifolium pratense*. *FAO Regional Office for Europe, REU Technical Serie*, 66, 129-131.
- Lipiec J., Stępniewski W.** (1995): Effect of soil compaction and tillage system on uptake and losses of nutrients. *Soil and Tillage Research*, 35, 37-52.
- Logsdon S. D., Linden D. R.** (1992): Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. *Soil Science*, 154, 330-337.
- Mijangos I., Perez R., Albizu I., Garbisu C.** (2006): Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 100-106.
- Oldeman L. R., Hakkeling R. T. A., Sombroek W. G.** (1991): World map of the status of human-induced soil degradation. Three maps and an explanatory note, iii + 34 pp. *ISRIC, Wageningen, the Netherlands, and UNEP, Nairobi, Kenya*.
- Rochette P.** (2008): No-till only increases N₂O emissions in poorly-aerated soils. *Soil and Tillage Research*, 101, 97-100.
- Soane B. D., van Ouwerkerk C.** (1995): Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil and Tillage Research*, 35, 5-22.
- Taylor H. M., Brar G. S.** (1991): Effect of soil compaction on root development. *Soil and Tillage Research*, 19, 111-119.

ERGONOMIA W INŻYNIERII ROLNICZEJ DAWNIEJ I DZIŚ

Tadeusz Juliszewski, Paweł Kiełbasa

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Ergonomia jako nauka zajmuje się badaniem systemów (układów) człowiek-maszyna. W inżynierii rolniczej systemy te zawierają urządzenia techniczne – narzędzia, maszyny – stosowane w produkcji oraz przetwarzaniu surowców pochodzenia biologicznego, o żywnościowym i nieżywnościowym przeznaczeniu. Wynikiem badań są praktyczne zalecenia odnośnie konstruowania i eksploataowania urządzeń technicznych. Jakie ergonomiczne zmiany wystąpiły w minionych latach – i występują nadal – w tych urządzeniach jest przedmiotem tego artykułu. Ergonomiczne zmiany będą wykazane przez porównanie wybranych rozwiązań konstrukcyjnych w urządzeniach technicznych produkowanych w latach 80-tych ubiegłego wieku i współczesnych. Zostanie w tym celu, tj. do porównania, wykorzystany podręcznik „Ergonomia dla mechanizatorów rolnictwa” [Zalewski, Pleszczyński 1985], jaki przez lata był podstawowym podręcznikiem akademickim stosowanym w kształceniu inżynierów rolnictwa. Jest on nadal wykorzystywany przez studentów, zwłaszcza w tym zakresie, jaki – jak w każdej nauce, tak i w ergonomii – pozostaje w miarę niezmienny.

Zanim przystąpimy do przedstawienia ergonomicznych zmian, chcemy zwrócić uwagę na dwa ważne, naszym zdaniem, ogólne aspekty tych zmian. Po pierwsze, spostrzeżenie: „Rozwój mechanizacji (...) ma podłoże i skutki, przede wszystkim ergonomiczne. Ma on na celu stworzenie najbardziej dogodnych warunków pracy dla osób pracujących na roli, nawet kosztem znacznego podniesienia nakładów materialnych” – sformułowane przez Hamana i Byszewskiego [1977] w powszechnie znanej monografii pt.: „Gleba-maszyna-roślina” można uznać za zrealizowane – przynajmniej w odniesieniu do pracy fizycznej osób zatrudnionych w rolnictwie lub w otoczeniu (usługach) rolnictwa. Ciężka, fizyczna praca wykonywana w trudnych do zaakceptowania warunkach środowiskowych (zapylenie powietrza, hałas, wibracje itp.) przestaje być utożsamiana z pracą w rolnictwie. Mamy jednak świadomość, że opinia taka dotyczy tych gospodarstw (przedsiębiorstw), jakie dysponują odpowiednimi środkami finansowymi, by inwestować w zakupy nowoczesnych (ergonomicznych) maszyn i urządzeń.

W ogromnie zróżnicowanym polskim rolnictwie wciąż jest wiele takich gospodarstw, gdzie ergonomiczne narzędzia pracy czy ukształtowanie stanowisk pracy pozostają wciąż postulatem.

Po drugie, uznajemy za osiągnięcie ergonomii – jako przedmiotu uniwersyteckich studiów – wykształcenie w świadomości absolwentów kierunku inżynieria rolnicza (poprawnie: technika rolnicza i leśna) praktycznej przydatności ergonomicznej wiedzy. Współczesny inżynier wie, że ergonomia to nie tylko „humanizowanie pracy”, ale – przede wszystkim – jednoznaczne, obiektywne, kryteria oceny istniejącego urządzenia technicznego. Tak jak mechaniczna wytrzymałość materiałów jest ważna w konstruowaniu i produkcji maszyn, tak też ważna jest wiedza o dostosowaniu konstrukcji do fizycznych i psychicznych predyspozycji (potrzeb) operatorów. To dostosowanie skutkuje potem – między innymi – większą wydajnością pracy i mniejszym ryzykiem wypadków, a zatem wymiernymi i ważnymi aspektami jakiegokolwiek działalności produkcyjnej – nie tylko rolniczej.

Przedstawiamy teraz ergonomiczne zmiany na wybranych przykładach ciągników i maszyn rolniczych – w podobnym układzie, jak w podręczniku Zalewskiego i Pleszczyńskiego. Mamy przy tym świadomość, że wybór jest dość arbitralny, choć wykonany przez osoby, które kształciły się z podręcznika wyżej wymienionych autorów i – *last but not least* – zajmują się od lat ergonomiczną problematyką.

Międzynarodowa normalizacja konstrukcji stanowisk pracy i ergonomicznych metod badawczych

Zarówno konstruowanie maszyn jak i ich ergonomiczna ocena wymagają jednoznacznych wytycznych (norm). Rolę tę spełniają krajowe i międzynarodowe standardy (normy), których przestrzeganie jest dla współczesnego inżyniera równie oczywiste jak i konieczne – bo zagrożone nieuzyskaniem pozytywnego (obowiązkowego) wyniku atestacji nowo skonstruowanej czy seryjnie produkowanej maszyny. Tę różnicę podejścia, tj. potrzebę stosowania ergonomicznych norm, a nie obawa negatywnej oceny, uważamy za bardzo ważne osiągnięcie ergonomii, jako równoprawnego z innymi przedmiotami uniwersyteckich studiów na kierunku technika rolnicza i leśna.

Międzynarodowa wymiana handlowa, jak i ponadpaństwowy sposób produkcji pojazdów maszyn rolniczych powoduje, że normy międzynarodowe (ISO) są zarazem normami krajowymi. Dodajmy, że chodzi tu o normalizację sposobów (metod) przeprowadzania ergonomicznych badań, jak i kryteriów uzyskania pozytywnego (lub negatywnego) wyniku tych badań. Przykładowo: uzyskanie pozytywnej oceny w tzw. statycznym teście wytrzymałości kabiny na zgniatanie (dla sprawdzenia, czy wystarczająco będzie chronić kierowcę podczas wywrotki) wymaga przeprowadzenia pomiarów według ściśle określonej procedury, a wynik oceny jest równie ściśle określony spełnieniem odpowiednich wymagań wytrzy-

małościowych. Procedura atestacji w tym zakresie jest taka sama we wszystkich uprawnionych do tego instytucjach badawczych – w kraju i poza nim. Wprowadzenie normalizacji i konieczności badań ergonomicznych niewątpliwie przyczyniło się do poprawy warunków i bezpieczeństwa pracy operatorów maszyn rolniczych.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy metodyką badań znormalizowanych, a metodyką badań ergonomicznych w ogóle. Dobrym przykładem tych różnic metodycznych może być badanie rozprzestrzeniania się hałasu ciągników w środowisku ich pracy. Jak wiadomo, znormalizowana metodyka badania hałasu zewnętrznego wymaga, by był on mierzony w odległości 7,5 m od osi symetrii ciągnika podczas jazdy po betonowym podłożu na najwyższym biegu. Uzyskany wynik pomiaru nie tyle służy ocenie hałasu emitowanego do otoczenia, co do porównań między ciągnikami różnych typów, choć ocena, *nolens volens*, jest w jakimś sensie też implikowana.

Rozprzestrzenianie hałasu w środowisku pracy ciągnika, np. wśród pól uprawnych, jest także ergonomicznym badaniem (poniekąd ekologicznym, jeśli wziąć pod uwagę oddziaływanie hałasu na inne żywe istoty niż tylko człowiek). Otóż metodyka tych badań nie jest znormalizowana i wymagała oryginalnego podejścia i rozwiązania. W swej doktorskiej pracy Adamczyk [2003] wykazał, że nie tylko możliwe jest przeprowadzenie miarodajnych badań, ale także uzyskanie wartościowych, praktycznie przydatnych wyników.

Tak więc zarówno znormalizowane, jak i nowatorskie (oryginalne) metody ergonomicznych badań są nie tylko równoprawne, ale przyczyniają się do rozwoju ergonomii jako nauki interdyscyplinarnej.

Układ człowiek-maszyna

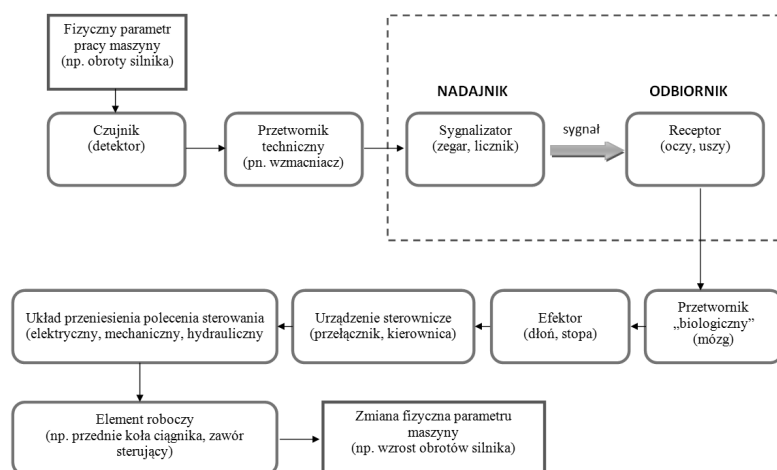
Podział funkcji w układzie człowiek-maszyna sformułowany przez Fittsa ponad 60 lat temu (w 1951 roku) jest wciąż aktualny (może z wyłączeniem możliwości maszyny w zakresie „pamięci”) – tab. 1.

Tabela 1. Lista Fittsa (1951)

Lp.	Cecha	Maszyna	Człowiek
1.	Prędkość	Znacznie większa	Zwłoka w działaniu ~ 1s
2.	Moc	Odpowiednia na każdym poziomie	2 kW ~ 10s 0,5 kW ~ parę minut 0,2 kW ~ dzień roboczy
3.	Pewność	Idealna (stała procedura, precyzja, powtarzalność)	Niepewny. Wymaga wsparcia maszynowego
4.	Złożoność działania	System wielokanałowy	System jednokanałowy (podzielność uwagi)

Lp.	Cecha	Maszyna	Człowiek
5.	Pamięć	Optymalna dla wierne- go odtwarzania i krót- kotrwałego przechowy- wania danych	Szeroka pamięć, liczne wejścia, lepszy do formułowania zasad i do strategii
6.	Wykonywanie obliczeń	Prędkie, dokładne, nie- wielka zdolność kory- gowania pomyłek	Powolne, podlegające błędom, duża zdol- ność korygowania pomyłek
7.	Wrażliwość na bodźce zewnętrzne	Może reagować na bodźce pozazmysłowe. Może być zbudowana jako niewrażliwa na bodźce zewnętrzne	Może reagować za pomocą tej samej jed- nostki zmysłowej na szeroki zakres energii o rozmaitej naturze. Dobrze wykrywa cechy charakterystyczne. Wykrywa sygnały przy wysokim poziomie zakłóceń
8.	Wpływ przeciążeń	Nagła awaria	Stopniowa dekompozycja
9.	Inteligencja	Brak	Może działać w sytuacjach nieprzewidzia- nych i w sytuacjach nie do przewidzenia. Może uprzedzać fakty i przewidywać
10.	Zdolność manipulacyjna	Specyficzna	Bardzo różnorodna

Problem, jaki narasta – i niewątpliwie wymagający w przyszłości rozwiązań – to tzw. kompatybilność układu człowiek-maszyna w zakresie przepływu informacji (rys. 1) od urządzeń sygnalizacyjnych do operatora (rys. 2) oraz wykonywania czynności sterowniczych (rys. 3).



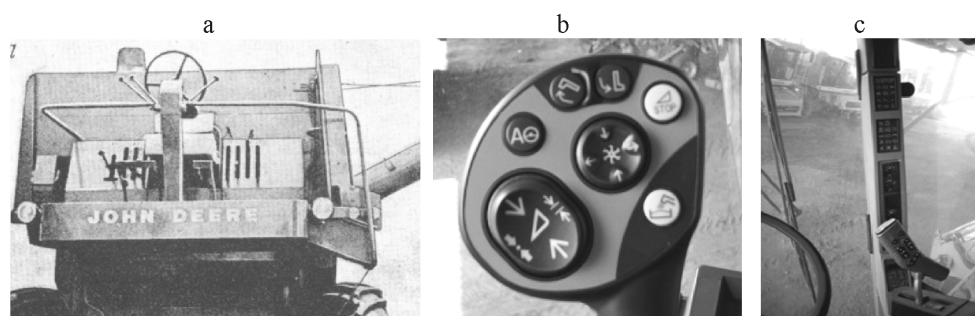
Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Łańcuch informacyjny i jego powiązanie z procesem sterowania (linią przerywaną zaznaczono układ operator-urządzenie sygnalizacyjne)



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Urządzenia sygnalizacyjne: (a) ciągnika z lat 70-tych i (b) mobilny komputer pokładowy współczesnego ciągnika zgodny normą ISO 11783-6 (Part 6: Virtual terminal)



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Urządzenia sterownicze kombajnu: (a) John Deere starej generacji i (b) rękojeść sterownicza (joystick) kombajnu Claas Lexion oraz (c) John Deere nowej generacji (c)

Problem kompatybilności został dość dobrze zaprezentowany przez Hoyosa [1974]: chodzi tu o ten rodzaj jednoznacznego rozumienia sygnałów i w pełni świadomych czynności sterowniczych, jakie są zadaniem operatorów maszyn – w tym przypadku maszyn rolniczych. Ich różnorodność a zarazem relatywnie krótki czas użytkowania w ciągu roku są tymi specyficznymi wyróżnikami, jakie problem kompatybilności stawiają wśród priorytetów problemów badawczych. Rozwiązaniem problemu jest standaryzacja oznaczeń urządzeń sygnalizacyjnych i ich przestrzennego rozmieszczenia – na razie wciąż w fazie postulatu [Juliszewski, Kiełbasa 2010].

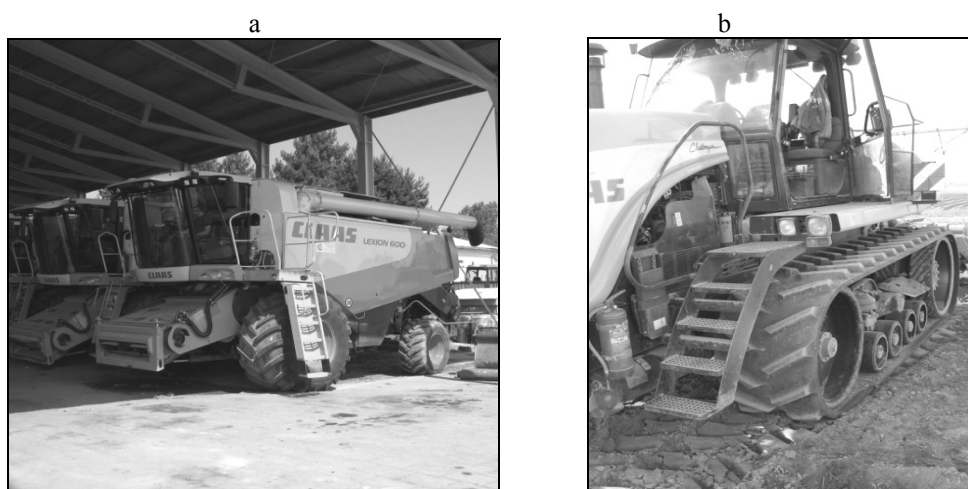
Geometria stanowiska pracy

Zacznijmy od spostrzeżenia, że dostęp do stanowiska pracy współczesnego ciągnika rolniczego czy kombajnu samojezdnego nie nastręcza dziś trudności (rys. 4 i rys. 5).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Dostęp do stanowiska pracy (a) ciągnika *John Deere* i (b) ciągnika *Claas Xerion*



Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Droga dojścia na pomost (a) kombajnu zbożowego i (b) ciągnika gąsienicowego firmy *Claas*

Mimo że zastosowanie szybkosprzęgów w trzypunktowym układzie zawieszenia (przeważnie system Waterschied – rys. 6) i hydraulicznego sterowania położeniem narzędzia zredukowało potrzebę wielokrotnego wchodzenia na stanowisko pracy traktorzysty i schodzenia z tego stanowiska – to i tak czynności te są o wiele częstsze niż np. kierowcy autobusu czy samochodu ciężarowego.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. System Walterschied umożliwiający łączenie i rozłączanie maszyny z ciągnikiem bez potrzeby puszczenia stanowiska pracy

Niewątpliwie normalizacja wymiarów geometrycznych drogi dojścia na stanowisko robocze kombajnu czy ciągnika przyczyniła się tu do ułatwienia pracy operatorom.

Regulacja położenia siedziska względem urządzeń sterowniczych (rys. 7), jak i kąta pochylenia kierownicy tak, by dostosować je do wymiarów ciała operatora, jest coraz powszechniej standardowym rozwiązaniem w ciągnikach rolniczych (podobnie jak w samochodach).

Wielogodzinna praca – w sezonie niekiedy wykonywana przez 12 godzin w ciągu doby – może być teraz łatwiej znoszona przez operatora niż przed laty.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Siedzisko i kierownica (a) kombajnu zbożowego *Claas Lexion* oraz (b) ciągnika rolniczego *Valtra*

Przestrzeni widzenia niezbędne dla obserwacji płaszczyzny, po której porusza się ciągnik (pole uprawne, plac manewrowy), nie ograniczają tak bardzo, jak dawniej, elementy konstrukcyjne kabiny (rys. 8). Mimo że wymiary ciągników, tj. ich długość, szerokość i wysokość, osiągają kilka metrów, operator może bez trudu (pochylania się) śledzić tor jazdy i niemal całą powierzchnię, po której ciągnik lub samobieżna maszyna poruszają się.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Widoczność z kabiny ciągnika (przez przednią szybę)

Środowiska świetlne

Oświetlenie pojazdów rolniczych spełnia dwie zasadnicze funkcje: pozwala operatorowi obserwować pole pracy w warunkach nocnych, a także rozpoznawać i dostrzegać sam pojazd, gdy w takich warunkach (tj. w nocy) porusza się po drogach publicznych. Ilość „punktów świetlnych”, jakie zamontowane są na współczesnych ciągnikach (rys. 9), może być porównywana z ilością lamp oświetleniowych samochodu rajdowego. W przypadku ciągnika rolniczego czy

samobieżnego kombajnu, chodzi nie tylko o oświetlenie przestrzeni przed operatorem, ale także na boki i do tyłu. Oświetlenie to nie budzi obecnie zastrzeżeń użytkowników.



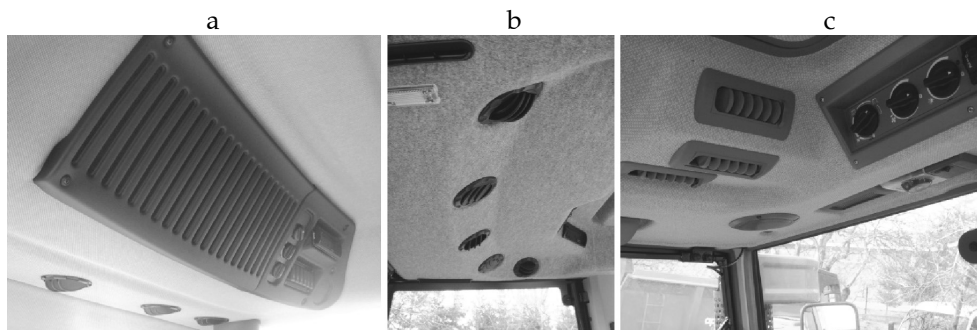
Źródło: opracowanie własne

Rys. 9. Lampy oświetleniowe na ciągnikach i kombajnie

Środowisko termiczne

Klimatyzacja kabin ciągników i kombajnów zbożowych przez lata była raczej postulatem niż stosowanym praktycznie rozwiązaniem. Barięą była oczywiście nie sama konstrukcja klimatyzatora, lecz jego cena (dochodząca do 10% kosztu nabycia samej maszyny). Dziś urządzenia klimatyzacyjne (rys. 10) są niemal standardem na ciągnikach średniej i dużej mocy, a coraz częściej montowane są także na ciągnikach lekkich. Rozwiązuje to problem efektu szklarniowego, jaki w zamkniętej, silnie przeszklonej kabinie, powodował wzrost temperatury powietrza do 40°C, a nawet więcej. Operator był wówczas zmuszony do otwierania kabiny, co niweczyło jej pyłochłonne i dźwiękochłonne właściwości.

Ogrzewanie wnętrza kabiny, przede wszystkim z wykorzystaniem ciepła odlotowego silnika spalinowego, nie przedstawia od lat żadnego problemu, a w latach 70-tych było przedmiotem licznych badań naukowych.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 10. Wlot powietrza z urządzenia klimatyzacyjnego w kabinie (a) kombajnu zbożowego *Fendt* i ciągników rolniczych (b) *Massey Ferguson* i (c) *Fendt*

Środowisko atmosferyczne

Skażenie powietrza pyłami i aerozolami (mniej gazami) w warunkach produkcji rolniczej jest wciąż tak duże, jak dawniej (rys. 11).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 11. Zapylenie powietrza w czasie zbioru: (a) zboża, (b) ziemniaków

Ochrona operatora przed oddziaływaniem szkodliwych składników pyłów i środków ochrony roślin jest więc nadal konieczna. Umożliwiają to szczelne kabiny oraz filtry, jakie zatrzymują cząstki stałe i ciekłe w powietrzu dostarczanym do wnętrza kabiny. Jeśli operator maszyn rolniczych przestrzega podstawowych zaleceń bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu środków ochrony roślin i nawożeniu, to ryzyko niebezpiecznych konsekwencji ich stosowania jest zredukowane do minimum.

Środowisko akustyczne



Źródło: opracowanie własne

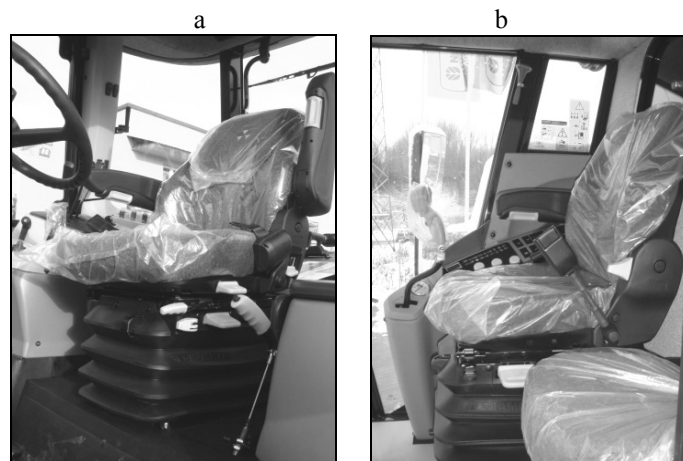
Rys. 12. Radioodbiornik w kabinie ciągnika

Urządzenia techniczne w rolnictwie zawsze były hałaśliwe (być może dlatego, że konstruktorzy przewidywali ich eksploatację w środowisku, gdzie nie przebywa zbyt wielu ludzi). Wentylatory do dosuszania zielonki, dmuchawy do pneumatycznego transportu ziarna czy siana, by nie wspomnieć o ciągnikach rolniczych, emitowały poziom dźwięku przekraczający niejednokrotnie 85 dB(A), tj. poziom uznawany normatywnie za dopuszczalny. Dziś, w czasach proekologicznych postaw społecznych, tak głośne urządzenia nie mogą być stosowane. Wpływ takich postaw, a także ergonomicznych postulatów,

spowodował, że współczesne ciągniki emitują do otoczenia o wiele niższy hałas niż ciągniki produkowane 30-40 lat temu. Hałas ten, normatywnie mierzony w odległości 7,5 m od ciągnika, nie przekracza zazwyczaj 40-50 dB(A), a zatem może być porównywany z hałasem samochodu (przynajmniej ciężarowego). W kabinie ciągnika jego operator może słuchać bez problemu programów z radioodbiornika (rys. 12).

Środowisko drganiowe

Sztywne połączenie kół napędowych ciągnika z jego korpusem było przyczyną przenoszenia drgań z układu jezdnego na kierownicę w stopniu zagrażającym zdrowiu operatora. Przypomnijmy, że to właśnie zadecydowało o zabronieniu wykonywania zawodu traktorzysty przez kobiety. Przez lata ergonomiści trudzili się nad takim układem zawieszenia siedziska na korpusie ciągnika, by maksymalnie zredukować nadmierne drgania (siedziska i kierownicy). Współczesne siedziska (rys. 13) w pełni to umożliwiają, wspomagane dodatkowo układami zawieszenia samej kabiny na korpusie ciągnika i układem zawieszenia kół przednich. Pneumatyczna sprężyna ze swą zmienną charakterystyką sprężystości zastąpiła sprężyny stalowe.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 13. Współczesne siedzisko ciągnika (a) *Massey Ferguson*, (b) *New Holland*

Obciążenie pracą

Hydrauliczne wspomaganie mechanizmów sprzęgła, hamulców i układu kierowniczego spowodowało, że sterowanie wielotonowym ciągnikiem czy kombajnem wymaga wysiłku nie większego niż sterowanie samochodem osobowym (rys. 14). Wydatek energetyczny przy większości prac może być zakwalifikowany do kategorii prac lekkich [Groborz 2008]. Doprawdy, ergonomiczny postulat sformułowany przez prof. J. Hamana, a cytowany na początku tego artykułu, został zrealizowany we współpracy konstruktorów maszyn rolniczych i ergonomistów szybciej niż można było przewidywać.



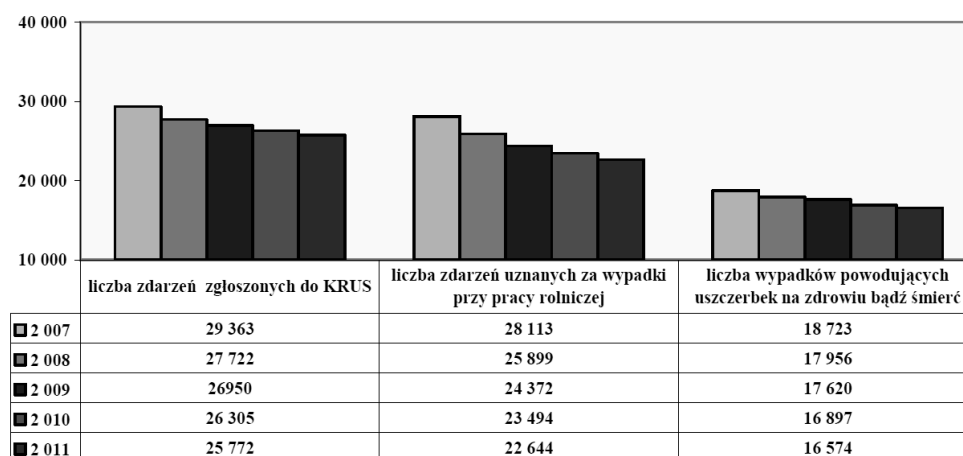
Źródło: opracowanie własne

Rys. 14. Stanowisko operatora współczesnych ciągników rolniczych: (a) *Fendt*, (b) *FastTrac*

Nie powinno to wszakże przysłać obrazu wciąż ciężkiej pracy ludzi w tych gospodarstwach rolniczych, gdzie bariera finansowa ogranicza możliwości zakupu nowoczesnych (ergonomicznych) maszyn, które tę ciężką pracę mogą zastąpić.

Bezpieczeństwo pracy

Ewidencja wypadków prowadzona i publikowana od kilkunastu lat przez Kasę Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego (KRUS) wskazuje na malejącą tendencję tych wypadków (rys. 15). Jest ich jednak wciąż zbyt wiele – w tym także ponad 100 wypadków śmiertelnych rocznie.



Źródło: krus.gov.pl

Rys. 15. Liczba wypadków w rolnictwie w latach 2007-2011

Jest natomiast niewątpliwym osiągnięciem ergonomicznym powszechnie stosowanie ram ochronnych i bezpiecznych kabin (rys. 16), które 10-krotnie zredukowało ryzyko fatalnych konsekwencji wywrotek ciągników. Powszechność stosowania tych kabin powoduje, że bezpieczeństwo pracy operatorów jest o wiele większe niż przed 30-40 laty.

Powyższy przegląd ergonomicznych osiągnięć, z oczywistych względów powierzchniowy i niezwykle skrócony, miał na celu wskazanie, że ergonomia, jako nauka i przedmiot uniwersyteckiego nauczania, spełniała i spełnia nadal ważną rolę w zawodowym przygotowaniu absolwentów studiów wyższych. Ważna jest również świadomość, że wydajność pracy, jej efektywność, bezpieczeństwo i tzw. biologiczny koszt pracy, są kształtowane w czasie studiów w przeświadczeniu, że funkcjonowanie jakiegokolwiek układu człowiek-maszyna determinowane jest nie

tylko parametrami technicznymi maszyny, ale także jej dostosowaniem do psychofizycznych predyspozycji człowieka.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 16. Bezpieczne kabiny ciągników

Do przedstawionego przeglądu dołączamy jeszcze listę tych problemów, jakie uważamy, że współczesna ergonomia powinna podejmować w obszarze wiedzy, który określamy inżynierią rolniczą. Lista ta zawarta jest w ekspertyzie wykonanej na zlecenie sieci naukowej AgEngPol, gdzie Czytelnik znajdzie bliższe uzasadnienie wymienionych niżej problemów naukowych. Są nimi:

1. Dostosowanie urządzeń technicznych do potrzeb ludzi niepełnosprawnych i w podeszłym wieku.

Urządzenia techniczne stosowane w rolnictwie są konstruowane i produkowane dla użytkowników w pełni sprawnych fizycznie. Tymczasem wiadomo, iż odsetek ludzi niepełnosprawnych jest coraz większy; ludzi, którzy mimo cierpienia i większego lub mniejszego osobistego nieszczęścia, chcą nadal być aktywni zawodowo i trzymać swój los we własnych rękach. Jak wiele osób niepełnosprawnych pracuje na wsi (w rolnictwie) nie wiemy, choć ze statystyk prowadzonych przez Kasę Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego (KRUS) wynika, iż co roku takich osób przybywa – skutkiem różnego rodzaju wypadków i chorób zawodowych.

Są tu dwa kierunki badań ergonomicznych, jakie z pewnością warto byłyby podjąć:

- dostosowanie maszyn dla osób fizycznie niepełnosprawnych (np. po amputacji, o ograniczonym zakresie ruchów, mniejszej sile mięśniowej, słabszym rozpoznawaniu bodźców wzrokowych, słuchowych czy węchowych itp.),
- dostosowanie procedur obsługi maszyn wyposażonych w technologie sterowania elektronicznego (komputery pokładowe) dla osób, które z informatyką

stosowaną spotkały się w niewielkim stopniu w szkole lub zgoła nie spotkały się w ogóle.

2. Opracowanie standardów procedur obsługi programowanych przez użytkownika urządzeń elektronicznych (komputerów pokładowych ciągników i maszyn rolniczych).

Wiadomo, iż standard *ISO 11783* określa wymagania dotyczące kompatybilności urządzeń elektronicznych stosowanych w technice rolniczej. Problem polega na tym, że chodzi tu o kompatybilność w sensie elektronicznym, a nie ergonomicznym. Jeśli konstruktor urządzeń sygnalizacyjnych (transmitujących informacje do operatora) przyjmie założenie, że ograniczeniem przepływu strumienia informacji nie jest rodzaj połączenia pomiędzy urządzeniami elektronicznymi (np. na ciągniku i zawieszonym opryskiwaczu), lecz „połączenie” (zwykle wzrokowe) pomiędzy danym sygnalizatorem (np. urządzeniem zegarowym lub wyświetlaczem cyfrowym) a operatorem – problem zostanie rozwiązany. Rzecz w tym, iż – jak się wydaje – często konstruktor i producent maszyn rolniczych wyobrażają sobie, że umiejętności obsługi urządzeń komputerowych przez rolnika są takie same lub podobne jak umiejętności informatyka w biurze konstrukcyjnym. Oczywiście tak nie jest.

Podkreślmy dwie podstawowe różnice w obsłudze urządzeń sygnalizacyjnych maszyn rolniczych przez operatorów, w porównaniu do obsługi urządzeń przemysłowych czy transportowych:

- postać (forma) tych urządzeń jest zróżnicowana (inne na ciągniku, kombajnie do zbioru zbóż, opryskiwaczu, siewniku precyzyjnym itd.)
- niektóre z urządzeń używane są relatywnie krótko w ciągu roku (np. siewniki precyzyjne) – odmiennie niż np. w warunkach przemysłowych, gdzie operator codziennie powtarza te same czynności (na podstawie takich samych czy podobnych informacji z sygnalizatorów). Rozwój tzw. rolnictwa precyzyjnego, które bez systemów informatycznych nie mogłoby powstać i funkcjonować, wymaga wspomnianej wyżej standaryzacji w szczególności.

3. Poprawa bezpieczeństwa pracy.

Ergonomia i bezpieczeństwo pracy (BHP) są dziedzinami wzajemnie zachodzącymi na siebie. Tytuł podstawowego, 2-tomowego podręcznika akademickiego: „Ergonomia i bezpieczeństwo pracy” [Koradecka i in. 1997] jednoznacznie na to wskazuje. Z badań publikowanych corocznie przez Kasę Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego (KRUS) wynika, że jedną z głównych przyczyn wypadków w rolnictwie jest obsługa urządzeń technicznych.

Zmniejszenie liczby wypadków jest wyzwaniem, które wciąż stoi przed ergonomią i BHP. Teoria wypadków określa jako podstawowe przyczyny ich powstawania: (1) błąd człowieka, (2) błąd (awaria) funkcjonowania maszyny, (3) oddziaływanie środowiska pracy (np. nadmierny hałas, ograniczona widoczność,

za wysoka temperatura itp.). Ergonomiczne badania przyczyn wypadków i opracowanie metod zapobiegania wypadkom będą wynikały zapewne nie tylko z zainteresowań naukowych badaczy, ale także potrzeb praktycznych. Instytucje ubezpieczeniowe będą bardziej niż do tej pory potrzebowały informacji o tzw. ryzyku wypadkowym (np. dla oszacowania stawek ubezpieczeniowych). System certyfikacji na europejski znak bezpieczeństwa maszyn (symbol CE) badania takie także wymusza.

4. Poprawa bezpieczeństwa w gospodarstwie rolnym.

Rozróżnijmy tu bezpieczeństwo pracy, które dotyczy operatorów maszyn rolniczych (rolników, ogrodników, zootechników) od bezpieczeństwa osób, które w przestrzeni pracy maszyn znajdują się przypadkowo, gdyż jest to ich naturalne miejsce przebywania. Chodzi tu przede wszystkim o dzieci czy osoby w podszłym wieku, które albo z braku doświadczenia bądź ograniczone postrzeganiem bodźców z otoczenia, znajdują się przypadkowo w zasięgu pracujących maszyn. Wstrząsające przykłady wypadków – i w konsekwencji najczęściej trwałego kalectwa – można znaleźć w publikacjach Instytutu Medycyny Wsi w Lublinie. Jest więc wciąż ergonomicznym wyzwaniem opracowanie systemów ostrzegania operatorów o obecności postronnych osób w przestrzeni pracy maszyn.

Dobrym przykładem takiego rozwiązania są pasywne detektory (w postaci bransoletek, breloczków itp.), jakie opracowano w Austrii dla dzieci, starszych osób (a także zwierząt domowych, takich jak psy i koty). Detektory te odbijają sygnał w postaci fal elektromagnetycznych nadawanych z ciągnika, by w momencie wtargnięcia osoby noszącej detektor w pobliże maszyny indukować sygnał ostrzegawczy dla operatora. O ile nie zdecydujemy się zakupić tego gotowego i sprawdzonego systemu ostrzegania, będzie potrzeba badań i opracowania własnego, krajowego systemu. Kto choć raz widział nieszczęście, jakie spotyka co roku wiele dzieci na wsi (np. podczas koszenia traw, podwórkowego manewrowania ciągników), nie musi być przekonywany o konieczności podjęcia tego problemu.

Makroergonomiczne [Pacholski, Jasiak 2011] podejście do rozwiązania problemu bezpieczeństwa jest tu wyjątkowo uzasadnione.

5. Atestacja nowych urządzeń technicznych.

Obowiązek atestacji nowych ciągników i maszyn rolniczych regulują różnego rodzaju przepisy prawne, krajowe i międzynarodowe. Badania podstawowe ciągników czy atestacja siedzisk (w kontekście ograniczania oddziaływania drgań ogólnych na operatora) będą zatem kontynuowane niejako „z urzędu”. Podkreślimy w tym miejscu ponownie istotny wpływ tych badań na postęp ergonomiczny.

Rolnictwo jest jednak tą dziedziną, która będzie wytwarzała w coraz to większym stopniu surowce biologiczne o pozażywnościowym przeznaczeniu. Surowce te będą także przetwarzane w rolnictwie, przynajmniej wstępnie. Mamy tu na

myśli przykładowo, przetwarzanie biomasy w biopaliwa czy półprodukty do wytwarzania materiałów izolacyjnych. Różnego rodzaju ziola (przetwarza się ich w Polsce ok. 400 gatunków) będą pozyskiwane coraz częściej z celowo zakładanych plantacji, a nie metodą zbieractwa.

Prawdopodobnie pojawią się więc nowe urządzenia techniczne (nowe, w sensie dotychczas nieznanymi opracowań konstrukcyjnych), które będą wymagały także badań ergonomicznych.

6. Zmiany ergonomicznych parametrów urządzeń technicznych w czasie ich eksploatacji.

Atestacja urządzeń technicznych pod względem ergonomicznym dotyczy niemal zawsze egzemplarzy fabrycznie nowych. Wyniki badań, zwykle pojedynczych egzemplarzy, przenosi się na całą produkowaną serię. Niektóre badania wskazują jednoznacznie, że (1) wyniki badań (testów) pojedynczych egzemplarzy mogą być przenoszone na całą serię tylko warunkowo i (2) w czasie eksploatacji początkowe parametry (ergonomiczne) ulegają zmianie. Typowymi przykładami zmian charakterystyk ergonomicznych może być wzrost hałasu ciągnika czy częściowa utrata właściwości siedziska chroniących kierowcę ciągnika przed oddziaływaniem drgań. Istotne jest tu nie tyle określenie kalendarzowego czasu pracy ciągnika (np. w latach), lecz ilość przepracowanych motogodzin.

Ilościowe określenie czasu, po którym następują niepożądane zmiany właściwości ergonomicznych, miałyby duże znaczenie praktyczne: byłby to swego rodzaju resurs, po którym należałoby dokonać naprawy lub wymiany zużytych elementów danego urządzenia.

Bibliografia

- Adamczyk F.** (2003): Rozprzestrzenianie się hałasu ciągników rolniczych w środowisku ich pracy. Praca doktorska, Maszynopis, Wydział Techniki i Energetyki Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Byszewski W., Haman J.** (1977): Gleba-maszyna-roślina. PWN, Warszawa, 4.
- Groborz A.** (2006): Wyposażenie techniczne gospodarstw a obciążenie pracą kobiet. Praca doktorska, Maszynopis, Wydział Techniki i Energetyki Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Hoyos G.C.** (1974): Kompatibilität. Ergonomie 2. Gestaltung von Arbeitsplatz und Arbeitsumwelt. Carl Hanser Verlag, München, 93-112.
- Juliszewski T., Kielbasa P.** (2010): Urządzenia sygnalizacyjne ciągników i maszyn rolniczych. PWRiL, Poznań, ISBN 978-83-09-99034-5.
- Koradecka D. i in.** (1997): Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. T.1 i T. 2. CIOP, Warszawa, ISBN 83-901740-6-5.
- Pacholski L., Jasiak A.** (2011): Makroergonomia. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, ISBN 978-83-7775-045-2.

Zalewski P., Pleszczyński W. (1985): Ergonomia dla mechanizatorów rolnictwa. PWRiL, Warszawa, ISBN 83-09-00014-6.

Liczba wypadków w rolnictwie (on-line). 2012. [Dostęp 07.04.2012]. Dostępny w Internecie:
http://www.krus.gov.pl/fileadmin/moje_dokumenty/dokumenty/prewencja/statystyki/2011/Komunikat_o_wypadkach_i_chorobach_w_2011_roku_d.pdf.

AKTUALNE ZAGADNIENIA TRANSPORTU ROLNICZEGO

Stanisław Kokoszka

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Według szacunków w rolnictwie przewozi się rocznie, w zależności od struktury i intensywności produkcji, 20 do 70 ton ładunków na 1 ha użytków rolnych. Tak znacząca masa przewozowa powoduje, że nakłady związane z procesem transportowym w rolnictwie stanowią znaczną część nakładów ponoszonych na transport [Bielejec 1989]. Zmniejszenie nakładów można osiągnąć poprzez właściwy dobór środków transportowych i bardziej sprawną organizację procesów transportowych.

Na kształtowanie się wielkości zadań transportowych ma wpływ wiele czynników. Jednym z podstawowych jest generowana masa transportowa i odległość przewozu. Obydwa ww. elementy mają wpływ na poprawny dobór środka transportowego decydujący o czasie przewozu i ponoszonych nakładach [Bielejec 1989; Kokoszka 1993, 1995].

W gospodarstwach indywidualnych transport rolniczy w 80-90% wykonywany jest środkami własnymi i w takim samym udziale jest to transport ciągnikowy. Wysokie nakłady czasu pracy, paliwa, ponoszonych kosztów w transporcie wynikają z wielu czynników. Do podstawowych zaliczamy: zróżnicowany asortyment środków i stąd ich niskie wykorzystanie, niską mechanizację prac ładunkowych, wysokie ceny środków i nośników energii. Niebagatelny udział ma także organizacja przewozów, ale i dobór odpowiedniego środka do przewozu [Bielejec 1989; Kokoszka 1993, 1995].

Do podstawowych środków technicznych w gospodarstwie należą środki transportowe. Ich ilość oraz dobór jakościowy znajduje bezpośrednie odbicie w efektywności wykonywania prac transportowych, ale również w nakładach ponoszonych na transport [Kokoszka, Tabor 2000, 2006; Kokoszka 2009]. Zmniejszenie kosztów transportu można osiągnąć poprzez właściwy dobór środków oraz sprawną organizację procesów transportowych [Muzalewski 2003]. Prezentowane przez wielu Autorów wyniki badań, dotyczące wielkości prac transportowych (wyrażonych wielkością przewozów) oraz wyposażenia w środki i ich wykorzystanie, zwykle charakteryzują się znaczną zmiennością w zależności od kontekstu

analizy [Parafiniuk 2006]. W oparciu o wcześniejsze badania można stwierdzić, iż w rolnictwie na wzrost wydajności pracy i obniżenie nakładów wpływa zastosowanie wydajnych i racjonalnie użytkowanych środków transportowych, często wynikające z ich ilości i rodzaju oraz wykorzystanie ich parametrów technicznych, dające mniejsze nakłady, czasu pracy, robocizny i niższe koszty przewozu [Kokoszka i in. 2006; Witney1989]. Zagadnienie wpływu odległości na efekty pracy, a tym samym nakłady, jest szczególnie istotne w kontekście tzw. ekonomicznego zakresu stosowania różnych grup i rodzajów środków. Fakt ten ma obecnie niebagatelne znaczenie, ponieważ nowoczesne techniki i technologie transportu to środki o większej ładowności i prędkości – czyli droższe w użytkowaniu.

Analiza wyników badań w zakresie wyposażenia gospodarstw rolniczych w środki transportowe wykazuje znaczne zróżnicowanie wskaźników wyposażenia [Kocira, Parafiniuk 2006; Parafiniuk 2006]. Ich ilość oraz dobór jakościowy znajduje bezpośrednie odbicie w efektywności wykonywania prac transportowych, ale również w nakładach ponoszonych w gospodarstwie [Kokoszka 2009]. Zmniejszenie kosztów można osiągnąć poprzez właściwy dobór środków transportowych i bardziej sprawną organizację procesów transportowych, jak i minimalizację kosztów eksploatacji sprzętu istniejącego [Muzalewski 2003].

W oparciu o wcześniejsze badania można stwierdzić, iż w rolnictwie na wzrost wydajności pracy i obniżenie nakładów wpływa zastosowanie wydajnych i racjonalnie użytkowanych środków transportowych, wynikające z ich ilości, ale i rodzaju [Kokoszka, Tabor 2000].

Podstawowym czynnikiem wpływającym na wysokie koszty transportu rolniczego jest również niska mechanizacja prac ładunkowych, wysokie ceny środków i nośników energii [Bielejć 1989; Kokoszka 1993, 1995]. Zagadnienie to jest szczególnie istotne, gdyż obniżenie nakładów wiąże się z wprowadzeniem do rolnictwa nowoczesnych technik i technologii transportu. Z kolei nowe techniki transportu to zwiększenie ładowności środków, jak i przyspieszenie transportu – zwiększenie prędkości przewozu.

Postęp techniczny i technologiczny sprzyja rozwojowi nowych form i organizacji obsługi gospodarstw rolniczych. Zagadnienie to dotyczy również obsługi transportowej gospodarstwa rolniczego, gdzie transport jako jedna z podstawowych czynności ma znaczny udział w ponoszonych nakładach i efektywności produkcji [Kokoszka 2009; Kokoszka, Tabor 2006].

Efektywność pracy środków transportowych jest znacznie zróżnicowana, a gospodarstwo rolne nie zawsze są w stanie zapewnić odpowiedni poziom ich wykorzystania, stąd koszty samoobsługi są wyższe w stosunku do kosztów usług jednostek zewnętrznych [Kokoszka 2006; Kokoszka, Tabor 2006].

Wyniki badań i analiz

W objętych badaniami gospodarstwach średnia powierzchnia użytków rolnych wyniosła 24,99 ha. W strukturze zasiewów dominowały zboża, zajmując przeciętnie 79,2% gruntów ornych. Na wysokie obciążenie zadaniami transportowymi wpływ miał niekorzystny rozłóg pól i bardzo zróżnicowane odległości transportowe oraz wysoka masa przewozowa. Przeciętnie produkcja roślinna prowadzona była na 11 polach, a średnie odległości do punktów zbytu i zaopatrzenia wynosiły po około 12 km. Masa przewożonych ładunków wynosiła średnio 619,7 t-gospodarstwo⁻¹, tj. 24,8 t-ha⁻¹. Średnio na rok w badanych gospodarstwach wykonywano 209,5 cykli przewozowych, czyli 0,6 cyklu na dzień (nie wyłączając świąt) oraz 8,4 cykle na 1 ha UR. W każdym badanym gospodarstwie znajdował się przynajmniej 1 ciągnik, średnio na 1 gospodarstwo przypadało 1,8 szt. fizycznej ciągnika, 4,25 sztuk środków transportowych o średniej ładowności 2,55 ton i przeciętnym wieku 13,9 lat.

Kalkulacje kosztów różnych zestawów transportowych oparte na rzeczywistym wykorzystaniu w badanych obiektach wskazują na ich zróżnicowany poziom w zależności od rodzaju przewożonego ładunku, ale i rodzaju zastosowanego środka. W rezultacie jednostkowe koszty przewozów z kosztami robocizny w roku 2006 mieściły się w granicach od 11,2 zł·t⁻¹ (samochód ciężarowy przy przewozie ładunków sypkich) do 177,2 zł·t⁻¹ (samochód dostawczy, ładunki pozostałe).

Na podstawie analizy organizacji pracy można wnioskować, iż podstawowym czynnikiem, powodującym wzrost kosztów przewozów, jest poziom mechanizacji czynności ładunkowych, a w dalszej kolejności wzrost odległości przewozów i niska ładowność środków transportowych. Zmechanizowanie czynności ładunkowych powoduje obniżenie jednostkowych kosztów przewozu w miarę wzrostu ładowności środków transportowych. Z tego też powodu najmniej kosztowne są przewozy wykonywane samochodem ciężarowym, szczególnie w relacjach punkt zbytu i zaopatrzenia (transport zewnętrzny), i większe jednorazowo przewożone ładunki [Kokoszka i in. 2006].

W kontekście przeprowadzonych badań i analiz można stwierdzić, iż podstawowy wpływ na efekty pracy i ponoszone w transporcie nakłady ma ładowność użytego środka, pod warunkiem iż zostanie ona odpowiednio wykorzystana, tzn. przewozić będziemy ilość ładunku najbardziej zbliżoną do możliwości środka.

Wielkość przewożonych jednorazowo ładunków

Przeprowadzone badania pozwalają – przy ustalonych warunkach transportu (ten sam ładunek, identyczny sposób wykonania czynności ładunkowych, ta sama odległość i ten sam środek transportowy) – określić wpływ wykorzystania ładowności na efekty pracy – tabela 1.

Tabela 1. Wpływ wykorzystania ładowności na efekty pracy środka transportowego

Wykorzystanie ładowności	Czas pracy (h·t ⁻¹)	Wydajność (t·h ⁻¹)	Koszty ¹ (zł·t ⁻¹)
1,00	1,16	0,86	1,00
0,80	1,39	0,72	1,25
0,50	2,88	0,35	2,00
0,30	3,35	0,30	3,34

Źródło badania i opracowanie własne

Koszty¹ – koszty wskaźnik – ze względu na zmienność w czasie rozwiązanie najkorzystniejsze 1,00

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 1 odpowiednie (w zależności od przestrzenności ładunku) wykorzystanie ładowności daje wymierne korzyści. I tak, przy ustalonych pozostałych warunkach przewozu, wzrost wykorzystania ładowności z 30 do 100% daje obniżenie nakładów czasu pracy 3,35 do 1,16 h·t⁻¹, tj. 65,3%, wzrost wydajności przewozu z 0,30 do 0,86 t·h⁻¹ oraz obniżenie jednostkowych kosztów przewozu 1 tony o 70%. Stąd szczególną uwagę przy realizacji zadań transportowych należy zwrócić na wielkość jednorazowo przewożonych partii ładunków, gdyż zwiększenie wykorzystania ładowności powoduje oszczędności czasu i obniżkę kosztów przewozu. Przy czym wielkość jednorazowo przewożonych ładunków jest efektem wielkości produkcji lub zapotrzebowania na środki produkcji, stąd jest ściśle związana z wielkością gospodarstwa. Z drugiej strony, wykorzystanie ładowności, wynikające z wielkości ładunku, wynika również z ładowności środka.

W tabeli 2 przedstawiono, w zależności od analizowanych zmiennych (rodzaj transportu, wielkość gospodarstwa, rodzaj ładunku i wielkość produkcji towarowej) wielkość sprzedaży jednorazowo przewożonych wielkości ładunków.

Jak wynika z zaprezentowanych w tabeli wartości, średnio w badanych obiektach przewożono jednorazowo 2,96 tony ładunku, co przy średniej ładowności środków wynoszącej 2,55 t może sugerować, iż wykorzystanie ładowności jest wysokie. Jednakże zróżnicowanie przewożonych jednorazowo ładunków jest bardzo wysokie i waha się w badanych obiektach średnio od 0,01 t do 26,60 t.

Na analizowaną wartość znaczny wpływ ma wielkość gospodarstwa i wielkości podstawowego elementu generującego masę transportową, tj. wielkości pola. W mniejszym stopniu rodzaj – miejsce wykonywania transportu, wewnętrzny i zewnętrzny. Jednym z istotnie wpływających na wielkość ładunku czynników jest rodzaj ładunku – ładunki sypkie (ziarno zbóż, ziemniaki, buraki), mające najwyższy udział w masie przewozowej, transportowane są w znacznie większej jednorazowo wielkości od objętościowych i pozostałych (maszyny, zwierzęta).

Tabela 2. Wielkość jednorazowo przewożonych partii (wielkości) ładunku

Wyszczególnienie	Wielkość jednorazowo przewożonego ładunku (t)		
	Średnio	Minimum	Maximum
średnio gospodarstwa	2,96	0,01	26,60
Rodzaj transportu			
Transport wewnętrzny	3,04	0,07	20,00
Transport zewnętrzny	2,77	0,01	26,60
Powierzchnia gospodarstwa			
do 10,00 ha UR	1,48	0,03	12,00
10,01 - 20,00 ha UR	1,47	0,02	10,00
20,01 - 50,00 ha UR	3,58	0,01	25,00
pow. 50,01 ha UR	5,47	0,10	26,60
Rodzaj ładunku			
Ładunki sypkie	5,21	0,07	25,00
Ładunki objętościowe	2,54	0,10	18,00
Pozostałe ładunki	1,98	0,01	26,60
Wielkość sprzedaży			
do 2,00 t·ha ⁻¹ UR	3,05	0,02	26,60
do 2,01 - 5,00 t·ha ⁻¹ UR	2,11	0,01	18,00
pow. 5,01 t·ha ⁻¹ UR	4,53	0,05	25,00

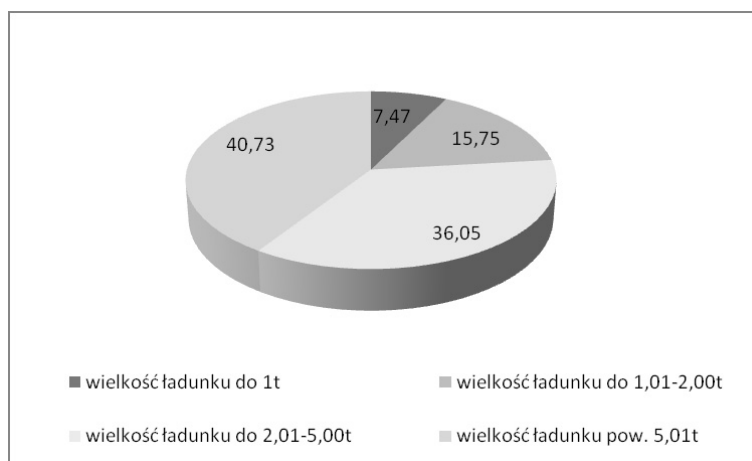
Źródło: badania i opracowanie własne

Najbardziej istotnym zagadnieniem jest bardzo silne zróżnicowanie ładunków jednostkowych we wszystkich analizowanych aspektach. Ten fakt zdecydowanie świadczy o tym, iż gospodarstwo rolnicze nie może być wyposażone w jeden uniwersalny środek. Gdyby założyć taką sytuację, często będziemy wozili powietrze, co skutkuje wysokimi kosztami jednostkowymi transportu. W odwrotnej sytuacji – zamiast dokonać przewozu w jednym cyklu, będziemy musieli dokonać kilku przejazdów, co skutkuje wzrostem całkowitych kosztów wykonania transportu.

Oprócz zaprezentowanych jednostkowych ładunków bardzo istotny jest udział poszczególnych wielkości ładunków w całości przewozów. Zagadnienie to średnio dla badanych obiektów przedstawia rysunek 1.

Z zaprezentowanych na rysunku wartości wynika, iż najmniejszy udział w wydzielonych przedziałach jednorazowo przewożonych ładunków mają ładunki najmniejsze, do 1 t – 7,47%. Pomimo to mają one znaczący udział w ponoszonych nakładach, gdyż do ich realizacji (niska ładowność lub jej wykorzystanie) wymagana jest znaczna ilość przejazdów – cykli transportowych. Zjawiskiem korzystnym jest wysoki udział ładunków największych, pow. 5,01 t – 40,73%. Tak wysoki udział tej grupy ładunków generują gospodarstwa największe i o największej sprzedaży produkcji. Należy nadmienić, iż zarówno pomiędzy wydzielonymi

grupami obszarowymi, grupami sprzedaży i rodzajami ładunków, podobnie jak to miało miejsce przy analizie wielkości ładunków, zmienność jest bardzo wysoka.



Źródło: badania i opracowanie własne

Rys. 1. Udział procentowy jednorazowo przewożonych wielkości ładunków w całości przewozów

Odległość przewozów

Zadanie transportowe – potrzeba transportowa może wystąpić tylko w przypadku, gdy mamy ładunek, który należy przemieścić na określoną odległość. Stąd odległość przewozu jest drugim podstawowym elementem decydującym o doborze środka transportowego i efektywności jego pracy. Zagadnienie odległości przewozów i doboru środka jest szczególnie istotne w przewozach artykułów żywnościowych (ograniczenia w czasie przebywania w transporcie), ale również tzw. „ładunków żywych”. Do tej umownej grupy transportu zaliczyć należy nie tylko zwierzęta, ale również ładunki, w których po zebraniu zachodzą procesy biochemiczne, jak: oddychanie, transpiracja, dojrzewanie i przejrzenie (owoce, warzywa, okopowe). Wzrost odległości przewozu powoduje wzrost czasu przebywania w transporcie, co przy niezabezpieczeniu odpowiednich warunków skutkuje obniżeniem wartości ładunku. Jednocześnie z wielu badań w tym zakresie znany jest wpływ odległości na uzyskiwane efekty (wydajność) i ponoszone nakłady (np. koszty przewozu). Odległości przewozów na jakie realizowany był transport w badanych obiektach przedstawia tabela 3.

Średnia odległość przewozów w badanych obiektach wynosi 5,66 km, przy bardzo silnym zróżnicowaniu od 0,08 do 500 km. Oczywiście wartość najwyższa występuje bardzo rzadko – w jednym przypadku gospodarstwa o wysokiej towa-

rowości. W ramach rodzaju transportu – jego zasięgu, tj. transport wewnętrzny i zewnętrzny – istnieją znaczne różnice wynoszące 422%. Znamiennym jest fakt największej odległości w transporcie wewnętrznym – 35 km. Fakt ten wynika stąd, iż gospodarstwa towarowe-rozwojowe powiększając powierzchnię, dokonują zakupu lub dzierżawy w ramach istniejących w danym terenie możliwości – pola położone są niekiedy na terenach różnych wsi, a nawet gmin. Stąd przy aktualnej strukturze agrarnej i rozdrobnieniu powierzchni gospodarstw (znaczna ilość pól) powiększenie powierzchni gospodarstwa zwykle prowadzi do znacznego pogorszenia jego rozłogu – układu pól – i zwiększenia odległości w transporcie wewnętrznym.

Znaczna odległość przewozów w transporcie zewnętrznym wynika bardzo często z poszukiwania rynków zbytu lub kontrahentów oferujących wyższą cenę. Fakt ten potwierdza znaczny wzrost odległości w miarę wzrostu powierzchni gospodarstwa, jak i wzrostu towarowości produkcji – wielkości sprzedaży (tabela 3).

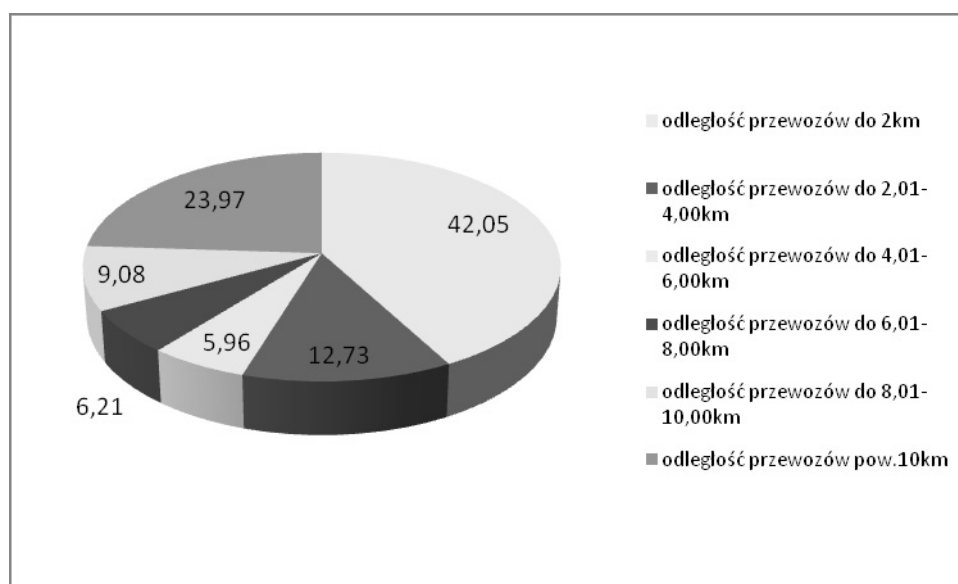
Tabela 3. Odległość przewozów w badanych obiektach (km)

Wyszczególnienie	Odległość przewozu		
	Średnio	Minimum	Maksimum
Ogółem	5,66	0,08	500,00
Rodzaj transportu			
Transport wewnętrzny	2,46	0,08	35,00
Transport zewnętrzny	12,83	0,10	500,00
Powierzchnia gospodarstwa			
do 10,00 ha UR	2,93	0,08	53,00
10,01 - 20,00 ha UR	4,16	0,10	40,00
20,01 - 50,00 ha UR	9,34	0,10	500,00
pow. 50,01 ha UR	7,64	0,10	60,00
Rodzaj ładunku			
Ładunki sypkie	6,27	0,08	500,00
Ładunki objętościowe	2,82	0,08	35,00
Pozostałe ładunki	8,52	0,10	450,00
Wielkość sprzedaży			
do 2,00 t·ha ⁻¹ UR	5,45	0,08	53,00
do 2,01 - 5,00 t·ha ⁻¹ UR	3,58	0,10	60,00
pow. 5,01 t·ha ⁻¹ UR	11,34	0,20	500,00

Źródło: badania i opracowanie własne

Znaczne zróżnicowanie odległości w każdym z przedstawionych kontekstów pozwala stwierdzić, iż transport w gospodarstwie rolniczym musi być wykonywany przy pomocy różnych środków – osiągających różne prędkości. Na efekty pracy środków i możliwość stosowania różnych ich rodzajów mają wpływ nie tylko przedstawione wyżej średnie odległości, ale udział poszczególnych prze-

działów odległości w całości przewozów. Dopiero na tej podstawie można zdecydować o zakupie czy zastosowaniu danego rodzaju środka do wykonania przewozu. Zagadnienie to przedstawia rysunek 2.



Źródło: badania i opracowanie własne

Rys. 2. Udział procentowy poszczególnych przedziałów wykonywania przewozów w całości transportu

Jak wynika z przedstawionych na rysunku wartości, 42,05% przewozów w badanych gospodarstwach wykonywane jest na odległość do 2 km. Jest to przedział, który nie pozwala samochodom wykazać się podstawowym ich walorem – wyższą prędkością, nawet przy wysokiej mechanizacji prac ładunkowych. Z kolei drugi przedział, w którym wykonywana jest znaczna ilość przewozów, to przedział powyżej 10,01 km. Tutaj możliwe, a nawet bardziej ekonomiczne, jest zastosowanie samochodów. W zaprezentowanych przedziałach pośrednich, pomiędzy 2,00 a 10,01 km, transport ciągnikowy może być uzupełniony transportem samochodowym. Jednakże podstawowym warunkiem jest wysoka mechanizacja prac ładunkowych, zmniejszająca udział czasu wykonywania tych czynności w stosunku do czasu jazdy.

Wypożyczenie w środki transportowe

Konieczność posiadania własnych środków transportowych przez gospodarstwa rolnicze podyktowana jest stale rosnącymi zadaniami transportowymi, które

potęgowane są przez specyficzne uwarunkowania produkcji rolniczej. Dodatkowo potwierdza to mało rozwinięta sieć usług transportowych dla rolnictwa oraz stosunkowo wysoka ich cena.

Ilość i jakość środków (w aspekcie ładowności i osiąganey prędkości) znajduje bezpośrednie odbicie w nakładach ponoszonych na transport. Jednocześnie wyposażenie w środki transportowe powinno wynikać z przedstawionych wyżej podstawowych warunków wykonywania transportu. Średnio na badane gospodarstwo w przeliczeniu na 100 ha UR przypada 7,20 szt. ciągnika. Średnia moc ciągnika wynosi 42,36 kW, a w przeliczeniu na hektar UR 3,05 kW.

Analizując wyposażenie badanych gospodarstw w środki transportowe, stwierdzono, iż średnio na gospodarstwo przypada 4,25 środka transportowego (0,17 szt·ha⁻¹ UR) o ładowności 2,55 t i średnim wieku 13,9 lat. Ponadto zauważono wyraźną tendencję wzrostu ilości posiadanych środków transportowych w miarę wzrostu powierzchni gospodarstwa, przy jednoczesnym wzroście ładowności i obniżeniu wieku środków transportowych. W gospodarstwach najmniejszych na obiekt przypada 3,52 szt. środka transportowego o ładowności 2,06 t, podczas gdy obiekty największe posiadają 5,33 szt. środka o ładowności 2-krotnie większej.

Obok ilościowo-jakościowych aspektów wyposażenia rolnictwa w środki transportowe na szczególną uwagę zasługuje właściwa ich struktura. W strukturze posiadanych środków transportowych dominującą pozycję zajmują przyczepy skrzyniowe, stanowiące 42,93%, o ładowności średniej 4,09 t. Samochody dostawcze występowały prawie we wszystkich obiektach, średnio 1,10 szt·100 ha⁻¹ UR przy średniej ładowności 0,79 t. Samochody ciężarowe stanowiły tylko 2,72%, przy średniej ładowności 6,40 t. Wśród badanych obiektów wciąż znaczną grupę środków transportowych stanowią wozy ciągnikowe i to niezależnie od poziomu towarowości; ich udział w strukturze waha się od 14,89 do 21,50%.

Wyposażenie gospodarstw w urządzenia za- i wyładunkowe w znacznym stopniu wpływa na wydajność wykonywanych prac transportowych. Średnio dla analizowanych gospodarstw wyposażenie w urządzenia za- i wyładunkowe kształtuje się na poziomie 1,04 sztuki na gospodarstwo, co daje 4,11 szt·ha⁻¹ UR.

Przeprowadzone w roku 2011 badania, dotyczące wyposażenia w środki transportowe i ich wykorzystania wykonane w 166 gospodarstwach towarowych (gospodarstwa utrzymujące się z produkcji rolniczej), pozwalają stwierdzić:

- w badanych obiektach liczba środków transportowych na gospodarstwo pomimo znacznych różnic w wielkości UR jest podobna. Jednakże wskaźnik ilości środków na 100 ha UR wskazuje, iż najwyższe wyposażenie występuje w grupie gospodarstw najmniejszych a najniższe w gospodarstwach największych 2,11 sztuk,
- analiza struktury ładowności środków pozwala stwierdzić, iż największy udział mają środki o ładowności 3-5 ton, a najmniejszy środki o ładowności powyżej 8 ton.

W zakresie wykorzystania potencjalnych możliwości produkcyjnych można stwierdzić:

- w badanych obiektach poziom rocznego wykorzystania potencjału produkcyjnego jest niski – najniższy dla samochodów ciężarowych 4,53%, a najwyższy dla samochodów dostawczych 5,80%. Analiza wykorzystania ciągników wykazuje, iż najbardziej eksploatowane są ciągniki średnie- uniwersalne,
- 67,11% ciągników jest już w pełni zamortyzowanych, z kolei dla przyczep wskaźnik ten wynosi 42,15%,
- w grupie najczęściej używanych środków transportowych – przyczep skrzyniowych – aż 64,79% przyczep o ładowności średniej (przedział 3-5 ton) jest w pełni zamortyzowanych.

Wydaje się, iż w ostatnich latach na wskutek znacznego poszerzenia rynku środków transportowych gospodarstwa rolnicze znacznie zwiększyły swój potencjał przewozowy. Przy czym zaznacza się wyraźnie duża ilość zakupów na rynku wtórnym, średnia na rynku pierwotnym – środków nowych zakupiono 49,3%. W całości zakupów na rynku wtórnym średnio wszystkie środki do lat 5-ciu (w momencie zakupu) stanowiły 56,69%, powyżej 5-ciu lat 33,31%. Stąd można domniemywać, iż już w momencie zakupu były znacznie wyeksploatowane.

Obsługa transportowa rolnictwa

Ciągle aktualnym zagadnieniem w gospodarstwach jest sposób wykonywania transportu w aspekcie, kto ma go wykonywać. Analizując problem: samoobsługa transportowa czy usługi, należy mieć na uwadze wiele przesłanek. Za utrzymaniem transportu własnego przemawiają następujące fakty:

- gospodarstwo rolne w celu realizacji produkcji musi posiadać źródło siły pociągowej – ciągnik będący jednocześnie wykorzystywany w transporcie. Poza sezonem prac polowych transport zwiększa jego wykorzystanie,
- ze względu na znaczną ilość przewozów technologicznych, charakteryzujących się niewielkimi partiami jednorazowo przewożonych ładunków i koniecznością nawet codziennej realizacji, również pewne środki muszą się znajdować na wyposażeniu gospodarstwa, gdyż transport usługowy staje się nieopłacalny,
- technologiczny charakter transportu rolniczego, szczególnie przy zbiorach, powoduje, iż niekiedy (np: przy zbiorze ziemniaków kombajnem lub kopaczką) koszt usługi, biorąc pod uwagę obecność środka podczas zbioru (czas załadunku do kilku godzin), byłby bardzo wysoki,
- sezonowość pracy w rolnictwie sprawia, iż usługodawca nie jest w stanie (biorąc pod uwagę ekonomiczne wykorzystanie środków) zapewnić w szczycie przewozowym wykonania wszystkich przewozów z danego rejonu wsi czy gminy,
- transport własny charakteryzuje znacznie wyższa dostępność i terminowość wykonania przewozu. W przypadku specjalizacji gospodarstwa zwykle rów-

niez lepsze dostosowanie środków do rodzaju przewożonych ładunków – specjalizacja środków,

- transport własny przy odpowiednim poziomie wykorzystania środków zwykle charakteryzuje się mniejszymi nakładami czasu pracy i kosztów realizacji przewozów,
- zaplecze transportowe producenta powinno znajdować się jak najbliżej powstawania potrzeb transportowych – gospodarstwa rolnego. Tylko w takim przypadku gwarantowana jest najlepsza terminowość wykonania przewozu, najniższe koszty własne lub realizacji usługi.

Za rozwojem usług transportowych przemawiają następujące fakty:

- odciążenie rolnika (w sensie czasu pracy) od transportu, co pozwala poświęcić więcej czasu na prace związane z produkcją,
- jednostki usługowe w związku ze specjalizacją i wyższym wykorzystaniem mogą korzystać ze specjalnych lub specjalizowanych środków transportowych. Zagadnienie to, w kontekście jakości żywności i w niektórych przypadkach zapewnienia wysokiej jej jakości, na którą wpływa czas i warunki transportu, nabiera w ostatnich czasach coraz większego znaczenia,
- w związku z możliwością wykorzystania tzw. jakościowo lepszych środków (wyższa prędkość przewozu, wyższa ładowność, wyposażenie we własne urządzenia ładunkowe), transport wykonywany przez jednostki usługowe może być tańszy w stosunku do własnego.

Obsługa transportowa gospodarstw rolniczych może odbywać się w dwojaki sposób:

- samoobsługa – gospodarstwa wykonują wszystkie przewozy własnymi środkami
- usługi transportowe:
 - a) wykonywane przez jednostki transportowe bez specjalizacji,
 - b) wyspecjalizowane jednostki transportowe, zajmujące się przewozem pewnych grup ładunków,
 - c) jednostki handlowe – połączenie zakupu środków z dostarczaniem do gospodarstwa i sprzedaży produktów z odbiorem z gospodarstwa.

Pierwsze dwie podgrupy (a i b) można zaliczyć do tzw. podsystemu transportu obszarowego – działalności na danym obszarze. Z kolei trzecia to podsystem tzw. branżowy.

Na podstawie badań własnych przeprowadzonych w roku 1995 można stwierdzić, iż w analizowanym okresie kilku lat nastąpił znaczny wzrost udziału usług pobieranych przez gospodarstwa, jak również świadczonych przez te same gospodarstwa. To ostatnie zjawisko dotyczy najczęściej usług – pomocy sąsiedzkiej.

Wśród wielu pytań stawianych rolnikom znalazło się również pytanie na temat przyszłego modelu usług transportowych.

Przed analizą danych zaprezentowanych w tabeli należy dodać, iż w przypadku badań z roku 2001 tylko 3,9% (z 641) stwierdziło, iż usługi w transporcie są niepotrzebne – wystarczą własne środki. W roku 2011 już 41,0% (ze 166) stwierdziło, iż mają wystarczającą ilość środków, by nie korzystać z usług.

Tabela 3. Formy obsługi transportowej wskazane przez rolników (%)

Model obsługi transportowej	rok 2001	rok 2011
Usługi międzysąsiedzkie	17,0	30,7
Specjalistyczne firmy transportowe	21,0	13,9
Kółka maszynowe	11,0	10,8
Prywatne jednostki usługowe, nie tylko transportowe	17,0	1,6
Dostawa i odbiór produktów z gospodarstwa	6,0	43,0
Brak zdania	28,0	0,0

Źródło: badania i opracowanie własne

Podstawowym wnioskiem wynikającym z tabeli jest prawie siedmiokrotny wzrost wypowiedzi potwierdzających tzw. zakup i sprzedaż związaną, tzn. zakup środków z dostawą oraz sprzedaż z odbiorem przez kupującego. Zjawisko to przez rolników określane było mianem kontraktacji. W opinii producentów ma ona dodatkowy atut – zapewnienie możliwości sprzedaży produkcji, bez poszukiwania rynków zbytu. Reasumując, wydaje się, iż przyszłościowy model obsługi transportowej gospodarstwa rolniczego towarowego to:

- samoobsługa transportowa w transporcie wewnętrznym,
- kontraktacja połączona z transportem (dostawa środków produkcji i odbiór produktów).

Tendencje w budowie środków i technice przewozów

Na przestrzeni lat w budowie środków transportowych i związanej z tym technice przewozów można zaobserwować następujące tendencje:

- wzrost ładowności środków,
- wzrost prędkości przewozów,
- uniwersalizacja i specjalizacja w budowie środków,
- uniwersalne podwozie i specjalizowane wymienne nadwozie (skrzynia ładunkowa), stąd rozwój konstrukcji i udziału w przewozach ciągników siodłowych z wymiennymi naczepami [Prochowski, Żuchowski 2009; Starkowski, i in. 2007].

W ostatnich latach, w związku z ww. tendencjami i wpływem czasu prac ładunkowych na efekty pracy środka, obserwujemy:

- wyposażanie środków transportowych we własne urządzenia ładunkowe:
 - a) nadwozia skrzyniowe – otwarte – ładowacze, ruchome podłogi, ruchome najczęściej przednie ściany,
 - b) nadwozia zamknięte – typu furgon, ruchome podłogi, ruchome najczęściej przednie ściany, podesty ładunkowe – windy pomiędzy poziomem podłoża a podłogą nadwozia, związane z nadwoziem (na tylnej ścianie lub pod podłogą między osiami wózki widłowe),
 - c) rozwój konstrukcji i opakowań transportowych, mających na celu nie tylko ochronę (ładunku, ludzi i środowiska), ale przystosowanie ładunku do transportu.
- zwiększenie wykorzystania ładowności poprzez możliwość piętrzenia ładunku,
- zwiększenie mechanizacji prac ładunkowych.

Przedstawione wyżej tendencje rozwojowe znajdują swoje odzwierciedlenie również w środkach transportu i technice wykonywania przewozów w rolnictwie. Liczące się na rynku środków transportowych – przyczep dla rolnictwa firmy, jak Pronar, Fliegl, Annaburger, w swojej ofercie mają przyczepy o zróżnicowanych ładownościach np. od 2 do 30 ton. I tak:

Pronar oferuje przyczepę do transportu materiałów sypkich i objętościowych o najwyższej ładowności 23.5 t (T682). Dla ułatwienia wyładunku przyczepę z ruchomą przednią ścianą o ładowności 23,5 tony (T 900). Również dla ułatwienia wyładunku tzw. wóz przeładunkowy z przenośnikami śrubowymi o ładowności 22, 7 tony (T 743) [Pronar – przyczepy (on-line) 2011]. Z kolei firma Fliegl oferuje również przyczepy o masie całkowitej 2,6 do 24 t, w tym przyczepę z układem zsuwającym „Gigant” – ruchomą przednią ścianą [Funrol – przyczepy transportowe (on-line) 2011]. Firma Annaburger oferuje również zróżnicowany asortyment przyczep o max. dopuszczalnej masie całkowitej do 33 t, a także system Schub fix – z ruchomą ścianą hydrauliczną [Annaburger – produkty (on-line) 2011].

W ostatnich latach obserwuje się przejście z przyczep z ruchomą podłogą do przyczep z ruchomą ścianą. Ten drugi system umożliwia lepsze wykorzystanie ładowności poprzez to, iż w czasie załadunku włączenie przesuwu ruchomej ściany powoduje zagęszczenie materiałów objętościowych. Tym samym możemy załadować większą masę ładunku. Podobne tendencje w budowie można zaobserwować w budowie naczep samochodowych. W związku z dodatkowym atutem transportu samochodowego – wyższą prędkością – ich udział w transporcie rolniczym (zewnętrznym) powinien wzrastać. Do takiego wniosku upoważniają przedstawione wcześniej wyniki badań, dotyczące wielkości jednorazowo przewożonych ładunków, jak i odległości przewozów. Problemem w tym zakresie jest właściwie niemożliwość wykonania transportu bezpośrednio z pola – od maszyny zbierającej. Wynika to dwóch przesłanek:

- możliwości trakcyjne wysokotonażowego ciągnika siodłowego nie pozwalają na przejazd po drogach polnych i samym polu,
- przejazd po polu jest również ograniczony ze względu na dopuszczalne naciski jednostkowe na podłoże.

Stąd w gospodarstwach dużych, chcących dokonać przewozu na duże odległości bezpośrednio z pola, w technologii przewozu pojawia się tzw. ogniwo pośrednie. Na polu maszyna zbierająca, na drodze utwardzonej ciągnik siodłowy wysokiej ładowności, a pomiędzy nimi ciągnik z przyczepą. W takiej sytuacji pojawia się problem jak najszybszego i najsprawniejszego przeładunku. Stąd rozwój konstrukcji wozów przeładunkowych (podłoga przyczepy odpowiednio wyprofilowana, na długości przyczepy poziomy przenośnik śrubowy, a na tylnej ścianie drugi – ukośny, z możliwością zmiany kąta ustawienia). Drugie – bardziej uniwersalne w aspekcie rodzaju ładunku – rozwiązanie to przyczepa wysokopodnosząca. Na podwoziu dwie ramy – w pierwszym momencie następuje podniesienie na wysokość 2-2,5 m skrzyni z ładunkiem, a dopiero po podniesieniu jej wywrót.

Aktualnie w transporcie artykułów żywnościowych, pasz, surowców do produkcji żywności, jednym z podstawowych zagadnień jest zapewnienie odpowiednich warunków transportu w kontekście jakości, w tym warunków higienicznych. W tym zakresie odpowiednie warunki przewozu i jakość ładunku zapewniają opakowania transportowe. Ponieważ są to w większości przypadków opakowania jednorazowe pojawia się problem ich zagospodarowania. Jednocześnie można stwierdzić, iż najlepszym opakowaniem transportowym jest odpowiednie nadwozie środka transportowego. Stąd w ostatnich latach zastosowanie do przewozu artykułów żywnościowych sypkich (mąka, cukier, pasze treściwe, ale również ziarno zbóż) znalazły tzw. pojazdy silosowe, wzorowane na cysternach do przewozu cieczy. Nadwozie w kształcie cysterny podzielonej na komory wyposażone w układ pneumatyczny zasysający materiał, aerujący go – powstaje faza pseudopłynna (materiał zachowuje się jak ciecz) – oraz opróżniający cysternę. Takie rozwiązanie daje pełną hermetyzację (odizolowanie ładunku od czynników zewnętrznych) za-, wyładunku i przewozu, eliminując całkowicie opakowania transportowe. Warunkiem zastosowania jest odpowiednio duża jednorazowo przewożona partia ładunku, przy odpowiedniej odległości przewozu. Ta technika i technologia przewozu znajduje aktualnie zastosowanie przy transporcie pasz treściwych od producenta do przemysłowych ferm specjalizujących się w produkcji zwierzęcej. W połączeniu z odpowiednimi silosami (magazynami) u producenta i odbiorcy mamy do czynienia z tzw. systemami silosowymi, zapewniającymi pełną ochronę przewożonych ładunków.

Bibliografia

- Bielejec J.** (1989): Aktualne i przyszłe potrzeby rolnictwa i gospodarki żywnościowej w zakresie prac transportowych. Transport w rolnictwie i gospodarce żywnościowej, Materiały na konferencję naukowo-techniczną NOT, Warszawa, 86-105.
- Kocira S., Parafiniuk S.** (2006): Poziom i dynamika zmian wyposażenia i wykorzystania ciągników rolniczych w gospodarstwach rodzinnych. Inżynieria Rolnicza, 11(86), 169-176.
- Kokoszka S.** (1993): Warunki wykonywania przewozów w transporcie wewnętrznym i technologicznym a wydajność przewozu. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, Mechanizacja i Energetyka Rolnictwa, z.12 (284), 63-71.
- Kokoszka S.** (1995): Udział transportu w nakładach i kosztach przy uprawie pszenicy oзимej. PTIR Nauka Praktyce Rolniczej, z. 2, 45-49.
- Kokoszka S.** (2009): Postęp technologiczny a wydajność i koszty w transporcie zwierząt. Problemy Inżynierii Rolniczej, 4 (30), 37-43.
- Kokoszka S., Sęk S., Tabor S.** (2006): Koszty przewozów rolniczych różnymi środkami transportowymi. Problemy Inżynierii Rolniczej, 3(53), 101-107.
- Kokoszka S., Tabor S.** (2000): Postęp technologiczny a struktura czasu pracy i efektywność nakładów w transporcie ziarna. Problemy Inżynierii Rolniczej, 4 (30), 91-98.
- Kokoszka S., Tabor S.** (2006): Postęp technologiczny a koszty transportu płodów rolnych. Inżynieria Rolnicza, 11 (86), 177-182.
- Muzalewski A.** (2003): Koszty eksploatacji maszyn. Wyd. IBMER, Warszawa, 1-39.
- Parafiniuk S.** (2006): Nakłady transportowe w badanych gospodarstwach rodzinnych. Inżynieria Rolnicza, 13(88), 377-383.
- Prochowski L., Żuchowski A.** (2009): Technika transportu ładunków. WKiŁ, Warszawa, ISBN 978-83-206-174433.
- Starkowski D, Bieńczyk K., Zwierzycki W.** (2007): Samochodowy transport krajowy i międzynarodowy, tom III, Poznań, ISBN 978-83-921745-5-4.
- Witney B.D.** (1989): Machinery Management. Agricultural Engineering, vol. 44, 3, 1-3.
- Pronar – przyczepy (on-line). 2011. [dostęp 15.02.2011]. Dostępny w Internecie: http://www.pronar.pl/przyczepy/___przyczepy__.html
- Annaburger – produkty (on-line). 2011. [dostęp 15.02.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.bagpolska.pl/przyczepy-wywrotki-annaburger/>
- Funrol – przyczepy transportowe (on-line). 2011. [dostęp 15.02.2011]. Dostępny w Internecie: http://www.funrol.pl/przyczepy_transportowe.php

KOMITET TECHNIKI ROLNICZEJ PAN. MISJA I ROLA W INŻYNIERII ROLNICZEJ¹

Józef Kowalski, Maciej Kuboń

Komiteta Techniki Rolniczej Polskiej Akademii Nauk
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki

Podstawy prawne, skład osobowy oraz założenia działalności Komitetu

Komiteta Techniki Rolniczej PAN został powołany Uchwałą Zgromadzenia Ogólnego Polskiej Akademii Nauk i do tej pory działał przy Wydziale V Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych. W wyniku uchwalenia przez Sejm Rzeczypospolitej Ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o Polskiej Akademii Nauk (Dz. U. Nr 96 poz. 619) i reorganizacji tej korporacji Komitet zadeklarował przynależność do Wydziału II Nauk Biologicznych i Rolniczych.

Kierującymi jego poczynaniami byli kolejno, licząc chronologicznie kadencjami:

- prof. dr hab. Czesław Kanafojski,
- prof. dr hab. Janusz Haman,
- prof. dr hab. Wincenty Zaremba,
- prof. dr hab. Janusz Haman (ponownie),
- prof. dr hab. Tadeusz Nowacki,
- prof. dr hab. Rudolf Michałek,
- prof. dr hab. Józef Kowalski (nadal).

Podkreślenia wymaga długoletniość przewodzenia Komitetowi przez prof. R. Michałka – był Przewodniczącym nieprzerwanie od 1990 roku do roku 2007 (5 kadencji). Równocześnie od roku 1990 do chwili obecnej funkcję Honorowego Przewodniczącego pełni prof. J. Haman – w ostatnich latach działania Prezydium Zarządu oprócz niego wspomaga w jego imieniu prof. R. Michałek.

Komiteta swym zakresem realizacji misji obejmuje Inżynierię Rolniczą oraz pełni funkcję Komitetu Narodowego ds. współpracy z Międzynarodowym Towarzystwem Inżynierii Rolniczej (Commission Internationale de Genie Rural – CIGR).

¹ W opracowaniu wykorzystano obszerne fragmenty rozdziału naszego autorstwa w monografii „Przesłanki rozwoju i przekształceń inżynierii rolniczej”, PTIR, 2011

Do jego zadań należy podejmowanie wszelkich działań służących rozwojowi naszej dyscypliny naukowej oraz wykorzystanie jej osiągnięć dla dobra kraju.

Działania te są wielorakie i wg Regulaminu Komitetu można wyszczególnić następujące zadania:

- analiza i ocena stanu nauki oraz wypowiedzanie się w sprawach polityki naukowej państwa, szczególnie kierunków rozwoju i priorytetów badawczych w dyscyplinie naukowej reprezentowanej w komitecie;
- współdziałanie z organami rządowymi, w szczególności z narodowym centrum badań, ministerstwem nauki i szkolnictwa wyższego, radą główną szkolnictwa wyższego i radą główną jednostek badawczo-rozwojowych w sprawach dotyczących ocen stanu, poziomu, priorytetów badawczych i kierunków rozwoju dyscyplin reprezentowanych przez komitet;
- inicjowanie: badań, tworzenia i rozwoju placówek, a także oceny programów badawczych i zakresu działania instytucji naukowych, dokonywanych na wniosek nadzorujących te instytucje organów rządowych i polskiej akademii nauk;
- współdziałanie w upowszechnianiu wyników badań i prac naukowych oraz wprowadzanie do praktyki społecznej i gospodarczej rezultatów badań w dyscyplinie reprezentowanej w komitecie, organizowanie w tym celu między innymi dyskusji i konferencji naukowych;
- opracowywanie ekspertyz na zlecenie organów rządowych, władz polskiej akademii nauk i z własnej inicjatywy oraz doradztwo naukowe i przedstawianie opinii naukowych w sprawach objętych zakresem działania komitetu, szczególnie ważnych dla społeczno-gospodarczego i kulturalnego rozwoju kraju;
- ocena i wypowiedzanie się w sprawach poziomu i potrzeb wydawnictw naukowych w zakresie nauk reprezentowanych w komitecie oraz prowadzenie działalności wydawniczej;
- analiza i ocena programów nauczania, wypowiedzanie się w sprawach kształcenia kadr naukowych oraz prowadzenie działań aktywizujących udział w życiu naukowym kraju i zapewniających rozwój młodej kadry naukowej;
- inicjowanie i prowadzenie współpracy z zagranicznymi organizacjami i ośrodkami naukowymi oraz realizacja zadań wynikających ze współpracy z CIGR (Commission Internationale de Genie Rural):
 - a) koordynowanie działalności naukowej w Polsce w zakresie współpracy z CIGR,
 - b) organizowanie konferencji naukowych w zakresie problematyki wchodzącej w zakres programów naukowych CIGR,
 - c) propagowanie na forum CIGR osiągnięć polskiej nauki i upowszechnianie w kraju programu tej organizacji,
 - d) wnioskowanie o udziale i składzie delegacji na kongresy i konferencje naukowe organizowane pod auspicjami CIGR,

- e) wysuwanie przedstawicieli nauki polskiej do władz CIGR;
- powoływanie sekcji krajowych międzynarodowych unii i stowarzyszeń naukowych;
- opiniowanie kandydatów na członków korespondentów Polskiej Akademii Nauk z zakresu dyscypliny reprezentowanej przez Komitet;
- zgłaszanie i opiniowanie wniosków do nagród naukowych z zakresu dyscypliny reprezentowanej przez Komitet;
- współpraca ze specjalistycznymi towarzystwami naukowymi z zakresu dyscypliny reprezentowanej przez Komitet;
- inne sprawy zlecone przez władze Akademii lub podejmowane z inicjatywy Komitetu;
- nadawanie własnych nagród i wyróżnień naukowych.

Przedstawione zadania stanowią bardzo szeroki asortyment obowiązków nałożonych na Komitet, szczególnie że działa całkowicie społecznie.

Aktualny skład Komitetu Techniki Rolniczej PAN przedstawia się następująco:

Prezydium

Przewodniczący:

prof. dr hab. Józef Kowalski – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Honorowy Przewodniczący:

czł. rzecz. PAN, prof. dr hab. Janusz Haman – Polska Fundacja Upowszechniania Nauki, Warszawa

Zastępcy przewodniczącego:

prof. dr hab. Ryszard Hołownicki – Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice

prof. dr hab. Józef Szlachta – Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław

Członek Prezydium:

czł. rzecz. PAN, prof. dr hab. Rudolf Michałek – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Sekretarz:

prof. dr hab. Aleksander Szeptycki – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach,

Członkowie Komitetu:

prof. dr hab. Jerzy Bieniek (spec.) – Uniwersytet Przyrodniczy, Wrocław

dr Jacek Biłowski, doc. CUN PAN (czł. hon.) – Centrum Upowszechniania Nauki PAN, Warszawa

prof. dr hab. Małgorzata Bzowska-Bakalarz – Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

prof. dr hab. Andrzej Chochowski – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

prof. dr hab. Jan Bronisław Dawidowski – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

prof. dr hab. Tomasz Dobek (spec.) – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

prof. dr hab. Kazimierz Dreszer – Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

prof. dr hab. Józef Horabik (spec.) – Instytut Agrofizyki PAN, Lublin

prof. dr hab. Tadeusz Juliszewski – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

prof. dr hab. Adam Krysztofiak – Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

dr hab. inż. Maciej Kuboń (spec.) – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

prof. dr hab. Leon Kukielka (spec.) – Politechnika Koszalińska, Koszalin

prof. dr hab. Sławomir Kurpaska – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

prof. dr hab. Andrzej Kusz – Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

prof. dr hab. Andrzej Kwieciński (spec.) – Uniwersytet Przyrodniczy Lublin

prof. dr hab. Janusz Laskowski – Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

prof. dr hab. Aleksander Lisowski – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

prof. dr hab. Marek Opielak – Politechnika Lubelska, Lublin

prof. dr hab. Jan Pabis – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Warszawa

prof. dr hab. Stanisław Pabis (czł. hon.) – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

dr inż. Tadeusz Pawłowski (spec.) – Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań

prof. dr hab. Janusz Piechocki – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

prof. dr hab. Wiesław Piekarski – Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

prof. dr hab. Leszek Powierża – Politechnika Warszawska, Płock

dr hab. Jacek Przybył, prof. UP – Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

prof. dr hab. Tadeusz Rawa – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

prof. dr hab. Waław Romaniuk – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

prof. dr hab. Marek Tukiendorf – Politechnika Opolska, Opole

prof. dr hab. Ewa Wachowicz – Politechnika Koszalińska, Koszalin

prof. dr hab. Czesław Waszkiewicz (spec.) – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

prof. dr hab. Jerzy Weres – Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki (czł. hon.) – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Warszawa

prof. dr hab. Piotr Zalewski (czł. hon.) – Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Łącznie Komitet liczy 39 członków reprezentujących wszystkie ośrodki inżynierii rolniczej w kraju.

Struktura Komitetu:

Sekcja Eksploatacji, Ekonomiki i Ergonomii – przew. prof. dr hab. Małgorzata Bzowska-Bakalarz

Sekcja Energetyki – przew. prof. dr hab. Janusz Piechocki

Sekcja Filmu Naukowego – przew. prof. dr hab. Piotr Zalewski

Sekcja Informatyki – przew. prof. dr hab. Jerzy Weres

Sekcja Infrastruktury Rolniczej – przew. prof. dr hab. Wacław Romaniuk

Sekcja Techniki w Przetwórstwie Rolno-Spożywczym – przew. prof. dr hab. Janusz Laskowski

Komisja Wyborcza – przewodniczący prof. dr hab. Józef Kowalski

Przewodniczący Komitetu Narodowego CIGR – prof. dr hab. Józef Kowalski

Przedstawiony podział różni się od podziału na sekcje w poprzednich kadencjach i jest efektem połączenia dwóch Sekcji: Eksploatacji, Ekonomiki, i Ergonomii z Sekcją Mechanizacji Rolnictwa. Jej przewodniczącym został wybrany prof. Ryszard Hołownicki. Równocześnie w wyniku położenia w naszej działalności większego nacisku na aspekty energetyczne w rolnictwie i przemyśle przetwórczym została utworzona Sekcja Energetyki w Rolnictwie, a jej przewodniczącym został prof. Jan Pabis. Przewodniczący poszczególnych Sekcji wchodzi w skład szerokiego Prezydium Komitetu.

Jak już wcześniej wspomniano, nasza działalność merytoryczna opiera się na Sekcjach. W ich obrębie występuje znaczne zróżnicowanie składów osobowych. Aktualnie najliczniejszą jest Sekcja Eksploatacji, Ekonomiki i Ergonomii – składa się z 59-ciu członków – oraz Sekcja Informatyki w Rolnictwie – 35-ciu członków. Najmniej liczna jest Sekcja Budownictwa Rolniczego i Infrastruktury – w jej skład wchodzi tylko 10 osób. Aktualnie łącznie w skład Komitetu wchodzi 165 osób.

Oprócz członków Komitetu w skład Sekcji wchodzi przedstawiciele nauki, a także pewną część tego składu stanowią przedstawiciele praktyki rolniczej, przemysłu maszynowego, przetwórstwa rolnego oraz specjaliści z zakresu doradztwa i upowszechniania wiedzy specjalistycznej, inżynierskiej.

Działalność organizacyjna i merytoryczna Komitetu

Komitet Techniki Rolniczej PAN realizował i realizuje zadania statutowe ustalone na pierwszych posiedzeniach plenarnych każdej kadencji, uwypuklając następujące priorytety:

- I. **Integracja środowiska inżynierii rolniczej w kraju**, a także pogłębienie i rozszerzenie współpracy międzynarodowej – głównie poprzez CIGR jako Komitet Narodowy oraz bilateralne kontakty poszczególnych członków Komitetu z przedstawicielami zagranicznych jednostek naukowych (wzajemny udział

w organizowanych kongresach, sympozjach i konferencjach naukowych, współpraca w badaniach);

II. Organizowanie ogólnopolskich konferencji i szkół naukowych;

III. Rozwój kadry naukowo-dydaktycznej, a poprzez to, dążenie do uzyskiwania praw akademickich w zakresie inżynierii rolniczej przez poszczególne ośrodki naukowe w Polsce;

IV. Umożliwianie publikacji wyników badań w renomowanych wydawnictwach PAN oraz wydawnictwach zagranicznych;

V. Tworzenie struktur i warunków umożliwiających pozyskiwanie środków finansowych na badania.

Zmieniające się w ostatnich latach uwarunkowania szkolenia kadr specjalistów z zakresu szeroko pojętej inżynierii rolniczej na poziomie studiów wyższych narzuciły nam uzupełnienie powyższych priorytetów o „Analizę kadr dydaktycznych oraz kierunków i zakresu szkolenia studentów w aspekcie potrzeb gospodarki narodowej”.

W zakresie nauki najpoważniejsze zadania realizował Komitet poprzez organizację szkół, konferencji i sympozjów naukowych, publikowanie i upowszechnianie wyników badań (w tym działalność wydawniczą), pozyskiwanie funduszy na badania naukowe oraz działania na rzecz rozwoju poszczególnych ośrodków poprzez awanse naukowe (stopnie i tytuły), a także uzyskiwanie uprawnień do nadawania stopni i tytułów. W ramach tej działalności w ciągu ostatnich dwóch kadencji Komitet zorganizował 126 konferencji, szkół i sympozjów naukowych (w tym 33 szkoły naukowe) oraz 54 konferencje i sympozja (oraz jeden kongres CIGR) jako międzynarodowe. Szczegółowy rozkład zorganizowanych imprez naukowych, z podziałem na ilość w latach i kadencjach został zamieszczony w tabeli 1. Zamieszczono tam także liczbę uczestników tych spotkań oraz liczbę wygłoszonych wykładów, referatów i przedstawionych posterów. Sumarycznie uczestniczyło w nich 10295 osób, które zaprezentowały swoje wyniki badań w 5155 wystąpieniach. Podkreślić należy także, że liczba tych spotkań z ilością przekraczającą stu uczestników wynosiła 38.

Przedstawione dane liczbowe jednoznacznie wskazują na dużą aktywność naszego środowiska w ocenianym aspekcie. Aktywność ta wyróżnia nasz Komitet nie tylko wśród Komitetów II Wydziału PAN (jesteśmy najaktywniejsi), ale także w całej Akademii. Podkreślenia wymaga fakt, że w tym względzie zasługi mają wszystkie krajowe ośrodki inżynierii rolniczej, wykazując duże zaangażowanie w tym zakresie, oczywiście w miarę swoich ambicji i możliwości organizacyjno-finansowych.

W tym miejscu nie sposób jednak wyróżnić jednej spośród wszystkich imprez naukowych. Jest nią organizowana od 29 lat przez Ośrodek Krakowski, a konkretnie przez prof. R. Michałka wraz ze swoim zespołem, coroczna zimowa szkoła pod nazwą „Zastosowanie ETO w badaniach rolniczych” (10 zimowych szkół),

a następnie „Postęp naukowo-techniczny i organizacyjny w rolnictwie”. Jest ona uważana przez zdecydowaną większość naszej społeczności za wiodącą i strategiczną w naszej dyscyplinie. Świadczyć o tym może liczba uczestników (corocznie od 150-190 osób), w tym znaczna liczba profesorów i doktorów habilitowanych. Przykładowo w br. w szkole uczestniczyły (mimo kryzysu) 152 osoby, w tym 43 profesorów oraz 21 doktorów habilitowanych.

Tabela 1. Działalność naukowa Komitetu Techniki Rolniczej PAN
(liczba konferencji i liczba uczestników)

Rok	Konferencje Naukowe	Szkoly Naukowe	Razem	W tym		Uczestników	Referatów
				pow. 100 uczestników	międzynarodowe		
2003	13	4	17	3	4	1000	240
2004	12	4	16	5	9	1320	282
2005	11	4	15	4	6	1300	260
2006	11	5	16	3*	6	1274	872
Razem	47	17	64	15	25	4894	1654
2007	13	5	18	6	9	1310	930
2008	12	4	16	8	7	1749	1014
2009	11	3	14	5	6	1220	774
2010	10	4	14	4	7	1122	783
Razem	46	16	62	23	29	5401	3501
Ogółem	93	33	126	38	54	10295	5155

Problematykę badawczą, charakteryzującą działalność naukową reprezentantów inżynierii rolniczej w ciągu ostatnich dwóch kadencji Komitetu Techniki Rolniczej, najprościej i chyba najwłaściwiej przedstawi tematyka organizowanych pod jego patronatem konferencji i szkół naukowych. Jako przykładowe zamieszczamy informacje o konferencjach i szkołach zaplanowanych na rok 2012. Przedstawiają się one następująco:

I. Harmonogram Szkół Naukowych

- Zimowa Szkoła Naukowa „Postęp techniczny i organizacyjny w rolnictwie” Zakopane, 6-10 luty 2012. Organizator: UR Kraków, prof. R. Michałek
- XXV Szkoła letnia „Metodologia nauk empirycznych”, maj 2012. Organizator: SGGW, prof. M. Jaros
- XXXIII Letnia Szkoła Inżynierii Systemów, Puszczykowo, 17-19 września 2012. Organizator IIR UP Poznań, prof. A. Krysztofiak i prof. J. Weres
- Warsztaty naukowe pod hasłem „Rolnictwo-Technika-Zdrowie i Życie”. Organizowane przez Politechnikę Opolską w Rejviz, a przez ostatnie trzy lata w Głuchołazach.

II. Harmonogram Konferencji Naukowych

- Konferencja międzynarodowa „Kierunki rozwoju technologii dla rolnictwa zrównoważonego”, Kielce, 15-16 marca 2012. Organizator: ITP Falenty i WIRZ, dr A. Seliga
- Konferencja „Zastosowanie technologii informacyjnych w rolnictwie”, Puszczykowo, 23-24 kwietnia 2012. Organizator: UP Poznań, prof. J. Weres i prof. A. Krysztofiak
- Konferencja „Modelowanie i projektowanie maszyn rolniczych z zastosowaniem wspomagania komputerowego”, Poznań, 10 maja 2012. Organizator: PIMR Poznań.
- Konferencja „Materiały konstrukcyjne i powłoki ochronne maszyn rolniczych” 28 czerwca 2012, Poznań
- Konferencja naukowa „Problemy inżynierii rolniczej”, 31 maja-02 czerwca 2012 r., Międzyzdroje. Organizator: prof. dr hab. Tomasz Dobek.
- XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego” BEMS 2012, Kołobrzeg, 5-8 września 2012. Organizator: Politechnika Koszalińska, prof. J. Diakun.
- Konferencja Jubileuszowa „Inżynieria rolnicza w dobie innowacyjnej gospodarki”, 26 wrzesień 2012 r., Kraków. Organizator: WIPiE, PTIR, Kraków, dr hab. Maciej Kuboń
- Konferencja międzynarodowa „Podstawowe problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ograniczeń wynikających ze standardów UE i wymogów ochrony środowiska”, wrzesień 2012r., Organizator: ITP. Falenty, prof. W. Romaniuk.
- XII Konferencja międzynarodowa „Rolnictwo ekologiczne – stan obecny i perspektywy rozwoju – techniki, technologie, produkcja żywności”, Poznań, 17-19 października 2012. Organizator: PIMR Poznań
- Konferencja międzynarodowa „Badania empiryczne i symulacyjne na użytek projektowania maszyn rolniczych”, Poznań, 6 grudnia 2011. Organizator: PIMR Poznań.

Należy podkreślić, że zaplanowana na rok 2012 liczba 9 konferencji naukowych jest znacznie mniejsza od ich liczby w poprzednich latach, gdzie czasami była dwukrotnie większa. Ograniczenie tej liczby należy upatrywać w ustawicznym ubożeniu jednostek naukowo-badawczych i braku funduszy na ich organizację. Pocieszającym natomiast jest fakt, że od wielu lat nie zmniejsza się liczba szkół naukowych (4 do 5).

Przedstawiona problematyka konferencji i szkół naukowych wyraźnie wskazuje bardzo szeroki zakres i przedmiot badań, jakie występują w charakterze potrzeb, które stawia praktyka rolnicza, wieś i przemysł rolno-spożywczy przed

inżynierią rolniczą. Równocześnie jednoznacznie zaznacza się potrzeba ustawicznej organizacji szkół naukowych w zakresie:

- „Postępu Naukowo-Technicznego i Organizacyjnego w Rolnictwie”;
- „Metodologii Nauk”;
- „Inżynierii Systemów Rolnictwa”;
- „Warsztatów Naukowych w Inżynierii Rolniczej i Ekologii”.

Zaprezentowany zakres tematyczny badań oraz liczba „impres naukowych”, które są organizowane pod patronatem Komitetu wykazują olbrzymie zaangażowanie bardzo szerokiego grona osób. Stąd też tak duża liczba osób podejmujących pracę w obrębie poszczególnych Sekcji działających w ramach naszego Komitetu.

Rozwój ośrodków inżynierii rolniczej i kadry naukowej w kraju

Efektów tej działalności należy poszukiwać w rozwoju krajowych ośrodków inżynierii, a w ich ramach indywidualnego rozwoju naukowego przedstawicieli tych ośrodków. W tym miejscu należy przeanalizować stan i rozwój kadry naukowej w naszej dyscyplinie. W analizie dynamicznej ujęto okres 20-letni, pomiędzy rokiem 1990 a 2010. Przedstawiane w tabeli 2 liczby dotyczą tylko profesorów tytularnych i doktorów habilitowanych z dziedziny nauk rolniczych i dyscypliny inżynieria rolnicza.

Tabela 2. Stan samodzielnej kadry naukowej w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie inżynieria rolnicza

Ośrodek	1990		2000		2010	
	Profesorowie	Doktorzy habilitowani	Profesorowie	Doktorzy habilitowani	Profesorowie	Doktorzy habilitowani
UR Kraków	5	7	8	11	16	11
UP Lublin	13	5	13	11	20	17
UP Wrocław	1	6	3	6	6	5
UP Poznań	1	2	2	7	8	3
SGGW Warszawa	5	3	5	8	7	9
UWM Olsztyn	1	3	6	3	5	7
ZUT Szczecin	2	3	3	1	4	3
Politechnika Koszalińska	0	0	1	1	5	3
ITP Falenty	4	4	11	3	13	4
Pozostałe Ośrodki	0	0	2	3	7	3
RAZEM	32	33	54	54	91	65

Analizą objęto wszystkie krajowe ośrodki, mające w roku 2010 co najmniej uprawnienia doktorskie w tej dyscyplinie nauki.

Pełne nazwy tych ośrodków brzmią:

- Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki,
- Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Technologiczno-Przyrodniczy, Instytut Inżynierii Rolniczej,
- Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii, Instytut Inżynierii Rolniczej,
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji,
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Nauk Technicznych,
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
- Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny,
- Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach.

Wymienione w tabeli „Pozostałe ośrodki” obejmują te instytucje, gdzie nie ma uprawnień do nadawania stopni naukowych w dyscyplinie inżynieria rolnicza, ale są osoby posiadające tytuły profesorów bądź doktorów habilitowanych w tej specjalności. Tabela 2 przedstawia liczebne stany profesorów i doktorów habilitowanych w zakresie inżynierii rolniczej w latach: 1990, 2000 i 2010. Z analizy tabeli wynika, że na przestrzeni 20-tu lat nastąpił dynamiczny wzrost tzw. samodzielnej kadry. Dotyczy to w szczególności profesorów, gdzie liczba zwiększyła się z 32 w roku 1990 do 91 w roku 2010. Pod względem liczby doktorów habilitowanych nastąpiło podwojenie w tym czasie, z 33 do 65. W przedstawionych zmianach dostrzega się równocześnie ujemne zjawisko tzw. luki pokoleniowej, gdyż wzrost kadry doktorów habilitowanych nie nadążył za wzrostem tytularnych profesorów. Konsekwencją rozwoju kadrowego w inżynierii rolniczej są nabyte uprawnienia do nadawania stopni naukowych w tej dyscyplinie. Dane z tego zakresu przedstawia tabela 3.

Jej analiza dostarcza bardzo pozytywnych wniosków. W roku 1990 tylko trzy ośrodki posiadały uprawnienia doktorskie, a zaledwie jeden – wówczas Wydział Techniki Rolniczej AR w Lublinie – także uprawnienia habilitacyjne. Dzięki temu właśnie ośrodkowi rozwijała się krajowa kadra naukowa, doprowadzając do uzyskiwania własnych uprawnień. W roku 2000 już sześć ośrodków nabyło uprawnienia doktorskie a cztery habilitacyjne. W ostatnim roku analizy już wszystkie posiadały uprawnienia doktorskie, a siedem także habilitacyjne. Dodatkowym sukcesem całego środowiska jest zdobycie przez Ośrodek Olsztyński uprawnień doktorskich w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie: Budowa i eksploatacja maszyn. Podsumowując analizę dotyczącą rozwoju kadry naukowej w inżynierii rolniczej, należy potwierdzić tezę prezentowaną przez wielu spośród nas, że

aktualnie nie ma problemu ze stanem i rozwojem kadry naukowej w inżynierii rolniczej. Racjonalne możliwości jej wykorzystania zostały znacznie zredukowane poprzez ograniczenie bądź całkowite wyeliminowanie przedmiotów inżynierskich w planach kształcenia na wydziałach rolniczych i pokrewnych. Na tle kierunków rozwojowych światowego rolnictwa sytuację taką należy ocenić jednoznacznie negatywnie. Brak podstaw techniki w sylwetce inżyniera rolnictwa na początku XXI w. ogranicza jego możliwości intelektualne w zakresie zarządzania i sterowania rolnictwem opartym na nowoczesnej technice.

Tabela 3. Uprawnienia do nadawania stopni naukowych w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie inżynieria rolnicza

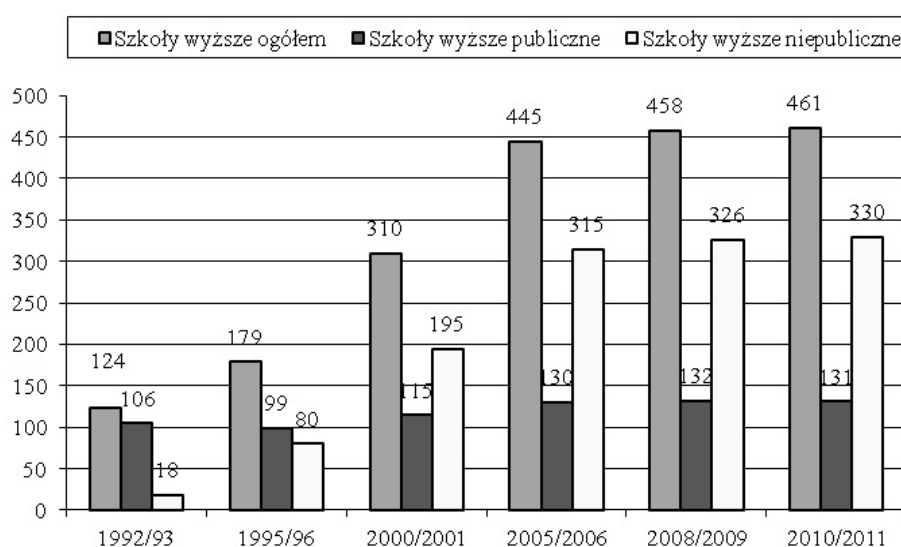
Ośrodek	1990		2000		2010	
	Dr	Dr hab.	Dr	Dr hab.	Dr	Dr hab.
UR Kraków	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
UP Lublin	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
UP Wrocław	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
UP Poznań	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Tak
SGGW Warszawa	Nie	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak
UWM Olsztyn	Nie	Nie	Tak	Nie	Tak	Tak
ZUT Szczecin	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie
Politechnika Koszalińska	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie
ITP Falenty	Tak	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
RAZEM (tak)	3	1	6	4	9	7

Kształcenie w zakresie inżynierii rolniczej

Dokonujące się w ostatnich 20-tu latach przemiany społeczno-gospodarcze spowodowały znaczne przewartościowanie potrzeb zatrudnienia kadry inżynierijno-technicznej w zakresie szeroko pojętej inżynierii rolniczej. Odbiło się to natychmiast na atrakcyjności wielu dotychczas funkcjonujących kierunków studiów, w tym także niestety głównego w obrębie inżynierii: „Techniki Rolniczej i Leśnej”. Dlatego też do priorytetów naszych poczynań w ostatnich latach zaliczone zostały działania również w tym zakresie. Jest to problem bardzo ważny, poruszany w wielu publikacjach i wystąpieniach autorytetów z zakresu dydaktyki w obrębie inżynierii rolniczej.

Kształcenie kadry inżynierskiej w obrębie techniki sektora rolno-spożywczego jest uwarunkowane z jednej strony potrzebami wykazywanymi przez jednostki produkcyjne, administracyjne, usługowe oraz społeczne (np. szkolnictwo średnie, doradztwo itp.), z drugiej natomiast uwarunkowaniami społeczno-demograficznymi oraz zasadami i trendami wyznaczanymi w obrębie całego Resortu Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Do tego należy zaliczyć, jako jeden z głównych

czynników decydenckich, politykę strategiczną Resortu. W wyniku tej polityki w głównej mierze obserwujemy dynamikę zmian ilościowych w obrębie szkolnictwa wyższego w ostatnim dwudziestoleciu. Jak przedstawiają się te zmiany w naszym kraju zobrazowane zostało danymi dotyczącymi rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce od początku lat 90-tych ubiegłego stulecia. Zauważalne zmiany w tym zakresie wystąpiły między latami 1992 a 1995. Jako pierwszy wskaźnik charakteryzujący te przemiany, przedstawiamy liczbę szkół wyższych w Polsce z podziałem na publiczne i niepubliczne (rys. 1).



Rys. 1. Liczba szkół wyższych w Polsce w latach 1992-2011

Jako rok wyjściowy przyjęty został rok akademicki 1992/93 – rok, po którym rozpoczął się burzliwy rozwój szkolnictwa niepublicznego. W sumie „na starcie” mieliśmy w Polsce 124 uczelnie, z czego 108 stanowiły uczelnie państwowe, a tylko 18 szkoły niepubliczne. Natomiast już trzy lata później tych ostatnich było 80 przy spadku liczby jednostek publicznych o 7 – większość przekształciła się w niepubliczne. W roku 2000 mieliśmy w sumie już 310 uczelni, w tym niepublicznych prawie 200. Bardzo intensywny wzrost liczby szkół wyższych nastąpił w następnym pięcioleciu. W roku 2005 mieliśmy ich aż 445, z czego na niepubliczne przypadało 315. Wzrost w następnych latach już był nieznaczny – sumarycznie wynosiło to ok. 460 ogółem oraz ok. 330 jednostek niepublicznych i ok. 130 publicznych. Można wnioskować, że nastąpiło pewne nasycenie w zapotrzebowaniu na szkoły wyższe. Czy rozdrobnienie naszego szkolnictwa na niespoty-

kaną w Europie skalę jest pozytywnym zjawiskiem? W świecie obserwuje się raczej odwrotny trend.

Zdania na ten temat są mocno zróżnicowane, zwłaszcza że, jak twierdzą ministerialni decydenci, siłą rozwoju nauki i szkolnictwa wyższego są sami naukowcy. A tych w polskim szkolnictwie wyższym zatrudnionych jest ok. 170 tys., z czego 100 tys. stanowią nauczyciele akademicki. Pracujących w szkołach publicznych jest 84 tys. Znacznie mniej, bo tylko 16 tys. pracuje w szkołach niepublicznych. Powyższe liczby jednoznacznie wskazują, że te drugie w głównej mierze swoją działalność opierają na dwu- i więcej etatowcach.

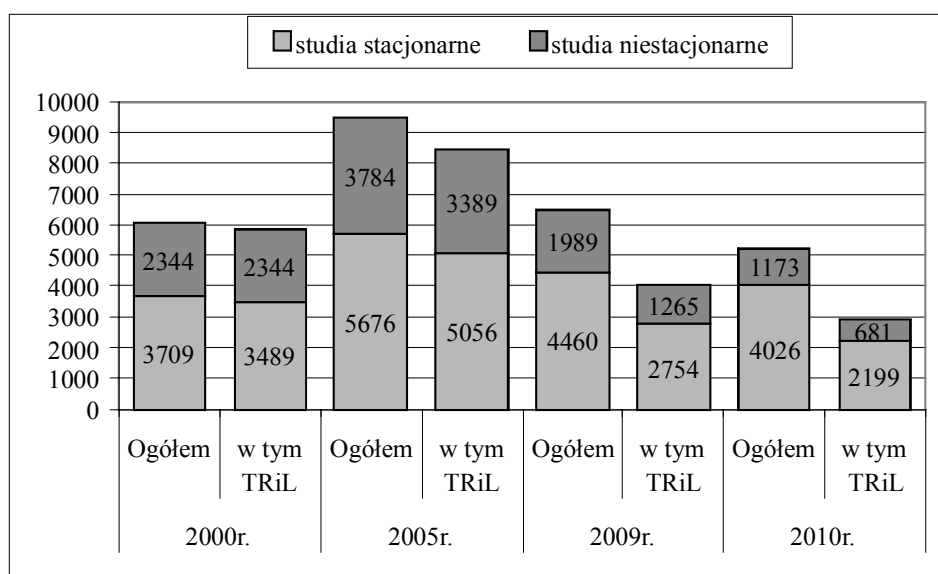
Przy analizie systemu studiów i kształcenia fachowców w zakresie szeroko pojętej inżynierii rolniczej muszą być uwzględnione uwarunkowania funkcjonowania całego szkolnictwa wyższego w kraju. Punktem wyjścia do analizy powinien być potencjał kadrowy nauczycieli akademickich. Potencjał ten został przedstawiony wcześniej. Wynika z niego jednoznacznie, że dysponujemy olbrzymim zasobem wysoko wyspecjalizowanej kadry naukowców. Naukowców przygotowanych do szkolenia kadr studentów w obrębie określonego profilu ukierunkowanego na szkolenie kadry specjalistów z zakresu klasycznej inżynierii rolniczej. Z dokonanych analiz jednoznacznie wynika, że poszliśmy z awansami naukowymi głównie w dziedzinie nauk rolniczych. Nasuwa się zasadnicze pytanie: czy nie popełniliśmy błędu kierując nauczycieli akademickich, przychodzących do nas po studiach technicznych, do wykonywania prac promocyjnych oraz awansów na tytuł naukowy w dziedzinie nauk rolniczych a nie technicznych? Oczwistym w tym względzie błędem jest sugerowanie przez niektórych prominentnych przedstawicieli naszej dyscypliny przejścia całej naszej dyscypliny do nauk technicznych. Zapomnieli oni, że jest niemożliwym intencyjne przekształcenie uzyskanych przez kadry uprawnień w naukach rolniczych na nauki techniczne. Na sugerowaną zmianę mogą sobie pozwolić z wiadomych względów ośrodki w Olsztynie, Szczecinie, Koszalinie i Opolu. Równocześnie należy się zastanowić, czy istnieje zapotrzebowanie, a jeśli tak, to w jakiej skali ilościowej, na absolwentów studiów wyższych w wąsko i szeroko pojętej inżynierii rolniczej?

Pewnym wskaźnikiem tego zapotrzebowania jest zainteresowanie studiami tego typu wyrażające się liczbą kandydatów na jedno miejsce oraz liczbą przyjętych na dany kierunek studiów. Biorąc powyższe pod uwagę, została podjęta próba oceny poprzez analizę trendów w zakresie kształcenia na poziomie wyższym w obszarze inżynierii rolniczej w skali całego kraju, a także w pewnych aspektach w układzie funkcjonujących u nas ośrodków naukowo-dydaktycznych. Dane do podjęcia powyższej analizy zostały opracowane i przekazane nam przez przedstawicieli poszczególnych ośrodków.

Analiza ta dotyczy głównie liczby studentów na kierunku Technika Rolnicza i Leśna oraz nowotworzonych kierunkach pokrewnych, stanowiących w pewnym sensie substytut dla TRiL-u. Kierunki te mają również wzbogacić naszą ofertę edukacyjną dla kandydatów na studia zainteresowanych szeroko pojętą inżynie-

rią. Wartości liczbowe wskazują dotychczasowe trendy – dane za lata 2000; 2005; 2009 i 2010. Prezentowane informacje dotyczą całego kraju.

Dane dotyczące liczby osób studiujących na podstawowym dotychczas kierunku jakim jest Technika Rolnicza i Leśna oraz na tym kierunku łącznie z pozostałymi zamieszczone zostały na rys. 2.



Rys. 2. Liczba studentów ogółem na kierunku TRiL i kierunkach pokrewnych w Polsce wg lat

Wykresy słupkowe doskonale obrazują trendy występujące w ostatnim dziesięcioleciu. Przedstawione na wykresach rysunku dane wskazują na dynamiczne zmiany w liczbie osób studiujących we wszystkich przyjętych kryteriach podziałowych.

Rok dwutysięczny wskazuje na liczbę studentów dostosowaną do zasobów kadrowych nauczycieli akademickich oraz potrzeb absolwentów z zakresu inżynierii rolniczej dla systemu funkcjonalnego naszego rolnictwa sprzed rozpoczęcia przemian społeczno-gospodarczych. Praktycznie brak było innych pokrewnych kierunków studiów (z jednym niewielkim wyjątkiem). Stąd też liczba studentów z zakresu inżynierii rolniczej była prawie równa ich liczbie na kierunku TRiL. W roku 2000 prekursorem przemian w tym zakresie był ośrodek warszawski, gdzie po raz pierwszy zarekrutowano dodatkowo 220 studentów na studia stacjonarne na inny kierunek – było to Zarządzanie i Inżynieria Produkcji. Od tego momentu, w ciągu następnego okresu 5-letniego liczba ta wzrosła o ponad 50% osiągając wartość 9460 osób łącznie, z czego na TRiL przypadło 8445 osób. Pozo-

stałe ponad 1000 osób to inne kierunki studiów, które poza Warszawą uruchomione zostały również w Lublinie. Dalsze lata charakteryzuje systematyczny spadek ogólnej liczby studentów, mimo jej wzrostu na dodatkowych kierunkach, które uruchamiały poszczególne ośrodki. Spadek ten był efektem intensywnie malejącego zainteresowania kandydatów do studiowania na TRiL-u. I tak, kolejno od roku 2005 do roku 2009 liczba studentów na tym kierunku zmalała z 8445 do 4019 osób. Spadek był więc do 46% stanu poprzedniego, by w roku 2010 zmniejszyć się do liczby 2932, a więc do około 35% stanu sprzed pięciu lat. Szczególnie wyraźnie zauważalna jest zmniejszająca się liczba studentów niestacjonarnych. Wartość ta wynosząca w 2005 r. dla TRiL-u 3389 uległa drastycznemu obniżeniu do 681 osób.

Przedstawione informacje i rozważania wskazują na duże zagrożenie bytu naszej dyscypliny dydaktycznej. Stąd też przedstawiciele i decydenci w obrębie inżynierii rolniczej są zobowiązani do poszukiwania skutecznych dróg rozwiązania problemu jej przyszłości. Podejmowanie przez przedstawicieli poszczególnych ośrodków różnych inicjatyw w tym zakresie jest bardzo wartościowe. Dotyczy to jednak najczęściej mikroskali, a więc pojedynczych jednostek.

Ogólnie rzecz ujmując, uwarunkowania bytu oraz ewentualnego rozwoju dyscypliny inżynieria rolnicza można ująć w trzech podstawowych grupach wynikających z:

1. Polityki strategicznej Resortu dotyczącej całego szkolnictwa wyższego.
2. Zdolności ośrodków inżynierii rolniczej do przekształceń wewnętrznych oraz przekwalifikowania kadr.
3. Nadchodzącego niżu demograficznego.

Ad 1. Podejmowane przez resort próby uporządkowania funkcjonowania krajowych uczelni znalazły wyraz w uchwalonym przez Sejm RP pakiecie Ustaw o Szkolnictwie Wyższym i Zasadach Finansowania i Organizacji Nauki. Z treści tych ustaw wynika, że wybiórcze finansowanie zarówno dydaktyki – polegające na znacznie wyższym finansowaniu wybranych kierunków i Uczelni – oraz nauki – polegające na likwidacji pakietów BW i docelowo DS, a finansowaniu badań głównie poprzez granty europejskie oraz celowe i wdrożeniowe, ma być podstawą finansowania działalności uczelni.

Równocześnie finansowanie uczelni na zasadach „pieniądze za studentem” jest teoretycznie prawidłowe. Niemniej jednak pieniądze przychodzą na studenta jednakowe a poziom wiedzy studentów i absolwentów jest mocno zróżnicowany. Koniecznym jest więc rzetelne rozeznanie potrzeb kierunków studiów.

Równocześnie problemy związane z funkcjonowaniem u nas szkolnictwa wyższego powinny i mogą być rozwiązane poprzez zdrowe zasady finansowania zarówno dydaktyki, jak i badań naukowych.

Ad 2. Wprowadzane przez Ministerstwo nowe zasady funkcjonowania dydaktyki i nauki oraz rynki pracy wymuszają i będą wymuszać w przyszłości

zmiany dotyczące funkcjonowania, a także finansowania jednostek organizacyjnych realizujących zadania na polu dydaktyki i nauki w obrębie inżynierii rolniczej. Do podstawowych zadań należeć będzie zabezpieczenie dopływu w zadowalającej ilości kandydatów na nasze studia. Dotychczasowe doświadczenie z ostatnich lat wskazuje, że nasz podstawowy kierunek studiów Technika Rolnicza i Leśna, jak na chwilę obecną, jest mało perspektywiczny. Nie może więc zabezpieczyć pensum dydaktycznego dla mocno rozbudowanych kadr nauczycieli akademickich. Stąd też zaistniała potrzeba otwierania w naszych ośrodkach dydaktycznych nowych kierunków. Będzie to jednak wymagało częściowego przeprofilowania naszych badań oraz poszerzenia posiadanej wiedzy naszych nauczycieli o nowe elementy wynikające z potrzeb programów nauczania nowo wprowadzanych kierunków studiów. Bez tych zmian nie będziemy mieli możliwości przetrwania na agresywnym rynku funkcjonowania uczelni.

Jako docelowe należy uwzględnić między innymi, wprowadzone w ostatnich latach bądź wprowadzane obecnie, takie kierunki jak:

- „Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka” (Politechniki Koszalińska i Opolska);
- Makrokierunek „Informatyka i Agrotechnologia” (UP Poznań);
- Makrokierunek „Technologia Energii Odnawialnej (SGGW Warszawa);
- „Edukacja Techniczno-Informatyczna” (UP Lublin);
- „Transport. Specjalność: Transport Żywności” (UP Lublin);
- „Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami” (UP Wrocław, UR Kraków).

Programy nauczania na tych kierunkach wymagają dość znacznego przewartościowania wiedzy kadry nauczającej. Stąd też obecna kadra ten aspekt swojej działalności musi wziąć pod uwagę. Równocześnie wykładanie przedmiotu akademickiego powinno być ściśle powiązane z prowadzonymi badaniami. Tak więc zaistnieje również konieczność zmian i w tym względzie.

Musimy bacznie obserwować rynek pracy dla absolwentów studiów wyższych w Polsce i Europie. Efektem tego powinna być natychmiastowa reakcja owocująca zmianami w profilu kształcenia na naszych kierunkach – profilu uwzględniającego aktualne zapotrzebowanie na dany typ fachowca.

Ad 3. Obserwowany obecnie niż demograficzny na poziomie szkół podstawowych i średnich dla szkolnictwa wyższego skutkował będzie obniżką liczby kandydatów na studia w przeciągu najbliższych kilkunastu lat. Fakt ten spowoduje olbrzymie perturbacje związane z naborem na studia. Jak wynika z badań, dotyczących prognozy liczby kandydatów ogółem na studia, należy wziąć pod uwagę, że liczba ta będzie się do roku 2021 znacząco zmniejszać (nawet o jedną trzecią). To z kolei musi skutkować znacznie większą konkurencyjnością uczelni i kierunków studiów.

Podsumowując, należy stwierdzić, że uwarunkowania demograficzne, wskazujące na zmniejszanie liczby kandydatów na studia o jedną trzecią do roku 2021

w porównaniu z rokiem 2010, będą jednym z głównych czynników decydujących o przetrwaniu wielu uczelni i szkół oraz kierunków studiów. Czynniki te więc, oprócz dwóch wyżej omówionych, należy uznać za ważne, który powinien być uwzględniony przy opracowywaniu strategii działania i rozwoju dla poszczególnych ośrodków, a także dla skali całego kraju w obrębie inżynierii rolniczej.

Działalność wydawnicza Komitetu Techniki Rolniczej PAN

Ważnym aspektem umożliwiającym rozwój kadry i jej awanse naukowe jest stworzenie powszechnego dostępu do publikacji w renomowanych czasopismach naukowych PAN.

Komitet Techniki Rolniczej PAN (KTR PAN) wspólnie z Polskim Towarzystwem Inżynierii Rolniczej (PTIR) wydają trzy periodyki: „Inżynieria Rolnicza”, „Problemy Inżynierii Rolniczej” oraz biuletyn popularyzujący wyniki badań aplikacyjnych – „Nauka Praktyce Rolniczej”. Dwa pierwsze są ściśle naukowe, w których publikowane są wyłącznie recenzowane prace, natomiast trzeci zawiera materiały popularnonaukowe z ukierunkowaniem na zastosowanie w praktyce. Należy tutaj zaznaczyć, iż czasopisma te stanowią jedną z podstawowych pozycji publikatorskich w dorobku naukowym wszystkich pracowników w dyscyplinie inżynieria rolnicza.

W tabeli 4 przedstawiono działalność wydawniczą Komitetu Techniki Rolniczej PAN za ostatnie 5 lat, obejmujące okres 2007–2011.

Tabela 4. Działalność wydawnicza Komitetu Techniki Rolniczej PAN

Rok	Inżynieria Rolnicza			Problemy Inżynierii Rolniczej		
	Zeszyty naukowe	Artykuły	Nakład	Zeszyty naukowe	Artykuły	Nakład
2007	10	273	2000	4	72	1000
2008	11	396	2200	4	72	1000
2009	9	238	1800	4	72	1000
2010	7	259	1400	4	72	1000
2011	9	243	1400	4	72	1000
Razem	46	1409	8800	20	360	5000

Spośród wydawanych przez KTR PAN periodyków, wiodącą rolę pełni czasopismo „Inżynieria Rolnicza” - średnio 9 zeszytów w ciągu roku. Tak duża liczba wydawanych zeszytów jest konsekwencją dużej liczby konferencji i sympozjów naukowych organizowanych przez różne ośrodki naukowe pod wspólnym patronatem KTR PAN i PTIR. W sumie w analizowanym okresie czasu Wydawnictwo wydało 46 zeszytów, gdzie opublikowano 1409 artykułów – średnio 31 artykułów w zeszycie. Ogólny nakład wyniósł 8800 egzemplarzy.

Drugie z rzędu wydawnictwo to „**Problemy Inżynierii Rolniczej**” które jest kwartalnikiem, ukazującym się regularnie 4 razy w roku. W ostatnich pięciu latach wydano w sumie 20 zeszytów z 360 artykułami, co w przeliczeniu dało 18 artykułów w zeszycie. Ogólny nakład wyniósł 5000 egzemplarzy.

Poza czasopismami o charakterze czysto naukowym Komitet Techniki Rolniczej PAN wspólnie z Polskim Towarzystwem Inżynierii Rolniczej wydaje biuletyn informacyjny o charakterze aplikacyjnym „**Nauka Praktyce Rolniczej**”. Czasopismo to ukazuje się nieregularnie. Ma ono zasięg ogólnokrajowy i rozsyłane jest do naszych ośrodków bezpłatnie. Periodyk ten cieszy się niską popularnością, stąd też częstotliwość jego wydawania jest bardzo mała. Głównym powodem jest odchodzenie naukowców od badań aplikacyjnych na rzecz badań symulacyjnych, tym bardziej że te ostatnie nic prawie nie kosztują.

Nad poziomem naukowym wszystkich trzech czasopism naukowych czuwa wspólna Rada Programowa, powoływana przez Komitet Techniki Rolniczej PAN na poszczególne kadencje. Aktualnie w skład Rady Programowej wchodzi:

Prof. dr hab. Janusz Haman – czł. rzecz. PAN
Prof. dr hab. Rudolf Michałek – czł. rzecz. PAN
Prof. dr hab. Małgorzata Bzowska-Bakalarz
Prof. dr hab. Jan Bronisław Dawidowski
Prof. dr hab. Józef Szlachta
Prof. dr hab. Jerzy Weres
Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki
Prof. Radomir Adamovsky (Rep. Czeska)
Prof. Stefan Cenkowski (Kanada)
Doc. Ing. Ján Frančák, CSc. (Słowacja)
Prof. Jürgen Hahn (Niemcy)
Prof. Dorota Haman (USA)
Doc. Ing. Zuzana Hlaváčová, CSc. (Słowacja)
Prof. Gerard Wiliam Isaacs (USA) – czł. zagr. PAN
Prof. Vladimir Kosołapov (Rosja)
Prof. Piotr Savinykh (Rosja)
Prof. Oleg Sidorczuk (Ukraina)

Zarówno Rada Programowa jak i poszczególne Komitety Redakcyjne realizują wspólne zasady wydawnicze ustalone przez Prezydium i były Wydział V PAN. Czuwają także nad poziomem naukowym oraz zakresem merytorycznym publikowanych artykułów [Michałek 2007]. Wszystkie opracowane i przyjęte przez Radę Programową kryteria i wymogi redakcyjne są zamieszczone na stronach wydawnictw naukowych. O przyjęciu do druku decyduje wstępna kwalifikacja przeprowadzana przez komitety redakcyjne oraz pozytywna recenzja wykonana przez dwóch specjalistów z danej branży.

Ocena parametryczna wydawnictw KTR PAN

Powołanie w 1991 roku Komitetu Badań Naukowych (KBN) i przyjęta nowa koncepcja zasad finansowania nauki spowodowała konieczność wprowadzenia obiektywnych kryteriów oceny, niezależnych od czynników pozamerytorycznych [Drabek 2001]. W 1998 roku KBN przyjął nowy system oceny merytorycznej jednostek ubiegających się o dofinansowanie działalności statutowej. System ten oparty został na podejściu parametrycznym, w którym wyniki działalności jednostki podlegają ocenie punktowej. W systemie tym wyróżniono następujące kategorie punktowanej działalności naukowej: publikacje recenzowane, monografie naukowe i podręczniki akademickie, stopnie naukowe i tytuły naukowe, patenty i wzory użytkowe, wykorzystanie w praktyce wyników prac jednostki (wdrożenia), systemy jakości, akredytacja laboratoriów. W ocenie MNiSW punktacja wydawnictw w zakresie inżynierii rolniczej przedstawiona przez Zespół P 06 była stosunkowo niska w porównaniu z wydawnictwami innych dyscyplin naukowych, a jednym z podstawowych powodów tak niskiej punktacji była nieregularność ich wydawania.

Na podstawie wytycznych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wszystkie czasopisma wydawane pod patronatem KTR PAN złożyły ankiety aplikacyjne i poddały się szczegółowej ocenie punktowej. W wyniku przeprowadzonej oceny wszystkie czasopisma otrzymały 4 punkty [Wykaz wybranych czasopism...(on-line) 2011]. Uzyskana liczba punktów obowiązywała jedynie 4 lata. W czerwcu 2010 roku MNiSW zmienił dotychczasową skalę ocen. W konsekwencji wydawnictwa „Inżynieria Rolnicza” i „Problemy Inżynierii Rolniczej” uzyskały po 6 punktów.

Od dnia 1 października 2010 r. przestały obowiązywać dotychczasowe zasady oceny czasopism naukowych. Nie funkcjonują również zespoły do oceny czasopism naukowych. Zgodnie z przepisami obowiązującej od dnia 1 października 2010 r. ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki (Dz. U. Nr 96, poz. 615), kompleksowej oceny jednostek naukowych będzie dokonywać Komitet Ewaluacji Jednostek Naukowych. Wśród podstawowych kryteriów tej oceny (art. 42 ust. 5 ww. Ustawy) wymienia się publikacje autorstwa pracowników jednostki naukowej w renomowanych wydawnictwach oraz monografie naukowe. Aktualnie wszystkie czasopisma złożyły ankiety aplikacyjne i czekają na wykaz czasopism z nową punktacją.

Działalność upowszechnieniowa wydawnictw KTR PAN

Ze względu na fakt, iż wydawnictwo „Inżynieria Rolnicza” (IR) cieszy się największą popularnością wśród naukowców w dyscyplinie inżynieria rolnicza (bliżej 70% ich dorobku w ostatnich latach stanowią publikacje zamieszczone w zeszytach „Inżynieria Rolnicza”), działalność upowszechnieniowa zostanie przedstawiona na przykładzie tego właśnie wydawnictwa.

W ciągu 5-ciu ostatnich lat działalności wydawnictwo „Inżynieria Rolnicza” wydało w sumie 46 zeszytów, z czego 10 to rozprawy habilitacyjne. Pierwszy zeszyt czasopisma „Inżynieria Rolnicza” został wydany w maju 1997 roku, w Warszawie. Zawierał on 25 artykułów naukowych, a jako pierwszy zamieszczono artykuł prof. Janusza Hamana pt.: „Co dalej z Inżynierią Rolniczą?”. Minęło 15 lat od tego czasu a temat jest nadal aktualny. Najwięcej zeszytów wydano w roku 2005 i od tego czasu widoczny jest systematyczny roczny spadek ich liczby. Spowodowane jest to przede wszystkim słabą kondycją finansową jednostek naukowych, przez co zmniejsza się z roku na rok liczba konferencji i uczestniczących w nich naukowców.

Swoje prace w zeszytach IR publikowało 1434 autorów z 103 ośrodków naukowych, w tym 21 zagranicznych. Najwięcej prac opublikowali przedstawiciele ośrodka krakowskiego – 27%, następnie lubelskiego – 20,5%, wrocławskiego – 11,1% i warszawskiego – 10,6%. Najmniejszy natomiast udział stanowiły publikacje z instytutów naukowych oraz jednostek branżowych. Wśród ośrodków zagranicznych największy udział ma Słowacki Uniwersytet Rolniczy w Nitrze oraz Czeski Uniwersytet Rolniczy w Pradze.

Przeprowadzona analiza wydawnictw Komitetu Techniki Rolniczej PAN w zakresie inżynierii rolniczej wykazała duże możliwości upowszechnieniowe, ale również duże dysproporcje pomiędzy krajowym i zagranicznym rynkiem wydawniczym. W chwili obecnej mamy dużo wydawnictw krajowych, a dostęp do nich jest stosunkowo łatwy. Problemem jest natomiast niska ranga punktowa. Dużo gorzej jest w zakresie wydawnictw zagranicznych posiadających IF, gdzie nie dość że jest ich mało, to dostęp do nich z różnych powodów jest bardzo utrudniony. Przeprowadzona ocena wydawnictwa „Inżynieria Rolnicza” wykazała rosnące z roku na rok zainteresowanie tym czasopismem. Wysokie indeksowanie w globalnej sieci Internet oraz w bazach danych czasopism technicznych Baz-tech, E-nauka, Scopus powoduje coraz większe zainteresowanie zarówno dyscypliną jak też samym czasopismem. Ciągłe zmiany MNiSW, dotyczące zasad i kryteriów oceny pracowników i jednostek naukowych oraz wydawnictw, jak również w Polskiej Akademii Nauk (groźba łączenia komitetów naukowych), stwarzają niepewną sytuację na rynku wydawniczym. Nie wiadomo, czy nie będziemy zmuszeni zrezygnować z jednego czasopisma lub też zlikwidować je wszystkie w sytuacji, gdy zlikwidowany zostanie Komitet Techniki Rolniczej PAN. Nie wiemy na dzień dzisiejszy, jaka będzie punktacja naszych czasopism.

Jednakże mimo licznych problemów wydawniczych i upowszechnieniowych nie powinniśmy rezygnować z wszelkich inicjatyw mogących podnieść rangę czasopism zarówno w kraju jak i za granicą. W tym celu powinniśmy w najbliższym czasie skupić się na:

- podniesieniu wartości merytorycznej i formalnej publikacji, a tym samym osiągnięciu punktowanego wskaźnika RIF,

- dalszym, ale jeszcze szerszym upowszechnianiu czasopism KTR PAN w bazach danych wydawnictw naukowych zarówno polskich jak i zagranicznych,
- powoływaniu się na prace publikowane w czasopismach KTR PAN w publikacjach wysyłanych do wydawnictw z listy filadelfijskiej,
- wydawaniu zeszytów naukowych w języku kongresowym,
- skróceniu procesu wydawniczego w czasopismach KTR PAN.

Rozważenia wymaga także wniosek nad stworzeniem cyklicznej wersji angielskojęzycznej wybranych zeszytów „Inżynierii Rolniczej” lub też utworzenie nowego angielskojęzycznego czasopisma z perspektywą wprowadzenia go na listę filadelfijską.

Sieć naukowa „AgEngPol” nową formą wspomagania działalności Komitetu

W obliczu malejącej liczby studentów oraz zmiany zasad finansowania nauki jak i oceny parametrycznej jednostek, konieczne wydaje się być większe niż dotąd zainteresowanie działalnością rozwojową i wdrożeniową na rzecz modernizującego się sektora rolno-spożywczego. Na ten cel przeznaczone są bardzo duże środki finansowe (min. Program Operacyjny „Innowacyjna gospodarka”). Mając to na uwadze podjęliśmy decyzję utworzenia przez Komitet Techniki Rolniczej Polskiej Akademii Nauk Sieci Naukowej „Agroinżynieria dla zrównoważonego rolnictwa przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich” (akronim – „AgEngPol”). Za utworzeniem Sieci „AgEngPol” przemawiała potrzeba dostosowania się polskiej agroinżynierii do przemian w rolnictwie, w produkcji maszyn rolniczych i przemysłu rolno-spożywczym oraz w organizacji i finansowaniu nauki w kraju i UE [Hołownicki 2007].

Obok potrzeby wytyczenia nowych kierunków prac badawczych i podjęcia działalności wdrożeniowej niezwykle istotna jest właściwa organizacja naszego środowiska. Z dużym zadowoleniem należy uznać, że polska agroinżynieria jest znacznie lepiej zintegrowana od innych dyscyplin wchodzących w skład nauk rolniczych. Duża w tym zasługa Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej.

Środowisko agroinżynierii, choć jest doskonale zintegrowane, to jednocześnie wykazało i wykazuje nikłą skłonność do wspólnego występowania o dodatkowe środki finansowe. W związku z tym doszliśmy do przekonania, że koniecznym jest utworzenie Sieci Naukowej „AgEngPol”, będącej zorganizowaną strukturą funkcjonującą pod nadzorem merytorycznym Komitetu Techniki Rolniczej PAN, stymulującą absorpcję środków finansowych pochodzących głównie z polskich programów operacyjnych, a w przeszłości również z programów UE.

Organizacja Sieci Naukowej

Sieć jest powołana na czas nieokreślony, nie posiada osobowości prawnej, ale korzysta z osobowości prawnej członków Sieci. Zasady współpracy członków Sieci reguluje Statut. Sieć jest otwarta dla wszystkich zespołów badawczych,

wdrożeniowych i innych, działających we wszystkich obszarach tematycznych agroinżynierii.

Organami Sieci, jak wskazuje Statut są:

- Walne Zgromadzenie Sieci,
- Rada Programowa Sieci,
- Koordynator Sieci,
- Komitet Koordynacyjny.

Obecny stan członków sieci naukowej „AgEngPol”, których przedstawiciele stanowią Walne Zgromadzenie, przedstawia się następująco:

- Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
- Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
- Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
- Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
- Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
- Politechnika Koszalińska,
- Politechnika Opolska,
- Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie,
- Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach,
- Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach,
- Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu.

Strategiczne kierunki działania i zakres tematyczny Sieci określa Rada Programowa, która jest organem opiniotwórczo-doradczym Sieci. Członkami Rady są wszyscy członkowie Komitetu Techniki Rolniczej Polskiej Akademii Nauk (skład podano w innym rozdziale).

Do podstawowych zadań Rady Programowej Sieci należy:

- określenie zakresu tematycznego i strategicznych kierunków działania Sieci,
- zatwierdzenie Statutu Sieci,
- proponowanie zmian w Statucie Sieci,
- propagowanie celów, dla których utworzono Sieć,
- dokonywanie wyboru pierwszego Koordynatora Sieci,
- dokonywanie wyboru składu pierwszego Komitetu Koordynacyjnego.

Rada Programowa na swoim pierwszym posiedzeniu dokonała wyboru pierwszego Koordynatora i składu pierwszego Komitetu Koordynacyjnego. Koordynator Sieci jest organem wykonawczym Sieci. Funkcję Koordynatora Sieci pełni kierownik podmiotu będącego Koordynatorem Sieci lub osoba przez niego upoważniona. W pierwszej i obecnej kadencji funkcję Koordynatora powierzono Pani prof. dr hab. Danucie Goszczyńskiej – dyrektorowi Instytutu Sadownictwa i

Kwiaciarstwa w Skierniewicach, będącego siedzibą Sieci. Pełnomocnikiem Koordynatora jest Pan prof. dr hab. Ryszard Hołownicki.

Do zadań Koordynatora Sieci m. in. należy:

- koordynacja działalności statutowej i organizacyjnej Sieci,
- współpraca z przedstawicielami MNiSZW, MRiRW, Krajowego Punktu Kontaktowego w UE oraz z innymi podmiotami,
- reprezentowanie Sieci na zewnątrz, w kontaktach z władzami państwowymi i administracyjnymi, władzami samorządowymi i regionalnymi, organizacjami, instytucjami i podmiotami gospodarczymi zainteresowanymi współpracą w zakresie działania Sieci,
- podpisywanie w imieniu Sieci, za wcześniejszą zgodą Komitetu Koordynacyjnego, porozumień dotyczących wspólnych przedsięwzięć.

W skład Komitetu Koordynacyjnego wchodzi Koordynator Sieci lub osoba przez niego upoważniona i 5 członków. Członkowie Komitetu Koordynacyjnego są wybierani przez Walne Zgromadzenie, z wyłączeniem pierwszej kadencji, na którą wyboru członków dokonała Rada Programowa Sieci. Komitet Koordynacyjny Sieci akceptuje przyjęcia nowych członków i decyduje o wszystkich sprawach Sieci, o ile nie wymagają one podjęcia uchwały Walnego Zgromadzenia Sieci.

Skład Komitetu Koordynacyjnego Sieci Naukowej „AgEngPol”:

Przewodniczący

Prof. dr hab. Ryszard Hołownicki – Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Członkowie

Prof. dr hab. Józef Horabik – Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

Prof. dr hab. Sławomir Kurpaska – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Prof. dr hab. Andrzej Myczko – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach

Prof. dr hab. Józef Szlachta – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Prof. dr hab. Jerzy Weres – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Nasza dotychczasowa działalność w ramach Sieci

We wstępnej fazie działalność Sieci koncentrowała się na sprawach organizacyjnych, ale już pół roku po podpisaniu umowy o ustanowieniu Sieci rozpoczęto realizację projektu „Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej - Agrotechnologia dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i obszarów wiejskich” w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki (działanie nr 4.2. – rozwój kwalifikacji kadr systemu B+R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym).

Zakres projektu obejmował:

- organizację 2 Seminariów Informacyjnych (tabela 5),

- organizację 5 Szkół Letnich (tabela 6),
- utworzenie serwisu www,
- przygotowanie 20 ekspertyz (przebiegów stanu prac badawczych i rozwojowych),
- zakup jednej elektronicznej bazy publikacji naukowej.

Celem seminariów, w których wzięło udział po 100 pracowników naukowych, reprezentujących wszystkich członków Sieci „AgEngPol”, było zapoznanie się z najnowszymi trendami i kierunkami rozwojowymi w agroinżynierii i zwiększenie zainteresowania naszego środowiska badaniami naukowymi i pracami rozwojowymi na rzecz rolnictwa, przemysłu maszyn rolniczych i przetwórstwa rolno-spożywczego.

Tabela 5. Seminaria Informacyjne (1-dniowe) zorganizowane przez Sieć Naukową w ramach projektu PO KL „Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej AgEngPol” – lata 2008-2009

Tytuł	Organizator	Miejsce i termin	Liczba uczestników
I Seminarium Informacyjne „Agroinżynieria Gospodarcze”	UR Kraków	Zakopane 9.02.2009	100 osób
II Seminarium Informacyjne „Agroinżynieria Gospodarcze”	UP Wrocław	Polanica 15.06.2009	100 osób

Uwaga: w każdym seminarium uczestniczył 1 wykładowca z zagranicy

O ile Seminaria Informacyjne były organizowane dla szerszej grupy odbiorców (100 osób), to Szkoły Letnie były 4-dniowymi spotkaniami wąskich grup (20 osób) pracowników naukowych reprezentujących wybrane specjalności inżynierii rolniczej. Podczas szkół zapoznano się z najnowszymi badaniami i pracami rozwojowymi, wytyczono główne kierunki badań, a następnie wypracowano pomysły tematów projektów do wspólnej realizacji przez członków Sieci. W każdej szkole uczestniczyło po dwóch wykładowców z zagranicy. Efektem licznych dyskusji podczas Szkół Letnich są propozycje 85 tematów, z których znaczna część może być przedmiotem przyszłych dużych projektów ważnych dla gospodarki.

Tabela 6. Szkoły Letnie (4-dniowe) zorganizowane przez Sieć Naukową w ramach projektu PO KL „Rozwój potencjału innowacyjnego członków Sieci Naukowej AgEngPol” – lata 2008-2009

Tytuł	Organizator	Miejsce i termin	Liczba uczestników
Wymagania dotyczące projektowania bezpiecznych dla ludzi i środowiska maszyn, urządzeń i obiektów w produkcji zwierzęcej	IBMER Warszawa	Brok n. Bugiem 11–15.05.2009	20 osób
Podnoszenie konkurencyjności krajowych producentów maszyn rolniczych poprzez wdrażanie rozwiązań technicznych dla rolnictwa ekologicznego	Politechnika Koszalińska	Osieki k. Koszalin 25-29.05.2009	20 osób

Rola precyzyjnej i bezpiecznej techniki ochrony roślin w podnoszeniu innowacyjności polskiego rolnictwa	ISK Skierniewice	Nieborów 1-5.06.2009	20 osób
Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych i jej poszanowanie w produkcji rolniczej	UR Kraków	Kraków 22-26.06.2009	20 osób
Innowacyjne techniki w przemyśle rolno-spożywczym	UP Lublin	Kazimierz Dolny 31.08-4.09.2009	20 osób

Uwaga: w każdej szkole letniej uczestniczyło 2 wykładowców z zagranicy

Przedmiotem projektu było także utworzenie serwisu internetowego adresowanego do pracowników naukowych, będących członkami Sieci „AgEngPol”, którego celem jest pogłębienie integracji środowiska naukowego, wymiana doświadczeń w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych w agroinżynierii z przedsiębiorcami. Na stronie internetowej (www.agengpol.pl) prezentowane są aktualne przedsięwzięcia realizowane przez Członków Sieci oraz stała rubryka pt.: „Co nowego w technice” poczynania i efekty naszej działalności w ramach Sieci.

W związku z niewielkimi nakładami budżetowymi na naukę, w tym zwłaszcza na zakup baz publikacji, nabyliśmy w ramach projektu amerykańską bazę biblioteczną „ASABE Technical Library”, która jest dostępna w trybie „on-line” dla wszystkich członków Sieci. Ponadto wykonaliśmy 20 ekspertyz, będących przeglądami stanu prac badawczych i rozwojowych w wybranych specjalnościach i obszarach tematycznych, ważnych dla rozwoju zrównoważonego rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego. Przygotowane materiały powinny ułatwić poszukiwania nowych obszarów badawczych dla agroinżynierii i powiązań z innymi dyscyplinami. Łącznie w seminariach i szkołach letnich uczestniczyło ponad 300 pracowników naukowych reprezentujących wszystkich członków Sieci „AgEngPol”. W wyniku bardzo pozytywnej opinii środowiska inżynierii rolniczej oraz Rady Programowej Koordynator podjął działania mające na celu kontynuację dotychczasowych działań. W związku z tym przygotowano kolejny projekt POKL pt.: „Agroinżynieria Gospodarcze”, który został wysoko oceniony przez MNiSzW i zatwierdzony do finansowania. W efekcie naszych starań uzyskaliśmy grant na okres 1.05.2010 do 31.10.2011r. do realizacji naszych następnych działań.

Zakres projektu obejmował organizację:

- 6 Seminariów Specjalistycznych (3-dniowe) (tabela 4.4),
- 10 Seminariów Regionalnych (1-dniowe) (tabela 4.5),
- 2 Debaty Trójstronne (naukowcy-rolnicy-przedsiębiorcy),
- 3 Posiedzeń Rady Programowej Sieci,
- przygotowanie 20 przeglądów stanu wiedzy i prac rozwojowych (ekspertyzy),
- prowadzenie serwisu internetowego „Co nowego w technice”,
- zakup bazy biblioteczej „ASABE Technical Library”.

Tabela 7. Seminaria Tematyczne (3-dniowe) zorganizowane przez Sieć Naukową w ramach projektu PO KL „Agroinżynieria Gospodarcze” realizowanego w latach 2010-2011

Lp.	Tytuł/temat koordynator seminarium	Organizator	Termin	Miejsce
2010 rok				
1	Nowoczesne technologie wytwarzania surowców i produktów pochodzenia rolniczego Prof. dr hab. Leszek Mieszkalski	UWM Olsztyn	5-8.10 2010	Hotel Sajmino Ostróda k. Mikołajek
2	Energooszczędne technologie w produkcji ogrodnictwa Dr hab. Kazimierz Rutkowski, prof. UR	UR Kraków	22-25.11 2010	Chochołowy Dwór Jerzmanowice k. Krakowa
3	Odnawialne źródła energii w przemyśle rolno-spożywczym Dr Katarzyna Szwedziak	Politechnika Opolska	6-9.12 2010	Ośrodek „Skowronek” Głuchołazy
2011 rok				
4	Zastosowania spektroskopii, mikroskopii i chromatografii w sektorze rolno-spożywczym Doc. dr hab. Artur Zdunek	IA PAN Lublin	25-28.01. 2011	IA PAN Lublin
6	Techniki i technologie przechowywania owoców i produktów rolnych Prof. dr hab. Ewa Wachowicz	Politechnika Koszalińska	4-7.04 2011.	Osieki k. Koszalina

Uwaga: w każdym seminarium uczestniczyło 2 wykładowców z zagranicy

Tematyka Seminariów Regionalnych była ukierunkowana na grupy zagadnień specyficznych dla jednostki naukowej, będącej ich organizatorem.

Tabela 8. Seminaria Regionalne (1-dniowe) zorganizowane przez Sieć Naukową w ramach projektu PO KL „Agroinżynieria Gospodarcze” realizowanego w latach 2010-2011

Lp.	Tytuł/temat	Organizator	Termin	Miejsce
2010 rok				
1	Metody analizy obrazu i sztucznej inteligencji w produkcji rolno-spożywczej Dr Janina Rudowicz-Nawrocka	UP Poznań	22.09 2010	Boszkowo k. Leszna
2	Innowacje w przemyśle rolno-spożywczym Dr Katarzyna Szwedziak	Politechnika Opolska	14.10 2010	Politechnika Opolska
3	Zastosowanie innowacji technologicznych w inżynierii rolniczej w zakresie produkcji zwierzęcej w kontekście realizacji idei zrównoważonego rozwoju Prof. dr hab. J. Lech Jugowar	ITP Oddz. Poznań	25.11 2010	ITP oddz. Poznań
4	Trendy badawczo-rozwojowe w przemyśle rolno-spożywczym Prof. dr hab. Elżbieta Kusińska	UP Lublin	23.11 2010	UP Lublin

2011 rok				
5	Innowacyjne technologie dla produkcji ekologicznej Dr Zbigniew Zbytek	PIMR Poznań	14.04 2011	PIMR Poznań
6	Zastosowanie niszczących i nieniszczących metod oceny w przetwórstwie i obrocie ziarnem zbóż Prof. dr hab. Marek Markowski	UWM Olsztyn	10.05 2011	UWM Olsztyn
7	Wymagania jakościowe surowców pochodzenia rolniczego przy ich wielokierunkowym wykorzystaniu Dr hab. Barbara Krzysztofik, prof. UR	UR Kraków	11.05 2011	UR Kraków
8	Możliwości pozyskiwania biogazu z substratów pochodzenia rolniczego oraz odpadów przemysłu rolno-spożywczego Prof. dr hab. Józef Szlachta	UP Wrocław	3.06. 2011	UP Wrocław
9	Współczesne metody komputerowe wspomagające proces produkcji maszyn rolniczych Dr Zbigniew Zbytek	PIMR Poznań	16.06 2011	PIMR Poznań
10	Zasilenie obszarów wiejskich ze źródeł energii odnawialnej Prof. dr hab. Tomasz Dobek	ZUT Szczecin	22.09. 2011	ZUT Szczecin

Uwaga: w każdym seminarium uczestniczył 1 wykładowca z zagranicy

Jak łatwo zauważyć główne cele i zakres II edycji projektu PO KL były bardzo zbliżone do jego I edycji. Zupełnie nowym i dotąd nieorganizowanym przedsięwzięciem były 2 Debaty Trójstronne mające na celu udrożnienie przepływu informacji i promowanie dialogu pomiędzy nauką i gospodarką z udziałem naukowców, rolników i producentów maszyn rolniczych. Podczas Międzynarodowych Targów AGROSHOW w Bednarach k. Poznania (26.09.2010 r.) odbyła się debata pt.: „Polskie rolnictwo potrzebuje nowoczesnych maszyn rolniczych”. Kolejna debata pt.: „Technika dla Rolnictwa” odbyła się w Kielcach podczas Międzynarodowych Targów AGROTECH (11.03.2011 r.). Podczas debat skonfrontowano potrzeby i oczekiwania rolników w zakresie zaopatrzenia w maszyny rolnicze i sposoby ich zaspokojenia na tle oferty rynkowej w poszukiwaniu brakujących asortymentów maszyn. Szczególnie należy podkreślić w tym aspekcie możliwości realizacji potrzeb rolników w tym zakresie przez krajowy przemysł maszyn rolniczych. Według organizatorów (Rada Programowa Sieci) Debaty Trójstronne spełniły założenia i należy je kontynuować w przyszłości. Obydwie debaty prowadziła Pani red. Joanna Warecha z TVP, a jej przebieg został zarejestrowany na płycie DVD. Film z debaty organizowanej podczas targów AGROSHOW został rozpowszechniony w ilości 12.000 egzemplarzy wśród rolników, przedsiębiorców i naukowców, jako bezpłatny dodatek do Rolniczego Przeglądu Technicznego.

Trzeci zasadniczy założony kierunek dotyczył wykonania przeglądu stanu prac badawczo-rozwojowych dla wybranych specjalności inżynierii rolniczej – „ekspertyz”. W ramach tego zadania problematykę badawczą z zakresu inżynierii rolniczej podzieliliśmy na 20 oddzielnych problemów. Opracowanie ekspertyz zlecieliśmy przedstawicielom ośrodków wiodących w zakresie wyszczególnionych problemów badawczych.

W wyniku dogłębnej analizy opracowanych przez wybitnych autorów ekspertyz Komitet doszedł do wniosku, że jest to bardzo dobra forma oceny aktualnego stanu wiedzy w zakresie powyższych opracowań. W związku z powyższym podjęto decyzję, aby w ramach nowego grantu – „Agroinżynieria gospodarcze”, realizowanego w latach 2010-2011 – dokonać podobnych opracowań w problematyce różniącej się od poprzedniej. Również w tym przypadku na autorów zaproponowano najbardziej kompetentne osoby, będące autorytetami w obrębie opracowywanej tematyki badawczej. Wyodrębniono 20 problemów nauko-badawczych. Powyższe opracowania są umieszczone na stronie internetowej Sieci. Aktualnie przygotowywane jest wydawnictwo książkowe dwutomowych opracowań (średnio ponad 400 stron na jeden tom).

Aktywność Sieci Naukowej „AgEngPol” uzupełniała inicjatywy podejmowane przez Komitet Techniki Rolniczej PAN. Jedną z nich było podjęcie starań mających na celu podniesienie poziomu recenzowania wniosków projektowych. W tym celu odbyły się konsultacje z Ośrodkiem Przetwarzania Informacji (OPI). Podczas konsultacji przedstawiono propozycję rekomendacji recenzentów przez KTR PAN do oceny wniosków składanych na konkursy realizowane w ramach PO IG. Propozycja spotkała się z życzliwym zainteresowaniem. W związku z tym, wysiłkiem wszystkich członków Komitetu Techniki Rolniczej PAN, przygotowano listę Rekomendowanych Recenzentów. Na liście znajduje się 62 pracowników reprezentujących 21 specjalności inżynierii rolniczej.

Działalność międzynarodowa członków Komitetu

Komitet Techniki Rolniczej intensywnie współpracował i współpracuje z organizacjami międzynarodowymi działającymi w zakresie inżynierii rolniczej. Współpraca ta dotyczyła głównie Międzynarodowego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej (CIGR), gdzie jest zarejestrowany jako Komitet Narodowy. W okresie sprawozdawczym nasi przedstawiciele pracując w ramach Sekcji IV, V i VI pełnili odpowiedzialne funkcje:

- Janusz Piechocki – od roku 2000 pełnił funkcję członka zarządu Sekcji IV (Energia w Rolnictwie), od roku 2006 wiceprzewodniczący Sekcji,
- Józef Grochowicz – od roku 2003 przewodniczący Sekcji VI (Technika w Przemśle Spożywczym),

- Tadeusz Juliszewski – w latach 2003-2006 przewodniczący Sekcji V (Zarządzanie, Inżynieria Systemów, Ergonomia), od 2006 Honorowy Przewodniczący Sekcji. Ponadto pełni odpowiedzialne funkcje w Międzynarodowym Towarzystwie ds. Naukowej Organizacji Pracy w Rolnictwie (CIOSTA-CIGR) – łącznie z funkcją Prezydenta Towarzystwa.

W ostatnim Kongresie CIGR w czerwcu 2010 r. w Quebec w Kanadzie uczestniczyło siedmiu naszych członków. Do pełnienia odpowiedzialnych funkcji wybrani zostali: Jerzy Weres na członka Komitetu Wykonawczego CIGR oraz członka Zarządu Sekcji VI, Janusz Piechocki na przewodniczącego Zarządu Sekcji IV, Tadeusz Juliszewski i Józef Grochowicz na Honorowych Przewodniczących swoich Sekcji (V i VI). Od 2012r. Tadeusz Juliszewski pełni funkcję przewodniczącego Komitetu Ergonomii PAN.

Bibliografia

- Drabek A.** (2001): Analiza zagranicznych czasopism z dziedziny bibliotekoznawstwa i informacji naukowej na podstawie Social Sciences Citation Index /Journal Citation Reports (SSCI/JCR), Zagadnienia Informacji Naukowej, 1, 41-53.
- Hołownicki R.** (2007): Przed agroinżynierią stoją nowe zadania, Inżynieria Rolnicza, 4(102), Kraków, 13-24.
- Michałek R.** (2007): Problemy wydawnicze inżynierii rolniczej, Inżynieria Rolnicza, 9(97), Kraków, 7-12.
- Michałek R.** (2011): Przesłanki rozwoju i przekształceń inżynierii rolniczej. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, ISBN 987-83-930818-2-0
- Wykaz wybranych czasopism...(on-line). 2011. [Dostęp 5-05-2011]. Dostępny w Internecie: http://www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/13/66/13662.pdf

JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI, SYSTEMY ZARZĄDZANIA I KONTROLI

Barbara Krzysztofik

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Pojęcia ogólne, rys historyczny

Znaczenie pojęcia „jakość” stało się kluczową sprawą w przemyśle żywnościowym.

Jakość jako pojęcie cechuje się wieloznacznością i niemożliwe jest podanie jej jedynej powszechnie akceptowalnej definicji.

Początki normalizacji w dziedzinie systemów jakości sięgają końca lat 50. ubiegłego wieku.

W ujęciu historycznym jakość rozumiana była jako:

- „jakość to pewien stopień doskonałości”, według Platona;
- „jakość to zespół swoistych cech odróżniających dany przedmiot od innych przedmiotów tego samego rodzaju”, według Arystotelesa;
- „jakość to punkt w przestrzeni ośmiu wymiarów, do których należą: użyteczność, niezawodność, praktyczność, zgodność z wymaganiami, trwałość, marka – reputacja, elastyczność i osobliwość, jako dopełnienie użyteczności”, według Gryffina;
- „jakość to zgodność z wymaganiami”, według Crosby’ego;
- „jakość to zdolność do użycia lub zastosowania”, według Juran;
- „jakość to spełnianie wymagań klienta”, według Hagana;
- „jakość to doskonałość lub przydatność do użytku po akceptowalnej cenie”, według Ishikawy;
- „jakość to stopień jednorodności i niezawodności wyrobu przy możliwie niskich kosztach i maksymalnym dopasowaniu do wymagań rynku”, według Deminga;
- „jakość to wszystko co można poprawić”, według Masaaki Imai;
- „jakość jest tym czego brak oznacza straty dla wszystkich”, według Taguchiego;
- „jakość to stopień, w jakim zestaw naturalnych właściwości (fizycznych, czasowych, ergonomicznych, funkcjonalnych i innych) produktu spełnia potrzeby lub

oczekiwania, które zostały ustalone, przyjęte zwyczajowo lub są obowiązkowe”, według normy ISO 9000;

- „jakość to stopień, w jakim zbiór inherentnych cech spełnia wymagania” – ISO 9001:2000;
- „jakość to ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi, które decydują o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokajania stwierdzonych i przewidywanych potrzeb” – ISO 8402 [Juran 1998; Hamrol, Mantura 1998].

W ostatnim dziesięcioleciu zaobserwowano ogromny postęp w przemyśle rolno-spożywczym, szczególnie w zakresie przestrzegania technologicznej jakości produktu i jego bezpieczeństwa zdrowotnego. Wiele trudu włożono w stworzenie systemów zapewnienia jakości, aby zagwarantować jakość i bezpieczeństwo produktu. Zarządzanie przez jakość (Total Quality Management, inaczej: kompleksowe zarządzanie przez jakość) – to podejście do zarządzania organizacją, w którym każdy aspekt działalności jest realizowany z uwzględnieniem spojrzenia projakościowego. Uczestniczą w nim wszyscy pracownicy poprzez pracę zespołową, zaangażowanie, samokontrolę i stałe podnoszenie kwalifikacji. Zarządzanie przez jakość ma na celu udoskonalanie produktów i/lub usług – stwarzanie i ochronę ich jakości tak, aby zadowolić klienta. Jest to kompleksowa działalność, a w jej realizacji pomagają różnego rodzaju normy i narzędzia [Sęp, Pacana 2001].

Certyfikacja jakości żywności – potrzeba rynku produktów rolno-spożywczych w Polsce

Rynek produktów rolno-spożywczych w Polsce wymaga wprowadzania certyfikacji gwarantowanej wysokiej i powtarzalnej jakości, co umożliwi zdobywanie nowych, międzynarodowych rynków zbytu. Marka musi być rozpoznawalna i kojarzona z wysoką jakością oraz pochodzeniem produktu. Powinna być przypisana do produktu, a nie do producenta, ponieważ to produkt zostaje poddany procesowi weryfikacji.

Systemy i organizacje odpowiedzialne za zapewnienie bezpieczeństwa żywności to:

- System Wczesnego Wykrywania dla Żywności i Paszy RASFF (Rapid Alarm System for Food and Feed);
- Urząd Bezpieczeństwa Żywności – niezależna naukowa jednostka referencyjna w ocenie ryzyka;
- Sieć laboratoriów kontroli jakości na szczeblu regionalnym i międzyregionalnym do stałego monitorowania bezpieczeństwa żywności (312 – Państwowa Inspekcja Sanitarna);
- Sieć krajowych laboratoriów kontroli jakości (19) i referencyjnych (3);

- Urzędowe Inspekcje:
 - sanitarna;
 - weterynaryjna;
 - handlowa;
 - jakości artykułów rolno-spożywczych.

W systemie certyfikacji niezmiernie ważne jest objęcie jak najszerzego asortymentu surowców podstawowych, gdzie wystąpi pełna identyfikacja pochodzenia od powstania surowca w gospodarstwie rolnym przeznaczonego do dalszego przetwarzania, aż do końcowego produktu wytworzonego w warunkach przemysłowych.

Obecnie w Polsce w ramach Agencji Rynku Rolnego, będącej agendą rządową mającą wpisaną w swoją działalność współpracę z producentami artykułów rolnych, tworzony jest ustawowo system identyfikacji surowców rolnych przeznaczonych do dalszego przetwarzania.

System certyfikacji jakości żywności i przyznawanie znaku gwarantowanej jakości żywności obejmować powinny tych producentów, którzy wykorzystywać będą surowce do przetwarzania żywności, pochodzące z gospodarstw objętych systemem kontrolowanego pochodzenia surowców.

Nadawanie certyfikatu jakości żywności dla tych producentów, którzy będą w systemie gwarantowanego pochodzenia, stanowić będzie gwarancję dla budowanego systemu, wysoką wiarygodność i pewność, że nadane certyfikaty i znaki jakości uzyskały te produkty żywnościowe, które na pewno charakteryzują się wysoką gwarantowaną jakością.

Celem certyfikacji jest:

- wypracowanie wiarygodnego i uznanego systemu certyfikowania jakości żywności w oparciu o wykorzystanie produktów rolnych;
- zagwarantowanie najwyższej jakości żywności na rynku krajowym i zagranicznym, co pozwoli na zwiększenie eksportu w oparciu o atrybut jakości, a nie tylko konkurencyjnej ceny;
- uwiarygodnienie polskiej żywności na rynkach unijnych i pozaunijnych oraz stałe i wytrwale eliminowanie barier eksportowych, wynikających z braku gwarancji potwierdzenia wysokiej jakości eksportowanej żywności.

System powinien obejmować ustawowo monitoring produkcji surowców rolnych i powinien stanowić bardzo dobrą podstawę dla budowanego systemu certyfikacji jakości żywności w ramach Krajowej Izby Gospodarczej (KIG).

Do udziału w certyfikacji mogą przystąpić producenci żywności, którzy mają wdrożone systemy bezpieczeństwa żywności i podlegają nadzorowi inspekcji kontrolnych, tj. weterynaryjnej, sanitarnej oraz są odbiorcami surowców wyprodukowanych w oparciu o system gwarantowanego pochodzenia surowców rolno-spożywczych.

Główne zadania realizowane przez system kontroli i bezpieczeństwa żywności to:

- zagwarantowanie, że żywność nie spełniająca wymogów nie znajdzie się na rynku;
- zapewnienie wysokiego poziomu ochrony ludzkiego zdrowia i życia;
- zapewnienie wolnego przepływu i handlu żywnością oraz paszami w krajach UE;
- zapewnienie, że systemy identyfikowalności w pełni funkcjonują;
- zapewnienie wysokiego bezpieczeństwa dla partnerów w handlu międzynarodowym.

Projekt systemu kontroli jakości artykułów rolno-spożywczych obejmuje:

- pełną identyfikację pochodzenia od powstania surowca w gospodarstwie rolnym przeznaczonego do dalszego przetwarzania, aż do końcowego produktu żywnościowego wytworzonego w warunkach przemysłowych;
- możliwość objęcia systemem na równych zasadach wszystkich zainteresowanych producentów rolnych i przetwórców żywności przy niepełnej odpłatności;
- zapewnienie konsumentom wiarygodnej oraz łatwo dostępnej informacji o produktach spożywczych uzyskanych w ramach systemu;
- zapewnienie odbiorcom i konsumentom poza granicami Polski pełnej, wiarygodnej i rzetelnej informacji o wdrożonych systemach gwarantowanego pochodzenia i certyfikacji jakości żywności.

Kluczowe obowiązki przedsiębiorców żywnościowych i paszowych, wynikające z prawodawstwa Unii Europejskiej w zakresie bezpieczeństwa żywności, to:

1. Odpowiedzialność – przedsiębiorcy są odpowiedzialni za bezpieczeństwo żywności i paszy.
2. Możliwość śledzenia produktu – przedsiębiorcy powinni mieć możliwość natychmiastowego ustalenia danych każdego dostawcy bądź odbiorcy.
3. Przejrzystość – przedsiębiorcy powinni bezzwłocznie powiadomić władze, jeżeli mają powody sądzić, że żywność lub pasza nie jest bezpieczna.
4. Sytuacje wyjątkowe – przedsiębiorcy powinni bezzwłocznie wycofać z obrotu żywność lub paszę, jeżeli mają powody sądzić, że nie jest ona bezpieczna.
5. Zapobieganie – przedsiębiorcy powinni określić i systematycznie poddawać ocenie punkty krytyczne w swoich procedurach i zadbać o przeprowadzanie kontroli w tych punktach.
6. Współpraca – przedsiębiorcy powinni współpracować z właściwymi władzami w podejmowaniu działań mających na celu zmniejszenie ryzyka.

Systemy zarządzania jakością

Spośród wielu istniejących systemów odpowiedzialnych za zarządzanie jakością produktów żywnościowych należy wymienić: HACCP, GMP i GHP, IFS, BRC, ISO.

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), czyli – Analiza Zagrożeń i Krytyczne Punkty Kontroli. Od 1 stycznia 2006 r. wszystkie podmioty, które produkują i wprowadzają żywność do obrotu mają obowiązek stosowania zasad systemu HACCP.

System został opracowany we wczesnym okresie amerykańskiego programu kosmicznych lotów załogowych w celu zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego żywności dla astronautów. Głównym twórcą była firma Pillsbury Company współpracująca z NASA i laboratoriami armii USA w Natick. Pillsbury zastosował HACCP także do własnych produktów żywnościowych i wprowadził ten system do przemysłu spożywczego.

Obecnie HACCP jest stosowany w zakładach przemysłu spożywczego o różnej wielkości na całym świecie. Posiada międzynarodową akceptację jako system zapewniający uzyskiwanie bezpiecznej żywności. Zasady HACCP opisano w Codex Alimentarius i wprowadzono jako obowiązujące. Również polskie prawodawstwo wprowadziło obowiązek wdrożenia systemu HACCP (od 1 maja 2004 roku).

System HACCP jest uznawany za najskuteczniejsze narzędzie pozwalające zagwarantować, że żywność nie ulegnie skażeniu lub zanieczyszczeniu i będzie bezpieczna dla konsumenta. Umożliwia przewidywanie zagrożeń, ocenę ryzyka oraz pomaga wyeliminować produkty niebezpieczne i nie spełniające norm jakościowych. HACCP to system prewencyjny. Jest systemowym postępowaniem mającym na celu identyfikację i oszacowanie skali zagrożeń bezpieczeństwa żywności, z punktu widzenia jej jakości zdrowotnej oraz ryzyka wystąpienia tych zagrożeń podczas przebiegu wszystkich etapów produkcji i dystrybucji. Jest to również system mający na celu określenie metod ograniczania tych zagrożeń. Pozwala na uzyskanie pewności, że zakład wykonał wszystko dla bezpieczeństwa wyrobu i konsumenta w odniesieniu do przepisów, zasad dobrej praktyki produkcyjnej i potrzeb klientów.

Obowiązek posiadania wdrożonego systemu HACCP reguluje Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o Bezpieczeństwie Żywności i Żywienia (Dz. U. z dnia 27 września 2006 r.), która przywołuje i opiera się m.in. na:

- Rozporządzeniu (WE) nr 178/2002 Parlamentu Europejskiego;
- Rozporządzeniu (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego.

System HACCP opiera się na:

- analizie zagrożeń zdrowotnych,
- krytycznych punktach kontroli, ustalonych na podstawie przeprowadzonej analizy zagrożeń.

Zagrożeniem jest wszystko, co może przynieść szkodę konsumentowi (klientowi).

Wyróżnia się trzy rodzaje zagrożeń:

- mikrobiologiczne (bakterie, wirusy),
- fizyczne (szkło, piasek),
- chemiczne (środki ochrony roślin, detergenty) [Kijowski, Sikora 2003].

Zakres systemu obejmuje cały łańcuch żywnościowy – od produkcji rolnej, poprzez magazynowanie, produkcję i handel żywnością, w tym żywnością pochodzenia zwierzęcego. Jest on skutecznym narzędziem oceny zagrożeń z przeniesieniem kontroli końcowego produktu na poszczególne etapy produkcji lub obrotu.

W dalszej części rozdziału przedstawiono wyniki badań własnych autora i ich analizę, dotyczącą funkcjonowania systemów HACCP na przykładzie wybranych procesów technologicznych stosowanych przy przetwarzaniu mleka na różne produkty.

Podstawą analizy zagrożeń na każdym etapie procesu technologicznego było opracowanie i opis schematu technologicznego dla ocenianego procesu produkcji oraz opis i przeznaczenie produktu. Sporządzone schematy zawierały wszystkie procesy i operacje jednostkowe, jak również obowiązujące w nich parametry, co pozwoliło na analizę procesu produkcji z zapewnieniem podstawowych zasad systemu HACCP. Prawidłowe opracowanie schematu technologicznego ma ułatwić zrozumienie przepływu surowców i półproduktów w zakładzie. Dla wyznaczonych punktów (CCP – krytycznych punktów kontrolnych i CP – punktów kontrolnych) przeprowadzono analizę faktycznego stanu parametrów, które podczas prowadzenia procesów produkcyjnych miały miejsce. Dotychczas przeprowadzono szereg badań w różnych zakładach przetwórstwa spożywczego, m. in. w zakładach mięsnych przy rozbiorze i przechowywaniu mięsa, w zakładach mleczarskich przy produkcji mleka pasteryzowanego, kefiru, serków homogenizowanych i sera twardego dojrzewającego oraz w piekarni podczas wytwarzania i wypieku pieczywa różnych gatunków. Natomiast opis produktu powinien zawierać niezbędne informacje pozwalające na ich pełną identyfikację i ustalenie właściwych warunków bezpieczeństwa zdrowotnego.

Prowadzono po 5 pomiarów dla każdego zagrożenia (CCP i CP), zmiany i dla każdego procesu technologicznego.

Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wskaźniki realizacji procesów. Dla poszczególnych procesów, dla których znana była dolna i górna granica tolerancji wyliczono wskaźniki zdolności procesów C_p i C_{pk} na podstawie następujących zależności [Zalewski 1998]:

$$C_p = \frac{T_g - T_d}{6s}$$

$$C_{pk1} = \frac{T_g - T_{sr}}{3s}$$

$$C_{pk2} = \frac{X_{sr} - T_d}{3s}$$

gdzie:

- C_p – wskaźnik ogólnej zdolności procesu;
- $C_{pk1}; C_{pk2}$ – wskaźnik wycentrowania procesu dla górnej i dolnej granicy tolerancji;
- T_d, T_g – dolna i górna tolerancja;
- X_{sr} – wartość średnia z odczytów;
- s – odchylenie standardowe wyników.

Skuteczność procesów oceniono na podstawie wysokości obliczonych wskaźników: C_p , C_{pk1} i C_{pk2} :

- jeśli $C_p < 1$ należy uznać zdolność procesu za niską;
- jeśli $1 < C_p < 1,33$ należy uznać zdolność procesu za średnią;
- $C_p > 1,33$ to zdolność procesu jest wysoka.

Przykładowe wyniki badań z analizy wybranych procesów technologicznych dla zakładów mleczarskich, w których wdrożono systemy HACCP, zamieszczono w tabeli 1 [Krzysztofik 2008-2011].

Analiza poziomu wskaźników oceny skuteczności systemu bezpieczeństwa produkcji wybranych produktów mleczarskich wykazała, że utrzymanie obowiązujących parametrów procesów jest na poziomie wysokim, co oznacza wysoką zdolność procesów. Wyjątek stanowią temperatury pasteryzacji mleka i śmietanki oraz temperatury repasteryzacji przy produkcji serka homogenizowanego, temperatury pasteryzacji i ukwaszania mleka przy produkcji kefiru oraz temperatura pasteryzacji przy produkcji mleka pasteryzowanego, dla których to procesów uzyskane wskaźniki były na poziomie niskim.

GMP (Good Manufacturing Practice) – Dobra Praktyka Produkcyjna wraz z Dobrą Praktyką Higieniczną GHP (Good Hygienic Practice) oraz systemem zarządzania HACCP, to obligatoryjne systemy zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności oraz systemy mające na celu utrzymanie odpowiedniej kontroli higieny środowiska pracy i procesów technologicznych jakie zachodzą w branży żywnościowej. Wprowadzenie oraz realizacja założeń Dobrej Praktyki Produkcyjnej odbywa się pod nadzorem Inspekcji Weterynaryjnej oraz Państwowej Inspekcji Sanitarnej. Wdrożenie GMP daje prawo ubiegania się o certyfikat GMP, jest również podstawą do wprowadzenia systemu HACCP.

Definicja Dobrej Praktyki Produkcyjnej GMP, według Ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia, to działania, które muszą być podjęte, i warunki, które muszą być spełnione, aby produkcja żywności oraz materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością odbywały się w sposób zapewniający właściwą jakość zdrowotną zgodnie z jej przeznaczeniem. GMP to zbiór reguł

postępowania optymalnego oraz bazowe elementy istotne dla poprawnej implementacji systemu HACCP.

Tabela 1. Wskaźniki oceny zdolności wybranych procesów

Parametry odczytu	Średnia wartość odczytu	Odchylenie standardowe	C _p	C _{pk1}	C _{pk2}
Wartość wskaźników przy produkcji sera edamskiego					
Kwasowość, (°SH)	6,67	0,05	3,33	5,56	1,11
Temp. odbioru mleka, (°C)	6,29	0,17	1,97	1,40	2,54
Temp. pasteryzacji mleka, (°C)	73,29	0,16	4,13	3,54	4,27
Temp. dojrzewania, (°C)	14,37	0,49	2,06	1,11	3,01
Wilgotność dojrzewania serów, (%)	85,21	0,21	1,60	1,26	1,93
Temp. magazynowania, (°C)	6,19	0,16	6,19	3,74	12,77
Wartość wskaźników przy produkcji sera gryckiego					
Kwasowość, (°SH)	6,61	0,06	2,77	4,93	0,62
Temp. odbioru mleka, (°C)	6,21	0,15	2,29	1,81	2,78
Temp. pasteryzacji mleka, (°C)	73,47	0,31	2,16	1,66	2,67
Temp. magazynowania, (°C)	2,79	0,31	3,27	3,50	3,04
Wartość wskaźników przy produkcji serka homogenizowanego					
Temp. pasteryzacji mleka, (°C)	75,4	0,12	0,08	5,72	5,17
Temp. pasteryzacji śmietanki, (°C)	93,32	0,16	0,10	4,64	3,88
Temp. repasteryzacji mleka (1), (°C)	91,27	0,18	0,12	4,13	3,27
Temp. repasteryzacji mleka (2), °C	91,33	0,14	0,09	5,11	4,32
Temp. magazynowania, (°C)	7,84	0,10	11,51	0,51	22,50
Temp. przechowywania, (°C)	9,63	0,15	10,00	0,81	19,19
Temp. wydawania towaru, (°C)	9,63	0,15	10,00	0,81	19,19
Wartość wskaźników przy produkcji mleka pasteryzowanego					
Temp. odbioru mleka, (°C)	6,27	0,23	1,45	1,07	1,84
Kwasowość, (°SH)	4,46	0,05	6,88	6,46	7,31
Temp. pasteryzacji mleka, (°C)	80,67	0,46	0,72	0,96	0,48
Temp. chłodzenia mleka, (°C)	5,96	0,40	2,94	1,72	4,16
Temp. magazynowania mleka, (°C)	7,09	0,46	2,19	2,12	2,25
Wartość wskaźników przy produkcji kefiru					
Temp. odbioru mleka, (°C)	6,27	0,23	1,45	1,07	1,84
Kwasowość, (°SH)	4,46	0,05	6,88	6,46	7,31
Temp. pasteryzacji mleka, (°C)	80,67	0,46	0,72	0,96	0,48
Temp. chłodzenia mleka, (°C)	5,96	0,40	2,94	1,72	4,16
Temp. ukwaszania mleka, (°C)	26,12	1,00	0,67	0,29	1,04
Temp. magazynowania mleka, (°C)	7,09	0,46	2,19	2,12	2,25

Źródło: badania własne

GMP obejmuje stałą i ścisłą kontrolę wszystkich elementów procesu produkcyjnego, rozpoczynając od zaopatrzenia w surowce, poprzez magazynowanie, produkcję, pakowanie, znakowanie, aż do składowania i dystrybucji gotowej

żywności. Nadrzędną zasadą GMP jest wykluczenie z procesów produkcyjnych wszelkich działań przypadkowych i zapewnienie, aby te procesy przebiegały według ściśle określonych instrukcji i procedur, zapisanych w odpowiednim dokumencie, gdzie szczegółowo opisana jest każda z wykonywanych czynności w przebiegu całego procesu wytwarzania. Przy wdrażaniu GMP zalecane jest eliminowanie wszelkich sytuacji grożących zanieczyszczeniem produktu obcymi substancjami i ciałami chemicznymi, fizycznymi oraz szkodliwą mikroflorą, zaś prowadzenie poprawnej dokumentacji pozwala na uniknięcie błędów, mogących zdarzyć się przy przekazywaniu informacji ustnie.

IFS (International Food Standard) – jest to jednolity, międzynarodowy standard bezpieczeństwa opracowany dla wszystkich producentów żywności i uczestników łańcucha żywnościowego. W szczególności obowiązuje handlowców detalicznych produkujących pod marką hipermarketów i marketów. Standard opracowany został w 2000 r. w ramach Global Food Safety Initiative przez przedstawicieli niemieckiego handlu detalicznego i obecnie uznawany jest na całym świecie przez 65% podmiotów zajmujących się handlem żywnością. W Europie Zachodniej (z wyjątkiem Wielkiej Brytanii, gdzie obowiązuje Standard BRC) IFS jest najważniejszym standardem dla dostawców dużych sieci handlowych. IFS jest skierowany do wszystkich producentów żywności, a w szczególności producentów marek własnych.

BRC (British Retail Consortium) – jest to standard opracowany w 1998 roku w Wielkiej Brytanii w odpowiedzi na wprowadzane reformy, regulujące wymagania stawiane zakładom spożywczym dostarczającym żywność hipermarketom. BRC jest brytyjskim standardem stosowanym w przemyśle spożywczym i określającym warunki, jakie powinien spełniać producent i dostawca, w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego żywności oraz odpowiednich warunków higienicznych i produkcyjnych. Standard BRC sumuje wymagania zawarte w normach ISO, HACCP oraz GMP i GHP.

Celem BRC jest określenie wymagań dotyczących bezpieczeństwa i jakości w zakładach produkujących żywność, która dostarczana jest do sieci supermarketów. Forma i treść Standardu są zaprojektowane tak, aby można było ocenić dostawcę w jego siedzibie (jego system operacyjny, procedury) przez kompetentnego audytora, standaryzując w ten sposób kryteria bezpieczeństwa żywności oraz monitorując procesy i procedury.

ISO 22000 jest efektywnym narzędziem koncentrującym się na zarządzaniu, komunikacji w łańcuchu dostaw, operacyjnych programach wstępnych i planie HACCP. Norma ISO 22000 harmonizuje różne standardy i wytyczne dotyczące zarządzania bezpieczeństwem żywności w łańcuchu dostaw.

ISO 22000 jest międzynarodowym standardem zarządzania bezpieczeństwem żywności i pasz (opartym na zasadach HACCP) i został opracowany dla wszystkich organizacji uczestniczących w łańcuchu żywnościowym:

- producentów żywności i pasz;

- transportu i przechowywania żywności i pasz;
- firm dystrybucyjnych (magazyny, hurtownie, itp.);
- producentów dodatków do żywności;
- producentów wyposażenia maszyn i urządzeń;
- opakowań do kontaktu z żywnością;
- środków czystości (GHP i HACCP);
- usługodawców (obsługa higieniczna, DDD);
- producentów pierwotnych (rolników) [Tochman 2005; Sikora 2005].

Systemy certyfikacji i kontroli jakości

GLOBALGAP (Good Agricultural Practice) – dobre praktyki rolnicze to standard zapewnienia bezpieczeństwa żywności dla pierwotnej produkcji rolnej, opracowany z myślą o producentach pierwotnych, w szczególności z branży owocowo-warzywnej. Zapewnia wysoką jakość i bezpieczeństwo produktu, co ułatwia konkurencję zarówno na rynku polskim, jak i światowym. Wyznacza dobrowolne normy certyfikacji procesów produkcji rolnej (w tym akwakultury) produktów na całym świecie. Jest przeznaczony przede wszystkim dla uspokojenia konsumentów w kwestii, jak produkowana jest żywność w gospodarstwie, minimalizując szkodliwe oddziaływania na środowisko działalności rolniczej, ograniczając stosowanie środków chemicznych oraz zapewniając odpowiedzialne podejście do zdrowia i bezpieczeństwa pracowników, jak i dobrostanu zwierząt [Globalgap (on-line) 2012].

Podstawą jest równe partnerstwo producentów rolnych i detalistów, którzy chcą ustanowić skuteczne standardy certyfikacyjne i procedury.

GLOBALGAP to norma, która swoje początki ma w roku 1997 i powstała jako inicjatywa sprzedawców detalicznych należących do Euro-Retailer Produce Working Group (EUREP). Ich celem było ustanowienie standardów i procedur rozwoju praktyk rolnych przy produkcji warzyw i owoców, których podstawą jest Dobra Praktyka Rolna (GMP) oraz zasady zapobiegania i analizy ryzyka (HACCP), Integrowana Ochrona Roślin i Integrowana Produkcja Roślinna.

Jednym z głównych celów standardu jest ograniczenie do niezbędnego minimum stosowania nawozów i środków ochrony, aby przez to ograniczyć niekorzystny wpływ rolnictwa na środowisko, a także zapewnić dłuższe użytkowanie terenów rolniczych.

Standard GLOBALGAP obejmuje cały łańcuch produkcyjny, od wysiania lub wysadzenia roślin do gruntu, poprzez pielęgnację, zbiory płodów, aż do obsługi produktu końcowego (np.: przechowywanie, pakowanie, konfekcjonowanie).

Poza tym reguluje obszary działalności w gospodarstwie dotyczące:

- zapewnienia bezpieczeństwa produktów (owoców i warzyw) pod względem zdrowotnym;

- zdrowia i bezpieczeństwa pracy personelu;
- środowiska naturalnego i bioróżnorodności;
- spełnienia wymagań przepisów prawnych poprzez:
 - zastosowanie dobrych praktyk rolniczych (GAP);
 - wdrożenie tych praktyk.

W Polsce jest to dość powszechny system, zwłaszcza pośród producentów warzyw pod osłonami, pieczarek i jabłek. Producenci zainteresowani współpracą z supermarketami, będącymi członkami GLOBAL, muszą udowodnić, że w trakcie produkcji:

- dbali o jakość oraz o to, aby warzywa i owoce były bezpieczne dla zdrowia konsumentów;
- starali się jak najmniej ingerować w środowisko naturalne i troszczyli się o jego ochronę;
- używali jedynie koniecznych i dozwolonych środków ochrony roślin oraz nawozów, wg zasad produkcji integrowanej;
- starali się wykorzystywać w jak największym stopniu energię z odnawialnych źródeł (wiatr, woda);
- troszczyli się o pracowników – ich zdrowie, odpowiednie wynagrodzenie, szkolenia i zasiłki socjalne.

Korzyści związane z wdrożeniem standardu GLOBALGAP:

- uzyskanie obiektywnego obrazu stanu bezpieczeństwa upraw;
- ułatwienie handlowcom oceny jakości dostawy i standardu dostawy;
- spełnienie wymagań stawianych przez sieci handlowe oraz pozostałych detaliistów;
- jednolita ocena dostawców;
- uniknięcie audytów ze strony odbiorców (np. sieci handlowych);
- zmniejszenie ryzyka odpowiedzialności za skutki wprowadzenia na rynek upraw zagrażających zdrowotnie konsumentom poprzez dobre przygotowanie do wycofania wadliwych upraw z rynku;
- spełnienie unijnych wymagań prawnych w zakresie bezpieczeństwa żywności.

W ostatnich latach szczególną uwagę zwraca się na bezpieczeństwo żywnościowe i jakość wytwarzanych produktów roślinnych. Wzrastające wymagania konsumentów spowodowały, że produkty rolne, które trafiają na rynek, muszą spełniać określone kryteria. Rolnicy konkurują w większym niż dotąd stopniu na wspólnotowym rynku potwierdzając, że żywność produkowana w naszym kraju odpowiada rygorystycznym normom bezpieczeństwa obowiązującym na całym obszarze Unii Europejskiej. Najnowsze osiągnięcia nauki i techniki rolniczej mają ułatwić sprzedaż oraz zapewnić konkurencyjność produktów rolnych na rynku przy jednoczesnej dbałości o środowisko.

Wypełnienie tych wymagań gwarantuje wdrożenie w gospodarstwach rolnych krajowego systemu jakości żywności, jakim jest Integrowana Produkcja (IP). Dobrowolne uczestnictwo w systemie IP pozwala na otrzymanie wysokiej jakości

i bezpiecznych dla konsumenta produktów rolnych, podlegających certyfikacji i oznakowaniu logotypem integrowanej produkcji.

Jednym z kluczowych elementów IP jest zrównoważone stosowanie środków ochrony roślin. Właściwa ochrona chemiczna możliwa jest tylko przy dobrej znajomości zarówno biologii szkodników, jak i właściwości środków ochrony roślin. Każdorazowo przed podjęciem decyzji o wykonaniu zabiegu i doborze środka ochrony roślin niezbędna jest dokładna analiza aktualnej sytuacji w konkretnej uprawie. Należy przede wszystkim uwzględnić podatność odmiany, fazę rozwojową rośliny i szkodnika, obfitość źródła infekcji, warunki atmosferyczne, a wreszcie właściwości preparatu, rotację związków o różnym mechanizmie działania oraz występowanie form odpornych na poszczególne środki ochrony roślin. Istotnym elementem systemu IP są specjalistyczne szkolenia obejmujące wszystkie zagadnienia. Ponadto cennym narzędziem są programy ochrony roślin opracowane przez naukowców z Instytutu Ogródnictwa oraz Instytutu Ochrony Roślin – PIB.

Należy również podkreślić zbieżność założeń systemu Integrowanej Produkcji z zasadami integrowanej ochrony roślin, które będą obowiązywały na terenie Unii Europejskiej od 1 stycznia 2014 r. Obowiązek powszechnego stosowania integrowanej ochrony roślin wynika z przepisów rozporządzenia Parlamentu Europejskiego nr 1107/2009, dotyczącego wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin, oraz postanowień dyrektywy Parlamentu Europejskiego nr 2009/128/WE, ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Integrowana ochrona roślin została tam zdefiniowana jako „staranne rozważenie wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, a następnie przedsięwzięcie właściwych środków mających na celu zahamowanie rozwoju populacji organizmów szkodliwych oraz utrzymanie stosowania środków ochrony roślin i innych form interwencji na ekonomicznie i ekologicznie uzasadnionym poziomie, a także zmniejszenie lub zminimalizowanie zagrożenia wynikającego ze stosowania pestycydów dla zdrowia ludzi i dla środowiska”.

IP to nowoczesny i rozwijający się system uprawy, który uwzględnia oczekiwania odbiorców w stosunku nie tylko do atrakcyjnie wyglądających owoców, warzyw i innych produktów rolnych, ale również produktów o wysokich walorach jakościowych. System integrowanej produkcji umożliwia uzyskanie produktów rolnych o najwyższych wartościach biologicznych i odżywczych oraz bezpiecznych dla zdrowia ludzi. W ramach systemu PIORiN kontroluje cały proces produkcyjny aż do chwili zbiorów. Produkty roślinne poddawane są również ścisłej kontroli pod kątem pozostałości środków ochrony roślin, nawozów oraz innych substancji niebezpiecznych dla zdrowia. Uwzględnia cele ekologiczne, takie jak ochronę krajobrazu rolniczego oraz różnorodności biologicznej. Podstawą systemu IP są prawidłowo dobrane elementy: poprawny płodozmian i agrotechnika, racjonalne nawożenie oparte na rzeczywistym zapotrzebowaniu roślin oraz stosowanie

w uzasadnionych sytuacjach środków ochrony roślin jak najmniej zagrażających zdrowiu ludzi i zwierząt oraz środowisku naturalnemu.

Producenci, wytwarzający płody rolne w systemie Integrowanej Produkcji, mają prawo posługiwania się certyfikatem wydawanym przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN) oraz mogą oznaczać swoje produkty zastrzeżonym znakiem (logo) integrowanej produkcji.

W Polsce IP jest regulowana przepisami ustawy o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003 r. (tekst jednolity: Dz. U. z 2008 r. Nr 133, poz. 849) oraz rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 grudnia 2010 r. w sprawie integrowanej produkcji (Dz. U. z 2010 r. Nr 256, poz. 1722). W dniu 14 czerwca 2007 r. decyzją Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi integrowana produkcja w rozumieniu art. 5 ust. 1 ustawy o ochronie roślin została uznana za krajowy system jakości żywności.

Systemy wspierające jakość

W polskim sektorze żywnościowym działania związane z bezpieczeństwem oraz jakością żywności, włączając wymagania związane z identyfikowaniem pochodzenia produktów, coraz bardziej zyskują na znaczeniu. Zatem w celu spełnienia wzrastających wymogów, wszyscy uczestnicy żywnościowego łańcucha dostaw muszą dopasować swoje mechanizmy zbierania i przekazywania informacji. Wprowadzenie instrumentów wspomagających identyfikację pochodzenia produktów stało się ważnym elementem umożliwiającym producentom rolnym umacnianie pozycji konkurencyjnej bądź nawet decydującym o utrzymaniu się gospodarstw na rynku. Rozwiązanie problemów koordynujących przepływ informacji jakościowych w łańcuchu dostaw możliwe jest dzięki koncepcji *traceability*, która wiąże informacje dotyczące produktu ze zdefiniowanymi jednostkami logistycznymi. Korzyści wynikające z tej koncepcji to: dostęp do informacji o wycofanych z rynku partiach produktów (zarządzanie kryzysowe), stworzenie bazy danych jakościowych, szybki dostęp do informacji dotyczących klientów i konsumentów, logistyczna optymalizacja strumieni towarów, optymalizacja zarządzania stanami magazynów. Rosnąca świadomość konsumentów w zakresie tego, co jedzą i skąd ta żywność pochodzi, prowadzi firmy do ciągłego starania o bezpieczeństwo żywnościowe i poszukiwania sposobów jego zapewnienia. Takie śledzenie całej drogi, jaką przebywa żywność od pola, na którym rośnie roślina lub pasie się bydło, poprzez proces przetwarzania, aż do stołu, na którym znajduje się na naszym talerzu, zyskało nazwę *vetting* lub *traceability*.

Traceability jest to obowiązek śledzenia pochodzenia wprowadzanych do obrotu środków spożywczych wg zasady "krok w tył – krok w przód".

Od 1 stycznia 2005 r. w Krajach Członkowskich Unii Europejskiej zaczęły obowiązywać przepisy art. 18 rozporządzenia WE Nr 178/2002 Parlamentu Euro-

pejskiego z dnia 28.01.2002 r., ustanawiającego ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego, powołującego Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności oraz ustanawiającego procedury w zakresie bezpieczeństwa żywności.

Przepisy art. 18 ww. Rozporządzenia, traktujące o śledzeniu pochodzenia (*traceability*) wprowadzanych do obrotu środków spożywczych, mają charakter ogólny, jednakże ich istotą jest zobligowanie przedsiębiorców zajmujących się produkcją żywności do identyfikowania podmiotów, od których otrzymano lub którym dostarczono żywność lub składniki żywności. Nakłada się więc na przedsiębiorcę obowiązek tworzenia systemów i procedur służących śledzeniu pochodzenia żywności. Celem ich jest zapewnienie możliwości monitorowania żywności na wszystkich etapach jej produkcji i obrotu, jako zapewnienia bezpieczeństwa żywności.

Czynności te dotyczą obowiązku gromadzenia informacji identyfikujących dostawców i odbiorców, które to informacje powinny być udostępnione na każde żądanie przedstawicieli organów urzędowej kontroli żywności. Przepis ten kładzie główny nacisk na przechowywanie dokumentacji przez przedsiębiorców i udostępnianie jej na każde żądanie organów kontroli.

Kwestia odpowiedzialności za produkowaną lub wprowadzaną do obrotu żywność nie jest nowym zagadnieniem – obowiązuje na podstawie art. 5 ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia (tekst jednolity Dz.U z 2005 r. nr 31 poz. 265 z późniejszymi zmianami). Należy zaznaczyć, że zasady określone w art. 18 rozporządzenia nr 178/2002 r. obowiązują od daty 1 stycznia 2005 r., co oznacza, iż obowiązki z niego wynikające muszą być egzekwowane ściśle w odniesieniu do żywności wyprodukowanej po tej dacie.

Zapewnienie możliwości śledzenia drogi produktów żywnościowych jest szczególnie istotne w kontekście wymagań art. 19 rozporządzenia nr 178/2002 wchodzącego w życie również z dniem 1 stycznia 2005 r., który obliguje każdy podmiot branży spożywczej do natychmiastowego wycofania z rynku partii żywności, która nie spełnia wymagań prawa żywnościowego.

Opisane powyżej nowo obowiązujące przepisy prawne mają służyć przede wszystkim ochronie konsumentów, ale też chronić producentów, gdyż w przypadku reklamacji czy stwierdzenia nieprawidłowości w ramach prowadzonej samokontroli, pozwalają na utrzymanie strat na najniższym poziomie. Niekiedy pozwalają również na uniknięcie odpowiedzialności za wyrządzoną przez produkt szkodę w chwili, gdy okaże się, że zagrożeniem dla zdrowia konsumenta stał się składnik dostarczony przez innego producenta.

Termin *traceability* – oznacza możliwość lokalizowania i śledzenia żywności, paszy, zwierząt lub innych substancji, będących lub mogących stać się składnikiem żywności lub paszy, przez wszystkie etapy produkcji, przetwarzania i dystrybucji. Termin ten oznacza też zdolność przedsiębiorstwa branży spożywczej do zapewnienia bezpieczeństwa zdrowia i życia konsumentowi. Umowne pojęcie *traceability* oznacza efektywny i łatwy sposób na wycofanie z rynku towarów podejrzanych o to, że są niebezpieczne dla konsumenta.

Firmy handlujące produktami spożywczymi na całym świecie bardzo dbają o to, by zaoferować swoim klientom towar najlepszej jakości. Począwszy od momentu zakupu produktu lub surowca starają się zgromadzić jak najwięcej informacji o pochodzeniu produktu i o sposobie jego wyprodukowania.

Pełny i efektywny monitoring przepływu produktów żywnościowych jest obecnie również jednym z głównych zadań, jakie stawia sobie Unia Europejska. W czasach szybkiego rozwoju nowoczesnych technologii i ogromnej konkurencji rynkowej wysoka jakość produktów i zaufanie konsumentów do dostawców żywności są sprawą kluczową. W 2007 r. rozpoczął się projekt TRACEBACK, którego realizacja ma przynieść trzy ważne efekty: po pierwsze – poprawę jakości życia i zdrowia Europejczyków dzięki wdrożeniu uniwersalnego systemu *traceability*, zapewniającego bezpieczeństwo i śledzenie wszystkich parametrów oraz składników żywności, po drugie – zwiększenie zaufania konsumentów do dostawców żywności przez wprowadzenie systemu zapewniającego pewne połączenia dla wymiany danych pomiędzy partnerami w łańcuchu dostaw, i po trzecie – poprawę konkurencyjności europejskich przedsiębiorstw branży spożywczej, szczególnie tych, które wchodzą w skład sektora małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP).

W ramach projektu TRACEBACK (Integrated System for a Reliable Traceability of Food Supply Chains, czyli Zintegrowany System Traceability dla Spożywczego Łańcucha Dostaw), uruchomionego w 6 Programie Ramowym Badań i Rozwoju Technicznego Unii Europejskiej, zostanie zbudowany nowoczesny system *traceability*, łączący w sobie najlepsze rozwiązania dotyczące przepływu dóbr i informacji oraz innowacyjną technologię mikroukładów lab-on chip i technologii mikrobiologicznych.

W Polsce jak do tej pory nie przeprowadzono badań, ile z firm branży żywnościowej i żywieniowej potrafiłoby prześledzić całą drogę produktu od producenta do finalnego sprzedawcy i jak szybko mogłyby zareagować na sytuację kryzysową na rynku, spowodowaną, np. dostarczeniem niebezpiecznego produktu do sklepów. Często przedsiębiorstwa radzą sobie z zaspokojeniem wymogów legislacyjnych, dotyczących bezpieczeństwa produkowanych i dystrybuowanych na rynek wyrobów, za pomocą rozbudowanych procedur i instrukcji wchodzących w skład systemu zapewnienia jakości. Sprowadza się to do gromadzenia zapisów odnośnie śledzenia produktów. Jest to sposób jak najbardziej poprawny, ale z punktu widzenia efektywności procesów produkcyjno-magazynowych, wydaje się jednak niewystarczający. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie przystosowanego do potrzeb danego przedsiębiorstwa systemu *traceability* opartego o ADC (ang. Automatic Data Capture – Automatyczne Gromadzenie Danych). W ten sposób można zaspokoić potrzeby firmy w zakresie przepływu danych odnośnie identyfikacji, jak i danych jakościowych.

Przyjęcie unikalnego, globalnego systemu numerowania oraz wykorzystanie kodów kreskowych pozwala zrealizować zasady śledzenia produktów żywno-

ściowych i żywieniowych tak, jak w przypadku zakończonego w grudniu 2006 r. projektu, w którym wdrożono system identyfikacji w trzech firmach objętych projektem dla wybranych produktów – szprota, dorsza i pstrąga. Dzięki temu powstał model referencyjny systemu *traceability* w zakładzie produkcyjnym branży rybnej.

Podstawowym zadaniem było stworzeniu odpowiedniego systemu, który będzie pozwalał śledzić wewnętrznie wyroby każdej z firm od surowca aż po produkt finalny, z wykorzystaniem logicznie skonstruowanego oprogramowania, spełniającego podstawowe wymagania *traceability*.

W przedsiębiorstwie, w którym prawidłowo funkcjonuje *traceability* głównymi zadaniami oprogramowania są przede wszystkim: prawidłowa interpretacja danych pozyskanych dzięki wykorzystywanym technikom ADC (odczytywanie kodów kreskowych), gromadzenie i archiwizowanie danych. Zbierane i przetwarzane są informacje dotyczące pochodzenia i lokalizacji surowców oraz produktów (co do obecnego umiejscowienia np.: magazynu czy konkretnej hali produkcyjnej), wykonywanych procesów przetwórczych, a także innych informacji wymaganych przez system identyfikowalności.

Zakres funkcjonalności systemu IT obsługującego system *traceability* w firmie obejmuje: rejestrację operacji magazynowo-produkcyjnych, generowanie i drukowanie etykiet logistycznych z właściwym kodem kreskowym oznaczonym GS1-128 na opakowania pośrednie i jednostki handlowe (skrzynki, pudła, itp.) zależnie od potrzeb procesu produkcyjnego realizowanego w danym zakładzie, archiwizowanie wykonanych operacji i opracowywanie raportów.

Korzyści z wdrożenia projektu w firmach są następujące: spełnienie podstawowej zasady *traceability*, a więc dokładna i jednoznaczna identyfikacja partii surowców i produktów, a tym samym możliwość śledzenia drogi partii produktu, przejrzystość danych gromadzonych w trakcie procesu produkcyjno-magazynowego, łatwość obsługi przez pracowników, możliwość dostosowania funkcjonalności oprogramowania do śledzenia pozostałych asortymentów każdej z firm.

Zgodnie z wymogami prawa (m.in. Rozporządzenie (WE) nr 178/2002) wymóg *traceability* jest obligatoryjny dla branży żywnościowej i od 1 lipca 2013 r. kosmetycznej (Rozporządzenie (WE) nr 1223/2009).

Dzięki temu możliwe jest:

- odtworzenie genealogii produktu (kto, kiedy, na której maszynie, z jakiego surowca, przy jakich parametrach procesu);
- kontrola poprawności przebiegu procesu (czy zostały wykonane wszystkie czynności, we właściwej kolejności i odstępie czasowym);
- wyszukanie numerów wszystkich partii, dla których zachodzi podejrzenie nieprawidłowości.

GS1 – (Traceability Standard) i **GTS** (Globalny Standard Traceability) – jest propozycją w zakresie podejścia do budowy i implementacji systemów *traceability*.

Rynek wymaga systemu *traceability* łatwego do wdrożenia przez każdy podmiot w dowolnym łańcuchu dostaw. Firmy, użytkownicy oraz organizacje nadzorujące bezpieczeństwo produktów na rynku całego świata są zainteresowane tworzeniem systemów *traceability* w różnych punktach łańcucha dostaw. Mimo iż ten wspólny interes ma obecnie najwyższy priorytet w sektorze żywności, napojów i opieki zdrowotnej, kluczowe zasady z wykorzystaniem standardów GS1 mogą być stosowane do każdego innego sektora przemysłu, co do którego zachodzi potrzeba śledzenia produktu w całym łańcuchu dostaw. Standardy GS1 (takie jak kody kreskowe, EPC, komunikaty elektroniczne eCom i inne) umożliwiają łatwą implementację *traceability* [Traceability (on-line) 2012].

Standard Traceability GS1 stanowi opis typowych procesów biznesowych zapewniających spełnienie wymogów *traceability* niezależnie od wybranej dostępnej technologii. Globalny Standard *Traceability* GS1 definiuje minimum wymagań odnośnie *traceability* i uwzględnia standardy GS1, będące narzędziem w zarządzaniu informacją.

Skuteczne systemy śledzenia muszą opierać się na najlepszych praktykach, których zasady działania wynikają z międzynarodowych przepisów i standardów. Złożoność systemów może się różnić w zależności od miejsca wzdłuż łańcucha dostaw (np. producent, dystrybutor, detalista, itp.), cech produktu i wymagań biznesowych.

Jednym z głównych elementów bezpieczeństwa żywnościowego jest zapewnienie identyfikacji pochodzenia produktu. Z myślą o tym przygotowane zostało Rozporządzenie (WE) 178/2002 Parlamentu Europejskiego ustanawiające ogólne zasady i wymagania prawa żywnościowego. Rozporządzenie to stanowi podstawy identyfikacji pochodzenia produktu. W rozdziale drugim rozporządzenia znajdują się najważniejsze wymagania dotyczące higieny i bezpieczeństwa żywnościowego w krajach członkowskich UE. Z Rozporządzenia wynika, że przedsiębiorstwa przetwórstwa spożywczego są zobowiązane wdrożyć system umożliwiający identyfikację pochodzenia produktu. Powinny również w razie potrzeby udostępniać informacje o swoich dostawcach i odbiorcach odpowiednim służbom [Rozporządzenie 2002].

Ponadto z punktu widzenia legislacji UE najważniejsze akty prawne odnoszące się do *traceability* to:

- Rozporządzenie (WE) nr 1223/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. dotyczące produktów kosmetycznych;
- Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia;
- Narzędzia wspierające oferowane przez Instytut Logistyki i Magazynowania (ILiM).

Dzięki systemom umożliwiającym śledzenie pochodzenia produktu próbuje się w sytuacji kryzysowej, w możliwie krótkim czasie, zidentyfikować źródło zagrożenia [Schiefer 2005].

Identyfikacja pochodzenia produktu w przód i w tył (*tracking and tracing* – T&T) stanowi, w ramach zarządzania jakością i poprawą bezpieczeństwa żywności, wymóg prawny. Celem jest przede wszystkim poprawa zarządzania kryzysowego w przypadku wystąpienia zagrożenia. Identyfikacja pochodzenia produktu umożliwia śledzenie przepływu partii towarów od produkcji pierwotnej aż do konsumentów końcowych (*tracking*) i w odwrotnym kierunku (*tracing*). Dzięki *traceability* istnieje możliwość wskazania, gdzie w łańcuchu zaopatrzeniowym wystąpiły problemy. *Traceability* definiowane jest jako „zdolność do identyfikacji (na wszystkich etapach produkcji i przerobu) środków spożywczych bądź paszowych, środków pochodzenia zwierzęcego lub innych substancji przeznaczonych do produkcji żywności” [Bil 2001]. Identyfikacja pochodzenia produktu nie jest zupełnie nową koncepcją, ponieważ jednoznaczne przyporządkowywanie wejść i wyjść towarów do dostawcy lub klienta było już elementarną częścią normy ISO 9000 [Girna 2004].

Po ustaleniu, jaki zakres identyfikacji pochodzenia produktu jest konieczny, wybierane są ogniwa łańcucha dostaw, które powinny zostać włączone do systemu T&T.

W łańcuchu przetwórstwa spożywczego surowce do produkcji trafiają bezpośrednio z miejsca uprawy lub za pośrednictwem dostawców lub importerów. Podczas przeładunków i transportu do miejsca przeznaczenia partie surowców ulegają częstym mieszaniom. Dlatego ważne jest, aby w każdym ogniwie łańcucha dostaw prowadzone były jednoznaczne oznaczenia, które powinny zawierać ilość i rodzaj surowca, pochodzenie (import, kraj), dane sprzedawcy, dane dotyczące transportu i magazynowania.

Podstawą rozwinięcia systemu identyfikacji pochodzenia produktu jest powiązanie zdefiniowanych jednostek produkcyjnych z przynależnymi im, istotnymi dla produktu, parametrami oraz stworzenie możliwości dostępu do odpowiednich informacji [Bil 2001].

Postępowanie przy wyborze systematyki *traceability* składa się z trzech obszarów. Np. dla zbóż dla całego procesu śledzenie przepływu towarów jest następujące [Poignée, Hannus 2003]:

- Producent rolny – „partie zbiorów”, „partie dostaw” (w przypadku magazynowania w gospodarstwie dodatkowo „partie magazynowe”);
- Skup i handel – „partie magazynowe”, „partie dostaw”;
- Młyn – „partie zbóż (w silosach)”, „partie mąki (w silosach)”, „partie mąki (w opakowaniu)”, „partie dostaw”.

Ustalenie zakresu i wybór danych jest niezmiernie ważne – dane, które są kluczowe dla śledzenia pochodzenia towarów, muszą być zidentyfikowane, a przepływ informacji musi być ustalony zgodnie z przebiegiem procesów i przepływem towarów – oraz zdefiniowanie jednostek i wielkości (*Traceable Resource Unit*) umożliwiających śledzenie towarów. Z powodu częstych procesów mieszania łańcuch dostaw wymaga systematyki, która w jednoznaczny sposób różnicuje

określone partie między sobą oraz tworzy nowe partie powstające z połączenia kilku innych. Kodowanie danych, które następuje w pierwszym ogniwie łańcucha, umożliwia na każdym etapie powiązanie ustalonych jednostek i wielkości z przyporządkowanymi im informacjami. Poprzez nadany kod istnieje dostęp do informacji, które kryją się za nim. Stanowi to podstawę identyfikacji pochodzenia produktów [Bil 2001]. Cały łańcuch powinien zapewniać odpowiedni poziom jakości, higieny i zdrowotności wszystkich produktów pośrednich i końcowych. Zdrowotność produktów powinna być zapewniana już na początku łańcucha, a więc – w przypadku łańcucha dostaw zbóż – w gospodarstwach rolniczych, włącznie z ich dostawcami środków do produkcji czy usług.

Korzyści wynikające z koncepcji *traceability* to:

- zarządzanie kryzysowe: informacje o wycofaniu z rynku określonych grup produktów,
- zarządzanie ryzykiem: różnicowanie i dokumentowanie produktów o atrybutach jakościowych nie dających się zdefiniować,
- szybki dostęp do informacji dotyczących klientów i konsumentów,
- logistyczna optymalizacja strumieni towarów,
- optymalizacja zarządzania stanami magazynów,
- system T&T jako nośnik wymiany informacji jakościowych.

Wymiana informacji jakościowych ma pozytywne skutki zarówno dla klientów (redukcja braku wiedzy o pochodzeniu dostarczanych towarów), jak i dla dostawców (dowód dla klientów o jakości dostarczanych produktów).

RASFF UE (Rapid Alert System for Food and Feed of the European Union) to europejski system szybkiego ostrzegania o niebezpiecznych produktach żywnościowych obowiązujący we wszystkich krajach Unii.

Na podstawie ustawy z 22 stycznia 2000 roku o ogólnym bezpieczeństwie produktów (Dz.U. nr 15, poz. 179) utworzono Krajowy System Informowania o Niebezpiecznych Produktach Żywnościowych. System ten obejmuje też środki żywienia zwierząt. Od 2003 roku system ten jest częścią składową RASFF – Systemu Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznych Produktach Żywnościowych i Środkach Żywienia Zwierząt [Ledźwion i in. 2010].

Struktura RASFF'u zbudowana jest na zasadzie sieci. Każdy kraj uczestniczący w systemie ma na swoim terenie krajowy punkt kontaktowy mający łączność z centralnym punktem kontaktowym (punkty kontroli na zewnętrznych granicach Unii Europejskiej także są połączone z systemem szybkiego ostrzegania). Każdy punkt ma własną skrzynkę poczty e-mail. Na jej adres przesyłane są informacje rozpowszechniane w systemie. Do wymiany informacji w obrębie systemu służą przygotowane formularze obejmujące trzy rodzaje powiadomienia:

- powiadomienie o zagrożeniu;
- powiadomienie informacyjne;
- wiadomości/informacje.

Powiadomienie o zagrożeniu odnosi się do sytuacji, gdy konieczna jest natychmiastowa interwencja. Powiadomienie informacyjne nie wymaga podjęcia natychmiastowej interwencji, ale może dostarczać przydatnych informacji o źródle zagrożenia. Wiadomości/informacje dostarczają innych przydatnych informacji niezwiązanych bezpośrednio z wystąpieniem zagrożenia żywności.

W momencie otrzymania informacji o pojawieniu na podlegającym mu terenie produktu zagrażającego bezpieczeństwu żywności, krajowy punkt kontaktowy powinien:

- zidentyfikować produkt;
- oszacować zagrożenie, uwzględniając przeprowadzone testy i analizy reprezentatywne dla oceny zagrożenia bezpieczeństwa żywności;
- zebrać dane na temat przeprowadzonych testów, którym był poddany produkt oraz informacje na temat jego pochodzenia.

Kraj uczestniczący w systemie jest zobowiązany do natychmiastowego wysłania informacji o zagrożeniu do centralnego punktu kontrolnego na stronie internetowej: <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/index.cfm?event=notificationsList>

Każdy mieszkaniec Unii Europejskiej może śledzić doniesienia dotyczące żywności niebezpiecznej.

RASFF działa od 32 lat. Jest „jednym z najważniejszych instrumentów polityki UE w zakresie bezpieczeństwa żywności”. W RASFF uczestniczy 27 krajów UE oraz Komisja Europejska, EFSA, EFTA Surveillance Authority (ESA), Szwajcaria, Norwegia, Liechtenstein i Islandia. W każdym z wymienionych państw funkcjonuje Krajowy Punkt Kontaktowy, który posiada całodobową łączność elektroniczną z Centralnym Punktem Kontaktowym RASFF; dodatkowo, do sieci włączone są punkty kontroli na zewnętrznych granicach Unii Europejskiej. Tak stworzona sieć pozwala na szybką wymianę informacji w sytuacji, gdy w łańcuchu żywnościowym pojawi się czynnik stanowiący zagrożenie dla zdrowia ludzi.

Funkcjonowanie RASFF-u w Polsce:

- W 2000 roku, na mocy ustawy “o ogólnym bezpieczeństwie produktów” (Dz.U. nr 15, poz. 179, zastąpionej ustawą z dnia 12 grudnia 2003 r., Dz.U. nr 229, poz. 2275) powołano Krajowy System Informowania o Niebezpiecznych Produktach Żywnościowych; od 2003 r. system ten stał się częścią RASFF.
- Polski Krajowy Punkt Kontaktowy (KPK), posiadający bezpośrednią łączność z Centralnym Punktem Kontaktowym RASFF, działa przy Głównym Inspektoracie Sanitarnym. Do KPK spływają informacje z Podpunktów KPK oraz organów Państwowej Inspekcji Sanitarnej. Inne jednostki uczestniczące w RASFF to inspekcje podległe Ministrowi Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Inspekcja Handlowa, terenowe organy urzędowej kontroli żywności (szczebla wojewódzkiego, powiatowego oraz punkty graniczne) nadzorowane przez Ministra Zdrowia (PIS) oraz Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (IW, IORiN, IJHAR-S), terenowe organy In-

spekcji Handlowej, jednostki naukowo-badawcze zaangażowane w proces oceny ryzyka w ramach Systemu.

- Po pojawieniu się informacji o zdarzeniu, stanowiącym zagrożenie dla bezpieczeństwa żywności i żywienia, KPK powinien zidentyfikować zagrożenie (np. produkt spożywczy), oszacować wielkość zagrożenia oraz zgromadzić dane na temat podjętych w kraju działań (np. wyniki badań analitycznych, kraj pochodzenia produktu), a następnie bezzwłocznie przesłać stosowną informację do Centralnego Punktu Kontaktowego RASFF.
- W 2010 roku do KPK spłynęło 330 powiadomień, przy czym najczęściej do systemu RASFF zgłaszano nieprawidłowości związane z chemicznymi zanieczyszczeniami żywności (145 zgłoszeń) [Ledzion i in. 2010].

Bezpieczeństwo żywności i środków żywienia zwierząt jest jednym z najważniejszych celów realizowanej wielosektorowo polityki ochrony zdrowia konsumentów. Utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa w tym zakresie posiada kluczowe znaczenie nie tylko dla ochrony zdrowia publicznego, ale także dla zachowania zaufania konsumenta do żywności. Problemy związane z bezpieczeństwem żywności występują we wszystkich krajach i mogą być rezultatem pojawiania się czynników ryzyka w obrębie całego łańcucha żywnościowego.

Zapewnienie bezpieczeństwa żywności wymaga podejmowania działań w sposób skoordynowany oraz zintegrowany. Wymagania te pozwala spełnić system bezpieczeństwa żywności ujęty w uregulowaniach prawnych, normach przedmiotowych, systemie kontroli wewnętrznej oraz systemie urzędowej kontroli żywności na przestrzeni całego łańcucha żywnościowego, które cechują się wysokim poziomem ochrony konsumenta. Sprawne funkcjonowanie systemu wymaga pełnej współpracy wszystkich zainteresowanych stron.

Zgodnie z art. 85 ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia (Dz. U. Nr 171, poz. 1225) systemem RASFF w Polsce kieruje Główny Inspektor Sanitarny.

Zgłoszenia należy przekazywać pod warunkiem, że produkty będące przedmiotem zgłoszenia mają lub mogą mieć bezpośredni lub pośredni wpływ na zdrowie ludzi w następujących przypadkach:

- wykrycie obecności substancji lub składnika zakazanego Unii Europejskiej (np. chloramfenikol);
- wykrycie obecności substancji lub składnika niedopuszczonego do stosowania lub nie zarejestrowanego w Unii Europejskiej (np. zieleń malachitowa);
- stwierdzenie przekroczenia dozwolonych poziomów substancji niepożądanych lub szkodliwych dla zdrowia ludzi lub zwierząt, regulowanych prawem krajowym bądź unijnym lub, w przypadku ich braku, przekroczenia norm międzynarodowych, lub, w przypadku ich braku, przekroczenia norm krajowych;
- stwierdzenie niedozwolonych substancji, które mogą pozostawać w kontakcie z żywnością lub środkami żywienia zwierząt (np. w wyniku niewłaściwego mycia

i dezynfekcji środka transportu, wspólnego przewozu żywności i towarów chemicznych itp.);

- stwierdzenie obecności ciał obcych (np. kawałków szkła);
- stwierdzenie nieprawidłowego oznakowania mogącego spowodować ryzyko dla zdrowia ludzi lub zwierząt (np. brak informacji o zawartości orzechów arachidowych w czekoladzie może wywołać szok anafilaktyczny u osób uczulonych);
- niedopuszczenie produktów przez służby graniczne ze względów sanitarno-weterynaryjnych (np. nieprawidłowa jakość mikrobiologiczna itp.);
- innych stwierdzonych zagrożeń na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka.

Oceny przekroczenia dozwolonych poziomów substancji niepożądanych lub szkodliwych dla zdrowia ludzi lub zwierząt dokonuje się w oparciu o aktualne przepisy Unii Europejskiej oraz obowiązujące krajowe uregulowania prawne.

W roku 2008 na terenie województwa małopolskiego prowadzono 68 postępowań w związku z powiadomieniami alarmowymi przekazanymi do tutejszego Inspektora. Przekazane powiadomienia dotyczyły m.in. stwierdzenia następujących zagrożeń:

- stwierdzenia obecności żywych i martwych owadów;
- przekroczenia dopuszczalnego poziomu migracji ołowiu i kadmu z materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością;
- przekroczenie migracji globalnej i zawartości ekstrahowanego formaldehydu;
- stwierdzenia obecności bakterii chorobotwórczych;
- przekroczenia dopuszczalnych poziomów mikotoksyn;
- stwierdzenia obecności barwnika Sudan;
- przekroczenia dopuszczalnego poziomu dozwolonych substancji dodatkowych;
- stwierdzenia obecności zanieczyszczeń fizycznych oraz inne: dotyczące stwierdzenia obecności ciał obcych, niewłaściwego znakowania, przekroczenia poziomu dioksyn, stwierdzenia obecności bakterii chorobotwórczych. W roku 2008 do Krajowego Punktu Kontaktowego zgłoszono 5 powiadomień alarmowych dotyczących stwierdzenia przekroczenia dopuszczalnego poziomu benzo(a)pirenu w konserwach rybnych.

Wobec bardzo dużej konkurencji ze strony producentów żywności z innych państw, szeroko pojęte działania promocyjne żywności produkowanej w Polsce muszą stanowić nieodłączny element działalności gospodarczej. Wprowadzane środki wspierania sektora rolno-pożywczego muszą być zgodne z obowiązującym prawodawstwem krajowym i wspólnotowym, a w szczególności nie zakłócać wolnej konkurencji na rynku i swobodnego przepływu towarów [Wierzbicka 2007].

LOGISTYKA W INŻYNIERII ROLNICZEJ

Maciej Kuboń

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Rozwój nauki oraz jej powiązanie z praktyczną działalnością może zaistnieć jedynie poprzez ciągle rozszerzanie i doskonalenie różnych obszarów wiedzy. Inwestowanie w wiedzę staje się dziś najlepszą drogą do osiągnięcia wszelkich sukcesów w różnych dziedzinach życia. Zmiany w środowisku biznesowym końca XX wieku wymusiły na naukowcach i menedżerach poszukiwania nowych wyzwań dla przedsiębiorstw i firm, które w nowym stuleciu chcą zająć znaczące miejsce na rynku o wzrastającej konkurencyjności. Sama dynamika zmian, które zaszły i zachodzą w zarządzaniu przedsiębiorstwem, sprawiła, że swoim zakresem objęły one również działalność logistyczną. Logistyka stała się dla współczesnych menedżerów tą dziedziną wiedzy, która umożliwiła poszukiwanie nowych rozwiązań. Kierunki zmian w działalności logistycznej determinowane są przede wszystkim innowacjami technicznymi, jakie wkraczają w codzienne życie. Związane są one bezpośrednio z nowinkami, które zmierzają do poprawy i efektywniejszego funkcjonowania przedsiębiorstwa we wszystkich jej obszarach, w tym również w obszarze działalności logistycznej. Logistyka stała się niezbędną wiedzą menedżerską, która kształtuje architekturę procesów w przedsiębiorstwie [Wojciechowski 2011].

Logistyka, obok takich pojęć jak biznes, marketing czy menadżer, jest symbolem głębokich zmian społeczno-gospodarczych, jakie od II połowy XX wieku stymulują burzliwy rozwój gospodarki rynkowej. Rangę oraz dominujący wpływ logistyki na działalność gospodarczą potwierdza Christopher [1998], który twierdzi, że (...) *aby skutecznie konkurować i przetrwać na rynkach, konieczne jest przekształcenie przedsiębiorstwa w organizację zorientowaną na logistykę; oznacza to, że w przedsiębiorstwie musi nastąpić przemiana, w wyniku której skoncentruje się ona na procesach, a nie na funkcjach(...)*.

Logistyka jest różnie definiowana, jednak najczęściej jest rozumiana jako metoda zarządzania łańcuchem dostaw, a więc obejmuje planowanie, realizację oraz kontrolowanie sprawnego, efektywnego przepływu surowców i materiałów do

produkcji, wyrobów gotowych, a także odpowiednią informację z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań klienta. Bywa też określana jako zarządzanie procesami przemieszczania dóbr i osób oraz działaniami wspomagającymi te procesy w systemach, w których one zachodzą [Słownik logistyczny 2006]. Za jej cel główny przyjmuje się minimalizację kosztu przepływu produktów w łańcuchu dostaw, przy zwiększeniu zysku w każdym przedsiębiorstwie (ogniwie łańcucha), a jednocześnie przy zachowaniu oczekiwanego na rynku poziomu obsługi klienta. Efektywne stosowanie nowoczesnych koncepcji i technologii logistycznych w gospodarowaniu jest obecnie koniecznością i wyzwaniem czasu dla wszystkich podmiotów zajmujących się działalnością gospodarczą zarówno w skali mikroekonomicznej, jak też w wymiarze makroekonomicznym. Wobec wyczerpania się rezerw zysku i oszczędności w sferze produkcyjnej potencjalnym źródłem korzyści i przewagi konkurencyjnej staje się sfera zaopatrzenia i dystrybucji, obsługiwana przez, nie zawsze docenianą, logistykę [Gerstenberg 1987; Rushton, Oxley 1991; Szczepankiewicz 1996; Tonndorf 1998; Ciesielski 2006].

Interdyscyplinarny charakter logistyki sprawił, że odnalazła ona swoje miejsce w agrobiznesie. Skomplikowany charakter jednostek i działań oraz procesów agrobiznesowych powodują, że logistyka zaczęła nabierać w tym obszarze nowego wymiaru. Zasadniczymi ogniwami w agrobiznesie są podmioty, które wytwarzają środki produkcji i świadczą usługi dla rolnictwa, przemysłu spożywczego, sektora rolnictwa i rybołówstwa, leśnictwa i innych. Do innych ogniw należy zaliczyć podmioty z sektora rolno-spożywczego wraz ze świadczonymi usługami, a także podmioty, które świadczą usługi na rzecz agrobiznesu i innych gałęzi gospodarki narodowej (nauka, oświata, budownictwo, transport, łączność itd.). Mnogość zadań agrobiznesu powoduje, że logistyka ma szerokie spektrum zadań.

Współczesna agrologistyka – w ujęciu ogólnym – ma charakter dualny. Jej podstawowym zadaniem jest wspieranie (zabezpieczenie) procesów realizowanych na rzecz podmiotu gospodarczego, indywidualnego gospodarstwa rolnego w agrobiznesie. Z drugiej natomiast strony należy agrologistykę rozpatrywać jako systemy wsparcia tworzące zabezpieczenie w siły i środki niezbędne do wspierania procesów podstawowych i logistycznych. W tym kontekście agrologistyka zajmuje się wsparciem eksploatacji taboru w części zamienne, oleje smary itd. [Wojciechowski 2011].

Zakres czynności logistycznych realizowanych w przedsiębiorstwach związanych z agrobiznasem jest różny i zależy od zakresu i rodzaju prowadzonej działalności gospodarczej [Kuboń 2008a; Kowalski, Tabor 2003]. Wśród wielu działań i decyzji logistycznych występujących w związku z planowaniem, realizacją i kontrolą przepływu produktów i informacji z miejsc pochodzenia do miejsc konsumpcji można wyodrębnić następujące grupy: kształtowanie infrastruktury technicznej, kształtowanie poziomu i jakości obsługi klienta, lokalizacja obiektów,

działalność transportowa, kształtowanie i kontrola stanu zapasów, gromadzenie i przekazywanie informacji, powtórne zagospodarowanie pozostałości i zwrotów towarowych oraz gospodarka opakowaniami [Kapusta 2006].

W analizie działalności gospodarstw rolniczych należy uwzględnić specyfikę ich działania. Generalnie, wyrazem tej specyfiki są przede wszystkim praca z żywymi organizmami i duża zależność wyników od środowiska przyrodniczego, niespotykana w przypadku przedsiębiorstw innych branż [Wajszczuk 1998, Ziętara 1998, Wiatrak 2005]. Gospodarstwa rolnicze w odróżnieniu od przedsiębiorstw nierolniczych posiadają charakterystyczne cechy, które decydują o ich specyficznym charakterze:

- rola ziemi jako środka produkcji i biologiczny charakter tej produkcji (rośliny i zwierzęta) powoduje, że gospodarstwa rolnicze, jak żadne inne, są uzależnione od przyrody. Oznacza to, że oprócz innych czynników ryzyka i niepewności w planowaniu produkcji rolniczej dochodzi ryzyko przyrodnicze,
- ciągłość procesu produkcyjnego przy nieciągłych procesach pracy (skutkująca nierównomiernym zapotrzebowaniem na czynniki produkcji),
- cykl produkcji wyznaczony w rolnictwie przez siły przyrody określa tempo krążeń kapitału,
- większość decyzji produkcyjnych podejmowana jest w warunkach niepewności, co przekłada się na niepewność ekonomiczną,
- różnorodność transportowanych ładunków, która implikuje potrzebę posiadania wielu różnorodnych środków transportowych,
- duża masa przewożonych ładunków jak również krotkość przewozów (20-80 t·ha⁻¹ UR),
- przewozy na niewielkich odległościach, po drogach o złej jakości,
- w większości przypadków brak bezpośredniego kontaktu przedsiębiorstw rolniczych z klientami – produkcja dostosowana w większości przypadków do potrzeb określanych przez firmy zajmujące się skupem i przetwórstwem,
- ograniczone możliwości wyboru dostawców i odbiorców,
- ograniczone możliwości w zakresie dostarczania produktów do odbiorców,
- mały wpływ na poziom uzyskiwanych cen za swoje produkty.

Wymienione przez Nizińskiego [1998] i Wajszczuka [2010] cechy dowodzą, że gospodarstwo rolne jest specyficznym przedsiębiorstwem produkcyjnym, w którym zachodzą, podobnie jak w innych przedsiębiorstwach branży pozarolniczej, procesy logistyczne, takie jak: proces zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji, transportu, magazynowania czy też utylizacji np. opakowań. Jednak specyficzny charakter produkcji rolniczej powoduje, iż procesy te są o wiele trudniejsze w planowaniu i realizacji aniżeli w przedsiębiorstwach nierolniczych. W wielu przypadkach narażone są one na działanie czynników zewnętrznych, których bardzo często nie można przewidzieć.

Logistyka jest dziś jedną z najszybciej rozwijających się form działalności gospodarczej. Wiele jest przyczyn tego zjawiska, jednak jako najważniejsze można wymienić następujące [Beier, Rutkowski 2004]:

- rezerwy oszczędności kosztów w sferze techniki i technologii produkcji już zostały w znacznym stopniu wyczerpane, mogą one być jeszcze uzyskane w transporcie, spedycji lub magazynowaniu,
- stale rozszerzana jest oferta dla klientów, co jest rezultatem szerokiego przyjęcia koncepcji marketingowej, czyli zaoferowania klientom tego, co, kiedy i w jakiej formie sobie życzą,
- zmiana proporcji utrzymywania zapasów między detalistami a hurtownikami i producentami z 50:50 na 10:90 (detaliści chcą jak najmniej produktów magazynować, a jednocześnie jak najszybciej towar sprzedać),
- koszty transportu, m.in. na skutek znacznego wzrostu cen paliw, bardzo wzrosły, tradycyjne systemy dystrybucji stały się zbyt kosztowne,
- szybki rozwój technik komputerowych, co ułatwiło rejestrację wielu niezbędnych w logistyce danych dotyczących m.in.: lokalizacji każdego konsumenta, wielkości każdego zamówienia, lokalizacji zakładów produkcyjnych, składów i centrów dystrybucyjnych, kosztów transportu, dostępnych przewoźników i poziomu oferowanych przez nich usług, lokalizacji dostawców, a także poziomu zapasów utrzymywanych w każdym składzie i centrum dystrybucyjnym,
- coraz więcej przedsiębiorstw stosuje zaawansowane sposoby organizacji i metody produkcji, np. just-in-time, rośnie znaczenie precyzji w realizacji dostaw surowców, półfabrykatów i produktów finalnych,
- globalizacja działań przedsiębiorstw, co wiąże się między innymi z rosnącą konkurencją między producentami i dostawcami w ujęciu ogólnosiwiatowym, szybkim przepływem kapitału, towarów, technologii i informacji.

Jednocześnie problematyka rozwoju logistyki w literaturze ekonomiczno-rolniczej jest relatywnie mało eksponowana. Dotychczas częściej można było spotkać opracowania dotyczące, np. transportu czy gospodarki magazynowej, jednak w ujęciu raczej przyczynkowym, niż we współczesnym rozumieniu, jako całościowe powiązanie wszystkich ogniw łączących producentów, pośredników i klientów.

Logistyka w strategiach konkurencyjności

Logistyka jest coraz częściej uznawana przez polskie przedsiębiorstwa za kluczowy czynnik uzyskiwania przewagi konkurencyjnej. Wykorzystanie logistyki zaczyna stopniowo wykraczać poza poziom operacyjny, a przedsiębiorstwa świadome zagrożeń ze strony silnej konkurencji zaczynają wykorzystywać ją na poziomie strategicznym. O obecności logistyki na poziomie strategicznym świadczy fakt ścisłego jej związku ze wszystkimi aspektami zarządzania w przedsiębior-

stwie. Staje się ona wówczas wyznacznikiem najważniejszych procesów decyzyjnych [Krasnodębski, Kuboń 2010].

Doskonała logistyka jest dziś jednym z rozstrzygających atutów we współzawodnictwie na rynkach. Nie ma już rynków krajowych – wszystkie są międzynarodowe, a wiele zmierza ku postaci globalnej. Coraz częściej konkurują nie przedsiębiorstwa, ale łańcuchy dostaw. Tym wyzwaniom musi sprostać logistyka, która przestała już być traktowana jako zbiór metod przydatnych do rozwiązywania problemów operacyjnych. Większość przedsiębiorstw, w tym także wiele polskich, traktuje logistykę jako szansę strategiczną [Szulc 2004].

Logistyka najczęściej jest rozumiana jako metoda zarządzania łańcuchem dostaw. Jest to więc planowanie, realizacja oraz kontrolowanie sprawnego, efektywnego przepływu surowców i materiałów do produkcji, wyrobów gotowych, a także odpowiednia informacja z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu zaspokojenia wymagań klienta. Bywa też określana jako zarządzanie procesami przemieszczania dóbr i osób oraz działaniami wspomagającymi te procesy w systemach, w których one zachodzą [Słownik logistyczny 2006]. Za jej cel główny przyjmuje się minimalizację kosztu przepływu produktów w łańcuchu dostaw, przy założeniu zwiększającego się zysku w przedsiębiorstwie z jednoczesnym zachowaniu na rynku wysokiego poziomu obsługi klienta.

Doświadczenia w wielu krajach europejskich dowodzą, że koszty logistyczne mogą być podstawą zdobywania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw. Na poziomie strategii konkurencyjnej, koszty logistyczne często są strategią podstawową lub istotnym elementem wspierającym strategię podstawową. Relacje między kosztami logistycznymi a strategiami przedsiębiorstwa odgrywają bardzo istotną rolę w zarządzaniu strategicznym i mają bardzo duży wpływ na rozwój i wdrażanie nowych strategii konkurencyjnych [Krasnodębski, Kuboń 2010]. Szacuje się, że średnio 20-40% kosztów w przedsiębiorstwach przypada na koszty logistyczne [Rutkowski 1993; Rzymyszkiewicz 1995; Kępka 2001], z czego, jak podają Skowronek i Sariusz-Wolski [2003], 40-50% stanowią koszty przepływów fizycznych, 30-40% – koszty zapasów a 15-20% – koszty procesów informacyjnych. Należy tutaj zaznaczyć, iż koszty te dotyczą przedsiębiorstw z branż pozarolniczych i dotyczą ogólnych kosztów logistyki.

Przedsiębiorstwo, które chce przetrwać w otoczeniu konkurencyjnym i rozwijać się, musi formułować i realizować strategię na różnych poziomach i w różnych wyspecjalizowanych przekrojach zarządzania. W myśl tej zasady strategię odnosi się do poszczególnych obszarów działania przedsiębiorstwa i jego funkcji. Obejmują one:

- strategię przedsiębiorstwa – formułowaną na najwyższym szczeblu zarządzania, określającą jakie rodzaje działalności muszą być prowadzone, by osiągnąć przewagę strategiczną;

- strategię sposobu prowadzenia działalności – formułowaną na poziomie średnim, dla poszczególnych rodzajów działalności (dla grup produktów, rynków, grup klientów);
- strategię funkcjonalną – formułowaną w odniesieniu do poszczególnych funkcji przedsiębiorstwa (strategia: marketingowa, produkcyjna, sprzedaży, finansowa, logistyczna itp.).

Wśród strategii funkcjonalnych bardzo istotną rolę odgrywają strategie logistyczne, które muszą być podporządkowane strategii przedsiębiorstwa i gwarantować osiągnięcie celów przedsiębiorstwa w obszarze logistyki. Powinny być również skoordynowane z innymi strategiami funkcjonalnymi przedsiębiorstwa i dostosowane do jego sytuacji wewnętrznej oraz otoczenia. Relacje między strategiami konkurencyjnymi a strategiami logistycznymi przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Relacje między strategiami konkurencyjnymi a strategiami logistycznymi

Dominująca strategia konkurencyjna					
Przywództwo kosztowe	Tworzenie unikatowości dla klienta	Konkurowanie zorientowane na czas	Rozwijanie kluczowych kompetencji	Uzyskiwanie przewagi dzięki współdziałaniu	Konkurowanie o przyszłość
Dominująca strategia logistyczna					
Minimalizacja kosztów logistyki	Wysoki i zróżnicowany logistyczny poziom obsługi klienta	Skracanie cykli operacyjnych	Lean logistics	Zintegrowany łańcuch dostaw	Wirtualna i elastyczna logistyka
Kluczowe koncepcje logistyki i główne związki między strategiami logistycznymi					
Minimalizacja kosztów fizycznej dystrybucji, konsolidacja, standaryzacja	Czas dostawy i jakość serwisu (obsługa klienta)	JiT, standardy obsługi klienta	Outsourcing	Zdolność reagowania, ECR, ECI	Operatywność, wirtualność, synergia

Źródło: opracowanie na podstawie: T.L. Thoun, *Logistics Strategies and Competitive Advantage*, *Journal of Business Management* 1995, nr 5, podaje za: Ciesielski M. (1999): *Logistyka w zarządzaniu strategicznym*. PWN, Warszawa, 50.

Strategie logistyczne mogą być analizowane w kontekście modelu M.E. Portera [1993], który zawiera trzy podstawowe strategie: przywództwa pod względem kosztów, wyróżniania się oraz koncentracji. Strategia przywództwa pod względem kosztów realizuje swoje cele na drodze redukcji kosztów swojej działalności, strategia wyróżniania polega na oferowaniu przez przedsiębiorstwo produktów lub usług specyficznych, które wyraźnie wyodrębniają się od pozostałych pro-

duktów lub usług konkurencji. Natomiast strategia koncentracji opiera się na założeniu, że przedsiębiorstwo koncentrując się na danym segmencie nabywców lub asortymencie, potrafi lepiej obsłużyć swój wąski segment niż konkurenci działający w szerszej skali.

Warto również zwrócić uwagę na koncepcję Kaya [1996], który określa przewagę konkurencyjną jako zastosowaną i wprowadzoną na rynek wyróżniającą zdolność firmy. Wyróżniające zdolności obejmują według Kaya innowacje, reputację, strategiczne zasoby i tzw. architekturę, czyli relacje między ludźmi w firmie i powiązania firmy z odbiorcami, dostawcami i innymi przedsiębiorstwami z branży. To ujęcie pozwala na bardziej elastyczne rozumienie relacji między przewagą konkurencyjną a konkurencją. Jest ono jednocześnie bardzo użyteczne dla badania relacji między logistyką a przewagą konkurencyjną firmy.

Inną koncepcję wyróżniania strategii logistycznych przyjęli Coyle, Bardi i Langley [2002]. Jest ona oparta na porterowskim podziale podstawowych strategii konkurencji. Koncepcja ta obejmuje: strategie zorientowane na czas, strategie zwiększania produktywności aktywów oraz strategie dodawania wartości.

Strategie zorientowane na czas dotyczą takich sposobów działań logistycznych, które pozwolą skrócić czas procesów i czynności logistycznych. Jedną z głównych strategii zorientowanych na czas jest strategia skracania czasu realizacji zamówień. Na czas realizacji zamówień wpływają następujące czynniki: procesy, informacje i podejmowanie decyzji. Czas realizacji zamówienia pozwalają skrócić następujące metody: cross-docking, system Just-in-Time (JiT), szybka reakcja (QR), zastosowanie kodów kreskowych i czytników optycznych oraz koncepcja efektywnej obsługi klienta (ECR), a także inne – oparte na wykorzystaniu nowoczesnych technologii informacyjnych.

Strategie zwiększania produktywności aktywów dotyczą lepszego wykorzystania zapasów, obiektów i sprzętu. W obniżeniu zapasów duże znaczenie mają wcześniej wymienione rozwiązania, takie jak Just-in-Time (JiT), szybka reakcja (QR), koncepcja efektywnej obsługi klienta (ECR), a także cross-docking, kody kreskowe i czytniki optyczne. Duże znaczenie ma strategia zarządzania zapasami przez dostawcę. Na poprawę wykorzystania obiektów (np. magazynów) wpływają: cross-docking, zastosowanie kodów kreskowych oraz czytników optycznych. Ponadto ważne są takie rozwiązania, jak dostawy bezpośrednie z zakładu, dostawy bezpośrednio do sklepów.

Strategie dodawania wartości polegają na zmniejszaniu kosztów i/lub poprawie wyników działalności gospodarczej firm-klientów. Następuje to w drodze stosowania takich rozwiązań logistycznych, jak: koncepcja efektywnej obsługi klienta (ECR), szybka reakcja (QR), stosowanie specjalnych spaletyzowanych opakowań, realizowanie dostaw ściśle według harmonogramów, wyprzedzające powiadomienie o wysyłce i elektroniczna wymiana danych (EDI).

Kierownictwo wielu przedsiębiorstw dawno zauważyło, że logistyka może być szansą strategiczną dla ich przedsiębiorstw. Logistyka może samodzielnie lub

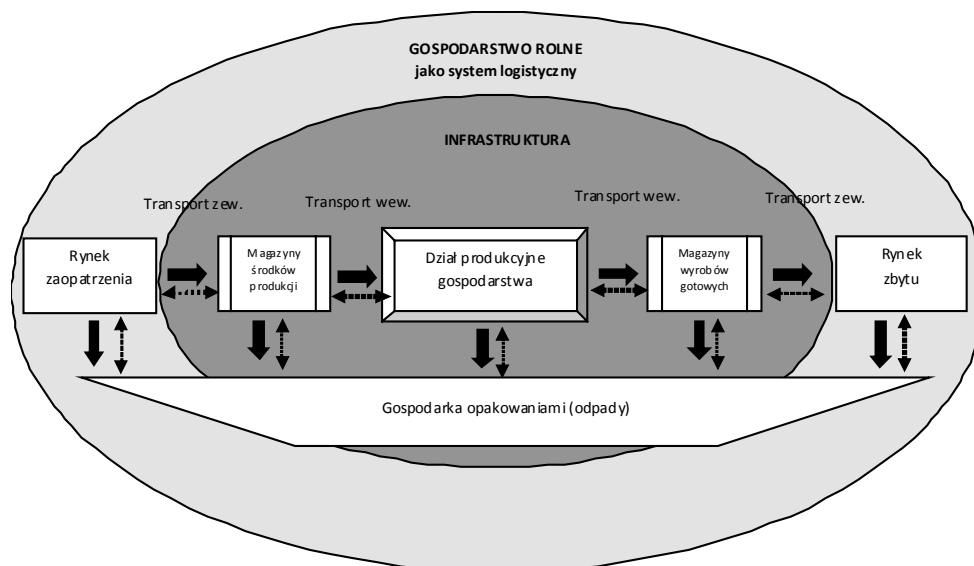
w powiązaniu z innymi rodzajami działalności określać sposób zdobywania przewagi konkurencyjnej - w ramach walki konkurencyjnej, negocjacyjnej czy też przetargowej.

Podstawowe obszary działań logistycznych

Zarządzanie przepływem materiałów i produktów

Każde przedsiębiorstwo produkcyjne w działalności zaopatrzeniowej, wytwórczej i dystrybucyjnej staje przed koniecznością uporania się z problemami przestrzeni i czasu [Wasilewski 2004]. W procesie produkcji rolniczej, jak zresztą w każdym procesie produkcyjnym, występuje konieczność przemieszczania różnorodnych ładunków. Składają się na nie głównie środki produkcji (własne lub zakupione) oraz produkty rolnicze jako wynik działalności gospodarstw rolnych [Sawa, Parafiniuk 1999; Kuboń 2007]. Niezależnie od rodzaju wytwarzanych produktów, odległości od miejsc pozyskania surowców i materiałów, położenia w stosunku do rynków zbytu oraz innych uwarunkowań, pokonanie czasowo-przestrzennej luki pomiędzy zaopatrzeniem a dystrybucją wymaga realizacji procesów przepływu produktów i informacji. Znaczenie sprawności tych przepływów w działalności gospodarczej rośnie wraz ze wzrostem natężenia konkurencji i przekształcaniem się rynku sprzedawców na rynki nabywców [Wasilewski 2003, 2004]. Natomiast stopień złożoności tych przepływów w gospodarstwach rolniczych jest funkcją ich wielkości i charakteru działalności, wielkości produkcji i sprzedaży, skali złożoności produkcji, a przede wszystkim zasięgu przestrzennego prowadzonej działalności gospodarczej [Witkowski 1995; Blaik 2001]. Rozwiązywanie podstawowych zadań logistycznych, takich jak: planowanie zaopatrzenia materiałowego, sterowanie zapasami, organizacja transportu, magazynowanie czy też organizacja sprzedaży, nie jest możliwe bez dokładnej analizy wielkości i struktury przepływów surowcowo-towarowych.

System logistyczny przedsiębiorstwa, jakim jest gospodarstwo rolne (rys. 1), może być bardzo prosty lub bardzo złożony. Jest to uzależnione od wielkości gospodarstw, struktury produkcji, kierunku lub specjalizacji produkcji. Zintegrowanie zarządzania przepływami rzeczowymi i informacyjnymi obejmuje trzy podstawowe fazy: zaopatrzenie, produkcję oraz dystrybucję. W celu ustalenia przepływów międzygałęziowych masy towarowej w gospodarstwie, rozpatruje się ją jako masę produktów wytwarzanych przez poszczególne gałęzie produkcji oraz masę własnych i zakupionych z zewnątrz środków produkcji, niezbędnych do jej zabezpieczenia. Część masy towarowej wyprodukowanej w danej gałęzi może być zużywana jako środki produkcji w danej gałęzi lub przekazywana do innej gałęzi (w ramach obrotu wewnętrznego), lub też przekazywana jest do podmiotów gospodarczych poza obszar gospodarstw (dystrybucja towarów).



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Ficoń 2001; Skowronek, Sariusz-Wolski 2008]

gdzie:



przepływ towarów pomiędzy poszczególnymi ogniwami łańcucha logistycznego
przepływ informacji

Rys. 1. Przedsiębiorstwo rolnicze jako system logistyczny

Przeprowadzone przez autora szczegółowe badania [Kuboń 2007a] w 50 gospodarstwach rolniczych wykazały duże zróżnicowanie pomiędzy badanymi grupami gospodarstw w wielkości i strukturze przepływów surowcowo-towarowych. Badane gospodarstwa podzielono na 5 grup w zależności od typu rolniczego [FAPA 2000]:

Grupa A – gospodarstwa specjalizujące się w uprawach polowych,

Grupa B – gospodarstwa specjalizujące się w chowie zwierząt żywionych w systemie wypasowym,

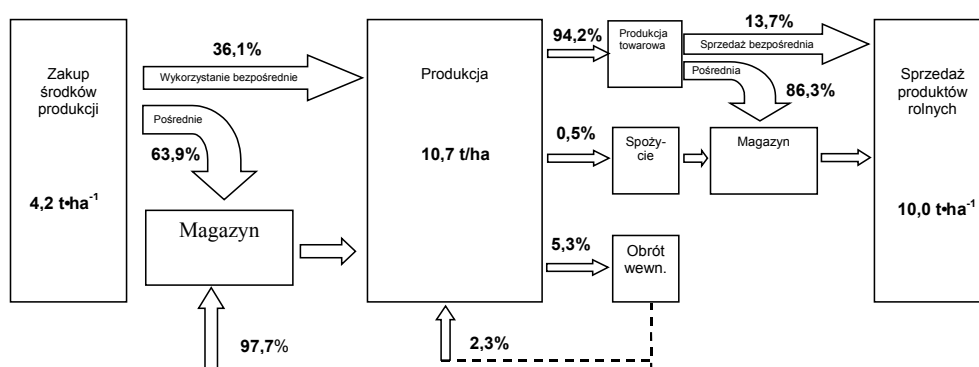
Grupa C – gospodarstwa specjalizujące się w chowie zwierząt żywionych paszami treściwymi,

Grupa D – gospodarstwa uprawiające różne uprawy i zwierzęta łącznie,

Grupa E – gospodarstwa specjalizujące się w uprawach ogrodnich.

W badanych grupach gospodarstw występowało duże zróżnicowanie w wielkości zakupywanych środków produkcji ($1,3-7,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), wielkości produkcji ($10,7-36,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), jak również wielkości produkcji towarowej ($1,6-36,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Wynika z tego, że w każdej z analizowanych grup gospodarstw występowały

inne zadania logistyczne, które w większości przypadków realizowano z wykorzystaniem własnej bazy magazynowej oraz własnych środków i urządzeń transportowych.



Rys. 2. Struktura przepływów surowcowo-towarowych w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych

Przykładowo w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych (rys. 2) średnia wielkość zakupionych bądź wyprodukowanych środków produkcji wynosiła 4,2 t·ha⁻¹ UR, z czego 88,2% to środki zakupione z zewnętrznych rynków, a 11,8% wyprodukowane w gospodarstwie. Bezpośrednio do produkcji przeznaczano 36,1% zakupionych towarów, a pozostała część (63,9%) była magazynowana w celu późniejszego wykorzystania. W wyniku prowadzonej działalności produkcyjnej średnia wielkość produkcji wyniosła 10,7 t·ha⁻¹ UR, przy czym 97,8% stanowiła produkcja roślinna, a 2,2% zwierzęca. Niewielka część produkcji była przeznaczona na spożycie (0,5%) i obrót wewnętrzny (OW) – 5,3%. Pozostała część (94,2%) to produkcja towarowa – 10,0 t·ha⁻¹ UR. Sprzedaż bezpośrednia stanowiła jedynie 13,7% produkcji towarowej. Pozostałe 86,3% produkcji było magazynowane na terenie gospodarstwa i sukcesywnie sprzedawane odbiorcom indywidualnym lub przedsiębiorstwom produkcyjnym.

Sprawność przepływów surowcowo-towarowych gwarantują trzy kategorie czynników: organizacyjne, techniczne i ekonomiczne [Mokrzyszczak 1998]. Czynniki organizacyjne stanowią o poziomie rozwoju systemu logistycznego, stosowanych technologiach i metodach zarządzania oraz decydują o jego efektywności – tak funkcjonalnej, jak też ekonomicznej. Organizacja i zarządzanie procesami logistycznymi odbywa się wg tradycyjnych metod opartych na czteroetapowym cyklu obejmującym: planowanie, organizowanie, stymulowanie oraz kontrolowanie i nadzorowanie. Kompleks czynników organizacyjnych jest w dużym stopniu uzależniony od technologii przetwarzania strumieni informacyjnych sterujących bez-

pośrednio fizycznym przepływem surowców i towarów. Grupa czynników technicznych, warunkująca sprawność procesów logistycznych, obejmuje takie elementy jak: dostępność i wydajność źródeł zaopatrzenia, rytmiczność i ciągłość procesów produkcyjnych, stan i możliwości infrastruktury logistycznej, poziom zapasów rzeczowych oraz technologia zbytu i dystrybucji. Z punktu widzenia efektywności działalności logistycznej najważniejszym elementem jest technologia zbytu i dystrybucji wyrobów gotowych, która w dużym stopniu bazuje na powszechnie stosowanych zasadach i technikach marketingowych. W tej dziedzinie do rangi pierwszoplanowej urasta dziś szeroko rozumiana obsługa klienta, będąca pochodną jego potrzeb i standardów konkurencji rynkowej. Czynniki ekonomiczne wpływają pośrednio na sprawność fizyczną przepływów surowcowo-towarowych, gdyż kryterium kosztów decyduje w wielu przypadkach o ruchu określonych zasobów logistycznych w postaci fizycznych procesów przepływu lub ich bezruchu, np. w formie zapasów magazynowych. Ekonomicznym wyrazem fizycznych procesów przepływu są transakcje handlowe, gdyż najczęściej przepływy między podmiotami gospodarczymi odbywają się na rynku w postaci umowy kupna-sprzedaży. Bez względu na charakter procesu fizycznego sprzedającym jest dostawca surowca lub materiału, a kupującym jego odbiorca [Ficoń 2001].

Transport

W logistyce transport jest rodzajem działalności bezpośrednio odpowiedzialnej za przemieszczanie dóbr (materiałów i ładunków) pomiędzy stacjonarnymi elementami sieci i systemów logistycznych, takimi jak: baza surowcowa, gospodarstwa rolne, magazyny, punkty sprzedaży. Transport występuje jako istotne ogniwo w dwóch spośród trzech najważniejszych przepływów logistycznych: fizycznego przepływu towarów, przepływu informacyjnego i przepływu finansowego [Brewer in. 2006; Coyle i in. 2002]. Transport bierze aktywny udział w zapewnieniu przepływu towarowego i realizacji przepływu informacyjnego.

Transport, obok magazynowania i czynności przeładunkowych, stanowi jeden z podstawowych obszarów działalności logistycznych. Oprócz swej funkcji autonomicznej warunkuje również realizację innych funkcji logistycznych, takich jak: działalność zaopatrzeniowa, dystrybucja towarów, obsługa zwrotów, gromadzenie zapasów czy obsługa klienta. Ponadto transport wchodzi w konkretne interakcje z innymi obszarami działalności logistycznej, a jego organizacja jest ściśle powiązana ze sposobem funkcjonowania tych obszarów [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak 2009] .

Sprawność przepływów surowcowo-towarowych w przedsiębiorstwach rolniczych jest uzależniona w głównym stopniu od właściwego wyposażenia gospodarstw w techniczne środki produkcji w postaci środków i urządzeń transportowych, które wchodzi w skład infrastruktury logistycznej [Kuboń 2007b]. Środki

transportowe będące na wyposażeniu gospodarstw rolniczych stanowią obecnie znaczną część ich majątku trwałego, co wynika z roli, którą transport pełni w gospodarstwie uważanym za „przedsiębiorstwo transportowe wbrew woli” [Wolszczan 1998]. Specyficzne cechy produkcji rolniczej – tj. przestrzenny charakter, sezonowość, różnorodność pozyskiwanych produktów, jakość dróg rolniczych i inne – wymagają, aby gospodarstwo dysponowało różnorodnymi, a czasami specjalistycznymi, środkami transportu. Z drugiej strony posiadanie tak różnorodnego sprzętu pociąga za sobą konieczność ponoszenia odpowiednio wysokich kosztów związanych z jego utrzymaniem i użytkowaniem [Wajszczuk 1998]. Dlatego też podstawową decyzją o posiadaniu środka bądź urządzenia transportowego powinny być koszty, które zależą przede wszystkim od ich wykorzystania [Kuboń 2001]. Niezbędne staje się więc określenie liczby i rodzaju środków transportowych, które nie powodując nadmiernych kosztów, zagwarantują sprawną realizację procesów logistycznych. Istotną rolę odgrywają również czynności manipulacyjne, wykonywane wewnątrz gospodarstwa jak również poza nim, w ramach procesów zaopatrzenia i zbytu. Wpływają one w dużym stopniu na pracochłonność procesów transportowych jak również wydajność środków transportowych, a tym samym – na koszty obsługi transportowej. Liczne badania dowodzą [Ławicki, Golka 1988; Kokoszka, Kuboń 2003, 2005; Kokoszka, Kuboń, Sęk 2002], że czynności te pochłaniają od 60-70% ogólnych nakładów robocizny wydatkowanych na prace transportowe, a wzrost wskaźnika mechanizacji prac ładunkowych o 10% powodował obniżenie nakładów robocizny średnio o 8,7%.

Przeprowadzone przez autora badania [Kuboń 2007b] wykazały, iż wyposażenie badanych gospodarstw w środki transportowe jest wysokie, natomiast ich wykorzystanie niskie. Najlepsze zarówno pod względem ilościowym jak też jakościowym odnotowano w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych, natomiast najgorsze w gospodarstwach wielokierunkowych. Roczne wykorzystanie ciągników mieściło się w granicach od 865 do 429 godzin, samochodów dostawczych od 582 do 178 godzin, a ciężarowych od 107 do 101 godzin. Najwyższe roczne wykorzystanie ciągników, samochodów dostawczych i ciężarowych odnotowano w gospodarstwach warzywniczych. Najniższe wykorzystanie ciągników występowało w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych, samochodów osobowych w gospodarstwach warzywniczych a dostawczych w mieszanych. Średnio na jeden środek transportowy, w zależności od specjalizacji gospodarstw, przypada od 0,4 do 1,2 środka za- lub wyładunkowego. Najlepiej wyposażoną grupą gospodarstw w urządzenia za- i wyładunkowe były gospodarstwa specjalizujące się w uprawach polowych.

Reasumując, należy stwierdzić, iż konieczne są działania mające na celu obniżenie stanu ilościowego środków transportowych (wyeliminowanie starego, wyeksploatowanego sprzętu) lub też zwiększenie ich rocznego wykorzystania poprzez zespolowe ich użytkowanie lub też świadczenie usług.

Zapasy i gospodarka magazynowa

Procesom logistycznym przebiegającym wewnątrz przedsiębiorstw, jak również między nimi, obejmującym przepływy środków produkcji, produkcji w toku oraz produktów gotowych, zawsze towarzyszą zapasy. Ich poziom i struktura uwarunkowane są wieloma czynnikami zarówno wewnętrznymi, jak i zewnętrznymi. Jak zauważa Dębski [1996], Pietraszewski [1995] oraz Skowronek, Sariusz-Wolski [2008], zapasy w dużym stopniu decydują o poziomie kosztów logistyki w gospodarstwach i dlatego ich wielkość powinna być gospodarczo i ekonomicznie uzasadniona. Konieczność utrzymania zapasów wiąże się również z zapewnieniem ciągłości procesów produkcyjnych, ciągłością sprzedaży, zabezpieczeniem przed zmianami cen zarówno surowców, jak i produktów, jak również utrzymaniem odpowiedniej jakości wytworzonych produktów rolniczych. Dla tak funkcjonującego w gospodarstwie systemu zaopatrzenia i zbytu konieczne jest posiadanie odpowiedniej bazy magazynowej [Kowalski, Tabor 2003; Kuboń 2008a].

Koszty magazynowania (utrzymania zapasów) to drugi po kosztach transportu podstawowy składnik kosztów logistycznych. Na ich wysokość wpływa przede wszystkim amortyzacja majątku trwałego, zużycie materiałów, paliw lub energii służących do realizacji funkcji magazynowania, koszty obsługi oraz inne koszty niezbędne do funkcjonowania magazynu. Można je minimalizować poprzez racjonalne wykorzystanie potencjału magazynowego oraz wzrost wydajności pracy dzięki mechanizacji i automatyzacji podstawowych czynności magazynowych [Mokrzyszczak 2002; Wasilewski 2004; Kuboń 2006].

Zapasy mogą być utrzymywane w różnych fazach przepływu w ramach łańcucha dostaw – od zapasów surowców i nieprzetworzonych materiałów, przez tzw. zapasy w toku produkcji, aż do zapasów wyrobów gotowych, składowanych centralnie lub w sieci dystrybucji. Zarządzanie zapasami jest prawdziwym wyzwaniem i zwykle wiąże się z wyborem określonej strategii działania [Schary 2002; Kuboń, Tabor 2010]. Najczęściej są to działania mające na celu utrzymanie zapasów na poziomie zapewniającym normalne funkcjonowanie gospodarstwa, przy minimalizacji ich poziomu ze względu na koszty utrzymania. Niekorzystnym zjawiskiem w produkcji rolniczej sprzyjającym powstawaniu zapasów jest zjawisko sezonowości, które dotyczy zarówno produkcji roślinnej, jak również zwierzęcej. W rolnictwie sezonowość produkcji w przypadku podaży jest przyczyną gromadzenia zapasów po stronie producenta i wynika z istnienia dysproporcji pomiędzy sezonowością skupu produktów rolnych, produkcji przemysłu przetwórczego i popytem na artykuły gotowe. Zapas ten wykorzystywany jest w czasie, w którym stosunek podaży do popytu jest odwrotny [Wasilewski 2010]. Aby racjonalnie gospodarować zapasami, właściciele gospodarstw rolniczych powinni oprócz odpowiedniej infrastruktury posiadać odpowiedni poziom wiedzy na temat gospodarki zapasami oraz świadomość potrzeby ich optymalizacji.

Na podstawie przedstawionych rozważań nasuwa się pytanie: czy zapasy w gospodarstwach rolniczych to konieczność, czy tylko zapobiegliwość ich właścicieli?

Próba odpowiedzi na to pytanie były badania przeprowadzone przez autora [Kuboń 2011] w wybranych gospodarstwach rolniczych położonych w rejonie Polski południowej. Poziom zapasów w badanych obiektach kształtował się na poziomie $10,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i wraz ze wzrostem powierzchni produkcyjnej oraz odległości od rynków zaopatrzenia rósł w przyjętych grupach. W przypadku powierzchni produkcyjnej odnotowano wzrost o 92,7%, a w przypadku wzrostu odległości od rynków zaopatrzenia o 27,7%. Biorąc natomiast pod uwagę odległości do rynków zbytu, stwierdzono, że najniższy poziom zapasów występował w obiektach oddalonych od rynków zbytu ponad 2 km – $8,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a największy przy oddaleniu od 1,01 do 2,00 km – $16,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W strukturze przechowywanych zapasów przeważały płody rolne, które stanowiły 98,5%, a pozostałe 1,5% to środki do produkcji rolniczej. Największy udział płodów rolnych w ogólnej strukturze zapasów odnotowano w gospodarstwach o powierzchni 5,01-10,0 ha – 99,4%, a najmniejszy – 98,4% o powierzchni 10,01-15,0 ha. Generalnie jednak należy stwierdzić, że różnice w tym zakresie pomiędzy porównywanymi grupami obszarowymi były nieznaczne i statystycznie nieistotne. Jednocześnie uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na pewien trend w strukturze gromadzenia zapasów. Rolnicy więcej gromadzą towarów wyprodukowanych w gospodarstwie, a mniej środków produkcji pozyskanych na zewnętrznych rynkach zaopatrzeniowych.

Utrzymanie zapasów na określonym poziomie ilościowym i jakościowym wymusza na właścicielach gospodarstw rolniczych posiadanie odpowiedniej infrastruktury magazynowej (magazyny, stodoły, wiaty, silosy, chłodnie, zbiorniki i płyty gnojowe). Liczba i rodzaj magazynów powinna wynikać z profilu produkcji oraz organizacji procesów zaopatrzenia i zbytu, a wszystkie czynności związane z gospodarką zapasami powinny być ukierunkowane na minimalizację bezpośrednich i pośrednich kosztów magazynowania.

Średnie wykorzystanie powierzchni magazynowej kształtowało się na poziomie 69,3%, z czego 45,2% zajmowały płody rolne, 20,6% maszyny i urządzenia rolnicze, a 3,1% środki produkcji. W miarę wzrostu wielkości powierzchni produkcyjnej wykorzystanie powierzchni magazynowej rosło. We wszystkich grupach obszarowych najwięcej miejsca zajmowały płody rolne – od 41,5% do 49,2%, a najmniej środki produkcji – od 2,5% do 3,8%. Wzrost odległości od rynków zaopatrzenia powodował również wzrost wykorzystania powierzchni magazynowej (62,3% do 80,7%). Analizując poziom wykorzystania pod kątem odległości od rynków zbytu, stwierdzono, że najwyższe wykorzystanie występuje w gospodarstwach oddalonych od rynków o 1,01-2,00 km, z czego największą powierzchnię magazynową podobnie jak w poprzednich przypadkach zajmowały płody rolne, a najmniej środki produkcji [Kuboń 2011].

Gromadzenie zapasów w dzisiejszych czasach jest poniekąd koniecznością ze względu na niepewną sytuację na rynku, jak również brak możliwości bezbłędne-

go przewidywania zmian na rynkach zaopatrzenia i zbytu. Tworzenie i utrzymywanie zapasów napotyka jednak na szereg trudności i ograniczeń, związanych przede wszystkim z ponoszeniem wielu rodzajów kosztów. W celu wypracowania racjonalnego postępowania należałoby wprowadzić do gospodarstw rolniczych różne strategie logistyczne, dotyczące umiejętnego zarządzania zapasami, pozwalające na optymalizację poziomu zapasów. Aby jednak móc wprowadzać odpowiednie strategie, potrzebna jest odpowiednia wiedza i świadomość potrzeby odpowiedniej gospodarki zapasami [Kuboń 2010].

Zbyt duże zapasy zamrażają na pewien okres kapitał oraz zwiększają koszty ich przechowywania. Niedostateczne zapasy natomiast powodują przerwy w produkcji – co jest rzeczą niedopuszczalną w przypadku produkcji rolniczej – lub też naruszają umowy z innymi przedsiębiorcami-kooperantami. Rosnąca konkurencja ze strony gospodarstw z krajów UE wymusza na polskich gospodarstwach poszukiwanie nowych rozwiązań w celu obniżania kosztów produkcji. Jedną z nich jest racjonalizacja gospodarki zapasami. Bazując na doświadczeniach przedsiębiorstw spoza branży rolniczej, w których zastosowanie nowoczesnych metod zarządzania zapasami przyniosło wymierne korzyści ekonomiczne, należałoby wykorzystać sprawdzone wzorce i zastosować je w przedsiębiorstwach rolniczych [Wasilewski 2010].

Należy mieć jednak na uwadze, że w przedsiębiorstwach rolniczych, ze względu na biologiczny charakter produkcji, należy stosować często odmienne zasady kształtowania poziomu i struktury zapasów (zwłaszcza produktów) niż w przedsiębiorstwach pozarolniczych.

Opakowania

Opakowania zajmują ważną pozycję w systemach logistycznych, ponieważ około 90% wszystkich wyrobów wytwarzanych w świecie wymaga stosowania odpowiednich zabezpieczeń. Opakowania są powiązane z techniką i organizacją składowania, transportu i przeładunków, wpływają na wykorzystanie przestrzeni magazynów i środków transportu, mechanizację prac przeładunkowych oraz zabezpieczają zapakowane wyroby przed zmianami jakościowymi i ubytkami ilościowymi [Jünemann 1989]. Opakowania zaliczyć można do istotnych czynników oddziałujących na proces unowocześnienia produkcji szeroko rozumianych dóbr konsumpcyjnych, poprawy ich jakości i estetyki oraz usprawnienia łańcuchów dostaw w drodze od producenta do konsumenta.

Do uwarunkowań stymulujących wzrost zakresu i skali stosowania opakowań należy przede wszystkim zaliczyć:

- wzrost liczby i asortymentu wyrobów w wyniku postępu technicznego, wiążący się ściśle z procesem pakowania wytwarzanych wyrobów,
- rozwijająca się automatyzacja porcjowania, paczkowania i pakowania gotowych wyrobów,

- dążenie do mechanizacji pracochłonnych czynności przemieszczania wyrobów w całym łańcuchu transportowo-magazynowym od producenta do odbiorcy,
- wprowadzenie nowych metod sprzedaży,
- dążenie do zmniejszenia strat ilościowych i jakościowych wyrobów w obrocie towarowym,
- możliwość oddziaływania poprzez formę opakowania na kształtowanie popytu, szczególnie w odniesieniu do wyrobów w opakowaniach jednostkowych.

Spośród różnorodnych funkcji, jakie przypisuje się opakowaniom, a które mają wpływ na sprawność przepływu ładunków w łańcuchu dostaw, należy wymienić: funkcję ochronną, informacyjną, ekologiczną oraz funkcje logistyczne. Z punktu widzenia logistyki ważne w opakowaniach są ich funkcje magazynowe, kompletacyjne, transportowe, informacyjne [Korzeniowski, Skrzypek 2001].

Funkcje magazynowe sprowadzają się do ułatwienia procesów przyjmowania, składowania, kompletowania i wydawania towarów. Opakowania powinny zabezpieczać produkty przed narażeniami mechanicznymi (statycznymi i dynamicznymi) podczas: składowania w stosach lub w paletowych jednostkach ładunkowych (bez urządzeń do składowania, tj. nadstawek paletowych, regałów itp.), przemieszczania w magazynie i na frontach przeładunkowych oraz kompletowania dostaw.

Funkcje transportowe wiążą się najściślej z przebiegami towarowymi, których optymalizacja jest podstawowym celem logistyki. Duże znaczenie w tym przypadku mają relacje masy pakowanego towaru do masy samego opakowania oraz wymiary i kształty opakowań, co wiąże się z optymalnym wykorzystywaniem ładowności środków transportu.

Funkcje kompletacyjne w handlu hurtowym wiążą się ze sporządzaniem zestawów asortymentowych w poszczególnych partiach dostawy, przy założeniu maksymalnego wykorzystania ładowności środka transportowego i dostarczenia odbiorcy niezbędnego kompletu towarów do dalszej sprzedaży.

Logistyczna funkcja informacyjna stymuluje przepływy opakowanych towarów w całym łańcuchu dostaw, od producenta do ostatecznego odbiorcy.

Zróżnicowane logistyczne funkcje opakowań są przykładem współzależności zachodzących w procesach logistycznych. Opakowania powinny być rozpatrywane nie jako wyizolowany problem, lecz jako podstawowy element kompleksowo ujmowanego procesu logistycznego. Optymalnie dobrane i zastosowane opakowania przyczyniają się zarówno do obniżki kosztów przebiegów towarowych, jak i do podnoszenia jakości procesów logistycznych.

Od rodzaju i jakości opakowań zależy nie tylko stan wyrobu dostarczanego do odbiorcy, ale także usprawnienie transportu lub efektywność wykorzystania powierzchni i pojemności magazynowych. Szczególnie opakowania transportowe wpływają na usprawnienie procesów łańcucha transportowo-magazynowego, a przede wszystkim na:

- możliwość formowania jednostek ładunkowych,

- racjonalne zagospodarowanie przestrzeni magazynowej,
- sprawne przemieszczanie opakowanych wyrobów.

Kompleksowa mechanizacja procesów transportowo-magazynowych zarówno w sferze produkcji, jak i obrotu wymaga nadania opakowanym wyrobom postaci jednostek ładunkowych. Wyroby nieopakowane można formować w jednostki ładunkowe pakietowe. Formowanie jednostek ładunkowych powinno się odbywać w ostatnim etapie procesu produkcyjnego. Większość opakowań transportowych można uformować w sposób zapewniający trwałość kształtu i wymiarów. Pozwala to na sprawne liczenie opakowań oraz zmechanizowanie ich przemieszczania i piętrzenia za pomocą typowych urządzeń transportowych [Kisperska-Moroń, Krzyżaniak 2009].

Szczególnie w procesach dystrybucji towarów rola opakowań nabiera coraz bardziej decydującego znaczenia, w szybkim, sprawnym i tanim ich przemieszczaniu na drodze od producenta do odbiorcy. Rola ich jest szczególnie duża w systemie przewozowym, w przyspieszaniu procesów przeładunkowych, w zabezpieczaniu ilości i jakości towarów oraz w identyfikacji towarów w procesach dystrybucji. Racjonalny, zoptymalizowany proces magazynowania i dystrybucji towarów uwarunkowany jest w wysokim stopniu opakowaniami i stąd logistyce opakowań przypisuje się szczególnie znaczącą rolę [Korzeniowski in. 2001].

Procesy logistyczne koordynują przepływy materiałów i informacji na całej drodze od dostawców do odbiorców wyrobów gotowych, a nawet dalej – aż po utylizację odpadów, względnie kasację nieużytecznych pozostałości. Problem opakowań oraz utylizacji odpadów z opakowań został przedstawiony w pracach autora [Kuboń 2007c, 2008b], gdzie przedstawiono główne źródła powstawania odpadów – w tym odpadów z opakowań, sposoby składowania i utylizacji odpadów, a także poziom segregacji i odzysku opakowań. Stwierdzono na podstawie badań, że głównym źródłem powstawania odpadów oraz odpadów z opakowań była działalność bytowa oraz produkcyjna. Najmniej odpadów z opakowań powstawało w procesach magazynowania i dystrybucji towarów. Średnia masa odpadów w zależności od typu produkcji mieściła się w granicach $0,1-1,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a udział w nich odpadów z opakowań wynosił od 33,1% do 48,1%. Stwierdzono również, że najczęściej wykorzystywanym sposobem pozbywania się odpadów i odpadów z opakowań było wyrzucanie do własnego kontenera znajdującego się na terenie gospodarstwa (31,0-66,7%), natomiast najrzadszym było usuwanie odpadów do kontenerów zbiorczych oraz kontenerów przeznaczonych do segregacji odpadów. Segregację odpadów prowadzono w każdej grupie gospodarstw. Największy odsetek gospodarstw prowadzących segregację odnotowano w obiektach specjalizujących się w uprawach polowych oraz prowadzących produkcję wielokierunkową, a najmniejszy w gospodarstwach warzywniczych. Odzysk opakowań prowadziły wszystkie gospodarstwa z wyjątkiem grupy gospodarstw warzywniczych.

Gospodarka odpadami, zwłaszcza bezzwrotnymi i jednorazowego użytku, stanowi wielki problem społeczno-ekonomiczny i techniczny, który można rozwiązać za pomocą nowoczesnych technologii logistycznych. Należy tak organizować „ścieżkę logistyczną” dla każdego opakowania, aby w jak największym stopniu minimalizować koszty jego przemieszczania od konsumenta do końcowego odbiorcy. Oznacza to konieczność przygotowania odpowiednich pojemników do składowania i sprawnych technologii transportu i utylizacji opakowań. Logistyka odpadów oblicuje, aby nowoczesne opakowania spełniały wysokie wymagania marketingowe oraz eksploatacyjne, a także światowe kryteria ekologii i ochrony środowiska. Osiągnięcie tak wysokich standardów uwarunkowane jest orientacją systemów opakowań na potrzeby logistycznych łańcuchów dostaw kolejno na wszystkich etapach projektowania, wytwarzania i użytkowania opakowań [Ficoń 2009].

Koszty logistyczne

Fizyczne przepływy dóbr materialnych, utrzymywanie określonych poziomów zapasów oraz funkcjonowanie całej infrastruktury technicznej wymaga stosownych nakładów pieniężnych, które są przyczyną powstawania określonych kosztów obsługi procesów logistycznych. Koszty te stanowią istotny składnik kosztów ogólnych przedsiębiorstwa, rzutujący bezpośrednio na wielkość zysku i wynik ekonomiczny działalności gospodarczej. Jednym z podstawowych zadań współczesnej logistyki jest redukcja tych kosztów, a tym samym łącznych kosztów procesów gospodarczych [Walczak, Witkowski 2004; Wajszczuk 2006a]. W optymalizowaniu procesów logistycznych w każdym przedsiębiorstwie istotnym zagadnieniem stają się koszty logistyki, a szczególnie kompleksowe ich ujęcie [Wajszczuk 2006a]. Proces kompleksowego ujmowania tych kosztów nie znajduje, mimo swojej ogromnej wagi, należytego miejsca w literaturze, a tym bardziej w praktycznej działalności gospodarstw rolniczych. Podejmowane w Polsce próby identyfikacji, oceny poziomu i struktury kosztów logistyki nadal nie mają charakteru systematycznych i kompleksowych badań [Blaik 2001; Wajszczuk 2005a,b; 2006b].

W literaturze przedmiotu [Kufel 1990; Skowronek, Sariusz-Wolski 2008; Ficoń 2001; Nowicka-Skowron 2000; Kowalski, Tabor 2003; Nowak i in. 2004; Twaróg 2005] analiza kosztów logistyki przedstawiana jest w różnych aspektach. Autorzy wskazują na różne źródła kosztów i ich rodzaje, mają również odmienne poglądy na definiowanie, interpretację i sposoby identyfikowania ich struktury. Istotnym ograniczeniem rozwoju kompleksowego rachunku kosztów jest stosowanie w przedsiębiorstwach tradycyjnych metod księgowania kosztów, które nie dostarczają potrzebnych informacji z uwagi na to, iż nie są przystosowane do wyjaśnienia problematyki nowoczesnej logistyki.

Dopiero wprowadzenie nowych rozwiązań organizacyjnych w zakresie zaopatrzenia, magazynowania i dystrybucji produktów finalnych doprowadziło do znacznego ograniczenia kosztów logistyki przedsiębiorstw [Pfohl 1999]. Jednak nowoczesne i kompleksowe łańcuchy dostaw, w których wiodącą rolę odgrywają centra dystrybucyjne, w większości przypadków nie objęły rozdrobnionych gospodarstw rolnych [Wajszczuk 2001]. Wynika to z faktu, że gospodarstwa rolne prowadzą produkcję w oparciu o konwencjonalne systemy zaopatrzenia i dystrybucji, tworzone przez szereg niezależnych hurtowników, detalistów i pośredników. W większości funkcjonują one jako samodzielne ogniwa luźno powiązane z logistycznym łańcuchem żywnościowym i mają ograniczoną możliwość sterowania fizycznym przepływem surowców i produktów finalnych. Dla tak funkcjonującego systemu zaopatrzenia i zbytu konieczne jest posiadanie rozbudowanej infrastruktury logistycznej [Tabor, Kuboń 2004]. Koszt eksploatacji i utrzymania takiej infrastruktury stanowi poważne obciążenie dla każdego gospodarstwa i należy do kategorii kosztów względnie stałych, niezależnych od rozmiarów prowadzonej działalności [Kuboń 2007e]. Stąd też dokładne poznanie poziomu i struktury kosztów infrastruktury logistycznej może być punktem wyjścia do podejmowania wszelkich decyzji, mających na celu redukcję tych kosztów, bez pogarszania jakości procesów realizowanych w gospodarstwie rolniczym [Kuboń 2008c].

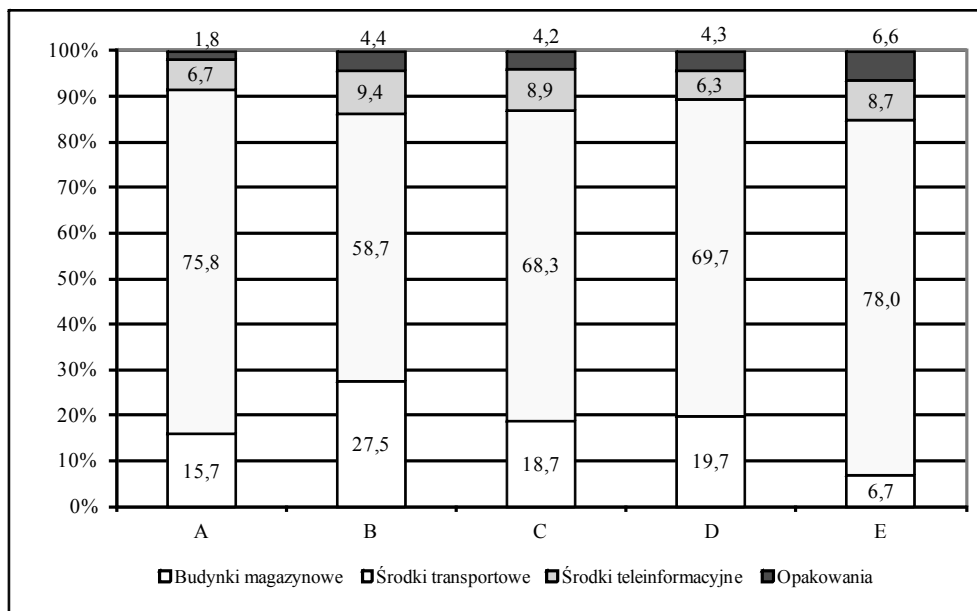
Koszty logistyki mogą być ujmowane w różnych przekrojach. Z uwagi na cel poznawczy przeprowadzonych badań, jakim było ustalenie wysokości i struktury oraz powiązania kosztów z podstawowymi rodzajami procesów logistycznych w gospodarstwach rolniczych, obliczeń dokonano w oparciu o metodykę przedstawioną w pracy autora [Kuboń 2007d]. Wyodrębniono cztery podstawowe składniki kosztów infrastruktury logistycznej: koszty budynków magazynowych, środków transportowych, procesów teleinformacyjnych oraz gospodarki opakowaniami. Niewątpliwym atutem zastosowania takiego podziału kosztów logistyki jest możliwość powiązania ich z rodzajami procesów, które te koszty determinują.

W tabeli 2 oraz na rysunku 3 przedstawiono aktualny poziom i strukturę kosztów infrastruktury logistycznej.

Tabela 2. Koszty infrastruktury logistycznej (tys. zł·ha⁻¹UR)

Grupa	Budynki magazynowe	Środki transportowe	Środki teleinformacyjne	Gospodarka opakowaniami	Razem
A	0,27	1,30	0,11	0,03	1,71
B	0,74	1,60	0,26	0,12	2,72
C	0,51	1,90	0,25	0,12	2,78
D	0,98	3,50	0,32	0,22	5,02
E	0,89	10,30	1,15	0,87	13,21

Źródło: Kuboń 2008c



Źródło: Kuboń 2008c

Rys. 3. Struktura kosztów infrastruktury informatycznej [%]

Najwyższe koszty ponoszono w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach ogrodnich (13,21 tys. zł·ha⁻¹), a najniższe w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych (1,71 tys. zł·ha⁻¹). Zarówno w jednym jak i drugim przypadku największy udział stanowiły koszty środków transportowych – odpowiednio: 78% i 75,8%, a najmniejsze koszty gospodarki opakowaniami – odpowiednio: 6,6% i 1,8%. Ze względu na brak ukierunkowania produkcji najwyższe koszty eksploatacji budynków magazynowych odnotowano w grupie D – 0,98 tys. zł·ha⁻¹, natomiast najniższe w grupie A – 0,27 tys. zł·ha⁻¹. Ponad trzykrotnie niższe koszty to efekt ukierunkowania produkcji wyłącznie na uprawy polowe, a tym samym organicznie zasobu posiadanych budynków magazynowych. Specyfika procesu produkcji i dystrybucji towarów miała ogromny wpływ na koszty eksploatacji środków transportowych, czego przykładem jest ich poziom w grupie E. W porównaniu do grupy A koszty eksploatacji środków transportowych są blisko 8-krotnie większe, a w porównaniu do grupy C – 5-krotnie, zaś do grupy D – 3-krotnie. Konieczność poszukiwania atrakcyjnych rynków zbytu oraz częstszych – w porównaniu do pozostałych grup – dostaw produktów na rynek to główne przyczyny tak dużej dysproporcji w ww. kosztach. Jeszcze większa dysproporcja występuje w przypadku środków teleinformacyjnych, gdzie koszty w grupie E są ponad dziesięciokrotnie większe niż w grupie A.

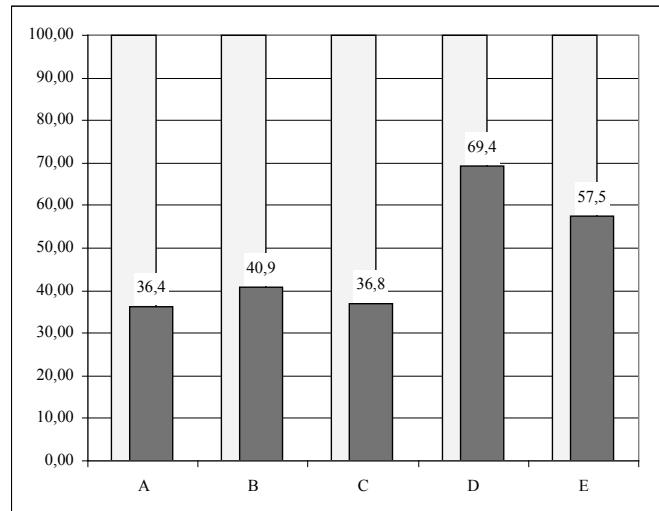
Związane jest to przede wszystkim z wartością odtworzeniową posiadanych środków oraz kosztami ich użytkowania. Właściciele gospodarstw ogrodniczych korzystali ze środków teleinformacyjnych znacznie częściej niż pozostali rolnicy. Koszty gospodarki opakowaniami mieszczą się w granicach 0,03-0,87 tys. zł·ha⁻¹. Poziom ich jest ściśle uzależniony od technologii przechowywania oraz od stopnia zjednostkowania towarów do sprzedaży.

W grupie A większość uzyskanej produkcji sprzedawano luzem – bezpośrednio z pola lub przechowywano ją w silosach i magazynach. Natomiast w grupie E większość produktów musiała być zjednostkowana i zabezpieczona w odpowiednim opakowaniu. Dowodem na to jest osiągnięty w tych gospodarstwach poziom zjednostkowania ładunków – 86%.

Analizując strukturę kosztów infrastruktury logistycznej należy stwierdzić, iż największy udział we wszystkich badanych grupach gospodarstw stanowiły koszty eksploatacji środków transportowych (58,7-78%) oraz budynków magazynowych (6,7-27,5%). Natomiast marginalny udział miały koszty eksploatacji środków teleinformacyjnych (6,3-9,4%) oraz gospodarki opakowaniami (1,8-6,6%). Należy zauważyć, że podobieństwo w strukturze kosztów występuje jedynie w grupach C i D. W pozostałych grupach udział poszczególnych składowych kosztów był zróżnicowany. Z przedstawionej struktury wynika, iż największe rezerwy – możliwości obniżenia kosztów logistycznych, a tym samym ogólnych kosztów gospodarowania – występują w fazie fizycznych przepływów towarów, gdzie zaangażowane są przede wszystkim środki transportowe. Poprzez odpowiedni dobór środków, zastosowanie nowoczesnych technologii przewozów oraz właściwą organizację prac transportowych można znacząco obniżyć omawiane koszty.

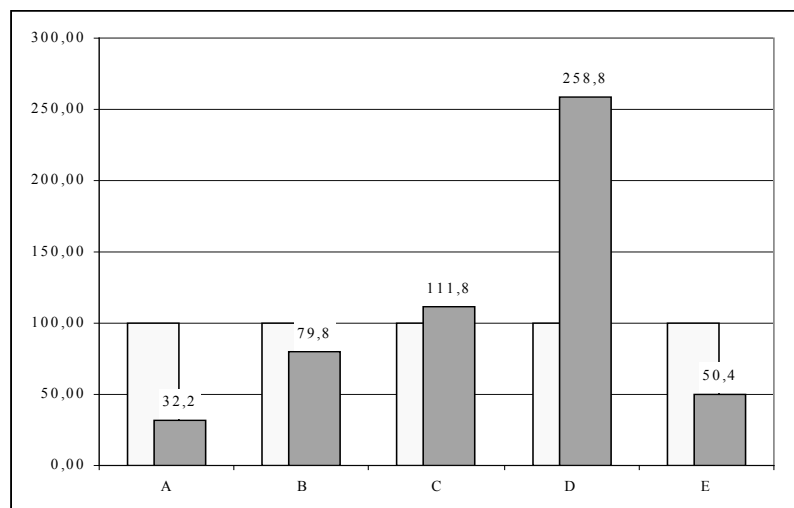
Poziom kosztów infrastruktury logistycznej wyznacza ich relacja do innych wielkości ekonomicznych charakteryzujących działalność przedsiębiorstwa, np. w stosunku do całkowitych kosztów jego działalności lub produkcji towarowej. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono udział kosztów infrastruktury logistycznej w wyżej wymienionych wielkościach ekonomicznych.

Przeprowadzone badania wykazały wysoki udział kosztów infrastruktury logistycznej w całkowitych kosztach gospodarowania. Najwyższy udział odnotowano w gospodarstwach z grupy D – 69,4%, a najniższy z grupy A – 36,4%. W grupach A, B i C udział kosztów kształtował się na zbliżonym poziomie (36,4-40,9%), natomiast w grupie E udział kosztów w stosunku do grupy D był niższy o 17%.



Źródło: Kuboń 2008c

Rys. 4. Udział kosztów infrastruktury logistycznej (K_{IL}) w całkowitych kosztach produkcji [%]

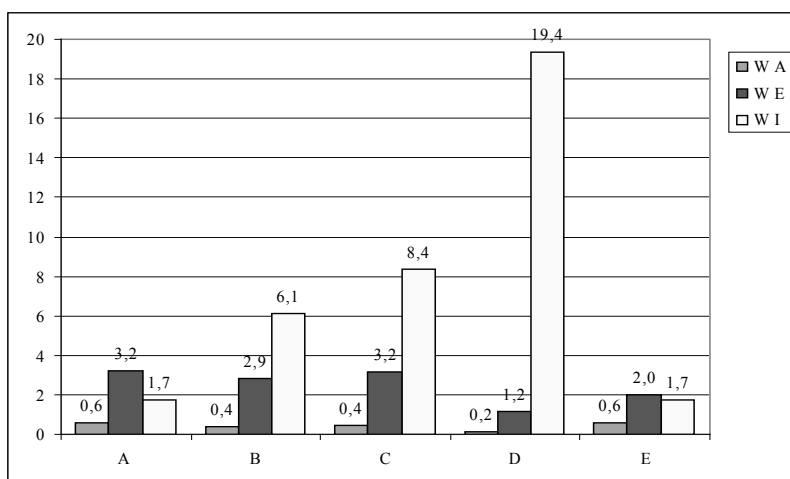


Źródło: Kuboń 2008c

Rys. 5. Udział kosztów infrastruktury logistycznej (K_{IL}) w produkcji towarowej [%]

Analizując udział kosztów infrastruktury logistycznej w wartości produkcji towarowej można zauważyć, że jedynie w grupie A, B i E koszty te są niższe aniżeli wartość sprzedanej produkcji. W pozostałych grupach przedsiębiorstw udział kosztów logistycznych przekracza 100% wartości produkcji towarowej. Główną przyczyną takiego stanu był niski poziom produkcji oraz fakt, iż większość z wyprodukowanych towarów trafiała w ramach obrotu wewnętrznego do innej gałęzi produkcji lub też zostawała „przejadana” w gospodarstwach. Przykładem mogą być gospodarstwa prowadzące produkcję mieszaną, gdzie koszty te stanowiły 258,8% wartości produkcji towarowej. W większości przypadków były to gospodarstwa dwuzawodowe, gdzie uzyskiwana produkcja stanowiła dodatkowe źródło dochodów dla właściciela i jego rodziny.

Kluczowe znaczenie dla procesów decyzyjnych w logistyce ma systemowe rozpoznanie struktury i efektywności realizowanych procesów logistycznych. Podstawowym problemem jest znalezienie optimum między dążeniem do racjonalnego poziomu kosztów w danym systemie a odpowiednią realizacją usług. W celu określenia we właściwym czasie wyników należy dokonać pomiaru i oceny efektywności działań logistycznych przy pomocy odpowiednich mierników i wskaźników logistycznych [Twaróg 2005]. W celu przedstawienia wpływu wartości oraz kosztów infrastruktury logistycznej na efekty gospodarowania, na rysunku 6 ukazano w sposób graficzny wskaźniki: aktywności zasobów logistyki, efektywności wykorzystania infrastruktury logistycznej i inwestycyjności logistycznej. Wskaźnik aktywności obrazuje efektywność wykorzystania posiadanej infrastruktury logistycznej.



Źródło: Kuboń 2008c

Rys. 6. Wskaźnik aktywności zasobów logistyki (W_A), efektywności wykorzystania infrastruktury logistycznej (W_E) oraz inwestycyjności logistycznej (W_I) w badanych typach gospodarstw rolniczych

Najwyższy wskaźnik aktywności odnotowano w gospodarstwach z grupy A i E – 0,6, a najniższy w grupie D – 0,2. Oznacza to, że każde 100 zł zainwestowanie w infrastrukturę logistyczną dało możliwość wytworzenia produkcji towarowej o wartości 60 zł. Wskaźnik efektywności to miara określająca relację między efektami (wartość produkcji końcowej brutto) a nakładami (koszty infrastruktury logistycznej). W badanych grupach gospodarstw najwyższym wskaźnikiem efektywności wykorzystania infrastruktury logistycznej charakteryzowały się obiekty z grupy A – 3,2, a najniższym z grupy D – 1,2. W tym przypadku każda złotówka wydana na utrzymanie i eksploatację poszczególnych elementów infrastruktury generowała produkcję o wartości 3,2 zł. Ostatni wskaźnik – wskaźnik inwestycyjności logistycznej – określa relację nakładów do osiągniętych efektów. Najwyższy wskaźnik występował w obiektach prowadzących produkcję mieszaną – 19,4, a najmniejszy w gospodarstwach specjalizujących się w uprawach polowych i ogrodnictwie – 1,7. Oznacza to, że w przypadku gospodarstw specjalizujących się w produkcji polowej na wytworzenie 1 zł produkcji towarowej należy zainwestować w infrastrukturę logistyczną 1,7 zł, a w przypadku grupy D – ponadjednostkowo więcej, tj. 19,4 zł. Świadczy to o ogromnym niewykorzystanym potencjale w gospodarstwach tej grupy.

Przedstawione wskaźniki uwypuklają rolę i znaczenie infrastruktury logistycznej w funkcjonowaniu gospodarstw i jej wpływ na osiągane wskaźniki ekonomiczne. Określenie tych wskaźników wynikało z potrzeby racjonalizacji procesów logistycznych, do których niezbędne są aktualne pomiary i dokonywane na ich podstawie oceny efektywności procesów logistycznych [Kuboń 2008c].

Podsumowanie

Logistyka odgrywała i odgrywa istotną rolę w zarządzaniu tak przedsiębiorstwami przemysłowymi, jak i gospodarstwami rolniczymi. Zorientowana na zarządzanie integracja wszystkich funkcji i procesów logistycznych nabiera coraz większego znaczenia, ponieważ warunkuje nie tylko efektywną reorganizację oraz modernizację przedsiębiorstw, lecz także otwiera nowe możliwości rozwiązywania problemów i wykorzystania potencjalnych efektów w działalności operacyjnej i strategicznej.

Logistyka jest bardzo ważnym instrumentem racjonalizacji i obniżki kosztów przedsiębiorstwa. Globalne koszty logistyki mogą bowiem sięgać 10-40% wartości ich sprzedaży. Na koszty te składają się wszystkie działania mające znaczenie w fizycznym przepływie i składowaniu surowców do produkcji oraz wyrobów gotowych. Powinny one być traktowane jako całość, nie indywidualnie. Podstawowym celem logistyki jest między innymi znalezienie wariantu z najniższymi kosztami globalnymi.

W celu uzyskania znaczących oszczędności właściciele gospodarstw powinni dokonywać porównań kosztów rzeczywistych z kosztami założonymi lub realizację założonego budżetu. Istnieją możliwości uzyskiwania lepszych wyników wynikających z procesu podejmowania decyzji. Właściciele gospodarstw muszą dokonać wyboru między takimi alternatywami, jak: wynajem dodatkowego transportu lub powiększenie własnej bazy transportowej, wzrost dostaw lub towarów, rozszerzenie lub konsolidacja magazynów, automatyzowanie systemu przetwarzania zamówień i informacji. Zmniejszanie bądź zwiększanie zakresu terytorialnego, sprzedawców, produktów lub odbiorców wymaga znajomości bieżącej wydajności istniejących segmentów oraz potencjalnej zmiany zysków i korzyści wspomnianych wcześniej alternatyw. W tym celu potrzebna jest baza danych zdolna do sumowania danych w taki sposób, żeby otrzymać informację dotyczącą takich segmentów, jak: odbiorcy, sprzedawcy, produkty, terytorium, kanały dystrybucji.

Dotychczas logistyką bardziej interesowały się przedsiębiorstwa przemysłowe handlowe, czy też usługowe. We współczesnej gospodarce stała się ona bardzo ważnym elementem działania każdego przedsiębiorstwa, w tym również rolniczego i szeroko rozumianego agrobiznesu. Wydaje się więc, że badania dotyczące rozwoju logistyki w tej części gospodarki narodowej są jednym z ważniejszych wyzwań stojących przed ekonomistami, w tym również ekonomistami rolnymi.

Bibliografia

- Abt. S.** (1995): Teoria i praktyka logistyki. AE, Poznań, 22-25.
- Beier F.J., Rutkowski K.** (2004): Logistyka. SGH, Warszawa, 14.
- Blaik P.** (2001): Logistyka. PWE, Warszawa, 295-307.
- Brewer A., Button K., Hensher D.** (2006): Logistics and Supply-Chain Management. Handbooks in Transport, Pergamon-Elsevier Science, Amsterdam, 12.
- Christopher M.** (1998): Logistics and supply chain management. Financial Times Pitman Publishing, Londyn, 203.
- Ciesielski M.** (1999): Logistyka w strategiach firm. PWN, Warszawa, 14-25.
- Ciesielski M.** (2006): Logistyka w biznesie. PWE, Warszawa, 49-61.
- Coyle J.J.; Bardi E.J.; Langley C.J.** (2002): Zarządzanie logistyczne. PWE, Warszawa, 553-593.
- Dębski S.** (1996): Ekonomika i organizacja przedsiębiorstw. Cz. I i II, WSiP, Warszawa, 14-15.
- FAPA.** (2000): Metodyka liczenia nadwyżki bezpośredniej i zasady typologii gospodarstw rolniczych. Fundacja Programów Pomocy dla Rolnictwa (FAPA). Warszawa, ISBN 83-88010-36-0.
- Ficoń K.** (2001): Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie. Impuls Plus Consulting, Gdynia, ISBN 83-9112011-2-0.
- Ficoń K.** (2009): Logistyka techniczna. Infrastruktura logistyczna. Wyd. Belstudio, Warszawa, ISBN 978-83-61208-24-2.
- Gerstenberg F.** (1987): Produktivität In der Logistik. Huss-Verlag, München. 12-24.
- Gołębska E.** (1999): Kompendium wiedzy o logistyce. PWN, Warszawa, 107-125.

- Jünemann R.** (1989): *Materialfluß Und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen.* Springer Verlag, Berlin.
- Kapusta F.** (2006): Zarządzanie działaniami logistycznymi. Wyższa Szkoła Zarządzania i Bankowości, Poznań, 18-21.
- Kapusta F.** (2008): *Agrobiznes.* Wydawnictwo Difin, Warszawa, ISBN 978-83-7251-931-3.
- Kay J.** (1996): *Podstawy sukcesu firmy.* PWN, Warszawa, 23-25.
- Kępka S.** (2001): *Logistyka – ekonomicznie uzasadniona konieczność.* Przybylski Trening, Warszawa, 22.
- Kisperska-Moroń D., Krzyżaniak S.** (2009): *Logistyka. Biblioteka logistyka,* Poznań, 126-134.
- Kokoszka St. Kuboń M.** (2003). Sposób za- i wyładunku a nakłady przewozić okopowych luzem. *Inżynieria Rolnicza*, 10(52), Kraków, 131-138.
- Kokoszka St. Kuboń M. Sęk St.** (2002): Wpływ mechanizacji prac ładunkowych na efektywność pracy środków transportowych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(39), Warszawa, 229-234.
- Kokoszka St., Kuboń M.** (2005): Mechanizacja prac ładunkowych a nakłady w transporcie rolniczym. Cz. I – wydajność i nakłady. *Inżynieria Rolnicza*, 6(66), 329-336.
- Kuboń M.** (2001): Aktualny stan i możliwości rozwoju usług transportowych na terenach wiejskich. Praca doktorska, Maszynopis, Kraków.
- Kuboń M.** (2006): Potencjał magazynowy oraz jego wykorzystanie w gospodarstwach rolniczych o wielokierunkowym profilu produkcji. *Inżynieria Rolnicza*, 12(87), 277-284.
- Kuboń M.** (2007): Wyposażenie i wykorzystanie środków technicznych w gospodarstwach specjalistycznych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 141-148.
- Kuboń M.** (2007a): Logistyka zaopatrzenia w gospodarstwach rolniczych o wielokierunkowym profilu produkcji. *Inżynieria Rolnicza*, 6(94), 111-117.
- Kuboń M.** (2007b): Wyposażenie i wykorzystanie środków transportowych w gospodarstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 141-148.
- Kuboń M.** (2007c): Gospodarka opakowaniami jako podstawowy element infrastruktury logistycznej gospodarstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 133-140.
- Kuboń M.** (2007d): Metodyczne aspekty szacowania kosztów infrastruktury logistycznej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 125-133.
- Kuboń M.** (2007e): Miejsce i rola infrastruktury logistycznej w funkcjonowaniu przedsiębiorstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 87-93.
- Kuboń M.** (2008): Flow of raw materials and products on specialist farms. 1, 147-149
- Kuboń M.** (2008a): Potencjał magazynowy oraz jego wykorzystanie w przedsiębiorstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 129-136.
- Kuboń M.** (2008b): Koszty gospodarki opakowaniami w gospodarstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 431-438.
- Kuboń M.** (2008c): Koszty infrastruktury logistycznej w przedsiębiorstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(108), 137-145.
- Kuboń M.** (2010): Racjonalna gospodarka zapasami w opinii rolników. *Inżynieria Rolnicza*, 3(121), 97-102.
- Kuboń M., Tabor S.** (2010): Stock management in farms characterised by diversified production area. *Agricultural Engineering*, 6(124), 65-71.
- Kuboń M.** (2011): Zapasy w przedsiębiorstwie rolniczym – konieczność czy zapobiegliwość. *Logistyka*, 3, Poznań, 58-60.
- Kufel M.** (1990): Koszty przepływu materiałów w przedsiębiorstwach przemysłowych. *Problemy budżetowania, ewidencji i kontroli*, AE, Wrocław, 20-31.

- Korzeniowski i in.** (2001): Opakowania w systemach logistycznych. Biblioteka logistyka, Poznań, 25-30.
- Kowalski S., Tabor S.** (2003): Koszty logistyczne w wybranych gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza* 10(52), 163-171.
- Krasnodębski A., Kuboń M.** (2010): Logistic cost in competitive strategies of enterprises. *Agricultural Economics*, 56, 397-402.
- Lysons K.** (2004): Zakupy zaopatrzeniowe. PWE, Warszawa, 88-92.
- Ławicki K., Golka W.** (1988): Wybrane zagadnienia mechanizacji przeładunków w gospodarce żywnościowej. Maszynopis. Seminarium naukowe. IBMER, Warszawa.
- Mokrzyszczak H.** (1998): Logistyka – podstawy procesów logistycznych. WSiFiZ, Białystok.
- Mokrzyszczak H.** (2002): Magazynowanie i obsługa zapasów. [w:] *Kompedium wiedzy o logistyce*. pod red. E. Gołomska, PWN Poznań, 79-102.
- Niziński St.** (1998): Logistyka w systemach działania. Biblioteka Problemów Eksploatacji, Olsztyn, 111-112.
- Nowak E., Piechota R., Wierzbński M.** (2004): Rachunek kosztów w przedsiębiorstwie. PWE, Warszawa, 23-25.
- Nowicka-Skowron M.** (2000): Efektywność systemów logistycznych. PWE, Warszawa, 105-127.
- Pfohl H. C.** (1999): Trendy i strategie w logistyce europejskiej. *Logistyka*, 4, 11.
- Pietraszewski M.** (1995): *Ekonomika i organizacja przedsiębiorstwa przemysłowego*. Praca zbiorowa, Poznań, 66.
- Porter. M.E.** (1993): *Strategia konkurencji*. PWN, Warszawa, 22.
- Rushton A., Oxley J.** (1991): *Handook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page Ltd, Londyn, s.11.
- Rutkowski K.** (1993): Logistyka pomaga wygrać. *Businessman*, 5, 44-48.
- Rzymyszkiewicz E.** (1995): Transportochłonność produkcji roślinnej w wielkopolskich gospodarstwach indywidualnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 73-79.
- Sawa J., Parafiniuk St.** (1999): Prace przeładunkowe jako czynnik warunkujący efektywność procesu pracy w gospodarstwach rodzinnych. *Motorol* 99, 190-197.
- Schary P.B.; Skjøtt-Larsen T.** (2002): *Zarządzanie globalnym łańcuchem podaży*. PWN, Warszawa, 76.
- Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z.** (2008): *Logistyka w przedsiębiorstwie*. PWE, Warszawa, ISBN 978-83-208-1726-3.
- Słownik terminologii logistycznej.** (2006): Biblioteka logistyka, Poznań.
- Szulc R.** (2004): Logistyka w strategiach konkurencyjnych firm. Maszynopis.
- Szczepankiewicz W.** (1996): Logistyka marketingowa. Organizacja zasilania materiałowego przedsiębiorstw. Akademia Ekonomiczna, Kraków, 5-6.
- Tabor S., Kuboń M.** (2004): Kierunek produkcji a koszty logistyki w wybranych gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 4(59), 241-248.
- Tonndorf H.G.** (1998): Logistyka w handlu i przemyśle. PSB, Kraków, 8.
- Twaróg J.** (2003): Koszty logistyki przedsiębiorstw. Biblioteka Logistyka, Poznań, 22-23.
- Twaróg J.** (2005): Mierniki i wskaźniki logistyczne. Biblioteka Logistyka, Poznań, 137-172.
- Wajszczuk K.** (1998): Wielkość i struktura nakładów pracy i siły pociągowej w transporcie rolniczym w gospodarstwach indywidualnych. *Roczniki AR* 303, 91-99.
- Wajszczuk K.** (2001): Analiza łańcucha logistycznego w przedsiębiorstwie rolnospożywczym. *Logistyka*, 2, 11.

- Wajszczuk K.** (2005a): Logistics costs analysis as an assisting tool to achieve competitive advantage for agricultural enterprises. XIth International Congress of the EAAE "The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System", Copenhagen, Denmark, 24-27.
- Wajszczuk K.** (2005b): An inventory analysis in the vast agricultural enterprises in logistics aspect. *Roczniki AR Poznań, CCCLXVII, Ekonomia*, 4, 135-144.
- Wajszczuk K.** (2006a): Optymalizacja kosztów logistyki jako narzędzie wspomagające zrównoważony rozwój przedsiębiorstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 443-450.
- Wajszczuk K., Wawrzynowicz J., Śliwczyński B.** (2010): Koszty logistyki przedsiębiorstw rolnych. System informatyczny „AGROLOGIS”, Wydawnictwo UP, Poznań, ISBN 978-83-7160-594-9.
- Walczak I., Witkowski K.** (2004): Koszty logistyczne w strategiach konkurencyjnych przedsiębiorstw. III Międzynarodowe Warsztaty z cyklu „Controlling w małych i średnich przedsiębiorstwach”, Rokosowo, 209-217.
- Wasilewski M.** (2003): Kształtowanie poziomu i kosztów zapasów w gospodarstwach rolniczych. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G – Ekonomia Rolnictwa*, t. 90, Z.1, 16.
- Wasilewski M.** (2004): Ekonomiczno-organizacyjne uwarunkowania gospodarowania zapasami w przedsiębiorstwach rolniczych. SGGW, Warszawa, 3-172.
- Wasilewski M.** (2010): Wybrane zagadnienia klasyfikacji i gospodarowania zapasami w rolnictwie. *Wiś Jutra*, 1(138), 38-40.
- Wiatrak A.P.** (2005): Przedsiębiorstwo rolnicze – istota działania i zakres występowania. *Rocz. Nauk. SERIA 7*, 1, 278-283.
- Witkowski J.** (1995): Strategia logistyczna przedsiębiorstw przemysłowych. AE, Wrocław, 40-42.
- Wojciechowski A.** (2011): Agrologistyka – nowy wymiar działań w logistyce. *Logistyka*, 3, Poznań, 14-16.
- Wolszczan J.** (1998): Transportochłonność rolnictwa. *ZPPNR, Z.* 348, 35-41.
- Ziętara W.** (1998): Ekonomia i organizacja przedsiębiorstwa rolniczego. FAPA, CIM Warszawa, 11-16.

- Kowalski S., Tabor S.** (2003): Koszty logistyczne w wybranych gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza* 10(52), 163-171.
- Krasnodębski A., Kuboń M.** (2010): Logistic cost in competitive strategies of enterprises. *Agricultural Economics*, 56, 397-402.
- Lysons K.** (2004): Zakupy zaopatrzeniowe. PWE, Warszawa, 88-92.
- Ławicki K., Golka W.** (1988): Wybrane zagadnienia mechanizacji przeładunków w gospodarce żywnościowej. Maszynopis. Seminarium naukowe. IBMER, Warszawa.
- Mokrzyszczak H.** (1998): Logistyka – podstawy procesów logistycznych. WSFiZ, Białystok.
- Mokrzyszczak H.** (2002): Magazynowanie i obsługa zapasów. [w:] *Kompedium wiedzy o logistyce*. pod red. E. Golemska, PWN Poznań, 79-102.
- Niziński St.** (1998): Logistyka w systemach działania. Biblioteka Problemów Eksploatacji, Olsztyn, 111-112.
- Nowak E., Piechota R., Wierzbński M.** (2004): Rachunek kosztów w przedsiębiorstwie. PWE, Warszawa, 23-25.
- Nowicka-Skowron M.** (2000): Efektywność systemów logistycznych. PWE, Warszawa, 105-127.
- Pfohl H. C.** (1999): Trendy i strategie w logistyce europejskiej. *Logistyka*, 4, 11.
- Pietraszewski M.** (1995): *Ekonomika i organizacja przedsiębiorstwa przemysłowego*. Praca zbiorowa, Poznań, 66.
- Porter. M.E.** (1993): *Strategia konkurencji*. PWN, Warszawa, 22.
- Rushton A., Oxley J.** (1991): *Handook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page Ltd, Londyn, s.11.
- Rutkowski K.** (1993): Logistyka pomaga wygrać. *Businessman*, 5, 44-48.
- Rzymyszkiewicz E.** (1995): Transportochłonność produkcji roślinnej w wielkopolskich gospodarstwach indywidualnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 73-79.
- Sawa J., Parafiniuk St.** (1999): Prace przeładunkowe jako czynnik warunkujący efektywność procesu pracy w gospodarstwach rodzinnych. *Motorol* 99, 190-197.
- Schary P.B.; Skjott-Larsen T.** (2002): *Zarządzanie globalnym łańcuchem podaży*. PWN, Warszawa, 76.
- Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z.** (2008): *Logistyka w przedsiębiorstwie*. PWE, Warszawa, ISBN 978-83-208-1726-3.
- Słownik terminologii logistycznej.** (2006): Biblioteka logistyka, Poznań.
- Szulc R.** (2004): Logistyka w strategiach konkurencyjnych firm. Maszynopis.
- Szczepankiewicz W.** (1996): Logistyka marketingowa. Organizacja zasilania materiałowego przedsiębiorstw. Akademia Ekonomiczna, Kraków, 5-6.
- Tabor S., Kuboń M.** (2004): Kierunek produkcji a koszty logistyki w wybranych gospodarstwach rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 4(59), 241-248.
- Tonndorf H.G.** (1998): Logistyka w handlu i przemyśle. PSB, Kraków, 8.
- Twaróg J.** (2003): Koszty logistyki przedsiębiorstw. Biblioteka Logistyka, Poznań, 22-23.
- Twaróg J.** (2005): Mierniki i wskaźniki logistyczne. Biblioteka Logistyka, Poznań, 137-172.
- Wajszczuk K.** (1998): Wielkość i struktura nakładów pracy i siły pociągowej w transporcie rolniczym w gospodarstwach indywidualnych. *Roczniki AR* 303, 91-99.
- Wajszczuk K.** (2001): Analiza łańcucha logistycznego w przedsiębiorstwie rolno-spożywczym. *Logistyka*, 2, 11.
- Wajszczuk K.** (2005a): Logistics costs analysis as an assisting tool to achieve competitive advantage for agricultural enterprises. XIth International Congress of the EAAE "The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System", Copenhagen, Denmark, 24-27.

- Wajszczuk K.** (2005b): An inventory analysis in the vast agricultural enterprises in logistics aspect. *Roczniki AR Poznań, CCCLXVII, Ekonomia*, 4, 135-144.
- Wajszczuk K.** (2006a): Optymalizacja kosztów logistyki jako narzędzie wspomagające zrównoważony rozwój przedsiębiorstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 443-450.
- Wajszczuk K., Wawrzynowicz J., Śliwczyński B.** (2010): Koszty logistyki przedsiębiorstw rolnych. System informatyczny „AGROLOGIS”, Wydawnictwo UP, Poznań, ISBN 978-83-7160-594-9.
- Walczak I., Witkowski K.** (2004): Koszty logistyczne w strategiach konkurencyjnych przedsiębiorstw. III Międzynarodowe Warsztaty z cyklu „Controlling w małych i średnich przedsiębiorstwach”, Rokosowo, 209-217.
- Wasilewski M.** (2003): Kształtowanie poziomu i kosztów zapasów w gospodarstwach rolniczych. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G – Ekonomia Rolnictwa*, t. 90, Z.1, 16.
- Wasilewski M.** (2004): Ekonomiczno-organizacyjne uwarunkowania gospodarowania zapasami w przedsiębiorstwach rolniczych. *SGGW, Warszawa*, 3-172.
- Wasilewski M.** (2010): Wybrane zagadnienia klasyfikacji i gospodarowania zapasami w rolnictwie. *Wiś Jutra*, 1(138), 38-40.
- Wiatrak A.P.** (2005): Przedsiębiorstwo rolne – istota działania i zakres występowania. *Rocz. Nauk. SERIA 7*, 1, 278-283.
- Witkowski J.** (1995): Strategia logistyczna przedsiębiorstw przemysłowych. *AE, Wrocław*, 40-42.
- Wojciechowski A.** (2011): Agrologistyka – nowy wymiar działań w logistyce. *Logistyka*, 3, Poznań, 14-16.
- Wolszczan J.** (1998): Transportochołność rolnictwa. *ZPPNR, Z.* 348, 35-41.
- Ziętara W.** (1998): Ekonomia i organizacja przedsiębiorstwa rolniczego. *FAPA, CIM Warszawa*, 11-16.

WYBRANE ASPEKTY STOSOWANIA ŹRÓDEŁ ENERGII ODNAWIALNEJ W OBIEKTACH POD OSŁONAMI

Sławomir Kurpaska

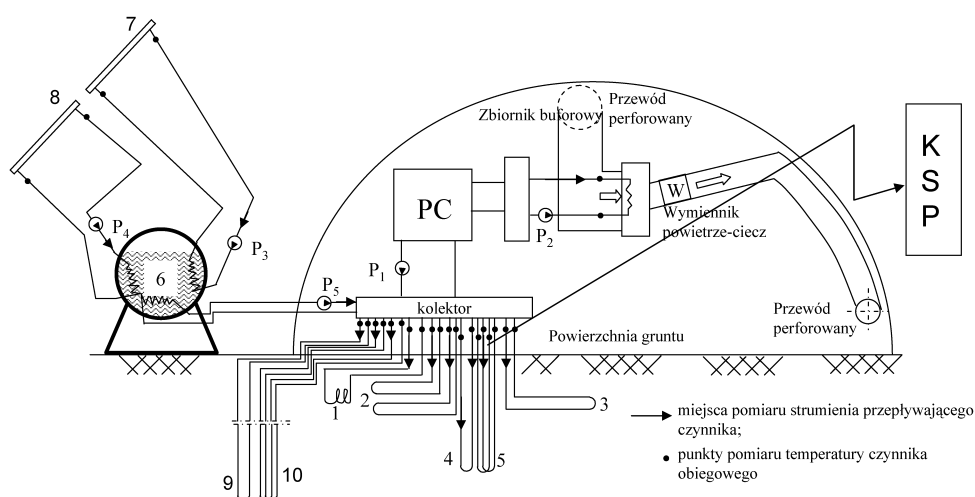
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Ograniczone zasoby paliw naturalnych oraz troska o środowisko przyrodnicze powodują, że zagadnienia wytwarzania, konwersji i magazynowania są intensywnym obiektem badań. Problematyka ta, z racji zużycia energii, jest szczególnie interesująca w obiektach pod osłonami. Przykładowo, bazując na średnich wieloletnich temperaturach otoczenia oraz zakładając uprawę pomidorów, zapotrzebowanie na ciepło w szklarni o wskaźniku osłony równym 1,4 (liczony jako stosunek powierzchni osłony do powierzchni użytkowej) dla szklarni pokrytej standardowym szkłem ogrodniczym wynosi ok. $2400 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, zaś dla tunelu foliowego w uprawie całorocznej (o wskaźniku równym 1,75) kształtuje się na poziomie blisko $2900 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. Oczywiście, stosując jako osłonę poliwęglan, zapotrzebowanie to może zmaleć, w zależności od jej grubości, do ok. 40% tej wartości. [Kurpaska 2011a]. Widać więc potencjalne duże możliwości w zastępowaniu paliw kopalnych innymi źródłami energii oraz oszczędności w zużyciu ciepła. Możliwości te koncentrują się m.in. wokół stosowania pomp ciepła, wykorzystania ciepła o niskiej entalpii, niskoenergetycznego oświetlenia źródłami światła LED, stosowania w obiekcie układów kogeneracyjnych (łączone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej) oraz stosowania osłon o zmodyfikowanych właściwościach cieplno-światlnych. W obrębie tych zagadnień, w wielu ośrodkach naukowych, w tym również na Wydziale Inżynierii Produkcji, są prowadzone liczne prace.

Teoretycznie przy stosowaniu w systemach grzewczych pomp ciepła istnieje możliwość zmniejszenia kosztów ogrzewania. Wynika to wprost z idei pracy pompy ciepła, gdzie efekt finalny (ciepło) wytwarzane jest głównie kosztem pobierania ciepła z dolnego źródła (grunt, woda, powietrze), a jedynie część dostarczana jest kosztem energii elektrycznej włożonej do napędu części składowych (sprężarka, pompy obiegowe). Szeroki przegląd rozwiązań technicznych z tego zakresu omówiono w artykule [Kurpaska 2011b]. Ogólnie można stwierdzić, że

zagadnienia te koncentrują się wokół: szacowania nakładów inwestycyjnych (wraz z podaniem okresu ich zwrotu), efektów ekologiczno-energetycznych, efektywności energetycznej i ekonomicznej oraz modelowania czasoprzestrzennych zmian temperatury i zawartości wody w gruncie, stanowiącym dolne źródło ciepła. Analizowano również wykorzystanie ciepła z górnego źródła pompy do regeneracji dolnego źródła, wydajności wymienników dolnego źródła (zarówno pionowych jak i poziomych), zagadnienia funkcjonalności pompy pracującej w układzie hybrydowym (standardowe dolne źródło ciepła oraz wykorzystujące kolektory słoneczne, podgrzewające medium, które stanowiło dolne źródło pompy ciepła), zużycia energii elektrycznej przez elementy składowe pompy ciepła. Więcej informacji o uzyskanych efektach, oprócz omówionych w cytowanej pracy, można znaleźć w [Aye i in. 2010; Benli 2011; Chai, Ni 2012; Hepbasli 2011; Ozgener. Ozgener 2011; Tong i in. 2010].

Do analizy zagadnień z zakresu pompy ciepła w obiektach Wydziału zbudowano (finansowane z realizowanych czterech projektów badawczych) stanowisko pomiarowe, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.



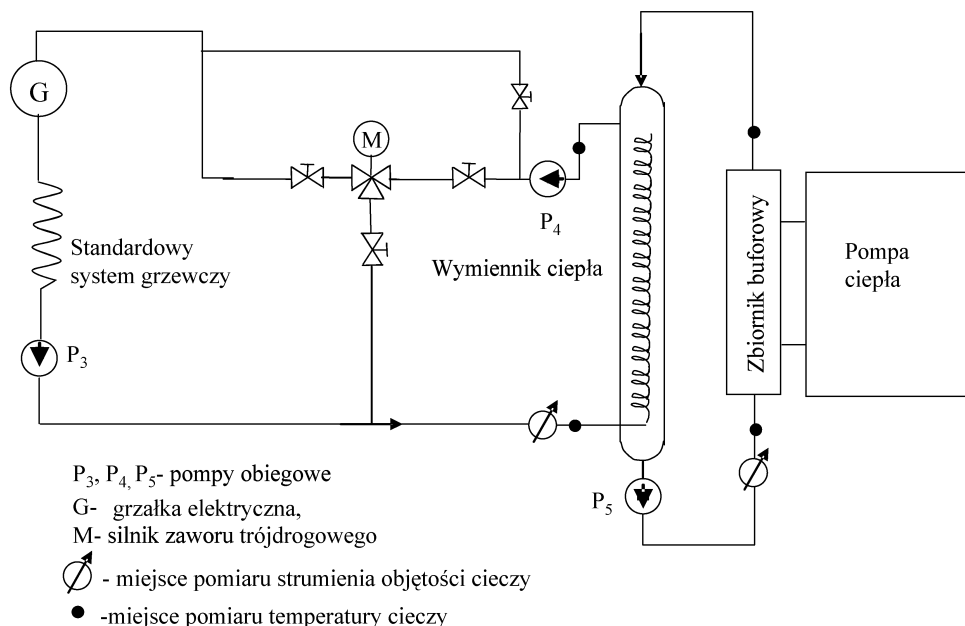
1- wymiennik spiralny; 2- podwójny wymiennik równoległy; 3- wymiennik pojedynczy; 4, 5- wymienniki pionowe na głębokość 20m z układem zasilania typu 1U (4) oraz 2U (5); 6- zbiornik akumulacyjny; 7- płaskie kolektory cieczowe; 8- kolektor próżniowy; 9, 10- wymienniki pionowe na głębokość 100m z układem zasilania typu 1U (9) oraz 2U (10)

Źródło: Kurpaska 2008

Rys. 1. Schemat stanowiska do analizy wykorzystania pompy ciepła do ogrzewania tunelu foliowego

Wielkości pomiarowe: parametry otaczającego klimatu, wartość strumieni i temperatury przepływającego czynnika obiegowego, temperatura wewnątrz obiektu, są monitorowane i archiwizowane w komputerowym systemie pomiarowym (KSP) z dowolnym czasem próbkowania.

System odbioru ciepła (oprócz przedstawionych wymienników ciecz-powietrze) stanowi również przeciwprądowy wymiennik ciepła, dostarczający podgrzaną wodę ze zbiornika buforowego bezpośrednio do ogrzewania bocznego tunelu (ogrzewanie rurowe). Schemat rozwiązania obrazuje rysunek 2. Z zakresu tej problematyki opublikowano wiele prac naukowych oraz wykonano badania do rozprawy doktorskiej [Sporysz 2008].



Źródło: Sporysz 2008

Rys. 2. Schemat węzła hydraulicznego zasilającego standardowy system ogrzewania obiektu

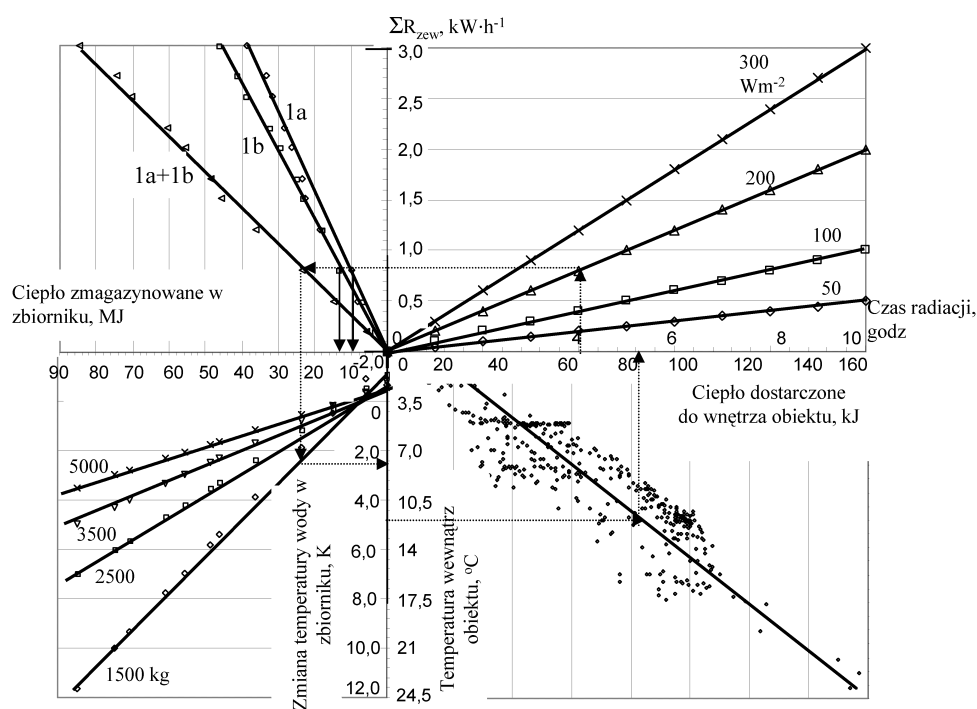
W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że instalowanie w systemie dwóch sposobów odbioru ciepła (wymienniki ciecz-powietrze oraz tradycyjny system przewodów grzewczych) wpływa korzystnie na efektywność pracy pompy ciepła (liczoną jako stosunek energii uzyskanej z systemu w stosunku do energii włożonej – Coefficient of Performance). W tabeli 1 przedstawiono względne zmiany wartości współczynnika COP pompy grzewczej.

Tabela 1. Względne różnice (w stosunku do tradycyjnego systemu odbioru ciepła) we współczynniku COP dla analizowanych warunków doświadczenia, h – głębokość wymiennika

Rodzaj dolnego źródła ciepła	Procentowe różnice w wartości współczynnika COP (%)	
	Wymienniki cieczeniowo-powietrzne	Wymienniki + tradycyjny system
poziome	18,7	21,2
pionowe, h=20m	17,3	23,1

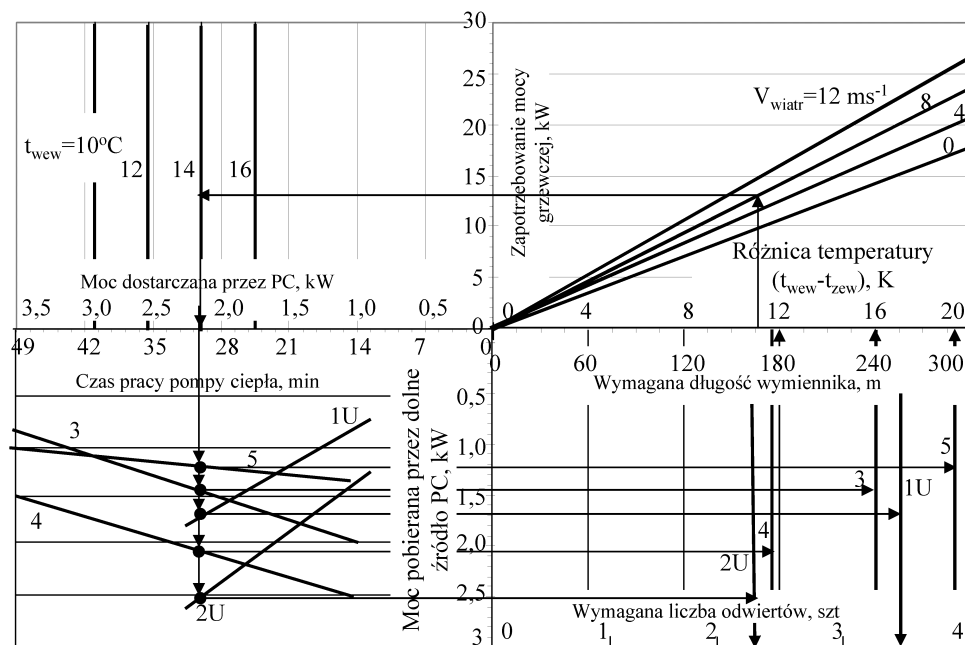
Źródło: Sporysz 2008

Globalnym podsumowaniem prowadzonych prac badawczych z zakresu zagadnień konstrukcyjno-eksploatacyjnych są dane zaprezentowane graficznie na rysunku 3 i 4, na których przedstawiono nomogramy dla systemu biwalentnego (rys. 3) oraz monowalentnego (rys. 4).



Źródło: Kurpaska 2008

Rys. 3. Nomogram do określania parametrów eksploatacyjnych systemu wykorzystania energii słonecznej w układzie biwalentnym



1U- pojedynczy wymiennik pionowy; 2U- podwójny wymiennik pionowy; 3- wymiennik pojedynczy; 4- podwójny równoległy wymiennik poziomy; 5- wymiennik spiralny

Źródło: Kurpaska 2008

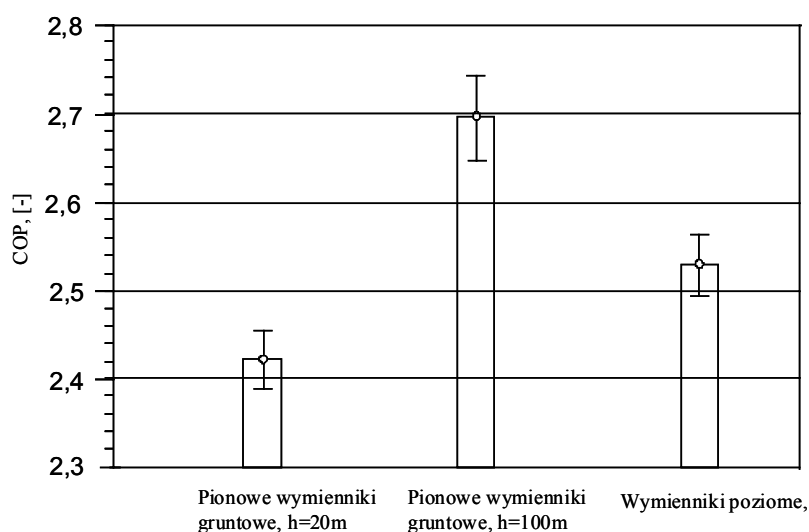
Rys. 4. Nomogram do określania parametrów eksploatacyjnych systemu wykozystania energii słonecznej w układzie monowalentnym

W pracy tej omówiono szczegółowo sposób posługiwania się tymi nomogramami. Zmiennymi niezależnymi były: parametry otaczającego klimatu, rodzaj kolektora, rodzaj wymienników gruntowych. Na podstawie znalezionych zależności dla systemu monowalentnego można dobrać liczbę odwiertów oraz długość wymienników poziomych. Z kolei dla systemu biwalentnego można określić wymaganą powierzchnię kolektorów oraz przyrost temperatury wody w zbiorniku akumulacyjnym. Wyznaczone wartości umożliwią określenie stopnia pokrycia zapotrzebowania przez urządzenia energetyki odnawialnej (pompa ciepła, kolektory słoneczne).

Podczas aktualnie realizowanego projektu badawczego analizowano wartość współczynnika COP dla gruntowych wymienników ciepła umieszczonych na głębokości 100 m. Na podstawie analizy blisko 500 cykli pracy pompy ciepła (obejmujących czas ładowania i rozładowania zbiornika buforowego) stwierdzono, że najwyższą średnią wartość współczynnika COP ($COP=2,69$) uzyskano dla

przypadku, gdy pompa ciepła współpracowała z pionowymi gruntowymi wymiennikami ciepła zlokalizowanymi na głębokości 100 m. Z kolei przy współpracy pompy z wymiennikami poziomymi średnia wartość COP wyniosła 2,52, zaś dla wymienników pionowych o głębokości ok. 20 m COP równy jest 2,42. Do analizy wybrano porównywalne wartości otaczającego klimatu, stąd wniosek praktyczny o rekomendowaniu jako dolnego źródła pompy wymienników poziomych wykonanych na głębokość 100 m. Analizując te zależności, można stwierdzić również, że współpraca pompy ciepła z wymiennikami pionowymi o głębokości 100 m charakteryzuje się również mniejszą zmiennością wartości współczynnika COP. Dla uzyskanych danych, na poziomie istotności $\alpha=0,05$ przeprowadzona analiza statystyczna z wykorzystaniem pakietu Statistica® (test wariancji w klasyfikacji pojedynczej) wykazała, że przyjęte czynniki doświadczalne (rodzaj wymiennika gruntowego) wywierają istotny wpływ na analizowaną wartość współczynnika COP. Z kolei z przeprowadzonego testu Duncana wynika, że średnie wartości tego współczynnika różnią się w sposób statystycznie istotny.

Wyniki obliczonego współczynnika COP wraz z odchyleniem standardowym analizy przedstawiono na rysunku 5.

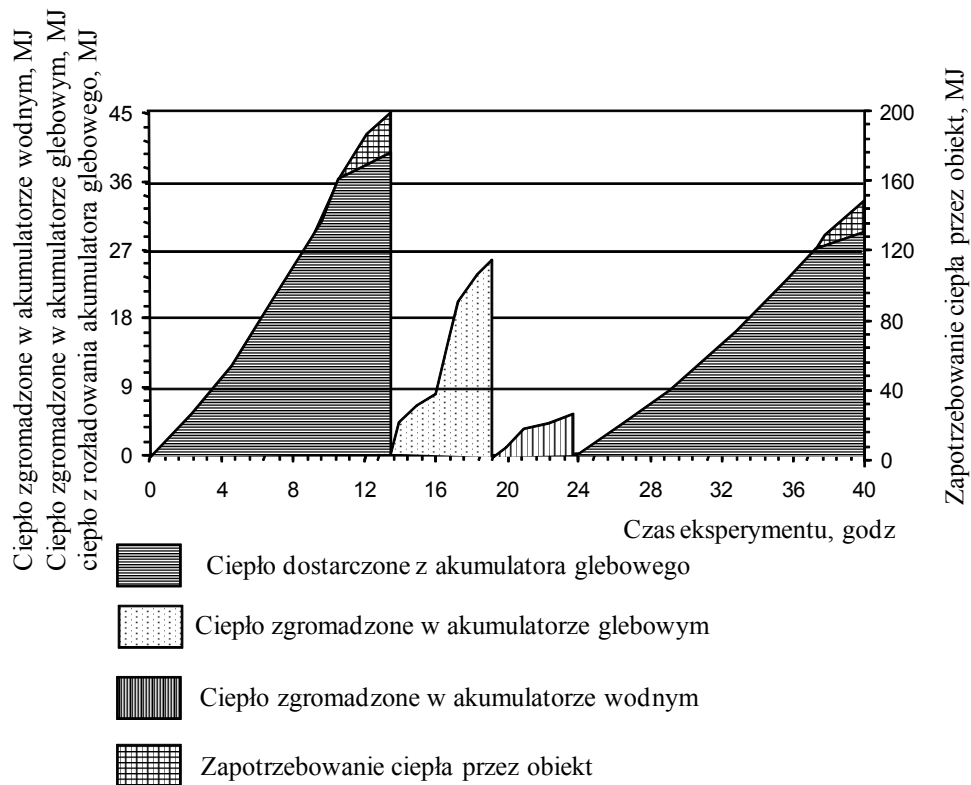


Źródło: Kurpaska, Latała 2012

Rys. 5. Wyniki średnich wartości współczynnika COP wraz z odchyleniem standardowym

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy osiągnięć w innych ośrodkach naukowych można stwierdzić, że o efektywności pracy pompy ciepła decyduje jakość (egzergia) dolnego źródła ciepła. Im temperatura tego źródła wyższa, tym efektywność pracy pompy wzrasta. Stąd wydaje się, że potencjalnym kierunkiem badań będzie funkcjonalność pomp ciepła, w których jako dolne źródło wykorzystana zostanie entalpia zawarta w gazach spalinowych silników z układów kogeneracyjnych, a do napędu wykorzystana zostanie energia elektryczna z tego układu. Pierwsze prototypy tych urządzeń wykazały korzystne wskaźniki ekonomiczne [Kosieradzki 2011]. Innym ważnym problemem naukowym jest analiza zagadnień regeneracji dolnego źródła ciepła i udzielenie odpowiedzi na pytanie, jak wpływa odbiór ciepła z gruntu na zmiany jego temperatury.

Innym intensywnie badanym zagadnieniem jest **magazynowanie energii** w akumulatorach. Problematyka magazynowania energii podejmowana była w licznych ośrodkach naukowych już od kilkudziesięciu lat. Ogólnie można stwierdzić, że ciepło można magazynować poprzez: wykorzystanie ciepła właściwego, ciepła przemian fazowych oraz ciepła przemian chemicznych (tzw Phase Changing Material) i fotochemicznych (np. w odwracalnych reakcjach chemicznych). Omówienie tych sposobów, szczególnie z uwzględnieniem problematyki wymiany ciepła, można znaleźć w pracy [Domański 1990]. W okresie po opublikowaniu tej pracy w literaturze można znaleźć m.in. wyniki prac badawczych w akumulatorach ciała stałego [Bouhdjar i in. 1996; Kurklu i in. 2003; Kurpaska 2003; Chen, Liu 2004; Santamouris i in. 1996], w akumulatorze cieczowym [Lindenberger i in. 2000], w akumulatorach podlegających przemianom fazowym (topnienie-krzepnięcie, krystalizacja-rozpuszczanie, sublimacja-resublimacja, parowanie-skraplanie, wrzenie-kondensacja) oraz dotyczące zmiany struktur krystalicznych, które przebiegają z pobieraniem i oddawaniem ciepła [Ayhan i in. 1992; Fath 1991]. Z kolei w pracy [Zalba i in. 2003] znajduje się szczegółowy przegląd ciał wykorzystujących ciepło przemian fazowych. Podsumowując wyniki tych prac, można jednoznacznie stwierdzić, że chociaż wyniki badań są obiecujące, jednak z racji, iż koncentrowały się głównie w obrębie zagadnień technicznych procesu magazynowania, posiadają ograniczone praktyczne zastosowanie. Opracowane konstrukcje akumulatorów miały charakter laboratoryjny i dlatego wyniki tych prac mają ograniczone zastosowanie praktyczne. Temu ostatniemu celowi służą badania realizowane w ramach konsorcjum naukowego na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki oraz w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Idea projektu powstała na podstawie badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych (rys. 6), w których jednoznacznie stwierdzono, że ciepło zmagazynowane w akumulatorach energii można wykorzystać na potrzeby energetyczne obiektu pod osłonami.



Źródło: Kurpaska, Latała 2011

Rys. 6. Czasowy przebieg analizowanych składowych ciepła podczas eksperymentu (niekorzystne warunki meteorologiczne)

Z przebiegu tych krzywych uzyskanych dla niekorzystnych warunków pogodowych (temperatura otoczenia podczas występowania pogody radiacyjnej nie przekraczała 15°C , zaś suma promieniowania $3,5\text{ kWh}$) wynika, że ilość dostarczonego ciepła w procesie rozładowania wynosi $38,6\text{ MJ}$ (I cykl) oraz $30,9\text{ MJ}$ (II cykl), w akumulatorze glebowym zmagazynowano blisko 25 MJ , zaś w cieczowym blisko 5 MJ ciepła. O wiele korzystniejsze wyniki uzyskano dla klimatu o dogodniejszych warunkach klimatycznych [Kurpaska, Latała 2009].

Przesłanki te skłoniły do aplikowania projektu badawczego z tej problematyki. Istotnym zagadnieniem w analizie procesów magazynowania jest uwzględnienie parametrów technicznych związanych z:

- potencjalnym zasobem energii możliwej do zmagazynowania w jednostce masy,

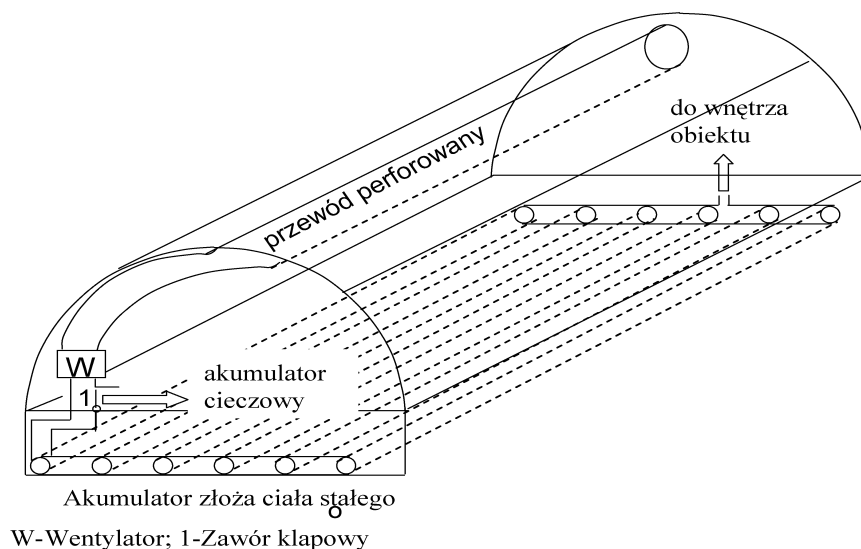
- liczby cykli ładowania i rozładowania akumulatora możliwych do zrealizowania,
- sprawność cyklu określoną stosunkiem ilości energii odebranej z układu do ilości energii do niego doprowadzonej,
- czas, w którym zmagazynowana energia może być przekazana do obiektu oraz czas, w którym może być ona magazynowana.

O doborze czynnika magazynującego ciepło decydują kryteria: termodynamiczne, chemiczne i ekonomiczne. Z kolei materiał, w którym magazynowane jest ciepło, winien cechować się następującymi właściwościami [Lewandowski, Meler 2010]: możliwie duże wartości pojemności cieplnej i ciepła przemiany fazowej oraz gęstości; punkt topnienia przemiany fazowej lub chemicznej powinien znajdować się powyżej temperatury ochładzania złoża i poniżej temperatury czynnika dostarczającego energię; materiał nie powinien ulegać przechłodzeniu i przegrzaniu; pojemność cieplna winna być stała w kolejnych cyklach grzania i chłodzenia oraz bez histerezy termicznej; przemiana fazowa winna przebiegać w ten sposób, aby powstała ciecz i ciało stałe posiadały ten sam skład, a zamiana stanu odbywała się w sposób całkowity; możliwie mała rozszerzalność cieplna złoża; brak reakcji z materiałem zbiornika lub wymiennika oraz złoża nie powinno być toksyczne, łatwopalne.

Uwzględniając te kryteria, wyniki badań wstępnych przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych oraz zastosowanie ich w praktyce (projekt finansowany jest ze strumienia innowacyjnej gospodarki) zdecydowano, że akumulator ciała stałego stanowić będzie granulacja porfiru w granicach 30 do 63 mm.

Badania laboratoryjne przeprowadzone zostaną w tunelu doświadczalnym o wymiarach 9x16m pokrytym podwójną folią (osłona taka jest powszechnie wykorzystywana w budowie komercyjnych tuneli). Na rysunku 7 przedstawiono schemat stanowiska.

W trakcie dotychczasowej realizacji tego projektu zweryfikowano zależności stosowane przy opisie zjawisk występujących przy zasysaniu powietrza przez przewód perforowany. Przewód taki, umieszczony w górnej części tunelu, winien mieć w taki sposób rozłożoną perforację w poboczniczy ścianki, aby zapewnić równomierne zasysanie na całej jego długości. W wyniku przeprowadzonej analizy zdecydowano, równomierne zasysanie zrealizować poprzez wykonanie różnicowanej liczby otworów umieszczonych w poboczniczy. W tabeli 2 przedstawiono zalecane ich liczby wykonane w odcinkach o długości 2,8 m każdy (odcinek l_5 jest odcinkiem najdalej oddalonym od wentylatora).



Źródło: Kurpaska i in. 2012

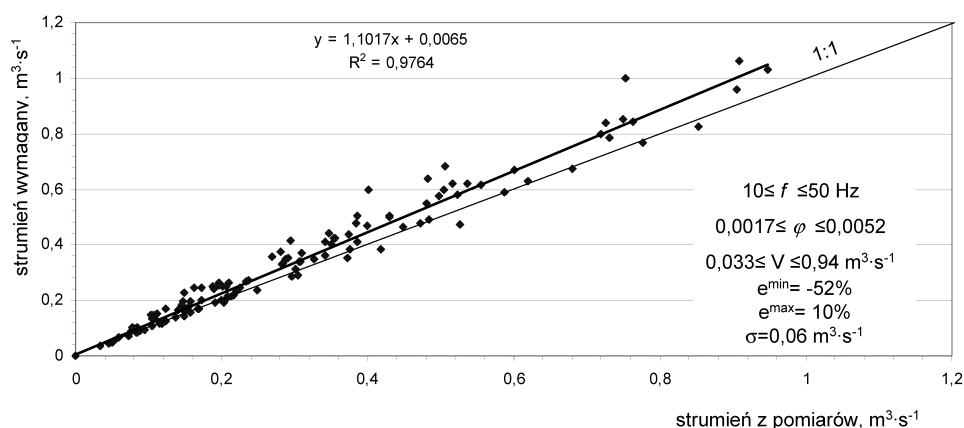
Rys. 7. Schemat analizowanego systemu magazynowania ciepła w tunelu foliowym

Tabela 2. Zalecana liczba otworów o średnicy 32 mm wykonana w odcinkach l_i

Strumień zasysanego powietrza ($\text{m}^3 \cdot \text{godz}^{-1}$)	Odcinek pomiarowy				
	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
679	7	7	7	6	6
1345	10	9	9	9	9
1996	11	12	12	12	11
2747	15	15	15	15	14
3420	18	18	18	17	17

Źródło: opracowanie własne

Porównanie między wartością zmierzoną a wymaganą dla jednego z badanych odcinków wraz z wartościami błędów lokalnych i średniego błędu kwadratowego przedstawiono na rysunku 8. Zaznaczone w opisie symbole oznaczają: f – częstotliwość prądu przemiennego, φ – współczynnik przepuszczalności pobocznic przewodu (liczony jako sumaryczna powierzchnia otworów do powierzchni pobocznic), V – strumień powietrza zasysany przez analizowany odcinek l_i , e – lokalne względne błędy aproksymacji.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 8. Porównanie między zmierzonymi i obliczonymi wartościami strumienia powietrza dla analizowanych czynników doświadczenia

Dla wszystkich odcinków pomiarowych zależność między sumarycznym przepływem powietrza przez pobocznice przewodu perforowanego, przy uprzednio prawidłowo wykonanych otworach (średnica, rozmieszczenie na długości), można opisać zależnością:

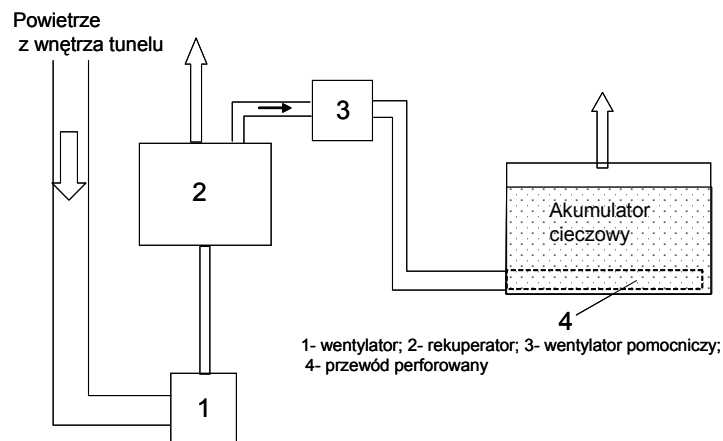
$$V(L, \varphi) = 0,00033 \left(\frac{1}{\varphi^{-0,05}} + 0,59 \cdot l^{0,115} \right)^{16,85} \quad R^2 = 0,89 \quad (1)$$

W zakresie stosowania:

$$0 < l \leq 14 \text{ m}; 0,0017 < \varphi \leq 0,0055$$

Taką postać modelu potęgowego wybrano w oparciu o największą wartość współczynnika determinacji. Zależność ta została określona estymacją nieliniową, metodą quasi-Newtona przy zachowanym współczynniku zbieżności 0,001.

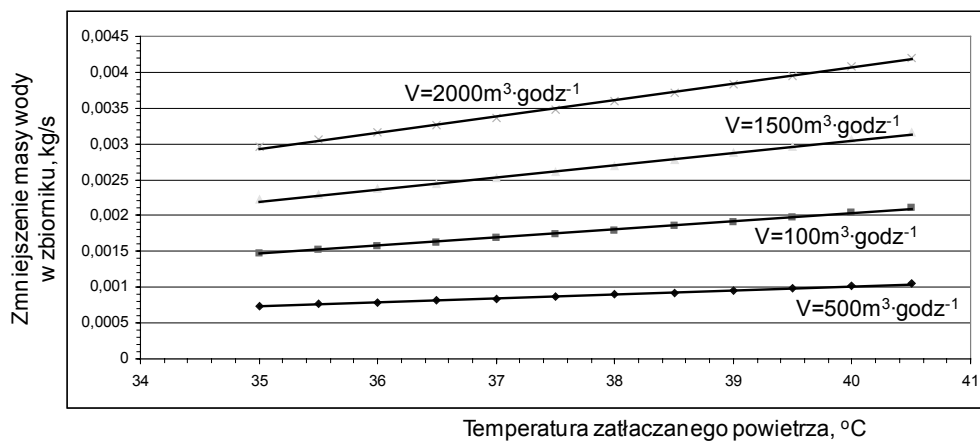
Magazynowanie ciepła w akumulatorze cieczowym. Teoretycznie akumulator cieczowy można zasilać w dwojaki sposób, a mianowicie, montując w układzie wymiennik bezprzeponowy typu powietrze-powietrze (rekuperator) lub wymiennik ciecz-powietrze (nagrzewnica powietrza). W przypadku zainstalowania w systemie rekuperatora ciepła schemat stanowiska przedstawiono na rysunku 9.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 9. Schemat stanowiska do magazynowania ciepłego powietrza z wykorzystaniem rekuperatora

W prezentowanym systemie, z racji nieporównywalnych oporów przepływu (w stosunku do oporów przepływu przez złożo akumulatora ciała stałego), istnieje konieczność zainstalowania wentylatora pomocniczego (3). Jednak przeprowadzona analiza teoretyczna wykazała, że w tym systemie następuje intensywne usuwanie wody (rys. 10).

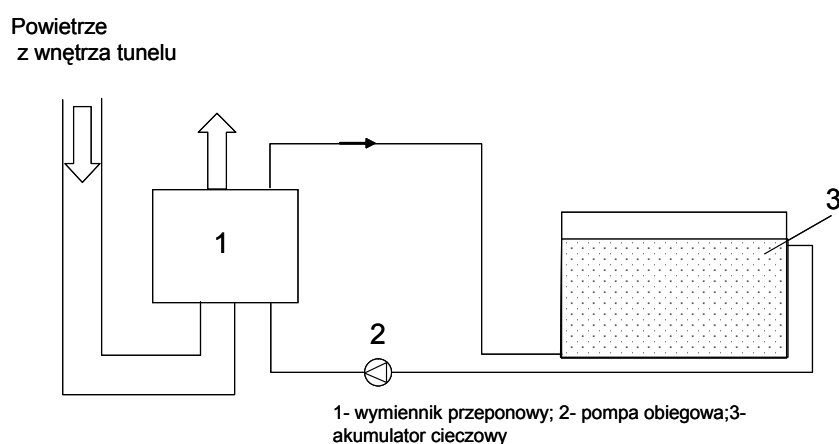


Źródło: opracowanie własne

Rys. 10. Wpływ temperatury końcowej wody w akumulatorze na jednostkową zmianę masy wody w akumulatorze

Widać więc, że podgrzewanie wody (poprzez zatłaczanie powietrza do wnętrza akumulatora) przyniesie drastyczne zmniejszenie wody. Dla przytoczonych danych, podczas godziny zatłaczania z 1 m² powierzchni akumulatora zostanie usunięte od 1,8 do ok. 15 kg wody.

Z tego względu zdecydowano, że akumulator cieczowy ogrzewany będzie za pomocą wymiennika przeponowego. Schemat takiego systemu przedstawiono na rysunku 11.



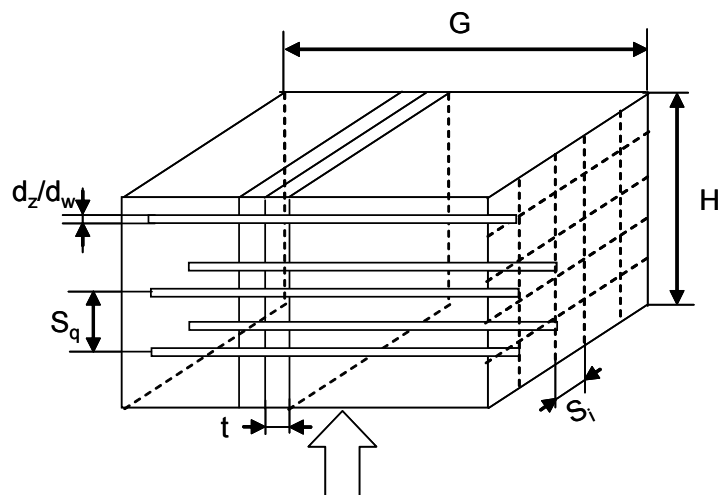
Źródło: opracowanie własne

Rys. 11. Schemat ideowy ogrzewania cieczy w akumulatorze z wykorzystaniem przeponowego wymiennika ciepła

W przeprowadzonej analizie teoretycznej podane zależności zostały wyprowadzone przy założeniu [Hobler 1986; Niezgoda-Żelasko, Zalewski 2010]:

- braku strat do otoczenia, czyli dla idealnej izolacji wymiennika,
- wymiana ciepła między czynnikami roboczymi oddzielonymi przeponą następuje wyłącznie w kierunku prostopadłym do niej,
- występują stałe wartości wszystkich współczynników związanych z wymianą ciepła, jak również pozostałych stałych materiałowych,
- analizę przeprowadzono dla ustalonego stanu wymiany ciepła.

Główne parametry konstrukcyjne wymiennika przedstawiono na rysunku 12.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 12. Parametry konstrukcyjne wymiennika przeponowego

gdzie:

- d_z – średnica zewnętrzna rur (m),
- d_w – średnica wewnętrzna rur (m),
- S_l – podziałka podłużna układu rur (m),
- S_q – podziałka poprzeczna układu rur (m),
- H – wysokość powierzchni czołowej wymiennika (m),
- G – szerokość powierzchni czołowej wymiennika (m),
- t – podziałka lamel (m),
- δ – grubość lamel (m).

Zależność na moc cieplną wymiennika można zapisać w postaci:

$$q = \frac{m_w \cdot c_w \cdot (t_k - t_0)}{\tau} \quad (2)$$

Jak widać, moc wymiennika uzależniona jest od wymaganego strumienia wody (m_w , $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$), temperatury ($^{\circ}\text{C}$) początkowej wody (t_0) oraz po nagrzaniu (t_k), a także czasu nagrzewania (τ).

W wymienniku ciepła zachodzi proces przenikania ciepła, stąd zgodnie z równaniem Pecleta, pole powierzchni wymiany ciepła wyznaczyć można ze wzoru:

$$A_w = \frac{q}{k_w \cdot \Delta T_m} \quad (3)$$

gdzie:

q – zakładana wydajność cieplna wymiennika,
 W ; k_{wym} – współczynnik (odniesiony do powierzchni wewnętrznej) przenikania ciepła od powietrza do cyrkulującej cieczy,
 $W \cdot m^2 K^{-1}$, ΔT_m – średnia logarytmiczna różnica temperatury (K).

Dla spotykanych typów wymiennika (ze względu na ruch ogrzewającego powietrza względem przepływającej ogrzewanej wody, układ ten może jako współ, przeciuprądowy lub krzyżowy) występuje zależność:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} \quad (4)$$

Temperatury ogrzewanej wody oraz chłodzonego powietrza można wyznaczyć z równań bilansowych w postaci:

Dla ogrzewanej wody:

$$q = m_w \cdot c_w (T_{w2} - T_{w1}) \quad (5)$$

Dla chłodzonego powietrza:

$$q = m_p \cdot c_p (T_{p1} - T_{p2}) \quad (6)$$

gdzie:

m_w , m_p – odpowiednio strumień wody (m_w) i powietrza (m_p), ($kg \cdot s^{-1}$),
 c_w , c_p – ciepło właściwe wody (c_w) i powietrza (c_p), ($J \cdot kg^{-1} K^{-1}$),
 T_{w2} , T_{w1} – temperatura wody na wyjściu (T_{w2}) i wejściu (T_{w1}) do wymiennika ($^{\circ}C$),
 T_{p2} , T_{p1} – temperatura wody na wejściu (T_{p1}) i wyjściu (T_{p2}) z wymiennika ($^{\circ}C$).

Całkowitą liczbę rzędów rur (N_{rz}) w wymienniku posiadającym szerokość powierzchni czołowej G , w którym znajduje się (n_r) rur w jednym rzędzie, można wyliczyć z formuły:

$$N_{rz} = \frac{A_w}{G \cdot \pi \cdot d_w \cdot n_r} \quad (7)$$

Występujący w równaniu współczynnik przenikania ciepła k_w , odniesiony do powierzchni wewnętrznej rur (A_w) dany jest wzorem:

$$k_w = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_r}{\lambda_r} \frac{A_w}{A_m} + R_z + \frac{A_w}{\alpha_p (A_r + \varepsilon_z \cdot A_z)}} \quad (8)$$

gdzie:

α_w – współczynnik przejmowania ciepła od strony ogrzewanej wody ($\text{W} \cdot \text{m}^2 \text{K}^{-1}$),

δ_r – grubość ścianki rury (m),

λ_r – współczynnik przewodnictwa cieplnego materiału rury ($\text{W} \cdot \text{mK}^{-1}$),

A_w, A_m – pole powierzchni, odpowiednio wewnętrznej i średniej rur (m^2),

R_z – opór zanieczyszczeń ($\text{m}^2 \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$),

A_r, A_z – pole powierzchni, odpowiednio: rur pomiędzy lamelami i lamel (m^2),

ε_z – sprawność żeber, przyjęto na poziomie 0,94

α_p – współczynnik przejmowania ciepła od strony przepływającego powietrza ($\text{W} \cdot \text{m}^2 \text{K}^{-1}$).

Współczynnik α_p obliczono ze wzoru:

$$\alpha_p = \frac{Nu_p \cdot \lambda_p}{d_z} \quad (9)$$

gdzie, liczbę Nussleta (Nu_p) określa zależność:

$$Nu_p = K \cdot Re_p^{0,6} \left(\frac{A_c}{A_o} \right)^{-0,15} \cdot Pr_p^{0,33} \quad (10)$$

Współczynnik K przyjmuje wartości $K=0,2$ (dla szeregowego układu rur i liczby rzędów od 1 do 3), $K=0,33$ (dla układu przestawnego i 2 rzędów rur) oraz $K=0,36$ (układ przestawny i 3 rzędy rur). A_c jest sumaryczną powierzchnią lameli oraz powierzchni rzutu pomiędzy lamelami, a A_o polem powierzchni zewnętrznej rury na długości podziałki t (rys. 9). Liczbę Reynoldsa (Re_p) oraz liczbę Prandtla (Pr_p) należy obliczyć, korzystając ze standardowych zależności między liczbami kryterialnymi.

Przy wyliczaniu liczby Re_p uwzględnia się prędkość ruchu powietrza w najmniejszym swobodnym przekroju wymiennika.

Z kolei przy obliczaniu współczynnika przejmowania ciepła wewnątrz rury, zastosowano następujące zależności:

$$\alpha_w = \frac{Nu_w \cdot \lambda_w}{d_w} \quad (11)$$

Liczbę Nusselta (Nu_w) wyliczono ze wzoru:

$$Nu_w = 3,66 + \frac{0,0668 \cdot Gz}{1 + 0,04 \cdot Gz^{0,66}} \quad (12)$$

Liczbę Greatza (Gz) z:

$$Gz = Re_w \cdot Pr_w \cdot \frac{d_w}{L} \quad (13)$$

W obliczaniu liczby Reynoldsa (Re_w) uwzględnić należy prędkość przepływu wody przez rury wymiennika, a do jej obliczenia wykorzystać zależność:

$$v_w = \frac{4 \cdot m_w}{\pi \cdot d_w^2 \cdot \rho_w \cdot N_z} \quad (14)$$

Istotnym problemem w rozważanym systemie jest końcowa temperatura wody w zbiorniku. Wychodząc z elementarnych zależności na bilans cieplny (ciepło dostarczone z wymiennika ciec-powietrze (Q_{dost}) oraz przyrost energii zmagazy-nowanej w zbiorniku (dQ_w), po pominięciu strat ciepła, można zapisać:

$$Q_{dost} = \Delta Q_w \quad (15)$$

Po uwzględnieniu różniczkowalnego czasu $d\tau$ zależność na temperaturę koń-cową w zbiorniku przyjmuje postać:

$$t_k = \frac{m_w \cdot t_w d\tau + m_{ak} \cdot t_{ak}}{m_w d\tau + m_{ak}} \quad (16)$$

gdzie:

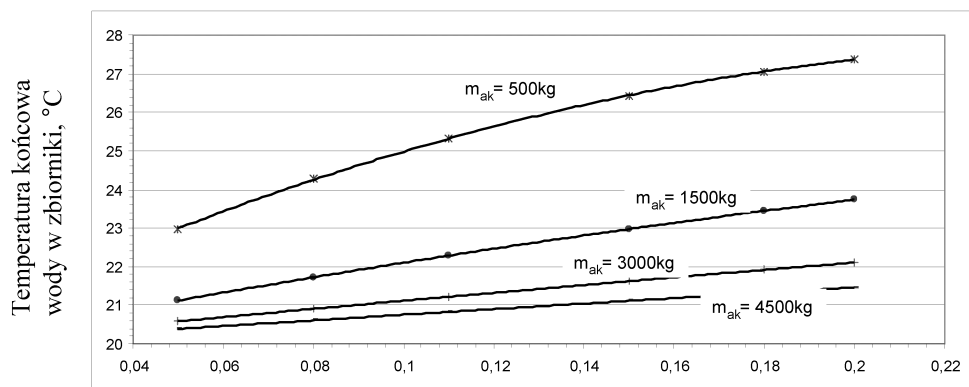
m_{ak} – masa wody w akumulatorze, kg

t_{ak} – temperatura początkowa w akumulatorze ($^{\circ}\text{C}$),

t_w oraz m_w – odpowiednio temperatura ($^{\circ}\text{C}$) oraz strumień zatłaczanej ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) do akumulatora wody.

Na rysunku 13 przedstawiono wyniki obliczeń zmiany temperatury wody w akumulatorze po upływie godzinowego czasu zatłaczania podgrzanej w wymien-niku wody dla zróżnicowanych pojemności wody w akumulatorze cieczowym.

Obliczenia wykonano dla początkowej temperatury wody w akumulatorze równej 20°C oraz temperaturze wody opuszczającej wymiennik równej 30°C .

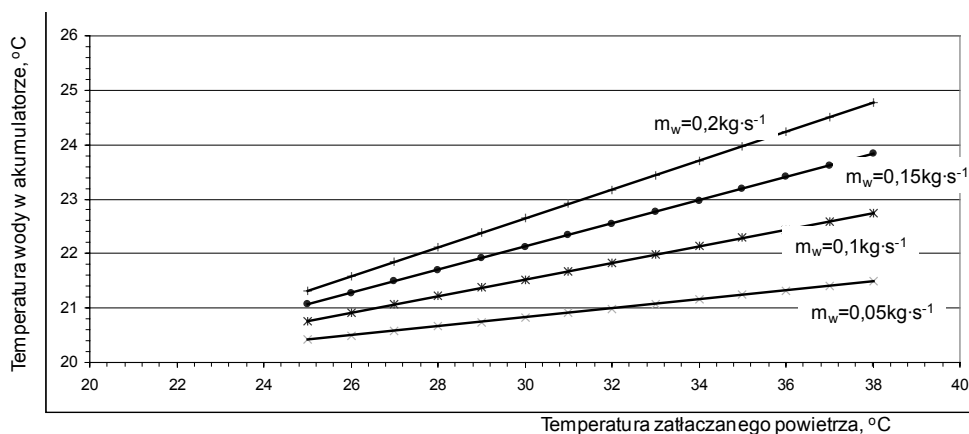


Strumień wody przepływającej przez węzownice, $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Źródło: opracowanie własne

Rys. 13. Zmiana temperatury wody w akumulatorze przy zróżnicowanym strumieniu wody przepływającym przez wymiennik dla różnych pojemności wody w akumulatorze

Jak widać, im większy strumień przepływającej wody przez wymiennik, tym większy przyrost temperatury wody w akumulatorze. Przykładowo, wzrost strumienia przepływającej wody z $0,05$ do $0,2 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ powoduje średni przyrost temperatury wody (w czasie równym 1 godz.) od ok. $1,5\text{K}$ (dla pojemności wody w akumulatorze równym 4500 l) do $7,4\text{K}$ (przy pojemności akumulatora na poziomie 500 l).

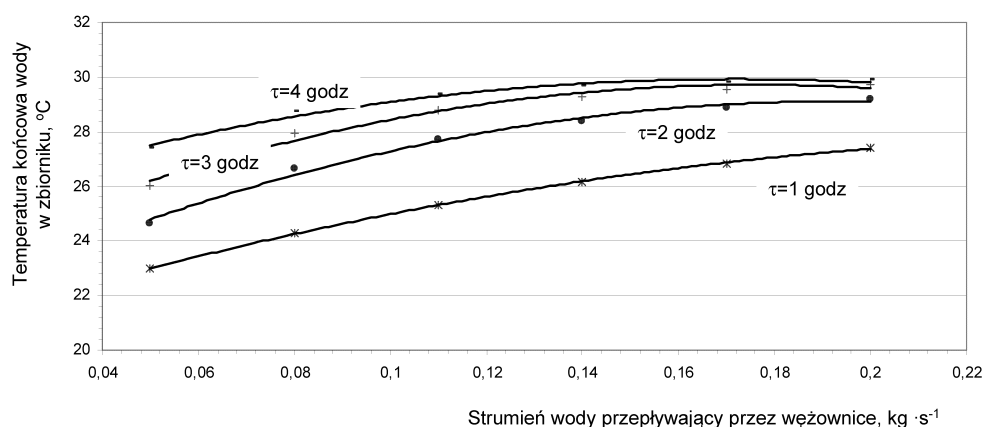


Źródło: opracowanie własne

Rys. 14. Wpływ temperatury załaczanego powietrza na przyrost temperatury wody w akumulatorze dla zróżnicowanych strumieni wody przepływającej przez wymiennik

Na rysunku 14 zobrazowano przyrost temperatury wody w akumulatorze (przy początkowej temperaturze równej 20°C i pojemności akumulatora 500 l) dla zróżnicowanej temperatury wody przepływającego przez wymiennik po upływie 1 godz czasu tłoczenia podgrzanego powietrza. Jak widać, wzrost temperatury powietrza z 25 do 38°C powoduje przyrost temperatury od ok. $1,5\text{K}$ (przy strumieniu zatłaczanej wody równym $0,05\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$) do blisko $4,7\text{K}$ (dla strumienia na poziomie $0,2\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$).

Wpływ czasu nagrzewania akumulatora (dla pojemności 500 l i dla początkowej temperatury wody na poziomie 20°C) zobrazowano na rysunku 15.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 15. Wpływ czasu nagrzewania na przyrost temperatury wody w akumulatorze dla zróżnicowanych strumieni wody przepływającej przez wymiennik

Można zauważyć, że wzrost czasu magazynowania ciepła powoduje quasi-liniowy przyrost temperatury wody w akumulatorze. Równocześnie widać, że przy największej wartości strumienia przepływającej wody przez wymiennik oraz strumienia przepływającej wody większego od $0,15\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ po 4 godzinach zatłaczania temperatura wody w akumulatorze zbliża się do temperatury zatłaczanej wody (równej 30°C).

Aby osiągnąć przyrost temperatury wody w akumulatorze, należy zaproponować wymiennik o żądanej wydajności. Przykładowo dla wymiennika o wydajności 5 kW oraz wykorzystując zależności 5 i 6 przy danych wejściowych: temperatura wody opuszczającej wymiennik wynosi 30°C , temperatura zatłaczanego powietrza 35°C , strumień przepływającej wody $0,15\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz strumień zatłaczanego powietrza (liczony na powierzchnię czołową) na poziomie $1\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, wtedy temperatura wody zatłaczanej do wymiennika wynosić będzie 22°C , a temperatura powietrza opuszczającego wymiennik będzie równa $30,1^{\circ}\text{C}$.

Dla tych danych średni spadek temperatury (wzór 4) wyniesie 6,4K.

W prezentowanych poniżej obliczeniach uwzględniono następujące wartości parametrów:

a) dla wody: $t_w = 30^\circ\text{C}$; $\rho_w = 992,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $c_w = 4174 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$; $\lambda_w = 0,627 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$; μ (lepkość kinematyczna) $= 0,8\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$; $\text{Pr} = 5,42$

b) dla powietrza: $t_p = 40^\circ\text{C}$; $\rho_p = 1,24 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $c_p = 1020 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$; $\lambda_p = 0,0276 \text{ W}\cdot\text{mK}^{-1}$; μ (lepkość kinematyczna) $= 16,5\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$; $\text{Pr} = 0,722$

Przykładowe wyniki obliczenia niektórych wielkości związanych z wyliczeniem powierzchni wymiennika powietrze-ciecz przedstawiono w tabelach 3-5.

W obliczeniach założono arbitralnie powierzchnię zewnętrzną wymiennika 0,6x0,3m (odpowiednio długość i szerokość) oraz założono, że odległość między lamelami wynosić będzie 0,05 m, stąd powierzchnia lamel (o grubości 0,3 mm wykonanych z aluminium) jest równa 2,16 m².

Tabela 3. Parametry cieplno-przepływowe powietrza i ogrzewanej wody

Q (kW)	m _p (kg·s ⁻¹)	t _p (°C)	RH _p (-)	m _w (kg·s ⁻¹)	t _w (°C)
5,0	1,0	35	0,4	0,15	30

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Wyniki obliczeń współczynników przejmowania ciepła od strony wody (α_w)

v _w (m·s ⁻¹)	Re _w (-)	Gz (-)	Nu _w (-)	α_w (W·m ² K ⁻¹)
0,11	18350	6464	34,3	72,8

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Wyniki obliczeń współczynników przejmowania ciepła od strony powietrza (α_p)

v _p (m·s ⁻¹)	Re _p (-)	Nu _p (-)	α_p (W·m ² K ⁻¹)	k _w (W·m ² K ⁻¹)	A _w (m ²)
4,5	4072	27,14	49,95	68,4	11,42

Źródło: opracowanie własne

gdzie:

m_p – strumień przepływu powietrza

m_w – strumień ogrzewanej wody

RH_p – wilgotność względna powietrza

Z przedstawionych danych wynika jednoznacznie, że sumaryczna powierzchnia wymiennika przekracza przyjętą a priori wartość. Stąd metodą kolejnych przybliżeń obliczono, że wymagana powierzchnia (przy założonych arbitralnie parametrach przepływu powietrza i wody oraz mocy cieplnej wymiennika) wy-

nosić będzie 10,91 m². Średnica przyjętych rur miedzianych jest równa $d_z/d_w=15/13$ (mm), w wymienniku zastosowanych będzie 10 rur w dwóch rzędach, zainstalowanych w układzie przestawnym.

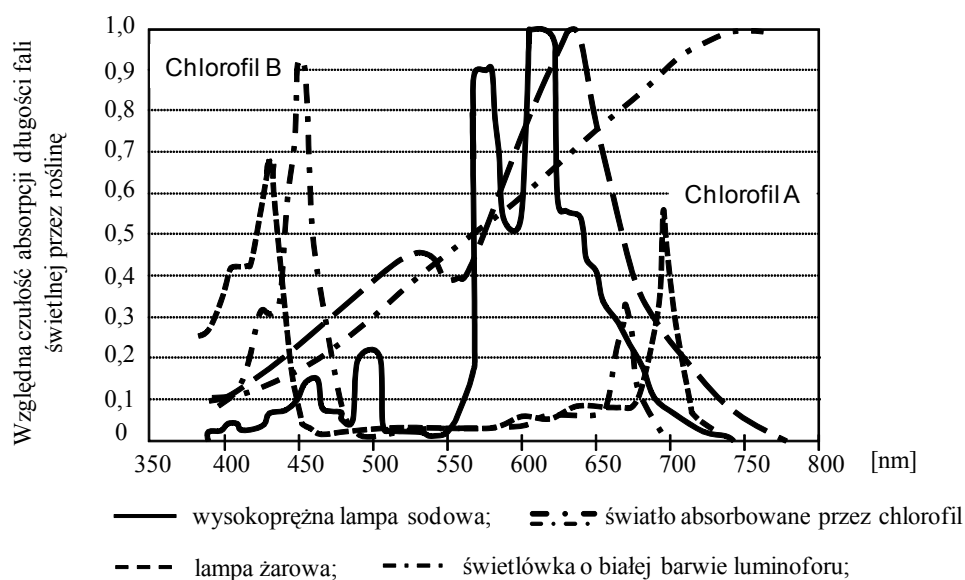
Konkludując, aby zapewnić ogrzewanie wody w wymienniku powietrzem o temperaturze wlotowej równej 35°C i podgrzać wodę o strumieniu 0,15 kg·s⁻¹ z temperatury 22 do 30°C, należy zastosować wymiennik – o mocy grzewczej równej 5kW i powierzchni wymiany ciepła (liczonej jako sumaryczna powierzchnia wymiany), która winna wynosić 10,91 m² – przez który będzie przepływał strumień powietrza równy ok. 2850 m³·godz⁻¹. Oczywiście moc takiego wymiennika jest ściśle skorelowana z ilością magazynowanej wody w akumulatorze oraz przyrostem jej temperatury. Dla podanej mocy wymiennika i przyjętych parametrów przepływającego powietrza, w czasie 3 godzin cyklu ładowania akumulatora (a więc po skończeniu gromadzenia ciepła w akumulatorze ciała stałego) można podgrzać 2000l wody o blisko 6,5K. Oczywiście montując w systemie większą liczbę takich wymienników, istnieje możliwość uzyskania większej energii, a konsekwencji podgrzania większej ilości zgromadzonej wody i większego przyrostu temperatury (należy mieć świadomość, że maksymalna temperatura nie przekroczy temperatury powietrza zatłaczanego do wymiennika przeponowego).

W najbliższym okresie cały system będzie szczegółowo analizowany (w tym również efektywność jego pracy). Efekty produkcyjne roślin (pomidory, ogórki – przyrost plonu, jego jakość) będą badane w tunelach zlokalizowanych w obiektach Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach – (jednostka ta jest partnerem w realizowanym projekcie) – oraz cyklicznie publikowane.

Na podstawie analizy przeprowadzonej przez Lewandowskiego [2010] można stwierdzić, że obiecującym złożem do magazynowania ciepła może być m.in. produkt odpadowy destylacji ropy naftowej – gacz parafinowy. Autorzy na podstawie badań stwierdzili, że dzięki wykorzystaniu ciepła jego przemiany fazowej pojemność cieplna, w porównaniu do akumulatora wodnego, zwiększyła się o blisko 60%.

Doświetlanie roślin z wykorzystaniem źródeł światła emitowanego przez lampy LED. W efekcie wygrania projektu badawczego, w szklarni zlokalizowanej na Wydziale Ogrodnictwa UR w Krakowie (autor jest jednym z członków zespołu badawczego) realizowany jest projekt polegający na analizie efektów powstałych przy doświetlaniu roszponki i begonii lampami LED. Powszechnie jest wiadomo, że w uprawach szklarniowych w okresie jesienno-zimowym oraz wczesnowiosennym występują niekorzystne warunki świetlne, skąd bierze się konieczność doświetlania uprawianych roślin. Jednak doświetlanie roślin niesie ze sobą podniesienie kosztów produkcji, które z drugiej strony poprzez zwiększoną asymilację winny być zrekompensowane przyrostem plonu lub podniesieniem jego jakości. W technice szklarniowej do doświetlania stosuje się źródła światła,

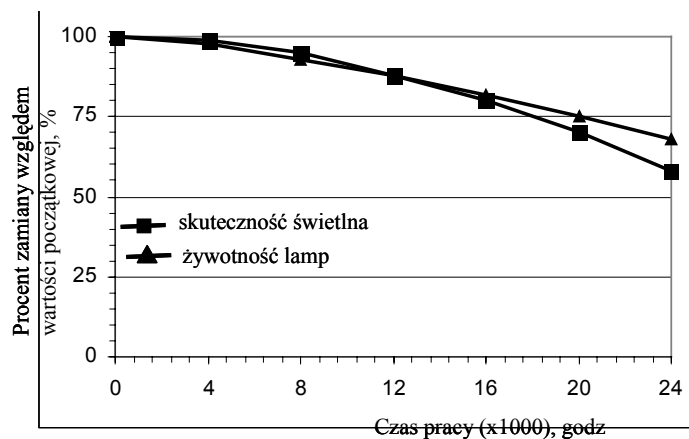
które charakteryzują się różnymi zakresami długości światła, żywotnością i skutecznością świetlną (liczoną jako stosunek strumienia światła do pobieranej przez źródło energii elektrycznej). W praktyce najczęściej stosuje się następujące typy doświetlania roślin: żarowe, fluorescencyjne, rtęciowe, nisko i wysokoprężne lampy sodowe oraz lampy metalohalogenkowe. Oprócz wymienionych parametrów, niezmiernie ważną sprawą jest zapewnienie przez źródło takiego spektrum długości światła, które jest wykorzystywane przez chlorofil roślin. Przykład takiego spektrum dla wysokoprężnej lampy sodowej wraz z zaznaczonym spektrum rekomendowanym dla chlorofilu roślin przedstawiono na rysunku 16.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 16. Spektralny rozdział emitowanej przez różne rodzaje lamp oraz absorbowanej przez chlorofil roślin

Należy mieć świadomość, że wraz z czasem użytkowania sztucznych źródeł światła maleje ich skuteczność świetlna (rys. 17).



Źródło: Bakker i in. 1995

Rys. 17. Procentowa zmiana żywotności i skuteczności świetlnej wysokoprężnej lampy sodowej

Z przedstawionych przebiegów wynika jednoznacznie, że lampy te odbiegają pod względem rozkładu spektralnego światła, jak i żywotności, jako optymalne źródła światła dla doświetlania roślin.

Stąd powstała idea, aby zastosować lampy LED do doświetlania roślin. W obecnym czasie producenci tych lamp intensywnie rozwijają ich konstrukcję oraz parametry użytkowe. Dysponując dostępnymi danymi, w tabeli 6 przedstawiono stan obecny i prognozy rozwoju źródeł światła do 2020 r. (jako lampę sodową przyjęto lampę o pobieranej mocy elektrycznej na poziomie 750 W).

Tabela 6. Dane i prognozy rozwoju źródeł światła stosowanych w doświetlaniu roślin

Rodzaj źródła	LED	LED	LED	LED	Systemy żarowe	Systemy fluorescencyjne	Wysokoprężne lampy sodowe
Skuteczność świetlna	2002	2007	2011	2020			
Wydajność świetlna ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$)	25	75	150	200	16	85	120
Strumień świetlny ($\text{lm}\cdot\text{lampę}^{-1}$)	25	200	1000	1500	1200	3400	808750
Trwałość (w tys. godzin)	20	>20	>100	>100	1	10	24
Moc pobierane ($\text{W}\cdot\text{lampę}^{-1}$)	1	2,7	6,7	7,5	75	40	750
Koszt ($\text{\$}\cdot\text{klm}^{-1}$)	200	20	<5	<3	0,5	5	2,6

Źródło: Grzesiak 2012

Obok przedstawionych powyżej zalet inną charakterystyczną cechą lamp LED jest zdecydowanie mniejsza bezwładność świetlna w stosunku do innych lamp, co umożliwia łatwą regulację ich intensywności światła. Może to mieć znaczenie przy komputerowym sterowaniu intensywnością doświetlania roślin [Grzesiak i in. 2009; Grzesiak i in. 2011]. Widok stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 18.



Źródło: opracowanie własne

Fot. 18. Widok stanowiska pomiarowego

W badanym projekcie, oprócz zagadnień fizjologicznych, skutkujących rozwojem i jakością efektów prozdrowotnych u doświetlanych roślin, określone zostaną również nakłady energetyczne zużywane w tym procesie oraz parametry sterowania w aspekcie ich wykorzystania w produkcji towarowej.

Szkło niskoemisyjne jako osłona szklarni

Osłona (szkło, tworzywo sztuczne) poprzez stwarzanie właściwej izolacji sprzyja redukcji zużycia ciepła oraz stwarzaniu właściwych warunków dostępności światła o zakresie długości fali, przy której przebiegają procesy fizjologiczne w uprawianych roślinach. Poprawne własności fizyczne i optyczne szkła (przewodnictwo cieplne, reakcja powierzchni szkła na docierające promienie) wpływają na zmniejszenie zużycia paliwa, co przynosi wymierne skutki finansowe, a także zmniejsza emisję do atmosfery substancji szkodliwych, a zarazem zwiększa opłacalność produkcji. Obecnie istnieją dobrze opracowane technologie produkcji i metody obróbki szkła, polegające na modyfikacji własności termicznych oraz parametrów optycznych, charakteryzujących przepływ promieniowania o odpowiedniej długości fali (stosując napyłanie powłoki metalu lub tlenków metali na jego powierzchnię), selekcji odbicia promieniowania podczerwonego przez zastosowanie szkła niskoemisyjnego, zwiększeniu współczynnika transmisji światła przez zastosowanie szkła antyrefleksyjnego. Istotnym wyzwaniem stojącym przed nauką jest oszacowanie potencjalnych korzyści ze stosowania tej obróbki w stosunku do standardowego szkła ogrodniczego. W obecnym czasie w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są prace badawcze nad stosowaniem jako osłony szklarni szkła o niskiej emisji promieniowania. Również w UR w Krakowie próbuje się podjąć badania w tym zakresie. Oczywiście oprócz efektów produkcyjnych w celu zapewnienia roślinom optymalnych warunków wzrostu (w okresie

intensywnego promieniowania poprzez zamianę promieniowania bezpośredniego na promieniowanie dyfuzyjne), istotnym zagadnieniem jest oszacowanie potencjalnych zysków energetycznych przy stosowaniu tych lamp w doświetlaniu roślin.

W tym zakresie, w oparciu o dane producentów takiego szkła, przeprowadzono analizę dla szklarni o powierzchni użytkowej 600 m^2 , wskaźniku osłony (stosunek powierzchni oszklenia do powierzchni użytkowej szklarni) równym 2,0 oraz kubaturze 3000 m^3 [Kurpaska 2012]. Ponadto założono, że w szklarni temperatura wewnątrz wynosi 12°C , zaś jej osłonę stanowi: szkło niskoemisyjne o współczynniku emisji promieniowania długofalowego (NIR) na poziomie $\varepsilon_{c1}=0,18$ oraz alternatywnie szkło standardowe o $\varepsilon_{c2}=0,84$. Podłoże szklarni w obydwu przypadkach wyłożone jest PE folią białą o współczynniku emisji równym 0,8. Przyjęto również, że powierzchnia grzejników stanowi 35% powierzchni użytkowej szklarni, zaś współczynnik emisji grzejników $\varepsilon_g=0,94$. Konwekcyjne współczynniki przejmowania ciepła obliczono zgodnie z obowiązującą metodyką.

Wyniki obliczeń ilości niezbędnego ciepła w sezonie grzewczym dla szklarni pokrytej analizowanymi osłonami przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Zapotrzebowanie na ilość ciepła w sezonie grzewczym

Rodzaj osłony	Zapotrzebowanie ciepła ($\text{GJ}\cdot\text{szklarna}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)
Szkło standardowe	1218,05
Szkło niskoemisyjne	1171,85

Źródło: opracowanie własne

Przyjmując, że szklarnia opalana będzie węglem sortymentu „Miał” oraz zakładając, że sumaryczne straty ciepła wynoszą 20% (straty przesyłowe, straty w kotłowni), w analizowanej szklarni rocznie zostanie zaoszczędzone ponad 2,5 tony paliwa. Oczywiście zmniejszona zostanie również emisja do atmosfery substancji szkodliwych, o: CO_2 – 4264; CO – 47; SO_2 – 18; NO_x – 3,9 oraz pyłu o blisko 25 kg.

Można więc jednoznacznie stwierdzić, że istnieją przesłanki energetyczno-ekologiczne do stosowania takiego szkła jako osłony szklarni.

Układy kogeneracyjne (łączne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej) w obiektach pod osłonami. Technologia kogeneracji umożliwia osiągnięcie istotnych oszczędności zużycia energii pierwotnej w porównaniu do produkcji rozdzielnej [Skorek, Kalina 2005]. Jest to możliwe, gdyż pozostałe po wytworzeniu mocy elektrycznej ciepło nie jest rozpraszane, lecz odbierane i wykorzystywane do celów grzejnych. Warto pamiętać, że podczas pracy takiego systemu można ze spalin odzyskać dwutlenek węgla i – po oczyszczeniu i usunięciu z niego pary wod-

nej – skierować go do dokarmiania roślin. Przykładowo, ze spalania 1 m³ gazu ziemnego typu E (poprzednie oznaczenie gaz GZ50) w warunkach nadmiaru powietrza na poziomie 1,1, w spalinach powstaje ok. 1 m³ dwutlenku węgla. Według krajowych i holenderskich doświadczeń, zastosowanie skojarzonego wytwarzania ciepła i elektryczności z dostarczaniem dwutlenku węgla jest opłacalne dla szklarni o powierzchni upraw co najmniej 1 ha. Wspomaganie wegetacji za pomocą dodatkowego oświetlenia i kierowania do szklarni CO₂ sprawdziło się w przypadku praktycznie wszystkich warzyw i kwiatów. Integralną częścią instalacji jest montaż w systemie zasobników ciepłej wody. Na podstawie analizy przeprowadzonej w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej w Gliwicach można stwierdzić, że instalacja zasobników gorącej wody jako akumulatorów ciepła w układach kogeneracyjnych zapewnia zmniejszenie zużycia energii w systemie dzięki redukcji zużycia paliwa w kotle szczytowym. Z kolei zużycie paliwa w samym module kogeneracyjnym pozostaje bez zmian. Stwierdzono również, że poziom oszczędności paliwa zależy od objętości zasobnika, która musi być optymalizowana i dostosowana do potrzeb energetycznych istniejącego odbiorcy energii. Instalacja zasobników ciepła w istniejących układach kogeneracyjnych charakteryzuje się wysoką opłacalnością ekonomiczną, a czas zwrotu inwestycji wynosi około 3 do 5 lat. Na etapie projektowania nowych systemów kogeneracyjnych, instalacja zasobnika ciepła pozwala na zastosowanie również mniejszego (a w konsekwencji tańszego) kotła szczytowego. Ponieważ jednak stopień wykorzystania kotła szczytowego zależy także od wielkości i cech układu CHP, to przy projektowaniu nowych systemów wskazana jest równoczesna optymalizacja trzech parametrów: mocy elektrycznej układu kogeneracyjnego, mocy kotła szczytowego oraz objętości zasobnika tak, aby uzyskać maksymalną opłacalność ekonomiczną systemu.

Istnieją przesłanki do stwierdzenia, że perspektywą badań w tym zakresie jest wykorzystanie biogazu do napędu układów kogeneracyjnych i takie oczyszczenie spalin, aby można było powstały ze spalania CO₂ skierować do wnętrza szklarni, tym samym intensyfikując procesy życiowe roślin.

Bibliografia

- Aye L., Fuller R., Canal A. (2010): Evaluation of a heat system for greenhouse heating. *International Journal of Thermal Sciences*, 49(1), 202-208.
- Ayhan T., Comakli O., Kaygusuz K. (1992): Experimental investigation of the exergetic efficiency of solar assisted and energy storage heat pump systems. *Energy Conversion and Management*, 33(3), 165-173.
- Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H., Van de Braak N.J. (1995): Greenhouse climate control an integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen.

- Benli H.** (2011): Energetic performance analysis of a ground-source heat pump system with latent heat storage for a greenhouse heating. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 581-589.
- Bouhdjar A., Belhamel M., Belkhir F. E. Boulbina A.** (1996): Performance of sensible heat storage in a rockbed used in a tunnel greenhouse. *Renewable Energy*, 9(1-4), 724-728.
- Chai L., Ma C., Ni J.-Q.** (2012): Performance evaluation of ground source heat pump system for greenhouse heating in northern China. *Biosystems Engineering*, 111(1), 107-117.
- Chen W., Liu W.** (2004): Numerical and experimental analysis of convection heat transfer in passive solar heating room with greenhouse and heat storage. *Solar Energy*, 76(5), 623-633.
- Domański R.** (1990): Magazynowanie energii cieplnej. PWN, Warszawa.
- Fath. H.E.S.** (1991): Heat exchanger performance for latent heat thermal energy storage system. *Energy Conversion and Management*, 31(2), 149-155.
- Grzesiak W., Nowak S., Początek J., Skwarek A., Dubert F., Skoczowski A.M., Czyczyło-Mysza I., Kurpaska S.** (2009): Zastosowanie diod led w systemach doświetlania roślin wyzwaniem na dzisiaj i na jutro. *Elektronika - konstrukcje, technologie, zastosowania*, 10, 73-77.
- Grzesiak W., Bieńkowski A., Żupnik M., Wojciechowska R., Kołtun A., Kurpaska, S.** (2011): Nowoczesne systemy doświetlania roślin oparte o najnowsze osiągnięcia technologii SSL LED. *Elektronika - konstrukcje, technologie, zastosowania*, 6, 137-139.
- Grzesiak W.** (2012): Wykorzystanie energooszczędnego oświetlenia w rolnictwie- stan i perspektywy badań (online). [dostęp kwiecień 2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.agengpol.pl/ekspertyzy.aspx>.
- Hepbasli A.** (2011): A comparative investigation of various greenhouse heating options using exergy analysis metod. *Applied Energy*, 88(12), 4411-4423.
- Kozieradzki J.** (2011): Pompy ciepła- kierunki rozwoju. *Rynek instalacyjny*, 7-8.
- Kurklu A., Bilgin S., Ozkan B.** (2003): A study on the solar energy storing rock-bed to heat a polyethylene tunnel type greenhouse. *Renewable Energy*, 28(5), 683 - 697.
- Kurpaska S.** (2008): Wytyczne konstrukcyjno-eksploatacyjne dla systemów wykorzystujących pompę ciepła do ogrzewania obiektów ogrodnich. *Inżynieria Rolnicza*, 2(100), 155-162.
- Kurpaska S.** (2003): Analiza energetyczna magazynowania nadwyżek ciepła przy ogrzewaniu tunelu foliowego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(51), 309- 317.
- Kurpaska S., Latała H.** (2009): Energy analysis of heat surplus storage systems in plastic tunnels. *Renewable Energy*, 35(12), 2656-2665.
- Kurpaska S., Latała H.** (2012): Energy efficiency of ground heat exchangers co-operating with a compressor heat pump. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa* (w druku).
- Kurpaska S., Latała H., Rutkowski K., Hołownicki R., Konopacki P., Nowak J., Treder W.** (2012): Magazynowanie nadwyżki ciepła z tunelu foliowego w akumulatorze ze złożem kamiennym. *Inżynieria Rolnicza* (w druku).
- Kurpaska S.** (2011a): Metodyczne aspekty określenia wpływu osłony obiektu ogrodnich na zapotrzebowanie ciepła w sezonie grzewczym. *Inżynieria Rolnicza*, 1(126), 137-144.
- Kurpaska S.** (2011b): Utylisation of low - temperature heat in agriculture using heat pumps-current state and prospects. *Agricultural Engineering*, 7(132), 65-72.
- Kurpaska S.** (2012): Properties of the glass and the heat demand by the heated greenhouse. *Annual Review of Agricultural Engineering* (praca w druku).

- Lindenberger D., Bruckner T., Groscurth H.M., Kümmel R.** (2000): Optimization of solar district heating systems: seasonal storage, heat pumps, and cogeneration. *Energy*, 25(7), 591-608.
- Ozgener O., Ozgener L.** (2011): Determining the optimal design of a closed loop earth to air heat exchanger for greenhouse heating by using exergoeconomics. *Energy and Buildings*, 43, 960-965.
- Santamouris M., Argiriou A., Vallindras M.** (1994): Design and operation of a low energy consumption passive solar agricultural greenhouse. *Solar Energy*, 52(5), 371 - 378.
- Skorek J., Kalina J.** (2005): Gazowe układy kogeneracyjne. WNT, Warszawa.
- Sporysz M.** (2008): Wspomaganie ogrzewania tunelu foliowego za pomocą pompy ciepła. Praca doktorska, Wydział Agrotechnologii, AR w Krakowie.
- Tong Y., Kozai T, Nishioka N. Ohyama K.** (2010): Greenhouse heating using heat pumps with a high coefficient of performance (COP). *Biosystems Engineering*, 106 (4), 405-411.
- Zalba B., Marín J.M., Cabeza L.F., Mehling H.** (2003): Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications. *Applied Thermal Engineering*, 23(3), 251-283.

PRODUKCJA BIOMASY Z WIERZBY ENERGETYCZNEJ W ASPEKcie PONOSZONYCH NAKŁADÓW

Dariusz Kwaśniewski

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Biomasa stanowi trzecie, co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii. Według definicji Unii Europejskiej biomasa oznacza podatne na rozkład biologiczny produkty oraz ich frakcje, odpady i pozostałości przemysłu rolnego (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych z nim gałęzi gospodarki, jak również podatne na rozkład biologiczny frakcje odpadów przemysłowych i miejskich (Dyrektywa 2001/77/WE).

Pochodzenie biomasy może być bardzo różnorodne, poczynając od polowej produkcji roślinnej, przez odpady występujące w rolnictwie, przemyśle rolnospożywczym, gospodarstwach domowych, jak i w gospodarce komunalnej. Biomasa może również pochodzić z odpadów drzewnych w leśnictwie, przemyśle drzewnym i celulozowo-papierniczym. Podejmuje się też produkcję biomasy na specjalnych plantacjach drzew szybko rosnących (wierzba, topola), trzciny cukrowej, rzepaku, słonecznika czy wybranych gatunków traw [Gradziuk i in. 2003].

Biomasę jako surowce energetyczne dzieli się na:

- surowce energetyczne pierwotne – drewno, słoma, rośliny energetyczne (m.in. wierzba energetyczna), tzn. uprawiane głównie dla pozyskania biomasy,
- surowce energetyczne wtórne – gnojowica, obornik, inne produkty dodatkowe i odpady organiczne, osady ściekowe,
- surowce energetyczne przetworzone – biogaz, bioetanol, biometanol, estry (biodiesel) i biooleje, i inne [Dreszer i in. 2003].

Dotychczasowe doświadczenia polskie, jak i innych krajów europejskich wskazują, że wśród całego szeregu roślin przydatnych na cele energetyczne, wiodącą pozycję zajmuje wierzba krzewiasta (*Salix* sp.). Wierzba z rodzaju *Salix* to wiele odmian o dość różnych, botanicznych i fizyczno-chemicznych właściwościach.

Pod nazwą wierzb energetyczna mieści się cała rodzina wierzb szybko rosnących, które występują w dwóch formach: drzewiastej i krzewiastej. Wierzbę uprawiano na użytkach rolnych od wielu lat, ale głównie były to gatunki przeznaczone na cele plecionkarskie. Od kilkunastu lat uprawia się wierzbę także na cele energetyczne.

Wierzbę można uprawiać na wielu rodzajach gleb, od bielicowych do gleb organicznych. Produktywność 1 ha uprawy roślin energetycznych jest uzależniona od wielu czynników, z których najważniejsze to:

- stanowisko uprawowe: rodzaj gleby, poziom wód gruntowych, przygotowanie agrotechniczne, pH, zasobność itp.,
- dobór klonu, genotypu, odmiany do konkretnych warunków uprawy,
- sposób i ilość rozmieszczenia karp na powierzchni 1 ha [Grzybek 2008].

W uprawie wierzb energetycznej pierwszy rok jest najtrudniejszy i bardziej pracochłonny od kolejnych, ponieważ w tym czasie roślina się ukorzenia, a największym zagrożeniem dla niej może być brak wody (susza) albo chwasty. W pierwszym roku uprawy mamy do czynienia z powolnym wzrostem wierzb i z szybkim, dynamicznym wzrostem chwastów. Dobrze przygotowanie gleby (odchwaszczenie i uprawa) przed wysadzaniem wierzb jest bardzo istotne, bo pozwala znacznie zminimalizować nakłady na walkę z chwastami. Walka z chwastami po posadzeniu rośliny jest trudniejsza i bardziej kosztowna.

W 2007 r. łączna deklarowana przez rolników (złożone wnioski o dopłaty) powierzchnia upraw roślin energetycznych w Polsce wyniosła 175 381 ha, w tym powierzchnia trwałych plantacji roślin energetycznych (TRE) wyniosła zaledwie 6816 ha, co stanowiło 3,8% łącznej powierzchni upraw roślin energetycznych i 0,42% powierzchni użytków rolnych. W tej grupie roślin energetycznych zdecydowanie dominuje właśnie wierzb energetyczna, która uprawiana była w 2007 roku na 6480 ha, co stanowiło 95% powierzchni TRE. W 2009 roku uprawa wierzb energetycznej obejmowała 6160,4 ha, czyli nastąpił spadek o 339,6 ha [Grzybek, Muzalewski 2010]. Z kolei wg Dubasa [2010] uprawa wierzb w roku 2010 zajmowała obszar ok. 10-12 tysięcy hektarów.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi w odniesieniu do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 roku sporządziło prognozę zapotrzebowania na biomasę pochodzenia rolniczego do celów elektroenergetycznych. Wynika z niej, że już obecnie pod uprawę specjalną roślin energetycznych powinno być przeznaczonych od ok. 80 do 190 tys. hektarów powierzchni użytków rolniczych [Dubas 2010]. Niestety, aktualnie jest to trudne do realizacji, a przyczyn takiego stanu rzeczy jest wiele. Najważniejsze z nich to:

- brak rozwiniętego rynku biomasy,
- brak prostych, łatwych dla rolnika rozwiązań organizacyjno-finansowych związanych z zakładaniem upraw wieloletnich roślin energetycznych,
- brak dostępnej infrastruktury technicznej związanej ze zbiorem biomasy, jej przetworzeniem i transportem,

- duże rozdrobnienie gospodarstw rolnych, zwłaszcza na południu Polski (nie sprzyja to rozwojowi nowych technologii),
- obawa rolników (wynikająca z mentalności), dotycząca wyjścia poza tradycyjne kierunki produkcji rolniczej,
- wysokie koszty transportu biomasy na duże odległości, z miejsc wytwarzania do miejsc użytkowania, oraz konieczność zapewnienia składowisk (pomieszczeń) o znacznej pojemności pod jej magazynowanie,
- zniesienie dopłat bezpośrednich do upraw roślin energetycznych w styczniu 2010 r.

Ponadto rozwój produkcji biomasy z wierzby energetycznej na większą skalę w Polsce jest ciągle ograniczany przez zmieniające się uwarunkowania ekonomiczno-rynkowe, społeczne i polityczne. Biorąc pod uwagę mało sprzyjające uwarunkowania ekonomiczne oraz słabo rozwinięty rynek skupu biomasy, rolnicy nie zdecydowali się na zakładanie plantacji wierzby krzewiastej na dobrych gruntach ornych i glebach klasy II czy III, a raczej na glebach klasy IV i V oraz nieużytkach.

To wszystko powoduje, że na uprawę wierzby energetycznej w ostatnich kilku latach zdecydowali się tylko ci rolnicy lub właściciele ziemi, dla których rolnictwo nie jest jedynym źródłem utrzymania, a także ci, którzy zakładając plantację, liczyli na zyski płynące z dopłat unijnych. Ci ostatni nie zastanawiali się nad problemem zbytu wyprodukowanej biomasy, a bardziej liczyli na zyski ze sprzedaży sadzonek wierzby po pierwszym roku uprawy.

W uprawie wierzby o sukcesie decyduje m.in. plon biomasy z jednostki powierzchni i cena jednostkowa za wyprodukowany surowiec, a w konsekwencji zysk. Dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na najważniejsze, kształtujące go czynniki. Potencjalny plantator może mieć wpływ przede wszystkim na wysokość plonu biomasy wierzby zbieranej z jednostki powierzchni. Jednym z głównych elementów decydujących o wysokości plonów biomasy jest wybór odpowiedniego gatunku i odmiany do nasadzeń oraz jakość somatyczna sadzonek. Kolejnym, bardzo istotnym warunkiem, jest wybór odpowiedniego stanowiska glebowego. Bardzo ważne jest również właściwe prowadzenie zabiegów agrotechnicznych na plantacji: przygotowanie stanowiska, sadzenie, nawożenie, zabiegi pielęgnacyjne i ochronne [Tworkowski i in. 2010].

Na większość kosztów założenia plantacji składa się przygotowanie stanowiska i zakup sadzonek (zrzesów). Istotnym założeniem, które należy brać pod uwagę w kalkulacjach kosztów, jest planowany okres użytkowania plantacji. Koszty założenia i likwidacji plantacji odniesione do lat jej użytkowania pozwolą na oszacowanie średniorocznych kosztów prowadzenia plantacji (amortyzacja plantacji).

W procesach produkcji biomasy z wierzby energetycznej można wyróżnić następujące etapy i z nimi związane koszty:

- koszty założenie plantacji,

- koszty użytkowania (eksploatacji) plantacji,
- koszty likwidacji plantacji.

W zależności od rodzaju gruntów, na których planowane jest założenie plantacji wieloletniej, należy wykonać szereg różnego rodzaju zabiegów technologicznych. Wszystkie zabiegi i czynności z nimi związane są nośnikami kosztów. Składowe kosztów założenia plantacji to:

- koszty eksploatacji parku maszynowego – koszty utrzymania i koszty użytkowania maszyn,
- koszty pracy (robocizny) – w kalkulacjach kosztów produkcji biomasy na wieloletnich plantacjach roślin energetycznych koszty pracy często są wydzielane osobno, jako odrębna składowa kosztów produkcji,
- koszty materiałowe, związane ze zużyciem: sadzonek, nawozów mineralnych i organicznych, środków ochrony roślin, wody do oprysku, sznurka itp.,
- koszty pozostałe (pośrednie) – koszty analizy gleby (jeśli jest wykonywana przed założeniem plantacji), podatek rolny itp.

Poza kosztami założenia plantacji, o kosztach produkcji biomasy z wierzby decydują: wielkość plonu i jego jednostkowa cena, powierzchnia pola oraz technologia zbioru. Wraz ze wzrostem plonu koszt na jednostkę masy maleje. Również zastosowanie nowoczesnych maszyn o dużej wydajności, pracujących na polach o większym areale, pozwala znacznie ograniczyć koszty [Kwaśniewski 2010].

W literaturze przedmiotu można spotkać wiele opracowań dotyczących kosztów założenia plantacji [Dubas i in. 2004; Frączek i in. 2004; Izdebski, Skudlarski 2004; Szczukowski i in. 2004], czy kosztów produkcji biomasy z wierzby energetycznej [Gradziuk i in. 2007; Matyka 2008; Faber i in. 2009; Stolarski 2009; Grzybek i in. 2010].

Przykładowe koszty założenia plantacji wierzby, według różnych źródeł, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie kosztów założenia plantacji wierzby energetycznej

Lp.	Koszty wg autorów publikacji	Koszty (zł·ha ⁻¹)	Koszty roczne* (zł·ha ⁻¹)
1	[Frączek i in. 2004]	6489,0	259,5
2	[Izdebski, Skudlarski 2004]	5080,0	203,2
3	[Szczukowski i in. 2004]	6951,0	278,0
4	[Dubas, Tomczyk 2005]	6695,9	267,8
5	[Kwaśniewski 2006]	6404,0 – 8058,0	256,2 – 322,3
6	[Matyka 2008]	8982,0	359,3

* koszty przeliczone na rok, przy założeniu, że plantacja będzie użytkowana 25 lat

Źródło: Kwaśniewski 2010

Należy podkreślić, że koszty te są wprawdzie bardzo wysokie i mieszczą się w granicach od 5080 do 8982 zł·ha⁻¹, ale będą one rozłożone na 25 lat użytkowania plantacji. Rocznie wyniosą one od 203,2 do 359,3 zł·ha⁻¹ [Kwaśniewski 2010].

Warto także dodać, że decydując się na produkcję biomasy z wierzby energetycznej, trzeba bezwzględnie mieć na uwadze fakt, że zwrotu kosztów poniesionych na założenie plantacji nie można się spodziewać po pierwszym roku uprawy. Może się on rozpocząć po dwóch, trzech lub czterech latach od momentu założenia plantacji, w zależności od przyjętego cyklu zbioru. Pełny więc zwrot kosztów inwestycji jest i musi być rozłożony na lata. Koszty mogą się zwrócić szybciej, jeżeli z plantacji będzie sprzedawany materiał sadzeniowy.

Wzrost zainteresowania wierzbą energetyczną potencjalnych plantatorów, a tym samym wzrost areалу upraw tej rośliny, jest uzależniony od opłacalności jej produkcji. W przypadku niewiele wyższej lub niższej opłacalności produkcji wierzby, w porównaniu z jednorocznymi roślinami rolniczymi, nie nastąpi wzrost areálu jej upraw do celów energetycznych z gruntów rolniczych. Jak już wcześniej wspomniano, wynika to z faktu, iż plantację wierzby krzewiastej zakłada się raz na dwadzieścia kilka lat, ponosząc jednocześnie wysokie koszty, a zwrot tych kosztów następuje dopiero po kilku latach, dłużej niż w przypadku uprawy roślin jednorocznych. Z punktu widzenia rolnika uprawa wierzby krzewiastej jest obecnie także związana z dużo większym ryzykiem niż uprawa jednorocznych roślin rolniczych. Potwierdzają to również inni autorzy [Matyka 2008; Faber i in. 2009; Stolarski 2009; Grzybek, Muzalewski 2010].

Różnice w kosztach produkcji biomasy z wierzby krzewiastej wynikają z różnych technologii uprawy, a zwłaszcza technologii zbioru. Ze względów organizacyjnych oraz ekonomicznych technologie produkcji biomasy na plantacjach energetycznych powinny uwzględniać wysoki stopień mechanizacji poszczególnych zabiegów agrotechnicznych.

Spośród wszystkich zabiegów technologicznych związanych z procesem produkcji biomasy największe problemy sprawia organizacja zbioru i transportu surowców energetycznych do gospodarstwa bądź bezpośrednio do ciepłowni. Procesy, zwłaszcza zbioru, wymagają niekiedy stosowania drogich, specjalistycznych i wydajnych maszyn, co wpływa na wzrost ponoszonych kosztów. Dlatego tak istotnym zagadnieniem staje się organizacja zbioru i transportu biomasy, która powinna zapewnić efektywne wykorzystanie drogich maszyn do zbioru, jak również wykorzystywanych środków transportowych.

Do zbioru wierzby przystępuje się po zakończeniu wegetacji roślin, gdy z pędów opadną liście. W praktyce jest to okres od połowy listopada do połowy marca. Pędy powinny być ścinane na wysokości 5-10 cm nad powierzchnią gleby.

Mechanizacja zbioru wierzby jest kolejnym wyzwaniem dla konstruktorów maszyn. W chwili obecnej stosowane technologie zbioru to:

- ręczne ścinanie pędów z użyciem pił łańcuchowych i kos spalinowych,
- maszynowe ścinanie pędów z odkładaniem na pokosie,

- maszynowe ścinanie pędów z ładowaniem na przyczepę,
- maszynowe ścinanie pędów z ich jednoczesnym rozdrabnianiem (zrębkowaniem). Potwierdzają to również inni autorzy [Pasyniuk 2007; Lisowski i in. 2010].

W warunkach polskich teoretyczne możliwości stosowania nowoczesnych technologii zbioru są duże, ale w praktyce w dalszym ciągu wykorzystuje się bardzo zróżnicowane i jednocześnie mało wydajne techniki zbioru wierzby energetycznej. Poza tym wprowadzaniu wydajnych technologii zbioru nie sprzyja duże rozproszenie upraw, a powierzchnie pojedynczych plantacji są skrajnie zróżnicowane i wynoszą od kilku arów do kilkudziesięciu hektarów.

W sytuacji gdy plantacja jest niewielka i traktowana jako źródło biomasy dla własnego gospodarstwa, technologia zbioru jest najczęściej oparta o wykorzystanie ręcznych pił łańcuchowych lub kos mechanicznych. Możliwość wyboru dogodnego terminu (tak aby warunki atmosferyczne były sprzyjające) oraz względnie długi okres możliwego zbioru sprawia, że metoda ta cieszy się dość dużym powodzeniem. Według przeprowadzonych badań [Kwaśniewski i in. 2006, 2008] optymalny skład zespołu, prowadzącego zbiór pędów wierzby, to jeden pilarz oraz dwóch pracowników pomocniczych. Pędy są ścinane piłą łańcuchową lub kosą mechaniczną, a następnie formowane w wiązki bądź układane w pryzmy na plantacji. Wydajność pracy zespołu wynosi około 0,016-0,024 ha·h⁻¹ (ścinanie oraz wstępne formowanie w wiązki). Technologie te charakteryzują się jednak niewielkim stopniem mechanizacji – duże nakłady pracy ludzkiej oraz mała wydajność sprawiają, iż przy większych plantacjach należy stosować inne technologie, charakteryzujące się zdecydowanie większą wydajnością.

Oceniając opłacalność produkcji biomasy należy także pamiętać o bardzo ważnym czynniku wchodzącym w skład kosztów produkcji biomasy, jakim jest transport gotowego wyrobu (surowca), jego sposób załadunku i rozładunku (ręczny, zmechanizowany). Ogromną rolę w tym przypadku odgrywa także wilgotność produkowanej biomasy (od ok. 20% do nawet 60%), jej gęstość usypowa oraz odległość, na jaką będzie ona transportowana do miejsca docelowego (np. ciepłownia, gospodarstwo rolne).

Różnorodność zagadnień, związanych z kosztami produkcji oraz energetycznym wykorzystaniem biomasy z wierzby, jest powodem wielu trudności w doskonaleniu i wdrażaniu opracowanych technologii. Udokumentowany wieloma opracowaniami [m.in. Dreszer i in. 2003; Grzybek 2007; Chochowski, Krawiec (red.) 2008; Igliński i in. 2009; Juliszewski 2009; Lisowski i in. 2010] pozytywny wpływ stosowania biomasy jako źródła energii na stan środowiska naturalnego zachęca do wprowadzania nowych rozwiązań. W literaturze przedmiotu można spotkać także wiele pozycji związanych z informacjami i zaleceniami odnośnie zakładania plantacji i technologii uprawy oraz zbioru [Szczukowski i in. 2002; Szczukowski, Budny 2003; Gradziuk i in. 2003; Kościk i in. 2003; Szczukowski i in. 2004; Dubas i in. 2004; Dubas, Tomczyk 2005; Grabiński i in. 2006; Faber, Kuś

2007; Kościak 2007; Majtkowski 2007; Grzybek 2009]. Zalecenia te są niejednokrotnie weryfikowane przez rzeczywiste uwarunkowania spotykane na założonych już plantacjach.

Autor niniejszego opracowania zapoznał się z tymi uwarunkowaniami, ponieważ od kilkunastu lat prowadził badania terenowe na trzydziestu plantacjach wierzby energetycznej położonych na terenie Polski południowej, w województwach: małopolskim, świętokrzyskim i podkarpackim. Na podstawie wykonanych badań określił m.in.: nakłady pracy i koszty założenia plantacji oraz koszty i energochłonność produkcji biomasy z wierzby krzewiastej. Na podkreślenie zasługuje fakt, że do obliczeń kosztów produkcji biomasy z trzyletniej wierzby krzewiastej wykorzystano aplikację komputerową „BiOBkalkulator”, która została wykonana, przez grupę pracowników Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki UR w Krakowie w ramach Projektu Badawczego Zamawianego nr PBZ-MNiSW – 1/3/2006 pt.: „Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych /BiOB/ – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych”. Aplikacja ta składa się z czterech tzw. modułów. Moduł I – zapotrzebowanie budynku na energię, moduł II – wytwarzanie biomasy, moduł III – przetwarzanie biomasy, moduł IV – baza danych. Jednym ze współautorów tej aplikacji (moduł II – wytwarzanie biomasy) był autor niniejszego opracowania. Aplikacja ta jest powszechnie dostępna i znajduje się na stronie internetowej <http://biob.wipie.ur.krakow.pl>.

Nakłady pracy i koszty produkcji na przykładzie modelowych technologii zbioru

Uzyskane wyniki kilkuletnich badań były podstawą do opracowania modelowych technologii zbioru trzyletniej wierzby i pokazania różnorodności uwarunkowań (wielu czynników), jakie mogą decydować o wyborze korzystnej technologii zbioru z punktu widzenia wielkości plantacji i ponoszonych kosztów produkcji biomasy na zróżnicowanych obszarowo plantacjach.

Technologie zbioru wierzby energetycznej stosowane na 10 wybranych plantacjach (tabela 2) były mało zmechanizowane, głównie oparte na pracach ręcznych (ręczny zbiór z wykorzystaniem pił łańcuchowych i kos spalinowych, ręczny zbiór pędów po kosiarce tarczowej i formowanie w wiązki oraz ręczny załadunek i rozładunek pędów w wiązkach).

Na podstawie technologii zbioru trzyletniej wierzby energetycznej stosowanych na badanych plantacjach opracowano pięć modelowych technologii produkcji wierzby, uwzględniających różne warianty zbioru. W celu ułatwienia porównania przyjęto, że w każdej technologii produktem końcowym są zrębki.

Tabela 2. Technologie zbioru wierzby energetycznej na trzyletnich plantacjach

L.p.	Powierzchnia uprawy wierzby (ha)	Technologia zbioru wierzby		
		Cięcie wierzby	Transport (ciągnik/przyczepa)	
1	1,00	piła łańcuchowa Stihl MS230	C360	D732
2	1,20	piła łańcuchowa Stihl MS270 (2 szt.)	C330	D732
3	1,50	kosa spalinowa Solo 140 (3 szt.)	C360	T070
4	2,48	piła łańcuchowa Stihl MS270 (2 szt.)	C360	D54
5	5,00	kosa spalinowa Solo 142 (6 szt.)	C360, U3514	T610, T070
6	5,19	ciągnik C360+kosiarka tarczowa	C360	D54
7	9,90	kosa spalinowa Solo 142 (10 szt.)	C360, U3514	T610, T070
8	10,50	kosa spalinowa Solo 142 (10 szt.)	C360, U3514	T610, T070
9	12,00	ciągnik Z5340+kosiarka tarczowa	U1634	T169/2
10	35,00	Sieczkarnia Mengele SF5200	U1634	T672

Źródło: Kwaśniewski 2011a

Założono następujące technologie zbioru, będące częścią procesu produkcji:

- T1 - zbiór z wykorzystaniem piły łańcuchowej, transport pędów w wiązkach i rozdrabnianie w gospodarstwie,
- T2 - zbiór z wykorzystaniem ciągnikowej kosiarki tarczowej, transport pędów w wiązkach i rozdrabnianie w gospodarstwie,
- T3 - zbiór z wykorzystaniem ciągnikowej kosiarki tarczowej, rozdrabnianie pędów na plantacji i transport zrębków do gospodarstwa,
- T4 - zbiór z wykorzystaniem samojezdnej sieczkarni polowej własnej i transport zrębków do gospodarstwa,
- T5 - zbiór z wykorzystaniem samojezdnej sieczkarni polowej (jako usługa mechanizacyjna) i własny transport zrębków do gospodarstwa [Kwaśniewski 2011b].

Warianty technologiczne oraz zastosowane maszyny i narzędzia, a także liczbę osób obsługujących pojedynczy agregat zestawiono w tabeli 3.

W technologii T1 do zbioru wierzby energetycznej zastosowano pilę łańcuchową. Jest to metoda doraźna i charakteryzuje się małą wydajnością, ok. 0,016-0,024 ha·h⁻¹ [Kwaśniewski i in. 2006, 2008], co wiąże się z dużymi nakładami pracy i zaangażowaniem większej liczby osób. Jeden zespół roboczy stanowią trzy osoby (dla efektywnego wykorzystania piły), z których jedna obsługuje pilę, a dwie odbierają ścięte pędy i formują wiązki. Na większych powierzchniach plantacji przy zbiorze bierze udział więcej zespołów. Transport pędów wierzby w formie wiązek wykonywany jest niezależnie od procesu ścinania (tzw. zbiór prze-

rywany). To znaczy, że po etapie ścinania i formowania wiązek następuje drugi etap, związany z ręcznym załadunkiem, transportem do gospodarstwa i mechanicznym rozładunkiem. Po wyschnięciu materiału w warunkach naturalnych pędy są ręcznie podawane do rębaka napędzanego od WOM i rozdrabniane.

Tabela 3. Zestawienie maszyn i narzędzi oraz liczba osób w badanych technologiach

T*	Etapy zbioru trzyletniej wierzby energetycznej			
	Cięcie/rozdrabnianie wierzby	Rozdrabnianie na plantacji	Transport	Rozdrabnianie w gospodarstwie
T1	piła łańcuchowa (osoby 1+2)**	x	ciągnik+2 przyczepy (osoby 1+3)	ciągnik+rębak (osoby 1+2)
T2	ciągnik+kosiarka tarczowa (osoby 1+2)	x	ciągnik+2 przyczepy (osoby 1+3)	ciągnik+rębak (osoby 1+2)
T3	ciągnik+kosiarka tarczowa (osoby 1+2)	ciągnik+rębak (osoby 1+2)	ciągnik+przyczepa (1 osoba)	x
T4	sieczkarnia samojezdna własna (1 osoba)	x	ciągnik+przyczepa (1 osoba)	x
T5	sieczkarnia samojezdna usługa (1 osoba)	x	ciągnik+przyczepa (1 osoba)	x

* - technologia zbioru

** - (1+2) – osoba obsługująca pilę/ciągnik + osoby dodatkowe wykonujące prace ręczne

Źródło: opracowanie własne

W technologii T2 do zbioru wierzby zastosowano ciągnikową kosiarkę tarczową. Ścięte pędy formowane są ręcznie w wiązki. Następnie transportowane i rozdrabniane w gospodarstwie, podobnie jak w technologii T1.

W technologii T3 do zbioru zastosowano także ciągnikową kosiarkę tarczową, a ścięte pędy formowane są ręcznie w małe pryzmy na plantacji. Następnie są one ręcznie podawane do rębaka napędzanego od WOM i rozdrabniane, a załadunek zrębków odbywa się kanałem wylotowym na zapiętą za rębakiem przyczepę. Aby zwiększyć efektywne wykorzystanie rębaka i ze względu na małą masę usypową zrębków, przyczepy stosowane są wymiennie, a ich ilość zależy od ładowności i odległości plantacji od gospodarstwa. Zrębki składowane są na pryzmie w gospodarstwie.

W technologii T4 realizowany jest zbiór potokowy, tzn. do zbioru i bezpośredniego rozdrabniania pędów wierzby stosowana jest samojezdna sieczkarnia polowa, a załadunek zrębków odbywa się kanałem wylotowym na zapiętą z tyłu sieczkarni przyczepę. Aby zwiększyć efektywne wykorzystanie sieczkarni (jako maszyny bardzo drogiej) i ze względu na małą masę usypową zrębków, przyczepy stosowane są wymiennie, podobnie jak w technologii T3.

W technologii T5 realizowany jest również zbiór potokowy, podobnie jak w T4, ale sieczkarnia samojezdna wykorzystywana jest w ramach usług mechanizacyjnych.

Na podstawie opracowanego algorytmu matematycznego przeprowadzono obliczenia symulacyjne nakładów pracy, kosztów zbioru i kosztów produkcji biomasy dla pięciu technologii zbioru wierzby. Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- okres użytkowania plantacji 25 lat [Szczukowski i in. 2004; Dubas, Tomczyk 2005; Stolarski 2008; Kwaśniewski 2010],
- 8 zbiorów (trzyletnich cykli produkcyjnych) w okresie użytkowania plantacji,
- plon trzyletniej wierzby $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ świeżej biomasy, wilgotność w czasie zbioru 50%,
- stałe koszty założenia plantacji $5300 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Kwaśniewski 2011a],
- stałe koszty likwidacji plantacji $2075 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Stolarski i in. 2008],
- czas dyspozycyjny zbioru 720 h (60 h w dekadzie – zbiór wierzby możliwy do wykonania od połowy listopada do połowy marca). Czas zbioru obliczono w oparciu o wydajności stosowanych maszyn (sieczkarnia samojezdna, kosiarka tarczowa, rębak) i narzędzi (piła łańcuchowa).
- zależnie od powierzchni plantacji i jej odległości od gospodarstwa, będą do zbioru dobierane zestawy maszyn, które zapewnią proces potokowy zbioru wierzby w postaci zrębków i zapewnią realizację zbioru w założonym czasie dyspozycyjnym.

Koszty mechanizacji zostały określone zgodnie z metodyką stosowaną w Instytucie Inżynierii Rolniczej i Informatyki UR w Krakowie [Michalek i in. 1998]. Wyrażono je w wartościach brutto (z VAT-em). W obliczeniach nie uwzględniono podatków, oprocentowania ewentualnego kredytu, dopłat do założenia plantacji i produkcji. Do kalkulacji przyjęto m.in.:

- okres eksploatacji drogich środków technicznych, tj. sieczkarnia samojezdna, ciągnik rolniczy, przyczepa (8-25 lat), tanich, tj. piła łańcuchowa (5-8 lat),
- cenę paliwa $5,2 \text{ zł} \cdot \text{l}^{-1}$.
- koszt robocizny $12 \text{ zł} \cdot \text{rbh}^{-1}$, szacowany według stawki parytetowej [Grzybek i in. 2010], a dla operatora sieczkarni $18 \text{ zł} \cdot \text{rbh}^{-1}$,
- koszt usługi mechanizacyjnej dla samojezdnej sieczkarni (typu Mengele SF5200), na podstawie rozeznania autora pracy $800 \text{ zł} \cdot \text{h}^{-1}$ [Kwaśniewski 2011b].

Liczbę maszyn i narzędzi stosowanych w poszczególnych technologiach przedstawiono w tabeli 4, natomiast w tabeli 5 zamieszczono nakłady pracy, w zależności od wariantu zbioru i powierzchni plantacji. Mając na uwadze stosowane technologie zbioru, nakłady pracy są bardzo zróżnicowane. Zdecydowanie największe są charakterystyczne dla technologii najmniej wydajnych (T1 i T2), z transportem całych pędów w wiązках i rozdrabnianiem w gospodarstwie. Natomiast najmniejsze przypadają dla technologii T4 i T5, czyli z zastosowaniem do zbioru samojezdnej sieczkarni polowej.

Tabela 4. Liczba maszyn i narzędzi dla badanych technologii

Wyszczególnienie		Powierzchnia plantacji (ha)									
		5	10	15	20	30	40	50	70	100	150
		Liczba maszyn i narzędzi (szt.)									
T1	piła łańcuchowa	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3
	ciągnik	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	przyczepa	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
	rębak	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T2	kosiarka tarczowa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ciągnik	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4
	przyczepa	2	2	2	2	2	2	4	4	6	8
	rębak	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T3	kosiarka tarczowa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	rębak	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	ciągnik	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5
	przyczepa	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5
T4	sieczkarnia własna	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ciągnik	5	5	6	6	6	6	7	7	6	6
	przyczepa	6	6	7	7	7	7	8	8	7	7
T5	sieczkarnia usługa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ciągnik	5	5	6	6	6	6	7	7	6	6
	przyczepa	6	6	7	7	7	7	8	8	7	7

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Nakłady pracy dla założonych technologii

Technologia		Powierzchnia plantacji (ha)									
		5	10	15	20	30	40	50	70	100	150
		Nakłady pracy (rbh·ha ⁻¹)									
T1	zbiór	125,0	125,0	111,1	111,1	100,0	100,0	100,0	90,9	90,9	83,3
	transport	78,9	80,5	83,2	84,2	81,8	78,9	81,4	79,7	71,9	70,4
	rozdrabnianie	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	razem	212,9	214,5	203,3	204,3	190,8	187,9	190,4	179,6	171,8	162,7
T2	zbiór	15,0	15,0	13,3	13,3	12,0	12,0	12,0	10,9	10,9	10,0
	transport	79,0	80,5	83,2	84,2	81,8	78,9	81,4	79,7	71,9	70,4
	rozdrabnianie	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	razem	103,0	104,5	105,5	106,5	102,8	99,9	102,4	99,6	91,8	89,4
T3	zbiór	15,0	15,0	13,3	13,3	12,0	12,0	12,0	10,9	10,9	10,0
	rozdrabnianie	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
	Transport	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	15,0	15,0
	Razem	65,0	65,0	63,3	63,3	62,0	62,0	62,0	60,9	55,9	55,0
T4	Zbiór	2,8	2,8	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9
	Transport	13,9	13,9	14,8	14,8	13,3	13,3	15,6	14,1	12,1	11,1
	Razem	16,7	16,7	17,3	17,3	15,6	15,6	17,8	16,2	14,1	13,0
T5	Zbiór	2,8	2,8	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9
	Transport	13,9	13,9	14,8	14,8	13,3	13,3	15,6	14,1	12,1	11,1
	Razem	16,7	16,7	17,3	17,3	15,6	15,6	17,8	16,2	14,1	13,0

Źródło: Kwaśniewski 2011b

Całkowite koszty produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej w przeliczeniu na hektar i na tonę zebranej, świeżej masy, w zależności od powierzchni plantacji i wariantu technologii, zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6. Koszty produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej

Technologia	Powierzchnia plantacji (ha)									
	5	10	15	20	30	40	50	70	100	150
	Koszty produkcji biomasy (zł·ha ⁻¹)									
T1	6299	5533	5190	5138	4932	5297	5417	5258	5533	5506
T2	4978	4206	4015	3982	3913	4350	4466	4398	4767	4790
T3	7050	5104	4420	4087	3784	4345	4289	4271	4607	4612
T4	17829	10367	8216	6858	5365	5341	5335	4740	4694	4439
T5	10614	7276	6377	5708	4805	5124	5199	4620	4596	4365
	Udział kosztów robocizny przy zbiorze w całkowitych kosztach produkcji (%)									
T1	40,6	46,5	47,0	47,7	46,4	42,6	42,2	41,0	37,3	35,5
T2	24,8	29,8	31,5	32,1	31,5	27,6	27,5	27,2	23,1	22,4
T3	11,1	15,3	17,2	18,6	19,7	17,1	17,3	17,1	14,6	14,3
T4	1,2	2,1	2,7	3,2	3,7	3,7	4,2	4,3	3,9	3,8
T5	2,0	3,0	3,5	3,9	4,2	3,9	4,4	4,5	4,0	3,8
	Koszty produkcji biomasy (zł·t ⁻¹)									
T1	157	138	130	128	123	132	135	131	138	138
T2	124	105	100	100	98	109	112	110	119	120
T3	176	128	110	102	95	109	107	107	115	115
T4	446	259	205	171	134	134	133	119	117	111
T5	265	182	159	143	120	128	130	116	115	109

Źródło: Kwaśniewski 2011b

Aby zwrócić uwagę na bardzo ważną rolę, jaką odgrywają nakłady robocizny w badanych technologiach, w tabeli pokazano także procentowy udział kosztów robocizny w całkowitych kosztach produkcji. Daje to pewien pogląd, że decydując się na stosowanie mało wydajnych technologii zbioru T1 i T2, przy większym zapotrzebowaniu na zasoby siły roboczej, należy brać pod uwagę wyższe koszty pracy ludzkiej.

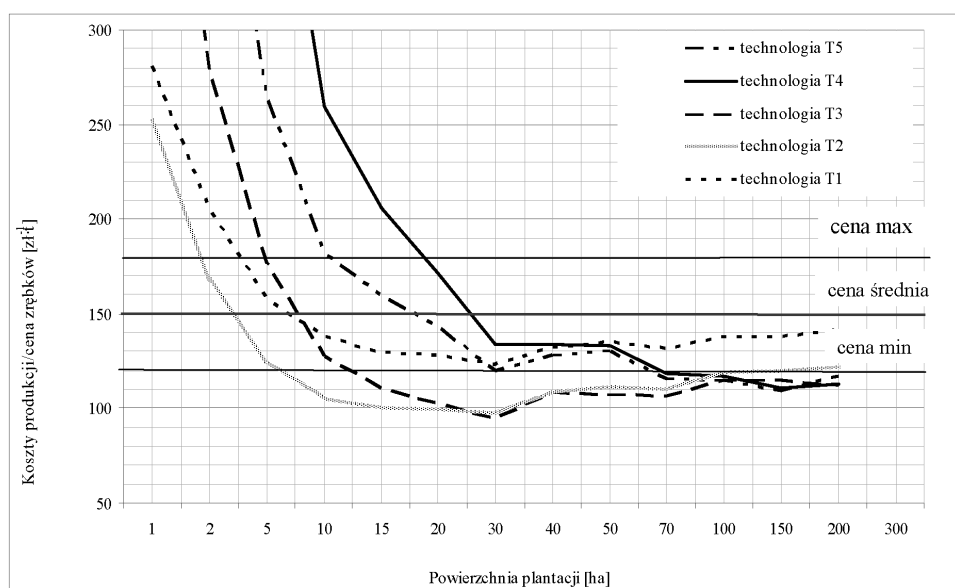
Modelowe technologie zbioru biomasy w funkcji jednostkowych kosztów produkcji wyrażonych w zł·t⁻¹ świeżej biomasy przedstawiono na rys. 1. Aby dokonać oceny korzyści stosowania danej technologii, w zależności od wielkości plantacji (przy stałym plonie 40 t·ha⁻¹), na rysunku pokazano także przedział cenowy skupu zrębków (od 120 do 180 zł·t⁻¹ (średnia 150 zł·t⁻¹). Przedział ten został ustalony przez autora pracy w wyniku uzyskanych informacji z czterech jednostek skupujących zrębki wierzby na szeroką skalę.

Ustalony przedział cenowy skupu zrębków umożliwia teoretyczną ocenę, dla której z założonych technologii i dla jakiej powierzchni uprawy wierzby energetycznej koszty produkcji biomasy w postaci zrębków są równoważone przez

koszty ich sprzedaży, czyli gdzie znajduje się granica opłacalności stosowania badanych technologii zbioru.

Na przykład, dla technologii T1 (zbiór z wykorzystaniem piły łańcuchowej, transportem pędów w wiązках i rozdrabnianiem w gospodarstwie), zakładając cenę zrębków na poziomie $150 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$, powierzchnia plantacji, przy której produkcja biomasy zaczyna być na granicy opłacalności, to ok. 7 ha. Jeśli z kolei weźmiemy pod uwagę najniższą cenę zrębków ($120 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$), to okazuje się, że technologia zbioru z wykorzystaniem piły łańcuchowej jest nieopłacalna bez względu na wielkość plantacji. Natomiast dla maksymalnej ceny ($180 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$) powierzchnia uprawy trzyletniej wierzby, dla której można spodziewać się minimalnego zysku, powinna wynosić ok. 3 ha.

Dla technologii T2 (zbiór z wykorzystaniem ciągnikowej kosiarki tarczowej, transport pędów w wiązках i rozdrabnianie w gospodarstwie) powierzchnia plantacji, w zależności od ceny zrębków (minimum, maksimum), dla której koszty produkcji przypuszczalnie mogą być równoważone kosztami sprzedaży, to odpowiednio od 2 do 6 ha.



Źródło: [Kwaśniewski 2011b]

Rys. 1. Technologia i koszty produkcji biomasy z wierzby a granica opłacalności produkcji w zależności od ceny zrębków

Z kolei dla technologii T3 (zbiór z wykorzystaniem ciągnikowej kosiarki tarczowej, rozdrabnianie pędów na plantacji i transport zrębków do gospodarstwa) powierzchnia uprawy trzyletniej wierzby, która może stanowić granicę opłacalności

ści produkcji, dla założonej ceny biomasy, mieści się w przedziale od ok. 5 do ok. 13 ha.

W przypadku technologii T3 (rozdrabnianie na plantacji) powierzchnia plantacji powinna być prawie dwukrotnie większa niż dla technologii T2 (rozdrabnianie w gospodarstwie). Wynika to przede wszystkim z organizacji procesu rozdrabniania. Mniejsza jest bowiem wydajność pracy ($4 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$) agregatu ciągnik i rębak oraz osób obsługujących, kiedy proces realizowany jest na plantacji, gdzie występuje częste przemieszczanie agregatu, a większa ($8 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$), kiedy proces rozdrabniania wykonywany jest w gospodarstwie, gdzie agregat pracuje praktycznie przy jednej dużej przymie całych pędów wierzby.

Znacznie większa powierzchnia uprawy wierzby energetycznej może gwarantować powodzenie finansowe dla technologii T4 i T5, gdzie do zbioru wykorzystywana jest droga maszyna – samojezdna sieczkarnia polowa własna (przyjęta cena maszyny 825 tys. zł) bądź sieczkarnia w formie usługi mechanizacyjnej. Dla średniej ceny zrębków $150 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ w pierwszym przypadku jest to ok. 25 ha, a w drugim ok. 17 ha. Jednak jeśli cena biomasy będzie niska, na poziomie $120 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$, to dla właściciela sieczkarni oceniany areal uprawy wierzby powinien wynosić co najmniej 70 ha. W tym miejscu nasuwa się pytanie zasadnicze, czy w chwili obecnej stać nas na produkcję biomasy z wierzby na tak szeroką skalę w pojedynczym gospodarstwie. Odpowiedź może być pozytywna w przypadku np. grupy produkcyjnej, zorganizowanej wokół odbiorcy (mała odległość transportowania), którym może być elektrownia czy też elektrociepłownia.

Reasumując powyższe rozważania, należy stwierdzić, że:

- założone modelowe technologie zbioru trzyletniej wierzby energetycznej i związane z nimi nakłady pracy sugerują, że jeśli do zbioru będą stosowane mało wydajne technologie (T1, T2, T3), należy wtedy dysponować odpowiednimi zasobami pracy, w przeciwnym wypadku czas zbioru będzie się wydłużał, co wpłynie wydatnie na końcowe koszty i opłacalność produkcji biomasy,
- uzyskane, bardzo zróżnicowane, koszty produkcji biomasy dla badanych technologii (dla powierzchni plantacji do 30 ha), są efektem organizacji zbioru trzyletniej wierzby oraz wysokich nakładów pracy ręcznej w technologiach T1 – T3. Natomiast w przypadku powierzchni uprawy wierzby powyżej 30 ha koszty produkcji zaczynają być niższe i dla niektórych technologii są nawet na porównywalnym poziomie (T2, T3) i (T4 i T5),
- na plantacjach powyżej 30 ha proces technologii zbioru wierzby zaczyna przybierać formę procesu transportowego (istotna liczba agregatów i ładowność przyczep), a o kosztach produkcji biomasy decyduje organizacja transportu, a nie maszyny podstawowe do zbioru (np. sieczkarnia), które mają większy wpływ na koszty produkcji na mniejszych powierzchniach uprawy wierzby.

Podsumowanie

Opracowane modelowe technologie produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej dobrze charakteryzują specyfikę tej produkcji i wskazują, że główny problem dla potencjalnych producentów biomasy związany jest z kilkoma czynnikami, które będą miały wpływ na końcowy, pozytywny efekt ekonomiczny. Do czynników tych należą: stosowana technologia zbioru trzyletniej wierzby, wielkość plantacji, uzyskiwany plon biomasy i jej aktualna cena, a także możliwość zbytu wyprodukowanego surowca.

W warunkach polskich, na wielu istniejących plantacjach wierzby energetycznej, stosuje się bardzo zróżnicowane i jednocześnie mało wydajne technologie zbioru. Muszą być w tym przypadku dostępne większe zasoby siły roboczej, co z kolei wpływa na wielkość nakładów i kosztów pracy. Równocześnie należy pamiętać, że powierzchnie aktualnych plantacji są mocno zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od kilku arów do kilkudziesięciu hektarów, a wprowadzaniu wysokowydajnych technologii zbioru wierzby powinna towarzyszyć koncentracja uprawy tej rośliny. Fakt ten powoduje, że na znacznej ilości plantacji stosowanie wysokowydajnych technologii jest nierealne ze względów ekonomicznych. Produkcja więc biomasy z wierzby energetycznej na dużą skalę (przemysłową) powinna się opierać na stosowaniu maszyn wysokowydajnych i ograniczeniu nakładów pracy ludzkiej. Maszyny takie są obecnie bardzo drogie i praktycznie niedostępne dla pojedynczych plantatorów. Aby obniżyć koszty eksploatacji, powinny być one wykorzystywane na plantacjach o powierzchni kilkunastu do kilkudziesięciu hektarów (co jest mało prawdopodobne w naszych warunkach). Innym rozwiązaniem, możliwym do realizacji na terenie Polski południowej, jest tworzenie zespołów rolników, np. w formie grup producenckich, zajmujących się produkcją biomasy na mniej szeroka skalę. W sumie jednak, w przypadku zespołu kilku lub kilkunastu gospodarstw, skala produkcji umożliwi efektywne i ekonomiczne wykorzystanie wysokowydajnych maszyn. Rozwiązanie takie wymaga jednak wprowadzenia odpowiednich uwarunkowań organizacyjno-prawnych.

Bibliografia

- Chochowski A., Krawiec F.** (red.). (2008): Zarządzanie w energetyce. Koncepcje, zasoby, strategie, struktury, procesy i technologie energetyki odnawialnej. Wyd. Centrum Doradztwa i Informacji Difin sp. z o.o., ISBN 978-83-7251-859-0.
- Dreszer K. Michałek R. Roszkowski A.** (2003): Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Wyd. PTIR, Kraków-Lublin-Warszawa.
- Dubas J. W.** (2010): Stan i kierunki rozwoju biomasy dla potrzeb elektroenergetyki polskiej. [w:] Odnawialne źródła energii w świetle globalnego kryzysu energetycznego. Wybrane problemy. (red. Krawiec F.), ISBN 978-83-7641-241-2.

- Dubas J. W., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A.** (2004): Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji w Bytomiu, ISBN 83-88587-71-4.
- Dubas J. W., Tomczyk A.** (2005): Zakładanie, pielęgnacja i ochrona plantacji wierzb energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 83-7244-617-2.
- Dyrektywa 2001/77/WE.
- Faber A., Kuś J.** (2007): Rośliny energetyczne dla różnych siedlisk. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa.
- Faber A., Kuś J., Matyka M.** (2009): Uprawa roślin na cele energetyczne. Poradnik. Wyd. W i B Wiesław Drzewiecki. Warszawa.
- Frączek J., Mudryk K., Ślipek Z.** (2004): Wierzba *Salix Viminalis* alternatywą energetyczną dla gospodarstw rolnych w Małopolsce. Inżynieria Rolnicza, 3(58), tom I, Kraków.
- Frączek J.** (red.) . (2010): Produkcja biomasy na cele energetyczne. WIPIE, Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościuk B.** (2003): Biopaliwa. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, ISBN 83-88368-10-9.
- Gradziuk P., Kościuk K.** (2007): Analiza możliwości i kosztów pozyskania biomasy na cele energetyczne na potrzeby energetycznego wykorzystania w Gminie Cmolas, Maszynopis.
- Grzybek A.** (2008): Biomasa w energetyce. [w:] Zarządzanie w energetyce. Koncepcje, zasoby, strategie, struktury, procesy i technologie energetyki odnawialnej.
- Grzybek A.** (2009): Rośliny energetyczne. [w:] Odnawialne źródła energii i działania adaptacyjne do zmiany klimatu w rolnictwie i na wsi – przykłady doświadczeń w UE. (red. Grzybek A.), Wyd. Naukowe Scholar, Warszawa, ISBN 978-83-7383-392-0.
- Grzybek A., Muzalewski A.** (2010): Analiza techniczno-ekonomiczna BiOB na cele energetyczne. [w:] Nowoczesne technologie pozyskiwania i energetycznego wykorzystywania biomasy. Monografia, Wyd. Instytut Energetyki, Warszawa, ISBN 978-83-925924-6-4.
- Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M.** (2009): Technologie bioenergetyczne. Monografia, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, ISBN 978-83-231-2441-2.
- Izdebski W., Skudlarski J.** (2004): Koszty pozyskania energii cieplnej z wybranych produktów rolniczych. Inżynieria Rolnicza, 3(58).
- Juliszewski T.** (2009): Ogrzewanie biomasą. Wyd. PWRiL Sp z. o.o., Poznań, ISBN 978-83-09-01041-8.
- Kościuk B. (red.)**, (2003): Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin, ISBN 83-7259-091-5.
- Kościuk B.** (2007): Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. PWSZ Jarosław.
- Kuś J., Faber A.** (2007): Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNGPIB, 7, 139-149.
- Kuś J., Faber A.** (2009): Produkcja roślinna na cele energetyczne a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. [w:] Przyszłość sektora rolno-spożywczego i obszarów wiejskich, Wyd. IUNG-PIB, Puławy.
- Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M.** (2006): Zbiór wierzb energetycznej przy użyciu piły łańcuchowej. Inżynieria Rolnicza, 13(88), 271-278.
- Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M.** (2008): Ocena zbioru wierzb energetycznej z użyciem kosy spalinowej. Inżynieria Rolnicza, 10(108), 159-165.
- Kwaśniewski D.** (2010): Koszty produkcji biomasy z upraw polowych. [w:] Produkcja biomasy na cele energetyczne. (red. Frączek J.) Wyd. PTIR, Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.

- Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M.** (2010): Zbiór i likwidacja plantacji energetycznych. [w:] Produkcja biomasy na cele energetyczne. (red. Frączek J.) Wyd. PTIR, Kraków, ISBN 978-83-917053-8-4.
- Kwaśniewski D.** (2011a): Koszty i opłacalność produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 1(126), Kraków, 145-154.
- Kwaśniewski D.** (2011b): Modelowe technologie zbioru a koszty produkcji biomasy z trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, 4(129), Kraków, 125-135.
- Michałek R. (red.),** (1998): Uwarunkowania technicznej rekonstrukcji rolnictwa. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków.
- Lisowski A. (red.),** (2010): Technologie zbioru roślin energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 978-83-7583-222-8.
- Majtkowski W.** (2007): Rośliny energetyczne na paliwo stałe. *Wies Jutra*, 8-9, 109-110.
- Matyka M.** (2008): Opłacalność i konkurencyjność produkcji wybranych roślin energetycznych. *Studia i raporty IUNG-PIB, Zeszyt 11*, Wyd. Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB w Puławach.
- Pasyniuk P.** (2007): Problemy mechanizacji uprawy i zbioru wierzby krzewiastej *Salix viminalis*. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 145-154.
- Stolarski M., Kisiel R., Szczukowski S., Tworkowski J.** (2008): Koszty likwidacji plantacji wierzby krzewiastej. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G, T. 94, z. 92*, 172-177.
- Stolarski M. J.** (2009): Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) jako surowca energetycznego. *Rozprawa habilitacyjna*, Wyd. UWM w Olsztynie, ISBN 978-83-7299-617-6.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J.** (2002): Wiklina (*Salix* Sp.). Uprawa i możliwości wykorzystania. Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, ISBN 83-87443-40-9.
- Szczukowski S., Budny J.** (2003): Wierzba krzewiasta – roślina energetyczna. *Biblioteka praktycznego ekologa*, Olsztyn.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.** (2004): Wierzba energetyczna. *Plantpress*, Kraków, ISBN 83-85982-86-8.
- Tworkowski J., Kuś J., Szczukowski S., Stolarski M.** (2010): Uprawa roślin energetycznych. [w:] Nowoczesne technologie pozyskiwania i energetycznego wykorzystywania biomasy. *Monografia*. (red. Bocian P., Golec T., Rakowski J.), Wyd. Instytut Energetyki, Warszawa, ISBN 978-83-925924-6-4.

WYKORZYSTANIE KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH W PRODUKCJI OGRODNICZEJ POD OSŁONAMI

Hubert Latała

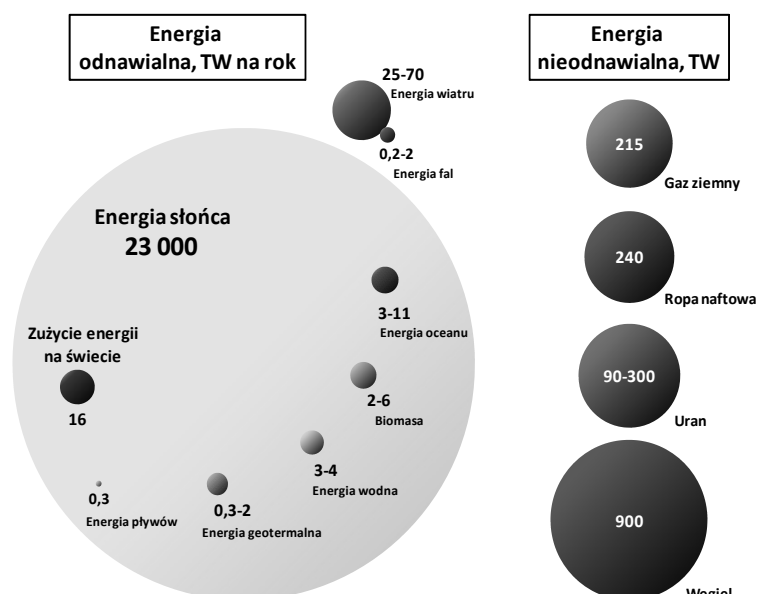
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Potrzeby energetyczne ludzkości w coraz większym stopniu zaspokajane są ze źródeł energii odnawialnych. Przyczyniają się do tego zarówno ceny tradycyjnych nośników (paliw), ograniczenia w emisji gazów cieplarnianych, jak również rozwój technologii ułatwiających eksplorację źródeł niekonwencjonalnych, do których zaliczamy energetykę wiatrową, wykorzystanie biomasy, produkcję biogazu, energetykę wodną, geotermię, biopaliwa oraz energię słoneczną. Źródła te, według założeń Komisji Europejskiej do roku 2020, powinny zaspokoić w 20% potrzeby energetyczne krajów wspólnoty. Obecnie obserwuje się około 14% roczny przyrost związany z rozwojem wszelkich instalacji umożliwiających korzystanie z odnawialnych źródeł energii (OZE) (z wyłączeniem dużych elektrowni wodnych). Ambitne plany Unii Europejskiej (w okresie od 12 do 15 lat) zakładają dwu-, a nawet trzykrotny wzrost udziału źródeł odnawialnych w bilansie energetycznym państw wspólnoty europejskiej [Renewable Energy Word Magazine 2008].

Działania te doprowadzić mają do obniżenia emisji gazów cieplarnianych (GHG) i uchronić przed długoterminowym wzrostem średniej temperatury globalnej, która według prognoz może podnieść się aż o 6°C [IEA 2008]. Istnieje więc potrzeba podjęcia szybkich decyzji, które z jednej strony poprzez właściwą politykę zintensyfikują działania proekologiczne, a z drugiej strony ustabilizują niekorzystne prognozy dla ludzkości.

Jednym z coraz częściej wykorzystywanych składników zasobów energii odnawialnych jest energia promieniowania słonecznego. Niewyczerpalne zasoby słońca dopływające do Ziemi w postaci strumienia energii są wg szacunków 30 tys. razy wyższe od rocznego zapotrzebowania na energię przez świat (rys. 1.) [Perez 2009]. Zasoby te charakteryzują się jednak dużym rozproszeniem. Największa średnia gęstość energii promieniowania słonecznego występuje w strefie równikowej, natomiast największą ilość energii słonecznej padającej na jednostkę powierzchni Ziemi w ciągu roku notuje się w strefach umiarkowanych (około 40° szerokości geograficznej) [Mokrzycki 2005]. Zagospodarowanie choć części tych

zasobów przyczyni się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, a w konsekwencji do zahamowania zmian klimatycznych Ziemi [Działania UE przeciw zmianom klimatu 2008]. Ilość ciepła, jaką pozyskuje się z promieniowania słonecznego w płaskich i próżniowych kolektorach słonecznych, jest na świecie zróżnicowana. Aktualny światowy rozwój sektora wykorzystującego energię słoneczną do podgrzewania wody jest na poziomie, który umożliwia wyprodukowanie około 128 GWh ciepła [Renewable Energy Word Magazine 2008]. Najwięcej ciepła uzyskuje się w Chinach i Tajwanie (80,8 GWth), Europie (15,9 GWth) oraz Japoni (4,9 GWth) – pozostały potencjał rozłożony jest na inne gospodarki wykorzystujące energię z promieniowania słonecznego [Weiss i in. 2009]. W sektorze tym, według danych z lat 2006 i 2007, zanotowano 20% wzrost pozyskiwania ciepła w ciągu tych 2 lat, przy czym dane te nie uwzględniają podgrzewania wody w basenach. Światowym potentatem pod względem zainstalowanych w 2007 roku kolektorów słonecznych (o powierzchni 23 km²) były Chiny. Jest to ilość instalacji, która w świecie w tym roku stanowiła aż 75% światowego udziału [Renewable Energy Word Magazine 2008].

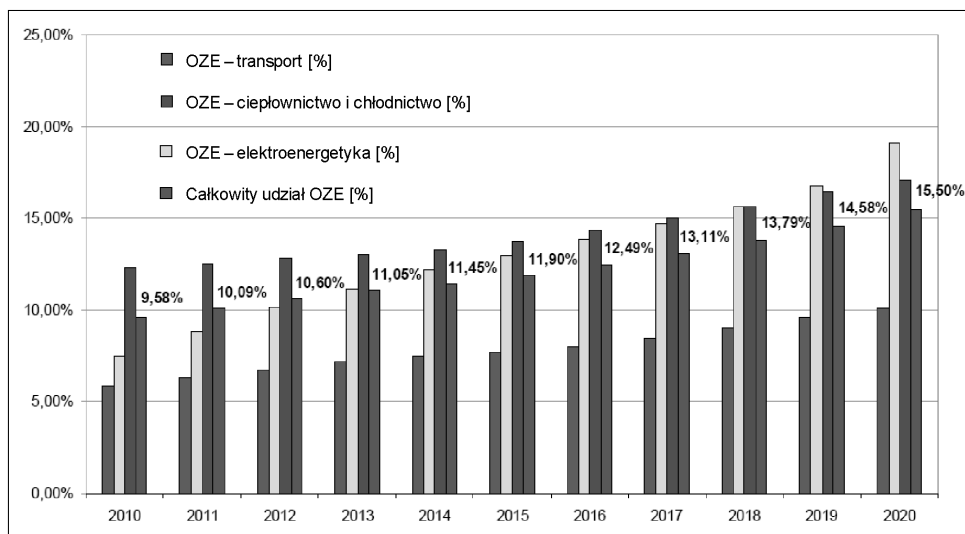


Rys. 1. Zasoby odnawialnych i nieodnawialnych źródeł energii na świecie [Perez 2009]

Potencjał odnawialnych źródeł energii to duża ilość zasobów energetycznych, dająca wiele możliwości wyboru i zastosowań. Istotnym problemem w ich wykorzystaniu jest dobór optymalnego rozwiązania technologicznego, które z punktu widzenia zarówno ekonomiki, jak i realizacji zasady zrównoważonego rozwoju,

pozwoleli wykorzystać zalety wszystkich technologii i zminimalizować ryzyko wystąpienia efektów negatywnych. Działania takie wynikają z różnorodności i możliwości wprowadzania OZE na rynek w postaci nośników energii (ciepła, energii elektrycznej lub paliw transportowych). Ponadto ze względu na realizację pakietu energetyczno-klimatycznego, tzw. Dyrektywy UE 3 x 20%, z założenia nie jest możliwe faworyzowanie wybranego rodzaju energii odnawialnej (np. wiatrowej, solarnej, biomasy).

Współczesne technologie oparte na odnawialnych źródłach energii rozwijają się najszybciej i staną się drugim największym źródłem energii elektrycznej po węglu niedługo po 2010 r. [Wiśniewski 2009]. Malejące koszty w miarę rozwoju technologii opartych na OZE, zakładane wysokie ceny paliw kopalnych i silne wsparcie ze strony strategii rządowych, dają możliwość uniezależnienia się sektora OZE od subsydiów i wdrożenia najnowszych technologii. Biorąc jednak nasz krajowy potencjał i obowiązujące uwarunkowania w Ministerstwie Gospodarki, opracowano plan, który zakłada udział energii odnawialnej, w całkowitych potrzebach energetycznych, docelowo do roku 2020 na poziomie około 15% (rys. 2.).

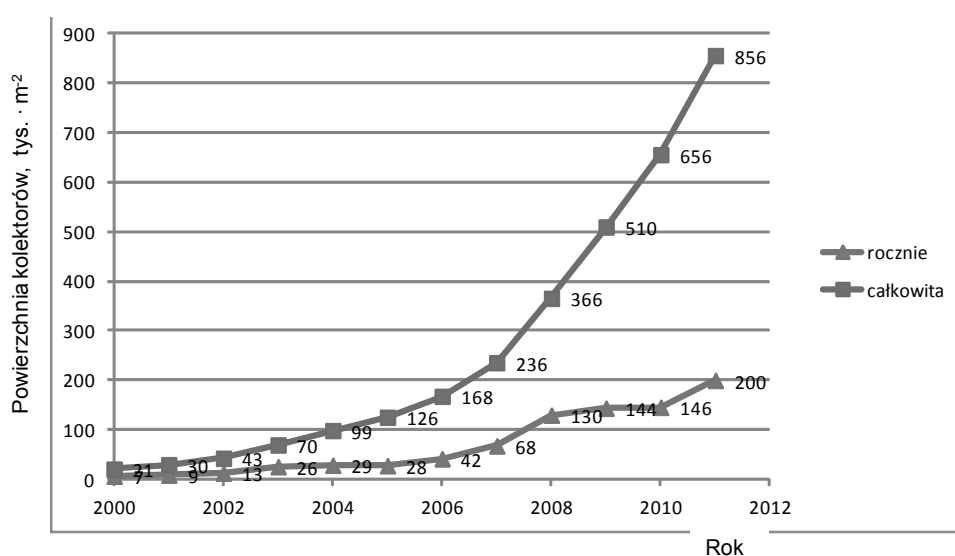


Źródło: Raport Ministerstwa Gospodarki

Rys. 2. Narodowy plan osiągniętego i docelowego udziału odnawialnych źródeł energii w transporcie, ciepłownictwie i chłodnictwie oraz elektroenergetyce w latach 2010-2020

Polska pod względem instalowanych powierzchni kolektorów znajduje się w czołówce 27 państw EU. W roku 2007 było to 8, a w 2008 r. 7 miejsce z ilością montowanych kolektorów na poziomie odpowiednio 68,1 i 129,6 tys. m² [Système Solaires 2009]. Sytuacja ta była możliwa dzięki temu, że w roku 2008 w Polsce

sprzedano prawie 130 tys. m² kolektorów słonecznych. Stanowiło to, w stosunku do roku 2007, wzrost o ponad 90% i było jednym z najwyższych w UE [IEO 2009]. Na rysunku 3 przedstawiono sumaryczną i roczną powierzchnię zainstalowanych w Polsce kolektorów słonecznych w latach 2000-2011. Całkowita powierzchnia kolektorów słonecznych w Polsce przekroczyła 856 tys. m², co odpowiada zainstalowanej mocy termicznej na poziomie około 600 MW [Instytut Energetyki Odnawialnej 2012]. Mniej korzystnie w Europie Polska wypada przy analizie powierzchni kolektorów solarnych w przeliczeniu na 1000 mieszkańców. W 2008 roku było to 19 miejsce w krajach EU 27. Wskaźnik ten wyniósł prawie 10 m² na 1000 mieszkańców i był ponad 14-krotnie niższy w porównaniu do rynku niemieckiego, który jest liderem w Europie [Systèmes Solaires 2009].



Źródło: Instytut Energetyki Odnawialnej 2012

Rys. 3. Sumaryczna i roczna powierzchnia zainstalowanych kolektorów słonecznych w Polsce w latach 2000-2011

Przedstawiony powyżej dynamiczny ilościowy wzrost instalowanych kolektorów słonecznych sprzyja zagospodarowywaniu coraz większej ilości dostępnego promieniowania słonecznego, którego strumień w Polsce szacowany jest na ok. 1,34 tys. PJ·rok⁻¹ [IEO 2009]. Wykorzystanie tego potencjału jest jednak utrudnione ze względu na niską gęstość promieniowania słonecznego oraz nierówny rozkład w cyklu rocznym. Zwiększenie nakładów finansowych na badania i rozwój nowych technologii oraz wprowadzenie efektywnego systemu dofinansowania dla odbiorców z pewnością przyczyni się do efektywniejszego zagospodarowania energii solarnej, a tym samym Polska osiągnie założone cele w opublikowanej

Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009].

Na podstawie założeń zawartych w Strategii Rozwoju Energetyki Odnawialnej oraz aktualnego stanu wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce i stosowanych technologii Grzybek [2005] dokonała prognozy wykorzystania odnawialnych źródeł energii w rolnictwie. Według założeń, energia odnawialna pochodząca z OZE będzie wykorzystana tylko w pewnej części. Dla przykładu energia słoneczna z kolektorów słonecznych powietrznych w 100%, natomiast energia słoneczna z kolektorów słonecznych wodnych tylko w 40%. Jest to szczególnie ważne w sektorze rolnictwa, gdzie ilość emisji gazów cieplarnianych zależy głównie od poziomu rozwoju socjoekonomicznego, wzrostu populacji ludzkiej, stosowanych technologii, oddziaływania klimatu, diety czy też zmian klimatycznych [IPCC 2007; Smith i in. 2007]. Rozwój intensywnej produkcji rolniczej wpływa destruktywnie na lokalne środowisko naturalne [Sathaye i in. 2007], ale powstawanie nowych technologii produkcji i nowoczesne metody jej zarządzania mogą przyczynić się do zmniejszenia negatywnego oddziaływania i emisji GHG [IPCC 2007; Chochowski, Krawiec 2008].

Początki stosowania w rolnictwie technologii wykorzystujących energię promieniowania słonecznego na szerszą skalę pojawiły się w połowie ubiegłego stulecia. Głównym celem poszukiwań było obniżenie nakładów energetycznych związanych z konsumpcją paliw, co wiązało się również ze zmniejszeniem zanieczyszczenia powietrza oraz redukcją kosztów produkcji. W Polsce na przełomie lat 50 i 60 zaczęto poszukiwać rozwiązań, które wykorzystując odnawialne źródła energii, mogłyby wspomóc produkcję rolniczą. Należały do nich konstrukcje: siłowni wiatrowej i powietrznego kolektora słonecznego wykonane w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie [Pabis 2007]. Prowadzone od wielu lat badania i praktyczne zastosowania w produkcji rolniczej odnawialnych źródeł energii umożliwiły obniżenie zużycia tradycyjnych paliw o ok. 20-30% [Pabis 2004]. Dotyczy to głównie wykorzystania ciepła pochodzącego z kolektorów słonecznych w produkcji roślinnej, zwierzęcej, uprawach pod osłonami, suszenia płodów rolnych i do współpracy z innymi odnawialnymi i tradycyjnymi źródłami energii w zintegrowanych systemach energetycznych [Di Vecchia i in. 1981; Pabis 2002, 2004; Zaragoza i in. 2007].

Dla producentów branży ogrodniczej szczególnie ważne są takie technologie, które dają korzystny efekt finansowy. Technologie te zawierają wiele składników, które w różny sposób wpływają na wynik końcowy. Jednym z nich, a zarazem mający główne znaczenie w kosztowności produkcji, jest aspekt zapotrzebowania na energię. Poszukiwanie oszczędności w tym składniku prowadzi między innymi do substytucji naturalnych surowców energetycznych i zastąpienia ich źródłami odnawialnymi. Przykładowo podgrzewanie wody przy użyciu kolektorów słonecznych może dać oszczędności rzędu 80-90%, wynikające z zastąpienia ogrzewania elektrycznego lub gazowego energią słoneczną [Empowering 2009].

Ciepło uzyskiwane z kolektorów słonecznych wykorzystuje się w produkcji ogrodniczej do wielu celów, takich jak: uzupełniające dogrzewanie obiektów pod osłonami [Beshada i in. 2006; Vox i in. 2007; Kurpaska i in. 2008; Latała 2008a], uzupełniające lub zasadnicze podgrzewanie podłoża w tunelach foliowych w celu przyspieszenia plonowania [Kurpaska 1999; Kurpaska 2000; Pabis 2005], przygotowania wody technologicznej do podlewania roślin [Latała 2009a], przygotowania sadzonek do rozsady [Kalisz, Cebula 2006], cieplne potrzeby w pozbiorowej obróbce owoców i warzyw [Empowering 2009] oraz termiczna walka z patogenami glebowymi [Al-Karaghoul, Al-Kayssi 2001; Pérez-de-los-Reyes i in. 2009].

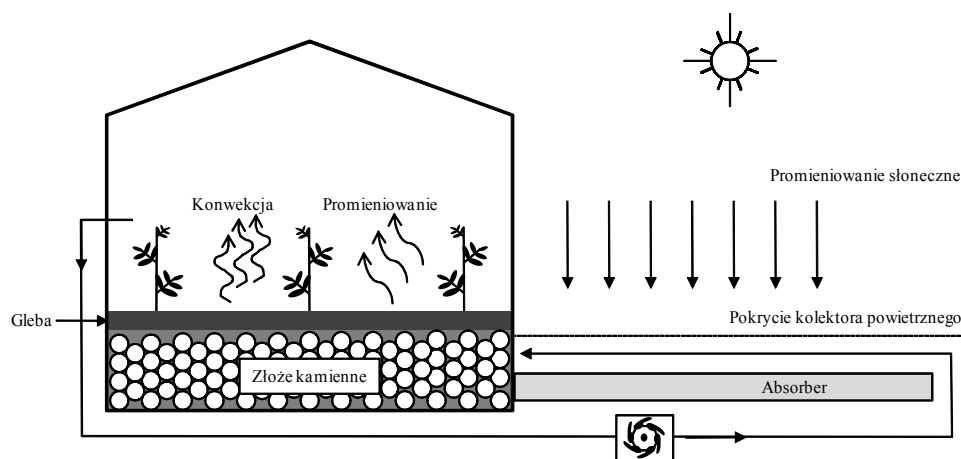
Szklarnia czy też tunel foliowy to specyficzny obiekt, który zapewnia roślinom odpowiednie do ich wzrostu i plonowania warunki klimatyczne. Jest również swego rodzaju kolektorem, w którym pochłaniane promieniowanie krótkofalowe zamieniane jest na ciepło. Szczególnie efektywnie wykorzystywane jest tu promieniowanie słoneczne. Duża transparentność i mała izolacyjność pokrycia obiektów ogrodniczych sprawia, że obiekty te są podatne na wszelkie zmiany zewnętrznych warunków związanych z promieniowaniem słonecznym czy też temperaturą otoczenia. Szczególnie uwidacznia się to w porze dziennej, gdy promieniowanie słoneczne wywołuje wzrost temperatury wewnątrz obiektu pod osłoną powyżej granicy optymalnej dla roślin. Ograniczenie nadmiernego wzrostu temperatury odbywa się między innymi przez wentylację, ale wówczas powstają straty ciepła. Zagospodarowanie tych nadwyżek i wykorzystanie w okresach niedoboru ciepła prowadzi do oszczędności w zużyciu tradycyjnych paliw. W warunkach klimatycznych Polski roczne zapotrzebowanie ciepła niezbędnego do ogrzania jednostkowej powierzchni uprawy w szklarni wynosi około $1800 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Natomiast w tunelach foliowych, gdzie uprawa przebiega sezonowo (od marca do listopada), zapotrzebowanie to wynosi około $700 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ [Tymiński 1997]. W nowoczesnych wielonawowych szklarniach, o szerokości nawy 6,4 m oraz wysokości ścian bocznych 4 m, roczne zapotrzebowanie jest na poziomie $2300 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ [Kurpaska 2008]. Biorąc powyższe dane o powierzchni upraw w szklarniach [Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2011] można stwierdzić, że roczne zapotrzebowanie na ciepło wynosi około 42,6 PJ. Użycie jako paliwa węgla kamiennego w celu zapewnienia takiej ilości ciepła przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych w ilości od 61 do 165 tys. ton. Wielkość emisji uzależniona jest od warunków klimatycznych, gatunków uprawianych roślin i rodzaju prowadzonej uprawy. Ograniczenia związane z emisją gazów cieplarnianych, jak i wytyczne dotyczące konieczności zastępowania tradycyjnych źródeł energii źródłami niekonwencjonalnymi, nakładają na Polskę jako członka Unii Europejskiej obowiązki wykonywania wszelkich działań z tym związanych.

Kurpaska [2000] w swojej pracy przedstawił dane, według których w warunkach polskiego klimatu nakłady energetyczne związane z ogrzewaniem obiektów pod osłonami stanowią nawet 70% ogólnych kosztów produkcji. Konieczne zatem jest poszukiwanie rozwiązań prowadzących do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

przez obiekty produkcyjne. Autorzy Zhang i in. [1995], Critten i Bailey [2002], Kurpaska [2002], Gupta i Chandra [2002] oraz Beshada i in. [2006] w swoich pracach przedstawili pewne rozwiązania dotyczące montażu dodatkowego wyposażenia ograniczającego straty ciepła, jak i modernizacji systemów grzewczych. Zaproponowane rozwiązania konstrukcyjne sprzyjają również efektywniejszemu wykorzystaniu nadwyżek ciepła powstałych w okresach intensywnej radiacji. Efekty energetyczne magazynowania tego ciepła i późniejsze jego wykorzystanie w okresach braku promieniowania słonecznego oraz w niekorzystnych warunkach termicznych były przedmiotem analizy wielu autorów [Kaiser 1995; Bouhdjar 1996; Kurklu i in. 2003; Kurpaska 2003; Opdam i in. 2005; Beshada i in. 2006; Lee i in. 2009].

Wykorzystanie nadmiaru ciepła w obiektach szklarniowych zazwyczaj polega na zasysaniu ciepłego powietrza z wnętrza obiektu (w okresach występowania nadwyżki) i wtłaczaniu go do akumulatora, którym może być gleba, kamienne złożo lub woda. Ochłodzone powietrze w akumulatorze wraca do wnętrza obiektu i cykl się powtarza. Kurklu i in. [2003] w swojej pracy przedstawili porównanie dwóch tuneli foliowych – standardowego i wyposażonego w kamienny akumulator oraz system wentylatorów. Efektywność tego systemu magazynowania ciepła wynosiła 34%. Osiągnięta wartość była wysoka w porównaniu do sprawności 8% osiągniętej przez Bouhdjar’a [1996] lub 8-19% otrzymanej w pracy Willits’a [1987]. Na podstawie analizy rozwiązań konstrukcyjnych można stwierdzić, że na sprawność tego systemu wpłynęły następujące czynniki: wysoka wydajność przepływu powietrza przez złożo, dobra izolacja akumulatora, przegrody zwiększające turbulencje przepływającego powietrza, natężenie promieniowania słonecznego i złożo kamienne o dobrych właściwościach cieplnych. Na efektywność pracy akumulatora kamiennego mają również wpływ nierównomierności przepływu powietrza przez złożo. Występowanie zjawiska niejednorodnego przepływu powoduje zróżnicowanie procesu przestrzennej kumulacji energii, a w skrajnych sytuacjach prowadzi to do prawie całkowitego wyłączenia z tego procesu pewnych fragmentów złoża [Mueller, Boniecki 2006]. Wielu badaczy w swoich pracach [Chandra, Willits 1981; Chandra i in. 1981; Garzoli 1989; Kurklu i in. 2003] wykazało, że możliwe jest osiągnięcie wewnątrz obiektu temperatury powietrza wyższej od 4 do nawet 20°C w porównaniu do temperatury na zewnątrz obiektu przy wykorzystaniu ciepła z akumulatora. W większości przypadków różnica ta nie przekracza 10°C. W efekcie zastosowanie takiego systemu akumulacji nadwyżek ciepła może zapewnić od 20 do 70% rocznego zapotrzebowania na ciepło [Bredenbeck 1987a]. Na rysunku 4 przedstawiono schemat działania słonecznego kolektora powietrznego współpracującego z kamiennym akumulatorem umieszczonym pod obiektem szklarniowym w zaizolowanej przestrzeni. W cyklu dziennym powietrze z wnętrza szklarni zasysane jest przez wentylator, a następnie podgrzane w kolektorze słonecznym wtłaczane jest do złoża kamiennego. W ten sposób powietrze z wnętrza obiektu jest schładzane w akumulatorze. Powietrze z wnętrza przechodząc w porze nocnej przez akumulator, podnosi swoją tempe-

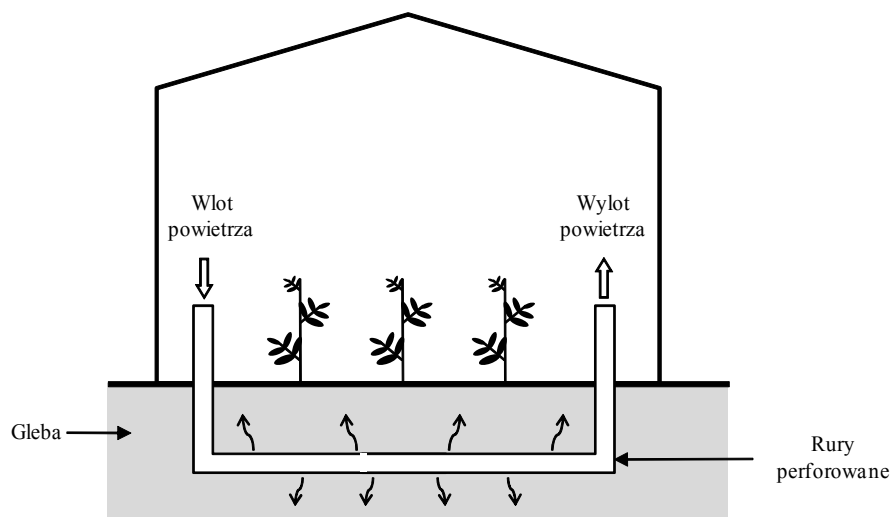
raturę i ogrzewa szklarnię. Przedstawiony na rysunku 4 przykład związany z uzupełniającym dogrzewaniem obiektów pod osłonami jest w stanie zapewnić do około 40% potrzeb cieplnych w krajach o podobnych do Polski warunkach klimatycznych [Brendenbeck 1987b; Bouhdgar, Boulbing 1990].



Źródło: Brendenbeck 1987b

Rys. 4. Schemat działania słonecznego kolektora powietrznego współpracującego z kamiennym złożem akumulacyjnym

Nadwyżki ciepła pochodzące z obiektu szklarniowego, będące wynikiem promieniowania słonecznego, mogą być również magazynowane bezpośrednio w naturalnym podłożu. Możliwości te analizowali, przeprowadzając eksperymenty doświadczalne i opracowując matematyczne modele, m.in. Boulard i Baille [1986], Zabeltitz [1990], Kurata i Takakura [1991]. Efektem pracy takiego systemu, w którym ciepłe powietrze włączane jest do podłoża przez wentylator, są oszczędności w zużyciu ciepła na poziomie wynoszącym blisko 20% [Boulard, Baille 1989]. Kurpaska [2003] w swojej pracy, na podstawie przeprowadzonego eksperymentu, przedstawił główne czynniki wpływające na ilość zgromadzonego ciepła w akumulatorze glebowym. Należą do nich w pierwszej kolejności temperatura włączanego powietrza, w następnej kolejności głębokość umieszczenia przewodów perforowanych, strumienia powietrza oraz koncentracja pary wodnej. Biorąc natomiast pod uwagę sprawność takiego systemu gromadzenia ciepła, największe oddziaływanie ma głębokość umieszczenia przewodów perforowanych i kolejno strumień włączanego powietrza, koncentracja pary wodnej a najmniejsze temperatura włączanego powietrza. Na rysunku 5 przedstawiono schematycznie istotę działania akumulacji ciepła w podłożu [Kurpaska 2000].



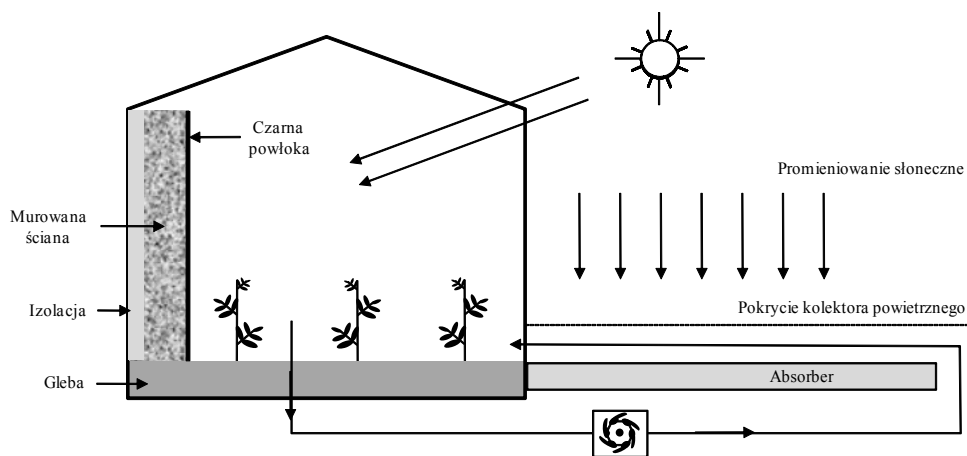
Źródło: Kurpaska 2000

Rys. 5. Schemat działania glebowego akumulatora zasilanego ciepłym powietrzem z wnętrza szklarni

Złożoność zjawisk, związanych z przedstawionymi powyżej sposobami magazynowania nadwyżek ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego, sprzyja ciągłym poszukiwaniom innych rozwiązań. Jednym z nich jest gromadzenie ciepła pochodzącego z wnętrza szklarni zarówno w podłożu, jak i akumulatorze, który stanowiła ściana północna obiektu szklarniowego. Zaizolowana i pokryta od wewnątrz czarną i matową powłoką dodatkowo absorbuje promieniowanie słoneczne (rys. 6.) [Singh, Tiwari 2000]. W celu poprawy efektywności prezentowanego pasywnego systemu akumulacji promieniowania słonecznego Beshada i in. [2005] oraz Beshada i in. [2006] zmodyfikowali to rozwiązanie, stosując dodatkowo zewnętrzny ekran cieplny. Rozwiązanie takie umożliwiało w warunkach zimowych utrzymanie wewnętrznej temperatury o około 20°C wyższej w porównaniu do temperatury na zewnątrz obiektu.

Jedną z bardziej efektywnych metod gromadzenia nadwyżek ciepła z obiektów ogrodniczych jest wykorzystanie akumulatorów wykorzystujących ciepło przemiany fazowej. Nośnikiem w tych systemach mającym największe znaczenie są związki chemiczne, których temperatura topnienia zawiera się w przedziale od 15 do 65°C [Abhat 1983]. Substancje obecnie najczęściej używane można podzielić na trzy kategorie: związki nieorganiczne (uwodnione sole), związki organiczne (parafiny, woski) i mieszaniny eutektyczne [Sethi, Sharma 2008]. W grupie związków nieorganicznych bardzo często wykorzystywany jest uwodniony chlorek wapnia ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), którego ciepło topnienia w temperaturze 29°C wynosi 190,8 kJ·kg⁻¹, [Kern, Aldrich 1979]. Wielu autorów przeprowadziło eksperymenty, w których

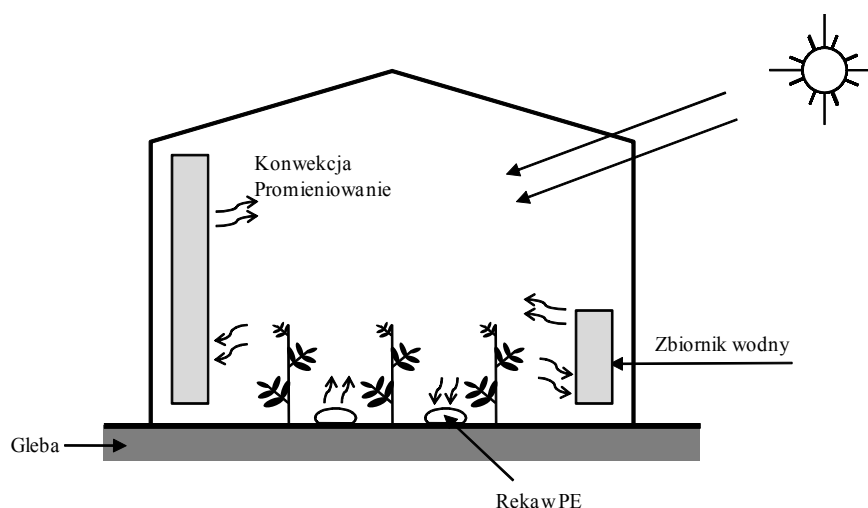
stwierdzono, że w zależności od warunków pogodowych zewnętrznych i pojemności cieplnej akumulatora system magazynujący ciepło był w stanie zapewnić potrzeby grzewcze obiektów szklarniowych od 30 do 75% [Kern, Aldrich 1979; Jaffrin, Cadier 1982; Boulard i in. 1990; Santamouris i in. 1994; Hamdan, Elwerr 1996; Hamada i in. 2003]. Drugą grupą stosowaną w obiektach szklarniowych do gromadzenia nadwyżek ciepła były organiczne związki, których działanie w akumulatorach analizowali Bansal i Buddhi [1992], Lacroix [1993], Hamdan i Elwerr [1996] oraz Ozturk [2005]. Na podstawie wyników ich badań można stwierdzić, że średnia efektywność akumulatorów ciepła z tymi substancjami była na poziomie 40%. Stosowanie do akumulacji ciepła mieszanin eutektycznych różnych związków chemicznych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w ogrodnictwie było przedmiotem wielu badań. Przykładem tego są prace prowadzone nad mieszaninami kwasów: laurynowego z palmowym (temperatura topnienia $35,2^{\circ}\text{C}$), stearynowego z laurynowym (37°C) i mirystynowego z kwasem palmowym ($42,6^{\circ}\text{C}$) [Sari, Kaygusuz 2001, 2002, 2006; Sari 2003]. Mieszaniny powyższych związków są jednak mało konkurencyjne w akumulatorach stosowanych w ogrodnictwie, w stosunku np. do uwodnionego chlorku wapnia, zarówno ze względu na temperatury przejścia stanu, jak i ciepła topnienia wymienionych mieszanin eutektycznych. Masa stosowanych związków chemicznych używana do akumulacji ciepła w obiektach pod osłonami zawierała się od 7 [Machida i in. 1985] do $14\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [Balducci 1985]. Odpowiadało to odpowiednio ilości ciepła potencjalnie możliwego do wykorzystania w zakresie od 1,2 do $2,6\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ powierzchni pod osłoną.



Źródło: Singh, Tiwari 2000

Rys. 6. Schemat szklarni z integrowaną ścianą północną i gruntowo-powietrznym kolektorem słonecznym

Nadwyżki ciepła w obiektach pod osłonami powstałe w wyniku promieniowania słonecznego gromadzi się również w wodnych systemach akumulacji. Ze względu na zasadę działania klasyfikuje się je na czynne i bierne [Santamouris i in. 1994]. Akumulatory bierne to stosunkowo prosta metoda pozyskiwania nadwyżek ciepła w ciągu dnia i wykorzystania go w ciągu nocy. Idea ich działania przedstawiona została na rysunku 7. Ciepło gromadzone może być w polietylenowych rękawach ułożonych wzdłuż rzędów roślin lub zbiornikach wodnych umiejscowionych wzdłuż ścian bocznych, lub w gruncie poniżej obiektu szklarniowego.



Źródło: Santamouris i in. 1994

Rys. 7. Schemat pasywnych systemów akumulacji nadwyżek ciepła w szklarni

Ciepło pochodzące zarówno z wnętrza szklarni, jak i promieniowania słonecznego, gromadzone w przezroczystych rękawach polietylenowych wypełnionych wodą analizowali Grafiadellis [1985], Mougou i Verlodt [1987], von Zabeltitz [1987], Mavrogianopoulos i Kyritsis [1993], Barrel i in. [1999]. Ułożone na podłożu wzdłuż rzędów przewody z wodą zajmowały od 20 do 30% powierzchni nie wykorzystywanej pod uprawę roślin. Ilość wody znajdującej się w rękawach PE o średnicy od 25 do 35 cm wynosiła od 60 do 70 litrów na metr bieżący. Według analizy powyższych autorów, ciepło zmagazynowane w ciągu dnia wystarczało na utrzymanie różnic temperatury wnętrza i na zewnątrz obiektu na poziomie od 1 do 4°C. Udoskonalenie tej metody, polegające na zastosowaniu izolacji między rękawami i podłożem oraz ekranów cieplnych w obiekcie szklarniowym, poprawiło wykorzystanie zgromadzonego ciepła [Barrel i in. 1999].

Bierna akumulacja ciepła w zbiornikach wodnych umieszczonych wewnątrz szklarni, w porównaniu do stosowania rękawów PE, umożliwia utrzymanie wyższych różnic temperatur wnętrza w stosunku do otoczenia [Fourcy 1982; Kozai i in. 1986; Campoitti i in. 1988; Sorensen 1989; Santamouris i in. 1994]. Według danych przedstawionych w tych pracach temperatura wewnątrz szklarni była od 2 do 10°C wyższa od temperatury na zewnątrz. Autorzy w swoich doświadczeniach do magazynowania ciepła stosowali akumulatory o objętości około 20 litrów wody w przeliczeniu na jednostkę powierzchni obiektu szklarniowego. Sethi i in. [2003] w swojej pracy wykorzystał ścianę północną z powłoką odbijającą promieniowanie słoneczne, przy której umieszczono wodny akumulator ciepła uzyskując w ten sposób intensyfikację jego pracy.

Podobny sposób akumulacji nadwyżek ciepła w swych pracach przedstawili również Darmrath i Zabeltitz [1987] i Grafiadellis [1987]. Idea ta polegała na magazynowaniu ciepła z użyciem zewnętrznych zbiorników wodnych współpracujących z wymiennikiem powietrze-woda zlokalizowanym wewnątrz obiektu. W wymienniku rozpylona woda odbierała ciepło w ciągu dnia od przepływającego ciepłego powietrza, chłodząc w ten sposób wnętrze szklarni. Nocą z kolei woda oddawała zgromadzone ciepło, ogrzewając obiekt, uzyskując dzięki temu różnicę temperatur między wnętrzem i otoczeniem, w zakresie od 2 do 11°C.

Wykorzystanie szklarni jako kolektora słonecznego do celów magazynowania nadwyżek ciepła, pochodzących z promieniowania słonecznego, w stawach słonecznych przedstawili Carnegie i in. [1984], Mohmud [1995] i Al-Hussaini i Suen [1998]. Według Carnegie i in. [1984] oraz Mohmud [1995] taka forma akumulacji była w stanie pokryć nawet 77% rocznego zapotrzebowania na ciepło. Natomiast Al-Hussaini i Suen [1998] przeprowadzili eksperyment w chłodnym klimacie i uzyskali znaczące oszczędności w okresie od marca do października. W cieplejszym okresie od maja do września zapotrzebowanie na ciepło zostało pokryte w 100%.

Na podobnej zasadzie działania, jak to przedstawiono powyżej w przykładach z kolektorami powietrznymi, działają kolektory, w których medium roboczym jest ciecz. W kolektorach otwartych jako medium używa się wodę [Al-Hussaini, Suen 1998; Hazami 2005; Fuller 2007]. Najczęściej ten rodzaj kolektorów wykorzystywany jest jako źródło ciepła dla stawów solarnych lub opływowego ogrzewania tuneli foliowych. Wodę wykorzystuje się również w kolektorach słonecznych z nabudowanym zbiornikiem (system z termosyfonem), który służy jako akumulator ciepła. Powyższe rozwiązania nie nadają się do pracy w warunkach temperatur otoczenia poniżej zera ze względu na możliwość uszkodzenia instalacji. Udoskonaleniem tej metody jest stosowanie czynnika roboczego, który zmienia swój stan skupienia pod wpływem ciepła pochodzącego z konwersji promieniowania słonecznego [Esen, Esen 2005; Chen i in. 2009]. W Polsce do konwersji promieniowania słonecznego na ciepło najczęściej stosuje się płaskie kolektory. Głównym produktem działających systemów kolektorowych jest ciepła woda

użytkowa, która może być wykorzystywana do bezpośredniego użycia lub magazynowana w izolowanych zbiornikach. Zagadnienia analizy wykorzystania kolektorów słonecznych do wytwarzania ciepła były przedmiotem wielu badań [Chochowski 1991; Chochowski i in. 2001; Chaurasia, Twidel 2001; Chochowski, Czekalski 2005; Latała 2008b; Latała 2009a]. Autorzy w powyższych pracach przedstawili wpływ warunków rzeczywistych na efekty pracy kolektorów i określili przydatność energetyczną analizowanych systemów solarnych. Na podstawie rzeczywistych danych pochodzących z monitoringu pracy systemu, został opracowany parametryczny model baterii kolektorów płaskich, umożliwiający ocenę właściwości dynamicznych baterii kolektorów w trybie *on-line*, bez potrzeby prowadzenia specjalnych badań wyłączających kolektory z pracy systemu. [Chochowski, Obstawski 2005]. Luminosua i Farab [2005] sformułowali matematyczny model (rozwiązany numerycznie), który wykorzystany został do analizy zależności między dostępną energią promieniowania słonecznego a temperaturą czynnika obiegowego w płaskim kolektorze słonecznym. Badania symulacyjne wykazały przydatność modelu do wykonywania eksperymentów symulacyjnych służących do projektowania kolektora. Adsten i in. [2002] analizowali wpływ lokalizacji kolektorów słonecznych (zarówno płaskich jak i próżniowych) w północnej części Europy na ich efektywność pracy. Garcia i in. [1998] analizowali możliwość wykorzystania różnych źródeł ciepła (tradycyjnych i odnawialnych) do ogrzewania szklarni zlokalizowanych w różnych warunkach klimatycznych. Zauważyli, że w warunkach europejskiego klimatu w krajach basenu Morza Śródziemnego najlepsze efekty przyniesie stosowanie kolektorów słonecznych, podczas gdy dla krajów zlokalizowanych w północnych regionach najkorzystniej jest wspomagać ogrzewanie przy pomocy pompy ciepła.

Potrzeby energetyczne obiektów pod osłonami związane z utrzymaniem ustalonych parametrów termicznych (ogrzewanie podłoża, wnętrza, wody do podlewania roślin) w zupełności lub w części mogą być zapewnione przez ciepło zgromadzone w ciągu dnia przez kolektory słoneczne [Kurpaska 2002; Pabis 2005; Beshada i in. 2006; Vox i in. 2007; Latała 2008a; Latała 2009a; Latała 2009b]. W większości przypadków ilości ciepła zmagazynowanego w ciągu dnia nie pokrywają nocnych strat, szczególnie w okresach jesiennych [Latała 2008a] i w związku z tym należy korzystać z uzupełniających lub zintegrowanych źródeł ciepła [Chochowski, Czekalski 2005; Kurpaska, Latała 2008]. System zintegrowanych źródeł ciepła tworzą segmenty pozyskujące i gromadzące energię. Wielkość poszczególnych składowych, jak i ich wzajemne relacje nie powinny być przewymiarowane ze względu na nieporównywalny wzrost kosztów inwestycyjnych w stosunku do efektów energetycznych [Chochowski, Obstawski 2005]. Poprawność działania systemu zintegrowanego wymaga więc znajomości parametrów pracy poszczególnych jego składowych w różnych warunkach otoczenia. Przykładem tego są kolektory słoneczne. Według badań Andersen i Furbo [2009] za-

potrzebowanie na ciepło do ogrzewania jest silnie skorelowane z temperaturą otoczenia, natomiast nie jest z warunkami solarnymi.

Analizując uzyskane wyniki badawcze, można jednoznacznie stwierdzić, że roczna efektywność energetyczna kolektorów nie może się opierać na liniowej zależności, szczególnie w okresie od jesieni do wiosny, ze względu na relatywnie małą wysokość słońca nad horyzontem. Ponadto efektywniej działające kolektory słoneczne są bardziej podatne na wpływ zmiennych warunków pogodowych w porównaniu do kolektorów o niższej skuteczności. Dlatego w celu dokładnego prognozowania możliwości pozyskania ciepła z promieniowania słonecznego przez dany typ kolektora należy poznać jego parametry pracy w różnych warunkach solarnych i termicznych (otoczenia).

W powyższym przeglądzie literatury przedstawiono obecny stan możliwości pozyskiwania ciepła z konwersji promieniowania słonecznego i sposoby wykorzystania tego ciepła w produkcji pod osłonami. Z przeprowadzonego przeglądu literatury wynika jednoznacznie, że wyniki badań nie obejmują całościowej wiedzy w zakresie określenia wpływu warunków solarnych i otoczenia na pracę kolektorów. Zmienność i okresowość stwarzają trudności w przewidywaniu tych parametrów, obniżając skuteczność stosowanych metod do określania efektów energetycznych. Ich właściwa predykcja wpływa w decydujący sposób na efektywność, a tym samym na opłacalność zastosowanego systemu pozyskiwania ciepła z promieniowania słonecznego. Kolejną grupę czynników, od których zależy efekt pracy kolektorów słonecznych, stanowią wielkości charakteryzujące ich parametry techniczne. W tym zakresie należy uwzględnić wzajemne oddziaływanie zarówno elementów konstrukcyjnych, jak i parametrów eksploatacyjnych. Ponadto poprawne określenie efektu pracy kolektorów wymaga całościowego spojrzenia na system konwersji promieniowania wraz ze sposobem odbioru ciepła lub jego magazynowania. Nie bez znaczenia jest również fakt, w jakim stopniu pozyskane z promieniowania słonecznego ciepło jest w stanie pokryć potrzeby energetyczne obiektów pod osłonami w zależności od warunków otoczenia. Podgrzewanie wody do podlewania roślin to kolejny obszar zastosowań kolektorów, w którym oprócz wymienionych powyżej warunków, wpływ na potrzeby ciepłne mają również uprawiane rośliny. Brak jest jednak całościowej analizy (obejmującej również problemy ekologiczne) dotyczącej stosowania kolektorów słonecznych do celów produkcyjnych w uprawach prowadzonych pod osłonami. Istotne również są warunki pracy systemów solarnych ze względu na nasłonecznienie i warunki klimatyczne. Dostępne wyniki badań w literaturze potwierdzają te spostrzeżenia, przekonując o słuszności podejmowania badań w tym zakresie. Ponadto dostępne wyniki badań w literaturze skupiają się głównie na zastosowaniu kolektorów słonecznych do przygotowania c.w.u. w budownictwie mieszkaniowym i użyteczności publicznej. Biorąc zatem powyższe informacje, podjęto problematykę związaną z wykorzystaniem energii promieniowania słonecznego w produkcji pod osłonami. Zagadnienia te zostały głęboko przeanalizowane w opublikowanych

pracach naukowych. Źródłem danych do tych prac był cykl kilkuletnich badań na stanowisku laboratoryjnym zlokalizowanym na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Wyniki przeprowadzonych badań zawierają zagadnienia związane z termiczną konwersją promieniowania słonecznego na ciepło i wykorzystaniem go w produkcji pod osłonami. Pierwsza część publikacji dotyczyła oceny parametrów pracy kolektorów słonecznych działających w zmiennych warunkach otoczenia i różnych warunkach solarnych.

Analizę rozpoczęto od teoretycznych rozważań dotyczących predykcji dostępnego promieniowania słonecznego padającego na płaszczyznę pochyłą pod pewnym kątem względem poziomu, ustawioną w kierunku południowym. Wyniki teoretycznych obliczeń porównano z rzeczywistymi pomiarami energii promieniowania słonecznego, uzyskując zgodność określoną przez współczynnik determinacji na poziomie $R=0,86$ [Latała 2005a]. Pozyskiwanie ciepła z płaskich kolektorów słonecznych jest funkcją ciepła z promieniowania słonecznego i temperatury otoczenia. Dla wymienionych parametrów największą wartość współczynnika determinacji uzyskano dla modelu regresji nieliniowej [Latała 2005b]. Potwierdzeniem nieliniowej zależności ciepła użytkowego od analizowanych parametrów są również teoretyczne rozważania Andersen i Furbo [2009]. Opierając się więc na modelu przedstawionym w artykule Latały [2005b], można określić ilość ciepła użytkowego z kolektorów słonecznych z maksymalnym błędem względnym nie przekraczającym 32%.

Kolejnym parametrem wpływającym na efekt pracy kolektora słonecznego jest ilość cieczy przepływającej przez absorber. Na podstawie wyników badań wyznaczono model regresji liniowej z użyciem estymacji nieliniowej metodą quasi-Newtona przy zachowanym współczynniku zbieżności 0,001. Otrzymano wysoką zbieżność wyników teoretycznych z wartościami rzeczywistymi określoną przez współczynnik determinacji równy 0,97. W zakresie prowadzonych badań, zwiększając czterokrotnie ilość czynnika przepływającego przez kolektor, osiągnięto trzykrotny wzrost ciepła użytkowego z płaskich kolektorów cieczowych [Latała 2006a]. Używając identycznej metody jak powyżej do określenia modelu opisującego zmiany sprawności użytkowej, otrzymano również zależność w postaci liniowej regresji na poziomie współczynnika determinacji 0,66.

Nie bez znaczenia dla sprawności płaskiego kolektora jest również kąt padania promieni słonecznych. Najwięcej energii dociera pod kątem 0° – promienie prostopadłe do płaszczyzny kolektora. Zaobserwowano, że zwiększanie kąta padania wpływało na obniżenie sprawności. Według badań przeprowadzonych zarówno w czerwcu, jak i październiku, spadek sprawności użytkowej kolektora nie był większy niż 5% w zakresie zmian kąta padania do 60° . Wyraźny spadek sprawności zanotowano po przekroczeniu kąta padania 75° [Latała 2006b]. Ponadto sprawności użytkowe kolektora słonecznego w miesiącu październiku były niższe od 10 do 25% w porównaniu do czerwca.

Ilość ciepła, jaką można uzyskać z konwersji promieniowania słonecznego w płaskich kolektorach słonecznych, uzależniona jest również od strat tego ciepła do otoczenia. Wielkość poszczególnych strumieni strat ograniczona jest przez izolację – tylną i boczne ścianki kolektora. W mniejszym stopniu ograniczenia te dotyczą czołowej płaszczyzny kolektora ze względu na szklaną przegrodę. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono liniową funkcję między chwilowymi stratami ciepła i temperaturą otoczenia. Siłę wzajemnego powiązania między powyższymi danymi określa współczynnik determinacji wynoszący 0,91 [Latała 2006c]. Z analizy rezultatów badań wynika, że dla badanej powierzchni kolektorów, wraz ze wzrostem temperatury otoczenia obniżały się straty ciepła w tempie około $1,19 \text{ kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. Uwzględniając globalne straty (konwekcję, przewodzenie i promieniowanie), posłużono się zastępczym współczynnikiem strat ciepła, którego wartość zmieniała się w zakresie od 4,4 do $5,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Według danych zawartych w [Wiśniewski 2001] wartość tego parametru dla badanych kolektorów świadczy o bardzo dobrej ich izolacji.

Decydującym elementem konstrukcyjnym kolektora słonecznego, odpowiedzialnym za konwersję promieniowania słonecznego, jest jego absorber. Parametrem charakteryzującym jego pracę jest współczynnik efektywności absorbera zależny m.in. od zastępczego współczynnika strat, przewodności i przejmowania ciepła materiału, z którego został wykonany. Efektywność absorbera jest więc miarą jego jakości zależną od cech konstrukcyjnych. Na wartość efektywności mają wpływ również parametry eksploatacyjne kolektora. Wprost proporcjonalnie na wzrost efektywności wpływają masa i ciepło właściwe czynnika obiegowego, natomiast odwrotnie proporcjonalnie powierzchnia absorbera i zastępczy współczynnik strat ciepła. Temperatura otoczenia (zmieniająca się od $7,3$ do $29,4^\circ\text{C}$), miała ograniczony wpływ na efektywność absorbera. Natomiast wzrost prędkości wiatru w zakresie od 0 do $5,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ spowodował obniżenie efektywności absorbera, co w efekcie miało bezpośrednie przełożenie na mniejszą ilość ciepła użytecznego uzyskanego z kolektora [Latała 2007].

Wybór płaskiego lub próżniowego kolektora słonecznego zależy od oczekiwanego efektu energetycznego w okresie eksploatacji. Zagadnienie to jest szczególnie istotne ze względu na różną strukturę użytkowanych kolektorów słonecznych w Unii Europejskiej [Systèmes Solaires 2009] i w Polsce [Instytut Energetyki Odnawialnej 2009]. Przeprowadzono więc eksperyment w okresie od czerwca do grudnia, w którym w wyniku analizy zanotowano silny związek między warunkami solarnymi i ciepłem użytecznym otrzymanym z kolektorów. Współczynnik korelacji dla kolektora płaskiego wyniósł 0,99, a dla próżniowego 0,94.

Porównanie pracy kolektorów w różnych warunkach otoczenia przez okres 6 miesięcy wykazało przewagę kolektora próżniowego. Szczególnie było to zauważalne w okresach o mniejszym natężeniu promieniowania słonecznego. W tym okresie średnia dzienna wartość ciepła użytkowego uzyskanego w wyniku przeprowadzonego doświadczenia wyniosła dla kolektora próżniowego 2,43

$\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$, natomiast dla kolektora płaskiego $1,75 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$. Z kolei średnie sprawności użyteczne badanych kolektorów kształtowały się na poziomie 36% dla próżniowego i 32% dla kolektora płaskiego [Latała 2008a].

Ciepło dostępne z konwersji promieniowania słonecznego ze względu na jego okresowość wymaga magazynowania. Ponadto wykorzystanie tego ciepła w celach grzewczych nie pokrywa się na ogół z przedziałami czasowymi, w których jest ono dostępne. Aby określić jego potencjał energetyczny wykonano badania, w których cykl ładowania akumulatora ciepła obejmował okres pracy kolektorów słonecznych, natomiast pozostała część doby przeznaczona była na eksploatację zgromadzonego ciepła. Zbiornik akumulacyjny zlokalizowany na zewnątrz obiektu doświadczalnego charakteryzował się słabą izolacją. Zastępczy współczynnik przenikania ciepła zbiornika osiągał, w zależności od warunków doświadczenia, wartości od $3,2$ do $5,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Powodowało to straty ciepła, uzależnione od warunków otoczenia i temperatury wody w zbiorniku, w przedziale od $0,2$ do $2,9 \text{ MJ}\cdot\text{h}^{-1}$ [Latała 2008b]. Poprawa efektywności akumulatora wymagała lepszej termicznej izolacji.

Przykładem wykorzystania ciepła zgromadzonego w akumulatorze ciepła w produkcji ogrodniczej może być system wspomagający ogrzewanie tunelu foliowego. Pracę takiego systemu przeanalizowano w warunkach rzeczywistych w okresie od września do listopada dla dwóch zadanych wartości temperatur wewnątrz tunelu foliowego (10 i 15°C). Utrzymanie temperatury wewnątrz obiektu na poziomie 10°C mogło być wykonane przez ten system jedynie we wrześniu. Generalnie praca systemu akumulatorowego, jako uzupełniające źródło ciepła, może w sposób zadowalający spełniać oczekiwania we wrześniu i październiku. W listopadzie udział systemu uzupełniającego w potrzebach energetycznych do celów grzewczych nie przekroczył 9%. W tym miesiącu również zanotowano największe niedobory ciepła. Zależnie od warunków otoczenia wartości te kształtowały się na średnim poziomie w zakresie od $3,9$ do $6,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ powierzchni pod osłoną. Pokrycie potrzeb cieplnych tunelu foliowego w miesiącu październiku wymagałoby 9-krotnego zwiększenia powierzchni kolektorów, a w listopadzie odpowiednio 15-krotnego zwiększenia ich powierzchni [Latała 2008c].

Kolejnym sposobem zagospodarowania ciepła pochodzącego z konwersji promieniowania słonecznego jest podgrzewanie wody wykorzystywanej do podlewania roślin uprawianych pod osłonami. Podgrzanie wody do temperatury otoczenia ma decydujący wpływ na temperaturę strefy korzeniowej, a co za tym idzie na plonowanie i zdrowotność roślin. Zagadnienie to analizowano dla warunków solarnych w okresie od czerwca do listopada dla hipotetycznej uprawy pomidora prowadzonej na wełnie mineralnej w szklarni o powierzchni 600 m^2 . Do podgrzewania wody czerpanej ze studni głębinowej wykorzystano 3 zestawy kolektorów słonecznych o różnej wydajności cieplnej. Z analizy otrzymanych wyników wynika, że zastosowane zestawy kolektorów słonecznych nie były

w stanie pokryć potrzeb energetycznych związanych z przygotowaniem wody do podlewania pomidorów. Szczególnie dotyczyło to miesięcy o dużej radiacji i związanym z tym większym zużyciem wody. W celu pełnego pokrycia potrzeb ciepłem pochodzącym z kolektorów słonecznych należałoby użyć 3 sztuki kolektora typu AP-30. Jednak dla takiej konfiguracji w miesiącu listopadzie ten zestaw wytwarzałby średnio dwa razy więcej ciepła w porównaniu do potrzeb wynikających z uprawy roślin [Latała 2009a]. Pozostaje jeszcze problem kosztów inwestycyjnych i zagospodarowania nadwyżek ciepłej wody.

Oprócz aspektów energetycznych, związanych konwersją energii promieniowania słonecznego i wykorzystania jej w postaci ciepła w podstawowych lub uzupełniających systemach w uprawach pod osłonami, istnieją również czynniki ekologiczne. Dotyczą one ograniczenia emisji szkodliwych gazów i pyłów, które powstają w wyniku spalania tradycyjnych paliw. Zastępowanie dotychczasowych form produkcji ciepła, na przykład ciepłem pochodzącym z promieniowania słonecznego, prowadzi do obniżenia emisji gazów cieplarnianych. W celu określenia redukcji emisji GHG przeanalizowano w okresie 6 miesięcy potrzeby energetyczne na przygotowanie wody do podlewania papryki, ogórka i pomidora uprawianych na wełnie mineralnej i podłożu naturalnym. Jako paliwa w analizie uwzględniono węgiel brunatny i kamienny, koks, gaz ziemny, olej opałowy i biomasę. Największe ilości emisji ekwiwalentnego CO₂ na poziomie 4,3 kg·GJ⁻¹·m⁻² i 2,7 kg·GJ⁻¹·m⁻² wyliczono przy wykorzystaniu jako paliwa węgla brunatnego, służącego do podgrzania wody do podlewania papryki uprawianej odpowiednio na podłożu organicznym i mineralnym. W uprawie na podłożu mineralnym emisja gazów cieplarnianych związana z podgrzewaniem wody była mniejsza, w porównaniu z podłożem na wełnie, odpowiednio dla papryki i pomidora o 38% i o 40%. Jedynie dla ogórka relacja była odwrotna i wynosiła 5%. Użycie ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego pozwoliło na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych na poziomie od 55 do 83% dla upraw na podłożu organicznym. Natomiast w uprawach na podłożu mineralnym, w warunkach prowadzonego doświadczenia, osiągnięto redukcje emisji ekwiwalentnego CO₂ w granicach 83 do 100% [Latała 2009b].

Podsumowując, należy stwierdzić, że użycie kolektorów słonecznych z powodzeniem może być wykorzystywane jako podstawowe (w okresie letnim) lub uzupełniające źródło ciepła w produkcji ogrodnictwa. Szczególnie dotyczy to upraw pod osłonami, gdzie ciepło z promieniowania słonecznego służy podgrzewaniu podłoża, wnętrza obiektu czy też do podgrzewania wody technologicznej. Otrzymane, na podstawie przeprowadzonych eksperymentów i analiz, wyniki stanowić mogą wykładnię do prognozowania, projektowania i analizowania zysków energetycznych, związanych z zastosowaniem kolektorów słonecznych w produkcji ogrodnictwa. Właściwy dobór parametrów pracy systemów konwertujących promieniowanie słoneczne przyczynić się może do ograniczenia zużycia paliw kopalnych, a tym samym do ograniczenia emisji pyłów i gazów cieplarnianych.

Bibliografia

- Abhat A.** (1983): Low temperature latent heat thermal energy storage: heat storage materials. *Solar Energy*, 30(4), 313-332.
- Adsten M., Perers B., Wackelgard E.** (2002): The influence of climate and location on collector performance. *Renewable Energy*, 25, 499-509.
- Al-Hussaini H., Suen K.O.** (1998): Using shallow solar ponds as a heating source for greenhouse in cold climates. *Energy Conversion and Management*, 39(13), 1369-1376.
- Al-Karaghoul A.A., Al-Kayssi A.W.** (2001): Influence of soil moisture content on soil solarization efficiency. *Renewable Energy*, 24, 131-144.
- Andersen E., Furbo S.** (2009): Theoretical variations of the thermal performance of different solar collectors and solar combi systems as function of the varying yearly weather conditions in Denmark. *Solar Energy*, 83, 552-565.
- Balducci M.** (1985): Thermal performance of a solar heat storage accumulator used for greenhouses. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Solar Agricultural Greenhouse Flag Brochure* EEC. FAO, Roma, 17-24.
- Bansal N.K., Buddhi D.** (1992): Performance equations of a collector cum storage system using phase change materials. *Solar Energy*, 48(3), 185-194.
- Barrel J.R., Galimberti P.D., Barone A., Lara M.A.** (1999): Integrated thermal improvements for greenhouse cultivation in the central part of Argentina. *Solar Energy*, 67(1-3), 111-118.
- Beshada E., Zhang Q., Boris R.** (2005): Performance of solar greenhouses under Manitoba's winter weather conditions. Paper No. 05-071. Annual of Meeting of CSBE-SCGAB (Can. Soc. Bioengineering).
- Beshada E., Zhang Q., Boris R.** (2006): Optimizing the Design of Solar Energy Greenhouses. Paper No. 06-108. Annual Conference of CSBE/SCGAB Edmonton, Alberta (Can. Soc. Bioengineering).
- Bouhdgar A., Boulbing A.** (1990): Rockbed as a heat storage material for greenhouse heating. [In:] Sayigh Reading, A. (Ed.), *Proceedings of Congress Energy and the Environment*, UK, London, 2325-2327.
- Bouhdjar A., Belhamel M., Belkhiri FE, Boulbina A.** (1996): Performance of sensible heat storage in a rockbed used in a tunnel greenhouse. [In:] *Proc. World Renewable Energy Congress*, 724-728.
- Boulard T., Baille A.** (1986): Simulation and analysis of soil heat storage systems for a solar greenhouse. I. Analysis. *Energy in Agriculture*, 5, 175-184.
- Boulard T., Razafinjohany E., Baille A.** (1989): Heat and water vapour transfer in a greenhouse with an underground heat storage system. Part I. Experimental results. *Agriculture and Forest Meteorology*, 45, 175-184.
- Boulard T., Razafinjohany E., Baille A., Jaffrin A., Fabre B.** (1990): Performance of a greenhouse heating system with a phase change material. *Agricultural and Forest Meteorology*, 52, 303-318.
- Brendenbeck, H.** (1987a): Greenhouse heating using rock bed heat storage system. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Greenhouse Heating with Solar Energy*. REU Technical Series 1. FAO, ENEA, Roma, 89-95.
- Brendenbeck H.** (1987b): Energy saving greenhouse system with solar energy and rock bed storage. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Greenhouse heating with solar energy*. FAO, 195-200.

- Campoitti C., Camporcale J., Salice R.** (1988): Using geothermal energy as heat source for greenhouse heating. *Acta Horticulturae*, 246, 556-558.
- Carnegie E.J., Walter V.R., Niles P.W.** (1984): Shallow solar pond to heat greenhouses. *Acta Horticulturae*, 2(184), 791-798.
- Chandra P., Albright LD, Wilson GE.** (1981): Pressure drop of unidirectional air flow through rock beds. *Transactions of the ASAE*, 1010-1013.
- Chandra P., Willits DH.** (1981): Pressure drop and heat transfer characteristics of air-rockbed thermal storage systems. *Solar Energy*, 27(6), 547-553.
- Chaurasia P.B., Twidell J.** (2001): Collector cum storage solar water heaters with and without transparent insulation material. *Solar Energy*, 70(5), 403-416.
- Chen B.R., Chang Y.W., Lee W.S., Chen S.L.** (2009): Long-term thermal performance of a two-phase thermosyphon solar water heater. *Solar Energy*, 83, 1048-1055.
- Chochowski A.** (1991): Analiza stanów dynamicznych płaskiego kolektora słonecznego. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Chochowski A., Czekalski D., Wójcicka-Migasiuk D., Siuta-Oлча A., Mirski T., Maciejuk D.** (2001): Diagnostyka urządzeń i systemów niekonwencjonalnego zasilania energią. Sprawozdanie końcowe projektu KBN nr 7 T07B 074 14. SGGW, Warszawa, 56-66.
- Chochowski A., Czekalski D.** (2005): Badania eksploatacyjne hybrydowego systemu zasilania energią z wykorzystaniem układu archiwizacji, transmisji i przetwarzania danych. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), 45-53.
- Chochowski A., Obstawski P.** (2005). Model parametryczny baterii kolektorów słonecznych. *Inżynieria Rolnicza*, 14(74), 55-64.
- Chochowski A., Krawiec F.** (red.). (2008): Zarządzanie w energetyce. Koncepcje, zasoby, strategie, struktury, procesy i technologie energetyki odnawialnej. Centrum Doradztwa i Informacji, Warszawa, ISBN 978-83-7251-859-0.
- Critten D.J., Bailey B.J.** (2002): A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest Meteorology*, 112, 1-22.
- Darmrath J., Von Zabeltitz C.** (1987): Utilization of solar energy in greenhouses. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Greenhouse Heating with Solar Energy*. REU Technical Series 1. FAO, ENEA, Roma, 121-125.
- Di Vecchia A., Formisano G., Rosselli V., Ruggi D.** (1981): Possibilities for the application of solar energy in the European Community agriculture. *Solar Energy*, 26, 479-489.
- Działania UE przeciw zmianom klimatu. Unia Europejska na czele działań międzynarodowych do roku 2020 i później 2008 (on-line). [dostęp 23.03.2009]. Dostępny w Internecie: http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/brochures/post_2012_pl.pdf.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L 140/16. Opublikowany Czerwiec 2009.
- Ekologika (on-line). [dostęp 3.07.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.ekologika.pl>, lipiec 2009.
- Empowering (2009): Empowering Agriculture. Energy options for horticulture. Development USAID Office of Infrastructure and Engineering, United States Agency for International Development (on-line). [dostęp 20.06.2009]. Dostępny w Internecie: http://www.usaid.gov/our_work/economic_growth_and_trade/energy/index.html.
- Esen M., Esen H.** (2005): Experimental investigation of a two-phase closed thermosyphon solar water heater. *Solar Energy*, 79, 459-468.

- Eurobserv'er - The state of renewable energies in Europe - edition 2008 (on-line). [dostęp 10.07.2009]. Dostępny w Internecie: http://observer.cartajour-online.com/Interface_Fondem/css/picture_libs/Barometre%20Bilan%202008.pdf.
- Fourcy A.** (1982): Use of solar energy for heating of greenhouses in mild winter climates. [In:] Bilgen, E., Hollands, K.G.T. (Eds.), *Proceedings of Conference on Solar Greenhouses*, Perpignan, 133-138.
- Fuller R.** (2007): Solar heating systems for recirculation aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 36(3), 250-260.
- Garcia J.L., De la Plaza S., Navas L.M., Benavente R.M., Luna L.** (1998): Evaluation of the Feasibility of Alternative Energy Sources for Greenhouse Heating. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69(2), 107-114.
- Garzoli K.V.** (1989): Design of rock piles for greenhouse energy storage. *Acta Horticulturae*, 257, 21-28.
- Grafiadellis M.** (1985): Development of a passive solar system for heating greenhouses. [In:] *Proceedings of Second Greek Conference on Renewable Energy Sources*, Salonika, 418-423.
- Grafiadellis M.** (1987): Recent experiences with passive system for heating greenhouses. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Greenhouse Heating with Solar Energy*. REU Technical Series 1. FAO, ENEA, Roma, 167-173.
- Gupta M.J., Chandra, P.** (2002): Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control. *Energy*, 27(8), 777-797.
- Grzybek A.** (2005): Prognoza wykorzystania odnawialnych źródeł energii w sektorze rolnym na tle przemian. *Energia odnawialna*, vol.1, 23-28.
- Hamada Y., Ohtsu W., Fukai J.** (2003): Thermal response in thermal energy storage material around heat transfer tubes: effect of additives on heat transfer rates. *Solar Energy*, 75, 317-328.
- Hamdan M.A., Elwerr, F.A.** (1996): Thermal energy storage using a phase change material. *Solar Energy*, 56(2), 183-189.
- Hazami M., Kooli S., Lazaar M., Farhat A., Belghith A.** (2005): Performance of a solar storage collector. *Desalination*, 183(1-3), 167-172.
- Instytut Energetyki Odnawialnej (on-line). [dostęp 17.07.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.ieo.pl/webpage/>.
- Instytut Energetyki Odnawialnej (on-line). [dostęp 6.03.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.ieo.pl/webpage/>.
- International Energy Agency (2008): *World energy outlook*.
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp.
- Jaffrin A., Cadier, P.** (1982): Latent heat storage applied to horticulture. *Solar Energy*, 28(4), 313-321.
- Kaiser H.** (1995): *Wykorzystanie energii słonecznej*. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Kalisz A., Cebula S.** (2006): The effect of temperature on growth and chemical composition of Chinese cabbage seedlings in spring period. *Folia Horticulturae*, 18(1), 3-15.
- Kern M., Aldrich R.A.** (1979): Phase change energy storage in a greenhouse solar heating system. ASAE Paper No. 79-4028, Am. Soc. Agric. Engng., St. Joseph. MI.

- Kozai T., Shida K., Watanabe I.** (1986): Thermal performance of a solar greenhouse with water tanks for heat storage and heat exchange. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 33, 141-153.
- Kurata K., Takakura T.** (1991): Underground storage of solar energy for greenhouse heating. I. Analysis of seasonal storage system by scale and numerical models. *Transactions of the ASAE*, 34(2), 563-569.
- Kurpaska S., Bożek B.** (1999): Modelowanie termo i hydrofizycznych zmian w glebie ogrzewanej powietrzem. *Acta Agrophysica*, 22, 115-129.
- Kurpaska S.** (2000): Analiza teoretyczno-doświadczalna systemu ogrzewania podłoża ogrodniczego ciepłym powietrzem. Rozprawa habilitacyjna. Zesz. Nauk. AR w Krakowie.
- Kurpaska S., Ślipek Z.** (2000): Optimization of Greenhouse Substrate Heating. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76, 129-139.
- Kurpaska S.** (2002): Analiza wykorzystania energii słonecznej do ogrzewania obiektów pod osłonami. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 485, 177-185.
- Kurpaska S.** (2003): Analiza energetyczna magazynowania nadwyżek ciepła przy ogrzewaniu tunelu foliowego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(51), 309-316.
- Kurpaska S., Latała H.** (2007): Wpływ ilości cieczy w zbiorniku akumulacyjnym na efekty energetyczne pompy ciepła w układzie biwalentym. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 111-118.
- Kurpaska S.** (2008): Wymiary geometryczne oraz rodzaj pokrycia a zapotrzebowanie ciepła w szklarni. *Inżynieria Rolnicza*, 6(104), 89-96.
- Kurpaska S., Latała H.** (2008): Efektywność pompy ciepła współpracującej w układzie hybrydowym z kolektorami słonecznymi. *Inżynieria Rolnicza*, 6(104), 97-104.
- Lacroix M.** (1993): Numerical simulation of a shell-and-tube latent heat thermal energy storage unit. *Solar Energy*, 50(4), 357-367.
- Latała H.** (2005a): Teoretyczne podstawy termicznej konwersji energii słonecznej w aspekcie ciepła użytkowego w kolektorach cieczowych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 269-276.
- Latała H.** (2005b): Termiczna konwersja energii słonecznej w płaskich kolektorach cieczowych. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 277-284.
- Latała H.** (2006a). Efektywność konwersji promieniowania słonecznego w kolektorze słonecznym w funkcji prędkości przepływu czynnika grzewczego. *Inżynieria Rolnicza*, 6(81), 25-33.
- Latała H.** (2006b): Sprawność kolektora cieczowego w funkcji kąta padania promieniowania słonecznego. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 299-307.
- Latała H.** (2006c): Straty ciepła w kolektorze cieczowym w funkcji temperatury otoczenia. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 291-297.
- Latała H.** (2007): Efektywność absorbera w funkcji temperatury otoczenia i parametrów eksploatacyjnych kolektora cieczowego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(97), 127-134.
- Latała H.** (2008a): Wpływ warunków solarnych na efekt pracy próżniowego i płaskiego kolektora słonecznego. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 181-188.
- Latała H.** (2008b): Sprawność solarnego systemu magazynującego ciepło w funkcji temperatury otoczenia. *Inżynieria Rolnicza*, 5(103), 173-180.
- Latała H.** (2008c): Wspomaganie ogrzewania tunelu foliowego energią promieniowania słonecznego. *Inżynieria Rolnicza*, 5(103), 43-49.
- Latała H.** (2009a): Wykorzystanie wody podgrzanej w kolektorach słonecznych do podlewania pomidorów uprawianych w obiektach pod osłonami. *Inżynieria Rolnicza*, 1(110), 167-174.

- Latała H.** (2009b): Analiza efektów ekologicznych przy wykorzystaniu wody pogrzaną w kolektorach próżniowych do nawadniania warzyw uprawianych w szklarni. *Inżynieria Rolnicza*, 1(110), 157-165.
- Lee W.F., Ling P.P., Keener H.M.** (2009): Cooling Capacity Assessment of Semi-closed Greenhouses. ASABE Paper No. 097059. St. Joseph, Mich, ASABE.
- Luminosua L., Farab L.** (2005): Determination of the optimal operation mode of a flat solar collector by exergetic analysis and numerical simulation. *Energy*, 30, 731-747.
- Machida Y., Kudoh Y., Takeda T.** (1985): Use of phase change materials for greenhouse heating. In: *Proceedings of Symposium on Thermal Applications of Solar Energy*, Kobe, Japan, ISES, pp. 503-508.
- Mavrogianopoulos G.N., Kyritsis S.** (1993): Analysis and performance of a greenhouse with water filled passive solar sleeves. *Agricultural and Forest Meteorology*, 65(1-2), 47-61.
- Mohmud P.M.** (1995): Modelling and simulation of a solar pond greenhouse system. *International Journal of Solar Energy*, 17(1), 17-25.
- Mokrzycki E.** (red.). (2005): *Podstawy gospodarki surowcami energetycznymi*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, 422.
- Mougou A., Verlodt H.** (1987): Utilization of solar energy in greenhouse. [In:] von Zabeltitz, C. (Ed.), *Greenhouse Heating with Solar Energy*. REU Technical Series 1. FAO, ENEA, Roma, 188-192.
- Mueller W., Boniecki P.** (2006): Identyfikacja pól temperatur wykorzystywanych do oceny niejednorodności przepływu powietrza przez kamienne złoża z użyciem technik neuro-nowych. *Inżynieria Rolnicza*, 13, 351-363.
- Narodowy plan osiągnięć i docelowego udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnym bilansie energetycznym Polski w latach 2010-2020. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010.
- Opdam J., Schoonderbeek G., Heller E., De Gelder A.** (2005): Closed Greenhouse: A Starting Point for Sustainable Entrepreneurship in Horticulture. *ISHS: Acta Horticulturae*, 691, 517-524.
- Ozturk H.H.** (2005): Experimental evaluation of energy and exergy efficiency of a seasonal latent heat storage system for greenhouse heating. *Energy Conversion and Management*, 46, 1523-1542.
- Pabis J.** (2002): Możliwości wykorzystania energii słońca w rolnictwie, współdziałanie kolektorów słonecznych z innymi źródłami energii. *Czysta Energia*, 13(10), 7-10.
- Pabis J.** (2004): Wykorzystanie kolektorów słonecznych w rolnictwie. *Czysta Energia*, 10, 40-41.
- Pabis J.** (2005): Uwarunkowania wykorzystania kolektorów słonecznych w rolnictwie. *Polska Energetyka Słoneczna*, 3-4, 5-12.
- Pabis J.** (2007): Rozwój wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii w Polsce (online). [dostęp: maj 2009]. Dostępny w Internecie: <http://ekoenergia.dzien-e-mail.org/content/view/159/56>.
- Pérez-de-los-Reyes C., Porras-Soriano A., Soriano M.L.** (2009): Use of flat plate solar collectors and parabolic trough concentrators for greenhouse soil disinfestations. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(2), 315-321.
- Perez R., Perez M.** (2009): A fundamental look at energy reserves for the planet. Draft 1/27/09 Perez et al. for publication in the IEA/SHC SOLAR UPDATE (on-line). [dostęp

- 27.07.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.asrc.cestm.albany.edu/perez/Kit/pdf/a-fundamental-look-at%20the-planetary-energy-reserves.pdf>.
- Poland: Comprehensive Market Survey (on-line). [dostęp 17.07.2009]. Dostępny w Internecie: http://www.ieo.pl/webpage/index.php?option=com_docman&Itemid=71&lang=pl.
- Renewable Energy Word Magazine (2008): Review issue 2008-2009 plus directory of suppliers. July-August, vol. 11, number 4.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa (2011): Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, ISSN 2080-8798.
- Santamouris M., Balaras C.A., Dascalaki E., Vallindras M.** (1994): Passive solar agricultural greenhouses: a worldwide classification and evaluation of technologies and systems used for heating purposes. *Solar Energy*, 53(5), 411-426.
- Sari A.** (2003): Thermal characteristics of a eutectic mixture of myristic and palmitic acids as phase change material for heating applications. *Applied Thermal Engineering*, 23(8), 1005-1017.
- Sari A., Kaygusuz K.** (2001): Thermal energy storage system using stearic acid as phase change material. *Solar Energy*, 72(1), 365-376.
- Sari A., Kaygusuz K.** (2002): Thermal performance of a eutectic mixture of lauric and stearic acid as phase change material encapsulated in the annulus of two concentric pipes. *Solar Energy*, 72(6), 493-504.
- Sari A., Kaygusuz K.** (2006): Thermal energy storage characteristics of myristic and stearic acids eutectic mixture for low temperature heating applications. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 14(2), 270-275.
- Sathaye J., Najam A., Cocklin C., Heller T., Lecocq F., Llanes-Regueiro J., Pan J., Petschel-Held G., Rayner S., Robinson J., Schaeffer R., Sokona Y., Swart R., Winkler H.** (2007): Sustainable Development and Mitigation. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Sethi V.P., Lal T., Gupta Y.P.** (2003): Effect of greenhouse microclimate on the selected summer vegetables. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*, 40(3-4), 415-419.
- Sethi V.P., Sharma S.K.** (2008): Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 82, 832-859.
- Singh, R.D., Tiwari, G.N.** (2000): Thermal heating of a controlled environment greenhouse: a transient analysis. *Energy Conversion and Management*, 41, 505-507.
- Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O.** (2007): Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Sorensen B.** (1989): Experiments with energy storage in a high-latitude greenhouse. *Solar Energy*, 42(4), 293-297.
- Systèmes Solaires - Le Journal Des Énergies Renouvelables n° 180 – 2007 (on-line). [dostęp 10.08.2008]. Dostępny w Internecie: http://www.energies-renouvelables.org/observer/stat_baro/observ/baro180.pdf.

- Systèmes Solaires - Le Journal Des Énergies Renouvelables n° 191 – 2009 (on-line). [dostęp 21.06.2009]. Dostępny w Internecie: http://www.energies-renouvelables.org/observer/stat_baro/observ/baro191.pdf.
- Tymiński J.** (1997): Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 roku. Aspekt energetyczny i ekologiczny. IBMER, Warszawa.
- Ucar A., Inalli M.** (2008): Thermal and economic comparisons of solar heating systems with seasonal storage used in building heating. *Renewable Energy*, 33, 2532-2539.
- Weiss W., Bergmann I., Stelzer R.** (2009): Solar Heat Worldwide. IEA Solar Heating & Cooling Programme, edition May 2009. AEE INTEC AEE - Institute for Sustainable Technologies. A-8200 Gleisdorf, Austria.
- Willits DH, Peet MM.** (1987): Factors affecting the performance of rockstorages as solar energy collection/storage systems for greenhouses. *Transactions of the ASAE*, 30(1), 221-232.
- Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M.** (2001): Kolektory słoneczne – poradnik wykorzystania energii słonecznej. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa PP, Warszawa, 192.
- Wiśniewski G.** (2009a): Rola energetyki słonecznej w krajowym planie działań na rzecz odnawialnych źródeł energii '2020 – System wsparcia. II Forum Przemysłu Energetyki Słonecznej, Poznań.
- Wiśniewski G.** (2009b): Jak i czy możemy zrealizować odpowiedni udział OZE w bilansie ciepła w 2020 r.? – rola energetyki słonecznej. Debata – „ZIELONE CIEPŁO”. Centrum Prasowe PAP, Warszawa.
- Vox G., Schettini E., Lisi Cervone A., Anifantis A.** (2007): Solar thermal collectors for greenhouse heating. ISHS Acta Horticulturae 801: International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys 2007 (on-line). [dostęp 14.07.2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.actahort.org/members/showpdf?session=8418>.
- Zabeltitz von Ch.** (1987): Passive heating of greenhouses using solar heating. In: von Zabeltitz, C. (Ed.), *Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating*. REU Technical Series 3. FAO, ENEA, Roma, 155-167.
- Zabeltitz von Ch.** (1990): Greenhouse heating with solar energy. FAO Regional Office for Europe, Rome.
- Zaragoza G., Buchholz M., Jochum P., Pérez-Parra J.** (2007): Watergy project: Towards a rational use of water in greenhouse agriculture and sustainable architecture. *Desalination*, 211, 296–303.
- Zhang Y., Gauthier L., Halleux de D., Dansereau B., Gosselin A.** (1995): Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 82(1-4), 227-244.

FIZYCZNE METODY STYMULACJI BULW ZIEMNIAKA

Norbert Marks., Tomasz Jakubowski

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych roślin uprawianych w świecie, a w Polsce należy do podstawowych roślin uprawnych. Jest wszechstronnie użytkowany, nie tylko w celach spożywczych, ale również w przetwórstwie przemysłowym. Wielkość i jakość pozyskanego w trakcie uprawy plonu bulw ziemniaka jest determinowana przez: jakość użytego materiału sadzeniowego, układ warunków glebowych i pogodowych, zastosowanych zabiegów agrotechnicznych, zbiór, transport, separację oraz magazynowanie. Ze względu na zmniejszanie się upraw ziemniaka, procesom pozyskania i zabezpieczenia plonu o właściwej jakości i pożądanym cechach należy poświęcić szczególną uwagę. Nowoczesna inżynieria rolnicza wykorzystując interdyscyplinarne powiązania nauk z zakresu biofizyki, biologii molekularnej i fizyki stwarza nowe możliwości pobudzania materiału roślinnego do wzrostu [Hirota i in. 1999]. Metody te pozwalają ograniczać zastosowanie środków chemicznych w procesach produkcji rolniczej i przetwórstwa rolno-spożywczego. Stosuje się wiele sposobów pobudzania materiału roślinnego do wzrostu: zmienne lub stałe pole elektryczne i magnetyczne, światło lasera, promieniowanie radiacyjne i mikrofalowe. Stosunkowo słabo poznano oddziaływanie zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego oraz promieniowania mikrofalowego na bulwę ziemniaka, co uzasadnia podjęcie takiego problemu naukowego [Marks i in. 2011; Jakubowski 2010e]. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych potwierdzają zastępowanie tradycyjnych metod chemicznych metodami fizycznymi. Zaznaczyć należy, że fizyczne metody uszlachetniania materiału nasienne go znajdują uzasadnienie z punktu widzenia kompleksowych działań proekologicznych [Lipiec i in. 2004; Pietruszewski i in. 2000].

Celem pracy jest prezentacja dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie fizycznych metod stymulacji w odniesieniu do roślin ziemniaka. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w Instytucie Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych (do roku 2010 Katedra Techniki Rolno-Spożywczej)

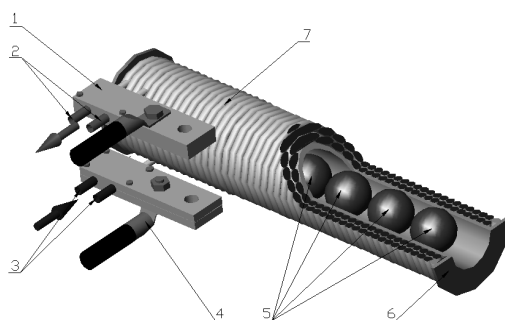
w latach 2002-2010. Doświadczenia uprawowe (poletkowe i pod osłoną tunelu foliowego) oraz laboratoryjne prowadzone były z wykorzystaniem kilkunastu odmian ziemniaka różnej wczesności i kierunku użytkowania. Badania w szczególności obejmowały wpływ zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego oraz promieniowania mikrofalowego na: wzrost i rozwój części nadziemnej roślin, wielkość i strukturę plonu, procesy przechowalnicze, uszkodzenia mechaniczne, zmianę składu chemicznego bulw oraz modelowanie wybranych procesów biofizycznych, wynikających z oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na rośliny ziemniaka.

Wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem elektrycznym i magnetycznym na przebieg wegetacji ziemniaka

Badania miały na celu określenie wpływu stymulacji sadzeniaków zmiennym polem elektrycznym i magnetycznym na przebieg wegetacji ziemniaka określonej wielkością części nadziemnej i plonowaniem bulw. Wielkość części nadziemnej określono liczbą pędów jednej rośliny ziemniaka oraz wskaźnikiem kiełkowania, a plonowanie – wysokością plonu ogólnego i handlowego bulw (bulwy pow. 30 mm średnicy lub szerokości). Do badań w latach 2005-2008 przyjęto odmianę Aster (przy stymulacji magnetycznej) i odmianę Vineta (przy stymulacji elektrycznej).

Materiał i metoda

Stymulację sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym przeprowadzono solenoidem (cewka z rdzeniem powietrznym). Solenoid jest jednym z możliwych urządzeń, które spełniało podstawowe założenie badawcze, że indukcja magnetyczna powinna być jednorodna na całej powierzchni sadzeniaka (bulwy). Schemat solenoidu przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Budowa solenoidu zastosowanego do stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym: 1 – klamra zasilająca; 2 – wylot cieczy chłodzącej; 3 – wlot cieczy chłodzącej; 4 – przewody zasilające; 5 – bulwy ziemniaka; 6 – karkas; 7 – uzwojenie.

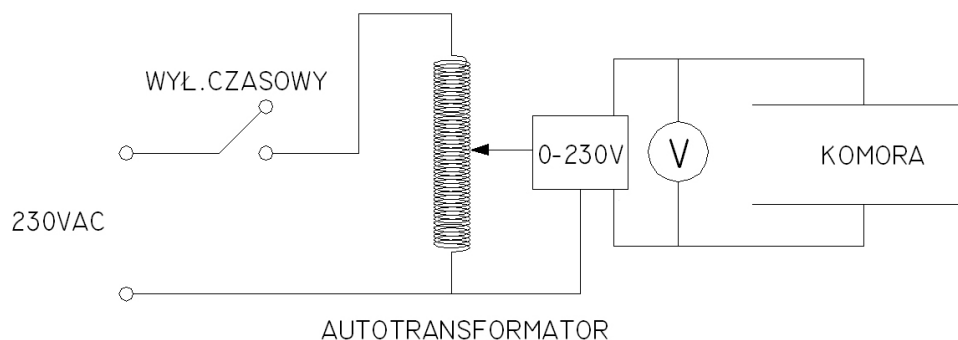
Dla określenia jednorodności indukcji wewnątrz solenoidu przeprowadzono wizualizację rozkładu pola magnetycznego za pomocą programu Vizmag 3.15. Uzyskany obraz porównano z wartościami rzeczywistymi indukcji uzyskanymi teslomierzem SMS 10Z Smart Magnetic Sensor i na tej podstawie wykreślono rzeczywistą charakterystykę indukcji magnetycznej solenoidu. Dla wyeliminowania efektu termicznego zastosowano wodne chłodzenie solenoidu. Wykonany solenoid umożliwia uzyskanie pola magnetycznego o indukcji do 80 mT. W badaniach przyjęto trzy dawki ekspozycyjne: 1145,9 kJ·m⁻³·s, 4583,6 kJ·m⁻³·s, 18334,6 kJ·m⁻³·s obliczone następująco:

$$D = \frac{10^7}{4} \cdot \pi \cdot B^2 \cdot t_e \text{ [J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s]} \quad (1)$$

gdzie:

- D – dawka ekspozycyjna [J·m⁻³·s],
- B – indukcja magnetyczna [T],
- Te – czas ekspozycji [s].

Stymulację sadzeniaków zmiennym polem elektrycznym przeprowadzono na stanowisku badawczym (rys. 2), przyjmując założenie, że pole elektryczne powinno być jednorodne w całej komorze, a więc na całej powierzchni sadzeniaka. Komorę pomiarową stanowiły dwie równoległe ustawione w odległości 8 cm płyty miedziane, które zasilano autotransformatorem o pierwotnym napięciu 230 V i częstotliwości 50 Hz (podczas stymulacji nie zaobserwowano wzrostu temperatury bulw). W badaniach przyjęto następujące dawki ekspozycyjne: 625 V·m⁻¹·60s, 1250 V·m⁻¹·60s, 1250 V·m⁻¹·300s, 2875 V·m⁻¹·300s, 2875 V·m⁻¹·1800s.



Rys. 2. Schemat stanowiska do elektrostymulacji bulw ziemniaka

Pomiary wielkości części nadziemnej objęły:

- liczbę pędów, określoną średnią liczbą pędów dla jednej rośliny ziemniaka na podstawie 50 pomiarów dla każdej kombinacji doświadczenia,
- wskaźnik wschodów, określony średnim wskaźnikiem wschodów, jako stosunek liczby wyrosłych łodyg z pojedynczej bulwy do liczby oczek na bulwie sadzeniaka, na podstawie 50 pomiarów dla każdej kombinacji doświadczenia.

Pomiary plonowania objęły plon ogólny i handlowy dla każdej kombinacji i 3 replikacji doświadczenia. Tę część badań określono na próbie bulw zebranych z 12 roślin ziemniaka dla każdej kombinacji doświadczenia z 3 replikacjami.

Wyniki badań

Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-7. Pokazują one wpływ dawek ekspozycyjnych zmiennego pola elektrycznego i magnetycznego na liczbę pędów pojedynczej rośliny ziemniaka, wskaźnik wschodów, plon ogólny i plon handlowy w porównaniu z ziemniakami niestymulowanymi (kontrola). Wpływ zastosowanych dawek ekspozycyjnych na wzrost części nadziemnej ziemniaka okazał się statystycznie istotny dla obydwu lat badań w przypadku stymulacji magnetycznej oraz w 3 roku badań, w przypadku stymulacji elektrycznej. Dla stymulacji magnetycznej średnia liczba pędów w okresie badawczym była większa od próby kontrolnej o 11,5% dla dawki $1145,9 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$, o 17,2% dla dawki $4583,7 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ i o 25,2% dla dawki $18334,6 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$, a dla stymulacji elektrycznej odpowiednio o 15,5% dla dawki $625 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 60\text{s}$, o 5,4% dla dawki $1250 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 60\text{s}$, o 6,2% dla dawki $1250 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 300\text{s}$, o 8,5% dla dawki $2875 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 300\text{s}$ i o 4,9% dla dawki $2875 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}\cdot 1800\text{s}$. Rozkład tych wielkości wskazuje, że zwiększająca się dawka ekspozycyjna zmiennego pola magnetycznego powoduje przyrost liczby pędów jednej rośliny, a zwiększająca się dawka zmiennego pola elektrycznego daje efekt odmienny i najwyższą liczbę pędów wykazała dawka najniższa. Jednak dla większości przypadków uzyskano przyrost liczby pędów wyrosłych z jednej bulwy ziemniaków stymulowanych, w porównaniu z próbą kontrolną (tab. 1 i 2). Potwierdzeniem pozytywnego wpływu stymulacji magnetycznej na wzrost części nadziemnej ziemniaka jest wskaźnik wschodów (tab. 3). Przyrost wartości tego wskaźnika dla bulw stymulowanych w stosunku do próby kontrolnej wynosi odpowiednio 14% dla najniższej i pośredniej dawki ekspozycyjnej oraz 21% dla dawki najwyższej. Przedstawione w tabelach 1-3 liczby wskazują na pozytywny efekt omawianych stymulacji na przyrost liczby pędów jednej rośliny ziemniaka, przekładający się na przyrost powierzchni asymilacyjnej, a w konsekwencji na wzrost plonu bulw, ponieważ istnieje wyraźna korelacja pomiędzy powierzchnią asymilacyjną, a wielkością plonu bulw pojedynczej rośliny ziemniaka. Zastosowana stymulacja zarówno elektryczna, jak i magnetyczna, podobnie jak w stosunku do części nadziemnej wywarła korzystny wpływ na plonowanie bulw ziem-

niaka (plon główny i handlowy). W tabelach 4 i 5 przedstawiono wartości plonu głównego i handlowego dla pięciu dawek ekspozycyjnych pola elektrycznego. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała zróżnicowanie tylko dla pierwszego i trzeciego roku badań, a test Duncana wskazał różnicę pomiędzy próbą kontrolną a dawkami ekspozycyjnymi. Wielkości plonów głównego i handlowego przedstawione w postaci średnich trzyletnich wskazują na pozytywny wpływ pola elektrycznego na wielkość plonu w porównaniu z próbą kontrolną, chociaż nie dla wszystkich badanych przypadków pozytywny wpływ się ujawnił. Przyrost plonu głównego w stosunku do próby kontrolnej wyniósł 28,3% dla dawki 625 $V \cdot m^{-1} \cdot 60s$ i 1250 $V \cdot m^{-1} \cdot 60s$, 41,8% dla dawki 1250 $V \cdot m^{-1} \cdot 300s$, 32,3% dla dawki 2875 $V \cdot m^{-1} \cdot 60s$ i 12,4% dla dawki 2875 $V \cdot m^{-1} \cdot 1800s$. Przyrost plonu handlowego wyniósł odpowiednio 26,6%, 26,6%, 37,4%, 30,7% i 9,2%. Stymulacja elektryczna wykazała zatem pozytywny wpływ na plonowanie bulw ziemniaka. Najlepszy efekt uzyskano dla dawki 1250 $V \cdot m^{-1} \cdot 300s$, a najgorszy dla dawki najwyższej 2875 $V \cdot m^{-1} \cdot 1800s$. Z kolei w tabelach 6 i 7 przedstawiono wpływ stymulacji magnetycznej na plonowanie bulw ziemniaka (plon ogólny i handlowy). Zastosowane dawki ekspozycyjne wykazały korzystny wpływ zarówno na wielkość plonu ogólnego, jak i handlowego. Dla badanych czynników uzyskano trend wskazujący na ich wzrost w miarę zwiększania dawki ekspozycyjnej, osiągając najwyższe wartości dla dawki 18334,6 $kJ \cdot m^{-3} \cdot s$. Porównanie wysokości plonu uzyskanego z bulw stymulowanych magnetycznie z próbą kontrolną wskazuje, że w pierwszym roku uzyskano przyrost plonu ogólnego o 29%, a plonu handlowego o 39%, ale tylko dla maksymalnej dawki ekspozycyjnej, a w drugim roku badań od 1% do 27% dla plonu ogólnego i od 1% do 14,4% dla plonu handlowego. Oceniając wpływ dawki ekspozycyjnej zmiennego pola magnetycznego, będącej interakcją indukcji magnetycznej i czasu ekspozycji, stwierdzono, że w miarę wzrostu przyjętych dawek uzyskano przyrost plonu ogólnego i handlowego bulw oraz średniej masy pojedynczej bulwy w plonie, co wskazuje na pozytywny wpływ stymulacji magnetycznej bulw sadzeniaków na przyjęte parametry oceny. Przedstawione wyniki badań pokazują, że obydwie metody stymulacji sadzeniaków mają pozytywny wpływ na przebieg wegetacji roślin ziemniaka.

Tabela 1. Liczba pędów pojedynczej rośliny w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola elektrycznego

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna $V \cdot m^{-1} \cdot s$					
		Kontrola	625 ($V \cdot m^{-1} \cdot 60s$)	1250 ($V \cdot m^{-1} \cdot 60s$)	1250 ($V \cdot m^{-1} \cdot 300s$)	2875 ($V \cdot m^{-1} \cdot 300s$)	2875 ($V \cdot m^{-1} \cdot 1800s$)
Liczba pędów szt.	I	3,66	5,93	4,27	4,20	4,47	3,80
	II	4,61	4,77	4,84	4,78	4,94	5,15
	III	6,19	6,02	6,13	6,38	6,28	6,23
Średnia		4,82	5,57	5,08	5,12	5,23	5,06

Źródło: Gut 2009

Tabela 2. Liczba pędów pojedynczej rośliny w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola magnetycznego

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna (kJ·m ⁻³ ·s)			
		Kontrola	1145,9	4583,7	18334,6
Liczba pędów jednej rośliny (szt.)	I	3,7	4,0	4,4	4,8
	II	5,0	5,7	5,8	6,1
Średnia		4,35	4,85	5,1	5,45

Źródło: Gut 2009

Tabela 3. Wskaźnik wschodów (kiełkowania) ziemniaka w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola magnetycznego

Dawka ekspozycyjna (kJ·m ⁻³ ·s)	Średnia liczba kiełków na sadzeniaku (szt.·bulwa ⁻¹)	Liczba pędów (szt.·roślina ⁻¹)	Wskaźnik wschodów (%)
Kontrola	8,0	5,0	62,3
1145,9	7,9	5,7	71,7
4583,7	8,1	5,8	71,6
18334,7	8,0	6,0	75,4

Źródło: Marks, Szczółka 2010

Tabela 4. Plon ogólny bulw ziemniaka w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola elektrycznego [dt·ha⁻¹]

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna (V·m ⁻¹ ·s)					
		Kontrola	625 (V·m ⁻¹ ·60s)	1250 (V·m ⁻¹ ·60s)	1250 (V·m ⁻¹ ·300s)	1250 (V·m ⁻¹ ·300s)	2875 (V·m ⁻¹ ·1800s)
Plon bulw (dt·ha ⁻¹)	I	290	295	255	330	320	245
	II	170	280	300	320	295	275
	III	145	200	220	205	185	160
Średnia		201	258	258	285	266	226

Źródło: Gut 2009

Tabela 5. Plon handlowy bulw ziemniaka w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola elektrycznego [dt·ha⁻¹]

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna (V·m ⁻¹ ·s)					
		Kontrola	625 (V·m ⁻¹ ·60s)	1250 (V·m ⁻¹ ·60s)	1250 (V·m ⁻¹ ·300s)	1250 (V·m ⁻¹ ·300s)	2875 (V·m ⁻¹ ·1800s)
Plon handlowy bulw (dt·ha ⁻¹)	I	284	280	242	323	313	222
	II	166	277	297	316	292	272
	III	137	186	202	167	160	147
Średnia		195	247	247	268	255	213

Źródło: Gut 2009

Tabela 6. Plon ogólny bulw ziemniaka w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola magnetycznego [dt·ha⁻¹]

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna (kJ·m ⁻³ ·s)			
		Kontrola	1145,9	4583,6	18334,6
Plon bulw dt·ha ⁻¹	I	210	196	209	271
	II	241	247	272	306
Średnia		225	221	240	288,5

Źródło: Marks, Szczółka 2010

Tabela 7. Plon handlowy bulw ziemniaka w zależności od dawki ekspozycyjnej zmiennego pola magnetycznego [dt·ha⁻¹]

Cecha	Rok	Dawka ekspozycyjna (kJ·m ⁻³ ·s)			
		Kontrola	1145,9	4583,6	18334,6
Plon handlowy bulw dt·ha ⁻¹	I	163	145	160	227
	II	186	199	231	268
Średnia		174	172	195	247

Źródło: Marks, Szczółka 2010

Wpływ promieniowania mikrofalowego na przebieg wegetacji i przechowywanie ziemniaka

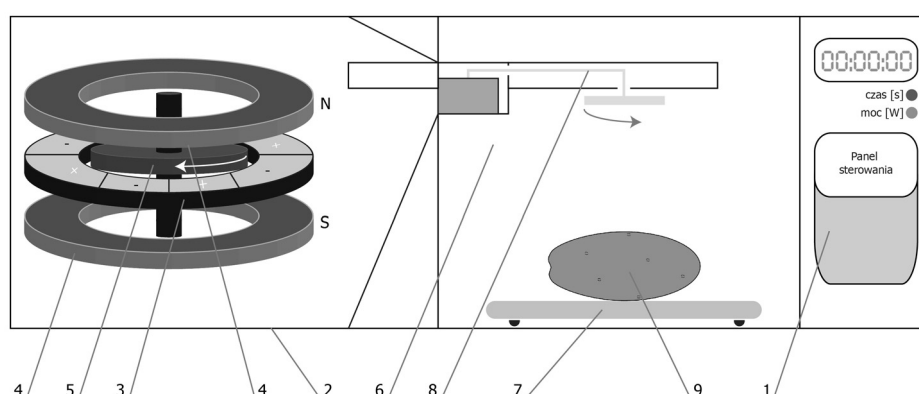
Fale elektromagnetyczne są nośnikiem energii, rozchodzą się w przestrzeni jako zaburzenia pól elektrycznego i magnetycznego, zawierają dwie składowe (wektory): elektryczną i magnetyczną. Oba te wektory są nierozdzielnie ze sobą związane, a relacje między nimi opisują równania Maxwell'a. Mikrofałe są częścią widma fal elektromagnetycznych, zajmującą położenie między radiowymi falami ultrakrótkimi a promieniowaniem podczerwonym. Promieniowanie mikrofalowe podlega wszystkim zjawiskom fizycznym charakterystycznym dla ruchu falowego. Oddziałując z materią może ono ulec odbiciu, załamaniu, absorpcji, dyfrakcji, transmisji, interferencji czy polaryzacji. Wykazuje ono również właściwości kwantowe – tym wyraźniejsze, im krótsza jest długość fali. Wraz ze wzrostem częstotliwości promieniowania wartość względnej przenikalności dielektrycznej maleje, a wzrasta przewodność właściwa. Wraz ze wzrostem tych wielkości występuje większa absorpcja w danym ośrodku i mniejsze przenikanie energii promieniowania mikrofalowego. Wielkością opisującą zjawisko pochłaniania fali elektromagnetycznej w ośrodku jest głębokość wnikania zdefiniowana jako droga, po przebyciu której natężenie fali maleje e-krotnie (2,72 razy). Głębokość wnikania mikrofal w tkankę jest odwrotnie proporcjonalna do ilości zawartej w niej wody. Działanie promieniowania mikrofalowego na obiekt biologiczny jest skutkiem pochłaniania przez niego energii. W trakcie ekspozycji organizmu na tego typu

promieniowanie, część energii docierającej do obiektu zostaje pochłonięta i zamieniona na ciepło [Chen i in. 1993]. Ilość pochłanianej energii oraz jej rozkład przestrzenny w obiekcie biologicznym zależne są od częstotliwości promieniowania oraz parametrów elektrycznych napromienianych tkanek: głównie przewodności elektrycznej i stałej dielektrycznej. Oba te parametry wykazują właściwości dyspersyjne i uzależnione są od stopnia uwodnienia tkanek. Efekty biologiczne towarzyszące pochłanianiu promieniowania mikrofalowego zależą zarówno od ilości pochłoniętej energii, jak i od szybkości jej pochłaniania.

Zakres pracy i metoda badań

Badania zostały przeprowadzone jako doświadczenia wstępne (pilotażowe) i właściwe. Badaniami wstępnymi objęto kolejne odmiany ziemniaka: Felka Bona, Rosara, Velox i Lord, Drop, Aster, Gracja, Vineta, Irga, Ibis i Salto. Badania wstępne dotyczyły wpływu promieniowania mikrofalowego na: podatność bulwy na uszkodzenia mechaniczne perydermy i ciemnienie poudzierzeniowe mięszu, zawartość związków chemicznych i suchej masy w bulwie, zmiany temperatury, masy oraz cechy biometryczne bulwy, proces kiełkowania sadzeniaka oraz wzrostu i rozwoju rośliny potomnej. Obliczenia związane z badaniami wstępnymi i właściwymi realizowano przy założonym poziomie istotności $\alpha=0,05$. Doświadczenia właściwe prowadzono w latach 2004-2010 w rejonie Polski południowej, w województwie małopolskim. W badaniach tych uwzględniono cztery bardzo wczesne odmiany ziemniaka: Felka Bona, Rosara, Velox i Lord. Badania te prowadzono jako doświadczenia laboratoryjne, poletkowe (w warunkach pola uprawnego i pod osłoną tunelu foliowego) oraz przechowalnicze. Zarówno doświadczenia poletkowe, jak i przechowalnicze powtarzano przez trzy kolejne lata. Badania laboratoryjne obejmowały ocenę porażenia patogenami i pomiary biometryczne bulw ziemniaka, ich napromienianie oraz pomiar temperatury bulw po ich mikrofalowym ogrzaniu. Doświadczenia poletkowe usytuowane były na glebie lekkiej (piasek słabo gliniasty, klasa bonitacyjna IIIa, określona według rolniczej przydatności gleb jako gleba górska dobra). Wszelkie prace agrotechniczne na poletkach doświadczalnych prowadzono zgodnie z wytycznymi prawidłowej uprawy przewidzianymi dla roślin ziemniaka. Poletka doświadczalne zakładano metodą losowanych bloków lub sposobem długiego łańcu z uwzględnieniem replikacji oraz próby kontrolnej. Do napromieniania bulw ziemniaka wykorzystano generator wytwarzający mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz (rys. 3). W celu napromieniowania bulwy ziemniaka (9) mikrofałami umieszczano ją we wnętrzu komory generatora (6). Urządzenie działało w zakresie mocy 100-1000 W i wyposażone było w precyzyjny wyłącznik czasowy (1). Zasadniczym elementem generatora był magnetron (2) zbudowany z bloku anodowego (3) z wnękami próżniowymi, których liczba i kształt implikowała żadaną charakterystykę lampy mikrofalowej [Dvurechenskaya i in. 2010; Ziaja i in. 2010]. Anoda umieszczona

była między biegunami silnego magnesu (4), co powodowało, że tory elektronów wylatujących z rozżarzonej katody (5) ulegały zakrzywieniu. Drgania elektryczne wzbudzane we wnękach zamieniały powstałą chmurę elektronów w elektromagnetyczną falę stojącą, a elektrony znajdujące się we wnękach oddawały swoją energię (w postaci mikrofal) na zewnątrz w polu elektrycznym wnęk [Marton i in. 1980; Czarczyński 2003]. Mikrofały transportowane były do wnętrza szczelnej komory (pełniącej funkcję siatki Faradaya), wyposażonej w obrotowe dno (7), poprzez falowód (8).



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Schemat stanowiska do napromieniania bulw ziemniaka mikrofalami
(opis rys. w tekście)

Wyniki badań

W badaniach krajowych pierwsze doświadczenia, dotyczące wpływu promieniowania mikrofalowego na rośliny ziemniaka, zostały przeprowadzone przez Marksa i in. [2003]. W badaniach tych przez jeden rok oceniano mikrofalową stymulację sadzeniaków ziemniaka odmiany Irga pod kątem ich wschodów, plonowania oraz wskaźnika mechanicznych uszkodzeń. Sadzeniaki ziemniaka stymulowano mikrofalami o częstotliwości 2,45 GHz w okresie jesiennym i wiosennym, przy czym moc urządzenia generującego mikrofały wynosiła 900 W. Z zastosowanych w doświadczeniu poziomów ekspozycji i czasów naświetlania wynika, że sadzeniaki otrzymały dawki promieniowania mikrofalowego w zakresie $10\text{--}40\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$, a urządzenie emitujące mikrofały pracowało z mocą w przedziale od 81 do 900 W. Wyniki doświadczeń Marksa i współpracowników [2003] wykazały, że termin stymulacji sadzeniaków ziemniaka miał istotny wpływ na tempo wschodów roślin (wpływu takiego nie odnotowano w przypadku wielkości dawki napromie-

niowania i przyjętego poziomu ekspozycji), poziom ekspozycji oraz dawka promieniowania mikrofalowego miały istotny wpływ na wysokość plonu bulw ziemniaka, jednakże wysokość plonu była bardziej zdeterminowana przez poziom ekspozycji. Napromieniowanie sadzeniaków ziemniaka mikrofalami oraz termin wykonania naświetlania nie miał istotnego wpływu na odporność bulw na uszkodzenia mechaniczne, najbardziej korzystną, w porównaniu z grupą kontrolną, dla plonowania roślin ziemniaka okazało się naświetlanie sadzeniaków dawką około $10 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ przy poziomie ekspozycji 81 W. Badania dotyczące wpływu promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz na rośliny ziemniaka były przez Marksa i współautorów [2005a,b, 2006a,b, 2008] kontynuowane. Oceniano między innymi wpływ przechowywania na stopień porażenia bulw ziemniaka odmian Drop, Irga i Salto rizoktoniozą i parchem zwykłym. W przypadku napromieniowanych bulw ziemniaka stwierdzono po okresie przechowywania, w odniesieniu do próby kontrolnej, poprawę zdrowotności bulw pod kątem ich zainfekowania przez *Rhizoctonia solani*. W przypadku badania wpływu promieniowania mikrofalowego na wytrzymałość statyczną bulw ziemniaka odmian Gracja i Ibis analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic między próbami napromieniowanymi a próbą kontrolną [Marks i in. 2006b]. W doświadczeniu prowadzonym przez Marksa i in. [2008] określano zależność między odpornością bulw ziemniaka odmiany Felka Bona na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. W doświadczeniu tym użyto generatora mikrofal, działającego z mocą 1000 W, przy pomocy którego napromieniano bulwy ziemniaka przez czas 10-125 s. Przy przyjętych czasach ekspozycji i dawkach promieniowania mikrofalowego stwierdzono istotną zależność pomiędzy jednostkową dawką promieniowania mikrofalowego a wytrzymałością bulwy ziemniaka na obciążenia statyczne, mierzoną siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej, oraz pomiędzy dawką promieniowania mikrofalowego a ugięciem względnym bulwy ziemniaka. Nie stwierdzono natomiast istotnej zależności pomiędzy jednostkową dawką promieniowania mikrofalowego a ugięciem bezwzględnym. Badania wykazały, że bulwy ziemniaka napromienione dawkami jednostkowymi mikrofal przekraczającymi $320 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ cechują się mniejszą wytrzymałością skórki na uszkodzenia mechaniczne w odniesieniu do bulw nienapromieniowanych. Wartość współczynnika korelacji (-0,89), uzyskanego pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a wartością siły przebicia skórki bulwy ziemniaka, świadczy, że wzrostowi dawki promieniowania mikrofalowego towarzyszy obniżenie odporności perydermy bulwy ziemniaka na obciążenia mechaniczne. Wyniki badań dotyczących plonowania roślin ziemniaka pozwalają na sformułowanie kolejnych stwierdzeń [Jakubowski 2010c]. Istotny wpływ na masę plonu bulw ziemniaka spod jednej rośliny mają całkowita i jednostkowa (uwzględniająca masę napromienianego sadzeniaka) dawka promieniowania mikrofalowego, co oznacza, że moc generatora mikrofal oraz czas napromieniania sadzeniaka istotnie modyfikują plon bulw ziemniaka spod jednej

rośliny (statystycznie istotny wpływ na plon bulw ziemniaka spod jednej rośliny ma efekt interakcji między mocą generatora mikrofal a czasem napromieniania sadzeniaka). Napromienianie sadzeniaków mikrofalami pochodzącymi z generatora działającego z mocą 100 W przez czas 5-15 s powoduje zwiększenie plonu bulw ziemniaka spod jednej rośliny potomnej. Istotny wpływ na liczbę i długość łodyg oraz masę plonu bulw spod jednej rośliny ma termin, w którym sadzeniaki ziemniaka zostają napromienione mikrofalami. Wpływu takiego nie stwierdzono w odniesieniu do liczby bulw w plonie. Statystycznie istotna jest interakcja terminu, w którym napromieniano sadzeniaki mikrofalami, i przyjęta w doświadczeniu odmiana ziemniaka na masę i liczbę bulw w plonie spod jednej rośliny. Nie stwierdzono, aby tożsame wartości dawek całkowitych (uzyskanych z różnych wartości mocy urządzenia generującego mikrofałę i czasu ekspozycji sadzeniaków) miały taki sam wpływ na plonowanie roślin ziemniaka [Jakubowski 2010d]. Stwierdzono pozytywny wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie roślin ziemniaka w warunkach suszy, a napromienianie sadzeniaków istotnie modyfikowało strukturę plonu roślin potomnych [Jakubowski 2009c]. Wyniki badań, dotyczących procesów związanych z przechowywaniem bulw roślin ziemniaka, pozwalają na sformułowanie kolejnych stwierdzeń. Napromieniowanie mikrofalami bulw ziemniaka przed ich przechowywaniem istotnie wpływa na zmniejszenie stopnia ich porażenia rizoktoniozą po przechowywaniu [Jakubowski 2010b]. Pozytywny efekt działania mikrofal na przechowywane bulwy ziemniaka w postaci zmniejszenia stopnia ich porażenia rizoktoniozą odnotowano w odniesieniu do prób, które napromieniano przez czas 20 i 60 s. Napromienianie bulw ziemniaka mikrofalami przed ich przechowywaniem przez czas 10 s i 20 s wpływa na zwiększenie masy kielków, a czas 10 s powodował również zwiększenie liczby kielków po okresie przechowywania. Promieniowanie mikrofalowe w przyjętych w doświadczeniu czasach ekspozycji istotnie modyfikuje ubytek masy przechowywanych bulw ziemniaka, a przyjęte w doświadczeniu odmiany ziemniaka wykazały zróżnicowaną reakcję na napromieniowanie mikrofalami reprezentowane przez wielkość ubytków masy bulw w trakcie przechowywania [Jakubowski 2010a]. Napromieniowanie bulw ziemniaka mikrofalami w czasach 10 i 20 s przyniosło podobny efekt w postaci wielkości ubytków masy w trakcie przechowywania. Na podstawie badań dotyczących modelowania wybranych procesów biofizycznych wynikających z działania mikrofal na rośliny ziemniaka sformułowano następujące konkluzje. Oszacowany model ($dT = 2,18 + 0,025 D_f$) przyrostu (dT) temperatury bulwy w trakcie jej mikrofalowego ogrzewania może być przydatny w doświadczeniach związanych z ekspozycją roślin ziemniaka w celu określenia jej stanu cieplnego [Jakubowski 2009a]. Między jednostkową dawką (D_f) promieniowania mikrofalowego i wartością ciepła dostarczoną bulwom ziemniaka w trakcie ich mikrofalowego ogrzewania zachodzi wysoka korelacja liniowa. Prognozowanie wartości ciepła (Q) bulwy dokonane w oparciu o oszacowany model ($Q = 0,004D_f + 307,2$) może być obarczone błędem 2,26%.

W przypadku prowadzenia prac doświadczalnych, dotyczących napromieniowania mikrofalami bulw ziemniaka, wyrażanie efektu napromieniowania (wartości ciepła pochłoniętego przez bulwę) w dawce jednostkowej jest prostym, nieinwazyjnym sposobem pozwalającym na ocenę tego wpływu na późniejsze procesy ontogenezy roślin potomnych [Jakubowski 2009b]. Opracowany model regresyjny ($M_B = -6 \cdot 10^{-11} D_J^6 + 2 \cdot 10^{-8} D_J^5 - 3 \cdot 10^{-6} D_J^4 + 0,0002 D_J^3 - 0,008 D_J^2 + 0,112 D_J + 0,363$) wyjaśnia w 93% zmianę masy plonu bulw ziemniaka (M_B) względem dawki promieniowania mikrofalowego (D_J). Według prezentowanego modelu rośliny ziemniaka wyrosłe z sadzeniaków napromienionych dawkami mikrofal w zakresie 7,49-11,10 J·g⁻¹ cechują się istotnie wyższą masą plonu spod jednej rośliny potomnej; z kolei napromienianie sadzeniaków ziemniaka jednostkową dawką mikrofal o wartości 9,25 J·g⁻¹ powodowało największy przyrost masy bulw w plonie [Jakubowski 2011a]. Energię mikrofal pochłanianą przez napromienianą bulwę ziemniaka można szacować poprzez określenie wielkości mocy absorbowanej. Zależność między mocą absorbowaną (P_B) w napromienianej bulwie ziemniaka a jednostkową dawką mikrofal (D_J) można opisać funkcją potęgową ($P_B = 2E+08 D_J^{-2}$) [Jakubowski 2011b].

Wyniki badań dotyczących wpływu promieniowania elektromagnetycznego na rośliny ziemniaka zostały zaprezentowane w trakcie 19 konferencji naukowych i opublikowane w 27 oryginalnych artykułach. W chwili obecnej kontynuowane są badania związane z wpływem mikrofal na roślinę ziemniaka. Badania te mają dać odpowiedź na pytanie: czy efekt napromieniania sadzeniaków ziemniaka jest przekazywany roślinom pokoleń następnych? Od roku 2010 trwają również badania związane z wpływem promieniowania ultrafioletowego na wybrane procesy ontogenezy rośliny ziemniaka.

Zakładając, że generator mikrofal o częstotliwości 2,45 GHz będzie działał z mocą 100 W, przeprowadzone badania i uzyskane wyniki upoważniają do sformułowania następujących wniosków aplikacyjnych:

- Optymalnym dla plonowania roślin potomnych czasem napromieniania sadzeniaków ziemniaka mikrofalami jest 10-15 s, przy czym ekspozycja powinna odbywać się przed i po ich przechowywaniu.
- Teoretyczną, optymalną wartością jednostkową dla napromieniania sadzeniaków ziemniaka ze względu na jego plonowanie, jest dawka mikrofal 9,25 J·g⁻¹. Wartość ta jednak nie powinna przekraczać zakresu 7,49-11,10 J·g⁻¹.
- Optymalnym dla procesów przechowywania plonu ziemniaka czasem napromieniania bulw mikrofalami jest 20 s.
- Optymalnym dla podkiełkowania sadzeniaków ziemniaka czasem napromieniania bulw mikrofalami jest 10 s.

Bibliografia

- Chen D., Singh R., Haghighi K., Nelson P.** (1993): Finite element analysis of temperature distribution in microwaved cylindrical potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 18(4), 351-368.
- Czarczyński W.** (2003): Podstawy techniki mikrofalowej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 9-105.
- Dvurechenskaya N., Zieliński R., Kubal S.** (2010): Application of free-space transmission technique for shielding effectiveness measurement of special materials at 2,5-5 GHz, 5th International Conference on Broadband and Biomedical Communications, 15-17.
- Gut M.** (2009): Wpływ stymulacji sadzeniaków przemiennym polem elektrycznym na przebieg wegetacji ziemniaka – Rozprawa doktorska, UR Kraków, Maszynopis.
- Hirota N., Nakagawa J., Kitazawa K.** (1999): Effects of a magnetic field on the germination of plants. *Journal of Applied Physics*, 85(8), 122-126.
- Jakubowski T.** (2009a): Modelowanie przyrostu temperatury bulwy ziemniaka w trakcie jej mikrofalowego ogrzewania. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 79-85.
- Jakubowski T.** (2009b): Efekt cieplny mikrofalowego ogrzewania bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 14(2), 345-354.
- Jakubowski T.** (2009c): Reakcja roślin ziemniaka napromieniowanych mikrofalami na symulowany stres suszy. *Inżynieria Rolnicza*, 8(117), 15-22.
- Jakubowski T.** (2010a): Wpływ przechowywania na ubytki masy bulw ziemniaka napromieniowanych mikrofalami. *Acta Agrophysica*, 15(2), 293-303.
- Jakubowski T.** (2010b): Wpływ promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn. *Acta Agrophysica*, 16(1), 49-58.
- Jakubowski T.** (2010c): Wpływ terminu stymulacji mikrofalami sadzeniaków na wzrost i plonowanie roślin ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agrophysica*, 16(2), 295-313.
- Jakubowski T.** (2010d): Wpływ napromieniowania mikrofalami sadzeniaków ziemniaka na plonowanie roślin. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 257/258, 177-183.
- Jakubowski T.** (2010e): The impact of microwave radiation at different frequencies on weight of seed potato germs and crop of potato tubers. *Agricultural Engineering*, 6(124), 57-64.
- Jakubowski T.** (2011a): Model plonowania roślin ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) wyrosłych z sadzeniaków napromieniowanych mikrofalami. *Acta Agrophysica*, 17(2), 311-323.
- Jakubowski T.** (2011b): Energy absorbed by a microwave irradiated potato tuber. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 10(1-2), 3-13.
- Lipiec J., Janas P., Barabasz W.** (2004): Effect of oscillating magnetic field pulses on the survival of selected microorganisms. *International Agrophysics*, 18(4), 325-328.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T.** (2005b): Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 169-175.
- Marks N., Jakubowski T.** (2006a): Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 6 (81), 57-64.
- Marks N., Jakubowski T.** (2006b): Wpływ promieniowania mikrofalowego na wytrzymałość statyczną bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 365-375.

- Marks N., Jakubowski T.** (2008): Określenie zależności pomiędzy odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99), 283-290.
- Marks N., Szecówka P.** (2010): Impact of variable magnetic field stimulation on growth of aboveground parts of potato plants. *International Agrophysics. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin*, Vol. 24, 2, 165-170.
- Marks N., Szecówka P.** (2011): Wpływ stymulacji sadzeniaków zmiennym polem magnetycznym na plonowanie ziemniaków. *Acta Agrophysica*, Vol. 17, 1, 135-150.
- Marton L., Marton C.** (1980): *Advances in electronics and electron physics*. Volume 53, Academic Press - Elsevier, 2-150.
- Pietruszewski S., Wójcik S.** (2000): Wpływ pola magnetycznego na plony buraka cukrowego Odmian Kalwia i Polko. *Inżynieria Rolnicza*, 5(16), 207-210.
- Ziaja J., Ozimek M.** (2010): Optical emission spectroscopy of pulsed magnetron sputtering plasma. *Twelfth International Conference on Plasma Surface Engineering*, 22-24.

POLSKIE TOWARZYSTWO INŻYNIERII ROLNICZEJ – ORGAN TOWARZYSZĄCY I WSPIERAJĄCY ROZWÓJ KRAJOWEGO I KRAKOWSKIEGO OŚRODKA INŻYNIERII ROLNICZEJ

Rudolf Michałek, Maciej Kuboń

Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej
Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki

Historia Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej jest na tle innych polskich Towarzystw Naukowych stosunkowo krótka, tak zresztą jak krótka jest historia samej dyscypliny naukowej i kierunku studiów.

Pierwsza myśl zrodziła się w czasie uroczystego posiedzenia Klubu Seniora Mechanizacji Rolnictwa, działającego przy Wydziale Techniki i Energetyki Rolnictwa ówczesnej Akademii Rolniczej w Krakowie. Było to końcem grudnia 1979 r. W dyskusji pomiędzy Januszem Hamanem a Rudolfem Michałkiem, ten pierwszy rzucił myśl, iż dla wzmocnienia rangi krakowskiego Wydziału wskazanym byłoby powołać, na wzór innych dyscyplin i ośrodków, własne towarzystwo naukowe, z siedzibą w Krakowie, ale integrującego całe krajowe środowisko techniki rolniczej nie tylko naukowe, ale także zrzeszające przedstawicieli praktyki rolniczej i nadzoru technicznego. Rzucony pomysł szybko został zainicjowany i w protokole Rady Wydziału z dnia 24.01.1980 r. mamy specjalny punkt porządku – wniosek o powołanie Polskiego Towarzystwa Techniki Rolniczej. Uzasadniając wniosek, ówczesny dziekan Rudolf Michałek zaznaczył, iż w ostatnich kilku latach nastąpił w Polsce bardzo dynamiczny rozwój mechanizacji rolnictwa tak, iż początkowo jedna dyscyplina rozpadła się na cały szereg pojedynczych dyscyplin. Ponadto mechanizacja rolnictwa obejmuje nie tylko działalność wąskiej grupy pracowników naukowych, ale przede wszystkim całą szeroką kadrę pracowników zajmujących się w codziennej pracy mechanizacją.

Stawiając wniosek o powołanie Towarzystwa, Rada Wydziału miała na uwadze nie tylko mechanizację rolnictwa, ale szeroko rozumianą technikę rolniczą, a zatem dyscypliny pokrewne mechanizacji – chodzi więc o integrację wszystkich grup ludzi zajmujących się w swojej pracy zawodowej bądź też społecznej problematyką techniki rolniczej.

W obecnej strukturze organizacyjnej NOT nie ma Stowarzyszenia opowiadającego ściśle temu zagadnieniu. Z kolei Komitet Techniki Rolniczej PAN jest niejako stowarzyszeniem elitarnym, skupiającym około 30 osób, głównie z grupy pracowników naukowych. Stąd też Dziekan uważa za uzasadnione a nawet konieczne rozpoczęcie działań w kierunku powołania PTTR dla zintegrowania działalności naukowo-badawczej i praktycznej w obrębie techniki rolniczej.

Proponowana nazwa może ulec zmianie, tak aby najbardziej adekwatnie odzwierciedlała specyfikę Towarzystwa.

Wniosek ten postawiony został właśnie na Radzie Wydziału Techniki i Energetyki Rolnictwa dla podkreślenia wkładu uczonych krakowskiej uczelni w rozwój techniki rolniczej w Polsce.

W dyskusji zabrał głos prof. Bala. Uważał, że sprawa dojrzała do powołania takiego stowarzyszenia, które grupowałoby ludzi związanych z zagadnieniami mechanizacji rolnictwa. Podkreślił, że mechanizacja rolnictwa, która urosła do samodzielnego kierunku studiów, nie posiada organizacji reprezentującej tego kierunku.

Doc. dr B. Wachacki powiedział, że inicjatywa utworzenia tej organizacji jest na czasie i ze wszelkich miar słuszna ze względu na potrzebę koordynacji działań w tej branży. Chodzi o wciągnięcie szerokich mas mechanizatorów nie tylko pracujących naukowo, ale i w terenie.

Po dyskusji przeprowadzono jawne głosowanie, w którym członkowie Rady Wydziału jednogłośnie podjęli Uchwałę o wystąpieniu z wnioskiem w sprawie powołania Polskiego Towarzystwa Techniki Rolniczej.

Wyłoniono również zespół do opracowania statutu organizacji w składzie:

1. prof. dr hab. Rudolf Michałek
2. prof. dr hab. Władysław Bala
3. prof. dr hab. Piotr Zalewski

W oparciu o podjętą uchwałę Rady Wydziału, dziekan skierował pismo do sekretarza Wydziału V Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Pana prof. dr hab. Zbigniewa Gertycha, z prośbą o poparcie starań, a także afiliację przy PAN. Pismo zawierało także pełne uzasadnienie celowości powołania Towarzystwa oraz listę 12-tu członków założycieli. Oto pełen skład:

1. prof. dr hab. Rudolf Michałek
Dziekan Wydziału Techniki i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
2. prof. dr hab. Wincenty Zaremba
Z-ca Dyrektora Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
3. prof. dr hab. Jacek Orzechowski
Dyrektor Instytutu Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie
4. doc. dr hab. Jan Bogdanowicz
Dyrektor Instytutu Mechanizacji Rolnictwa AR we Wrocławiu
5. prof. dr hab. Janusz Haman

- Sekretarz Wydziału Nauk Rolniczych i Leśnych PAN
6. doc. dr inż. Kazimierz Mielec
Dyrektor Przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu
 7. dr Zygmunt Miller
Dyrektor Generalny w Ministerstwie Przemysłu Maszyn Ciężkich i Rolniczych
 8. mgr inż. Wojciech Ratyński
Dyrektor Departamentu Techniki w Ministerstwie Rolnictwa
 9. mgr inż. Wojciech Dziedzic
Dyrektor Centrali Handlowej Sprzętu Rolniczego „AGROMA”
 10. mgr inż. Stanisław Rubaj
Dyrektor Przedsiębiorstwa Handlu Zagranicznego Agromet – Motoimport
 11. mgr inż. Antoni Kołakowski
Przewodniczący Sekcji Maszyn Rolniczych SIMP
 12. prof. dr Tadeusz Nowacki
Instytut Mechanizacji Rolnictwa SGGW – AR w Warszawie
Pismo popierające nasz wniosek profesor Z. Gertych skierował do Biura Organizacyjno-Prawnego PAN.
- W międzyczasie nastąpiła zmiana Sekretarza Naukowego Wydziału V PAN. W wyniku wyborów sekretarzem został prof. dr hab. Janusz Haman. Na Jego ręce dyrektor biura skierował pismo zawierające uwagi prawne do załączonych dokumentów. Chodziło m. in. o listę członków założycieli, których było 12-tu, a Ustawa stanowi, że ma być co najmniej 15-tu. Inne uwagi dotyczyły projektu statutu. Realizując zgłoszone zastrzeżenia, poprawiono projekt statutu oraz doproszono do składu członków założycieli następujące osoby:
1. prof. dr Tadeusz Karwowski
Kierownik Zakładu w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
 2. prof. dr Aleksander Konowrocki
Kierownik Pracowni w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji w Warszawie
 3. prof. dr Stanisław Pabis
Dziekan Wydziału Techniki Rolniczej i Leśnej SGGW – AR w Warszawie
 4. doc. dr Aleksander Pawlik
Kierownik Zakładu w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
 5. prof. dr Jerzy Tymiński
Dyrektor Instytutu Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
 6. doc. dr Zdzisław Witebski
Z-ca Dyrektora ds. budownictwa rolniczego w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
 7. prof. dr Zdzisław Wójcicki

- Z-ca Dyrektora ds. naukowych w Instytucie Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie
8. prof. dr hab. Władysław Bala
Dyrektor Instytutu Napraw i Organizacji Zaplecza Technicznego AR w Krakowie
 9. doc. dr hab. Piotr Zalewski
Proroktor ds. Badań naukowych i Współpracy z Zagranicą AR w Krakowie
 10. doc. dr Kazimierz Pelc
Wicedyrektor Instytutu Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 11. doc. dr hab. Janusz Kolowca
Dziekan Wydziału Techniki i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 12. doc. dr Tadeusz Kloc
Prodziekan Wydziału Techniki i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 13. doc. dr Viggo Gerard
Docent w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 14. dr inż. Józef Kowalski
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 15. dr inż. Stanisław Kokoszka
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 16. dr inż. Stanisław Wilkus
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 17. dr inż. Bronisław Burkiewicz
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 18. dr Ryszard Broda
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 19. dr inż. Norbert Marks
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 20. dr inż. Zbigniew Ślipek
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 21. dr inż. Jan Borcz
Adiunkt w Instytucie Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie
 22. doc. dr hab. Jerzy Gruszczyński
Docent w Instytucie Napraw i Organizacji Zaplecza Technicznego AR w Krakowie
 23. inż. Stefan Blitek
Dyrektor ZTOR w Krakowie
 24. mgr inż. Wiesław Woda
Prezes WZKiOR w Krakowie
 25. inż. Andrzej Starowieyski
Dyrektor Krakowskiego Przedsiębiorstwa Handlu Sprzętem Rolniczym „AGROMA”

Ponieważ inicjatywa wyszła ze środowiska krakowskiego i w Statucie zawarto, że siedzibą Towarzystwa jest miasto Kraków, stąd dalszą inicjatywę, po pozytywnej opinii PAN, przejął Komitet Techniki Rolniczej, w imieniu którego ówczesny przewodniczący, prof. dr hab. Wincenty Zaremba, skierował pismo o rejestrację Towarzystwa do Wydziału Spraw Społeczno-Administracyjnych Urzędu Miasta Krakowa. Pismo zawierało pełne uzasadnienie wniosku, stwierdzające, m. in., iż brak jest obecnie jednej wspólnej organizacji, integrującej działalność wszystkich grup zawodowych wchodzących w zakres szeroko rozumianej techniki rolniczej. Pełne uzasadnienie celu powołania i zakresu działalności Towarzystwa zawiera Statut, którego najważniejsze fragmenty stanowią:

Rozdział I. Postanowienia ogólne

1. Stowarzyszenie nosi nazwę „Polskie Towarzystwo Techniki Rolniczej”
2. Terenem działalności Towarzystwa jest PRL, a siedzibą miasto Kraków
3. Towarzystwo tworzy oddziały w miastach wojewódzkich lub innych miejscowościach
4. Towarzystwo ma osobowość prawną
5. Działalność Towarzystwa ma charakter społeczny, a udział we władzach Towarzystwa jest honorowy
6. Towarzystwo używa pieczęci okrągłej z napisem w otoku „Polskie Towarzystwo Techniki Rolniczej” oraz pieczęci podłużnej z nazwą i adresem centrali Towarzystwa lub oddziału terenowego.
7. Towarzystwo podejmuje współpracę z zagranicznymi stowarzyszeniami o podobnym zakresie działania.

Rozdział II. Cele i środki działania

1. Celem Towarzystwa jest:
 - a) Inspirowanie i popieranie myśli technicznej przyczyniającej się do rozwoju rolnictwa w Polsce i na świecie oraz grupowanie osób zainteresowanych wymianą myśli w tym zakresie
 - b) Inspirowanie badań naukowych w dziedzinie techniki rolniczej
 - c) Popieranie kształcenia specjalistów w dziedzinie techniki rolniczej
 - d) Upowszechnianie wyników badań naukowych w dziedzinie techniki rolniczej, zwłaszcza dla potrzeb praktycznego rolnictwa.
2. Towarzystwo realizuje te cele poprzez:
 - a) Organizowanie spotkań i zjazdów naukowych krajowych i zagranicznych
 - b) Działalność szkoleniową, odczytową i inną działalność popularyzatorską prowadzoną także za pośrednictwem środków masowego przekazu
 - c) Prowadzenie działalności wydawniczej

- d) Nawiązywanie kontaktów pomiędzy przedstawicielami nauki i praktyki w dziedzinie techniki rolniczej
- e) Nawiązywanie i podtrzymywanie kontaktów zagranicznych z osobami i stowarzyszeniami realizującymi cele podobne do tych, jakie stawia przed sobą Towarzystwo
- f) Inne formy działalności zgodne ze statutem i poparte przez Zarząd
- g) Inspirowanie badań naukowych.

Rozdział III. Członkowie, ich prawa i obowiązki

1. Członkowie Towarzystwa dzielą się na:
 - a) Członków zwyczajnych
 - b) Członków honorowych
 - c) Członków wspierających.
2. Członkiem zwyczajnym Towarzystwa zostaje osoba przyjęta przez Zarząd Główny lub Zarząd Oddziału Terenowego na podstawie pisemnej deklaracji. Osoba ta musi uzyskać pisemne poparcie dwóch członków wprowadzających.
3. Członkiem honorowym Towarzystwa może zostać osoba szczególnie zasłużona dla rozwoju techniki rolniczej lub dla rozwoju Towarzystwa. Godność członka honorowego nadaje walne zebranie Towarzystwa na wniosek Zarządu Głównego.
4. Członkiem wspierającym może być osoba prawna, przyjęta na podstawie pisemnej deklaracji przez Zarząd Główny.
5. Członek zwyczajny ma prawo:
 - a) Czynnego i biernego wyboru do władz Towarzystwa, zgodnie z postanowieniami statutu
 - b) Uczestniczenia w przedsięwzięciach, zebraniach i imprezach Towarzystwa
 - c) Korzystania ze wszystkich pomocy i środków naukowych będących w dyspozycji Towarzystwa na zasadach określonych przez Zarząd Główny
 - d) Wypowiadania się na tematy fachowe na łamach publikacji Towarzystwa.
6. Obowiązkiem członka jest:
 - a) Popieranie celów Towarzystwa i uczestniczenie w jego działalności
 - b) Regularne opłacanie składek członkowskich w wysokości ustalonej przez Walne Zebranie
7. Członkowstwo w Towarzystwie ustaje w razie:
 - a) Śmierci członka
 - b) Wystąpienia z Towarzystwa, zgłoszonego na piśmie do Zarządu Głównego lub Zarządu Oddziału Terenowego

- c) Skreślenie z listy członków przez Zarząd w razie zalegania z opłatą przez okres dłuższy niż 1 rok
- d) Wykluczenie przez Zarząd Główny na wniosek Sądu Koleżeńskiego.

Rozdział IV. Władze Towarzystwa

1. Władzami Towarzystwa są:
 - a) Walne zebranie członków
 - b) Zarząd Główny
 - c) Komisja Rewizyjna
 - d) Sąd Koleżeński.
2. Najwyższą władzą Towarzystwa jest walne zebranie członków. Walne zebranie jest zwoływane przez Zarząd Główny co najmniej raz na dwa lata. Nadzwyczajne walne zebranie może być zwołane na wniosek 2/3 liczby członków, Zarządu Głównego lub Komisji Rewizyjnej. O terminie, miejscu i porządku obrad Walnego Zebrania Zarząd Główny zawiadamia członków na piśmie nie później niż na miesiąc przed oznaczonym terminie.
3. W walnym zebraniu biorą udział wszyscy członkowie Towarzystwa. Walne zebranie jest prawomocne jeśli uczestniczy w nim w pierwszym terminie co najmniej 2/3 członków Towarzystwa, a w drugim terminie bez względu na liczbę obecnych. Uchwały Walnego zebrania zapadają zwykłą większością głosów.

Rozdział V. Oddziały Terenowe

1. Oddziały Terenowe Towarzystwa organizowane są przez Zarząd Główny w oparciu o uchwałę Walnego Zebrania.
2. Najwyższą władzę Oddziału Terenowego jest Walne Zebranie członków Oddziału, zwoływane przez Zarząd Oddziału nie rzadziej niż raz na 2 lata.
3. Nadzwyczajne Walne Zebranie oddziału może być zwołane przez Zarząd Oddziału, Zarząd Główny lub na wniosek co najmniej " członków oddziału.

Rozdział VI. Fundusze Towarzystwa

Fundusze Towarzystwa pochodzą ze:

- a) składek członkowskich,
- b) dotacji,
- c) dochodów z działalności Towarzystwa,
- d) darowizn członków i sympatyków.

Mając przygotowane wszystkie niezbędne dokumenty, niestety do rejestracji nie doszło, gdyż wprowadzony stan wojenny wymusił inne ważniejsze problemy do załatwienia. Sprawy nauki nigdy nie należały do priorytetowych, tak jak i obecnie.

Czekaliśmy prawie 10 lat na rejestrację. Nastąpiło to w r. 1991 w Sądzie Wojewódzkim w Krakowie. Zgodnie z życzeniem członków założycieli, siedzibą Towarzystwa zostało Miasto Kraków a administracyjnie mieściło się ono przy Wydziale Techniki i Energetyki Rolnictwa na ul. Balickiej 104. W późniejszych latach nastąpiła zmiana nazwy Wydziału i zmiana adresu.

Pierwszy zjazd programowo-wyborczy odbył się 12 grudnia 1991 r. w Krakowie. W trakcie obrad przyjęto ostateczną wersję Statutu, określono program pracy na 4-letnią kadencję oraz wybrano władze Towarzystwa:

I. Zarząd Główny:

Prezes – prof. dr hab. inż. Rudolf Michałek

Wiceprezes – prof. dr hab. inż. Stanisław Pabis

Sekretarz – dr inż. Mieczysław Hulbój

Skarbnik – dr inż. Małgorzata Bzowska-Bakalarz

Członkowie: prof. dr hab. inż. Janusz Haman, prof. dr hab. inż. Jan Bogdanowicz,
prof. dr inż. Zdzisław Kośmicki

II. Komisja Rewizyjna:

Przewodniczący: prof. dr hab. inż. Zdzisław Wójcicki

Członkowie: dr inż. Bronisław Dawidowski, doc. dr inż. Stanisław Przygórzewski

III. Sąd Koleżeński:

Przewodniczący: dr inż. Aleksander Szeptycki

Członkowie: dr inż. H. Wojciechowski, mgr inż. Piotr Dudka

Równocześnie zjazd podjął uchwałę o powołaniu terenowych Oddziałów Towarzystwa w Krakowie, Lublinie, Warszawie, Bydgoszczy, Olsztynie, Wrocławiu i Poznaniu. W trakcie rejestracji poszczególnych Oddziałów wyszły na jaw pewne luki w statucie Towarzystwa, a równocześnie nastąpiła zmiana nazwy dyscypliny w strukturze nauki – z techniki rolniczej – na inżynierię rolniczą. Spowodowało to konieczność zwołania drugiego nadzwyczajnego zjazdu, który odbył się w dniu 17 listopada 1992 r. w Warszawie.

Zjazd podjął następujące uchwały:

1. O zmianie nazwy Towarzystwa na Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej
2. Uzupełnienie rozdz. I statutu o następujący zapis: „oddziały terenowe Towarzystwa posiadają osobowość prawną”
3. O inicjatywie powołania do życia czasopisma o wstępnej nazwie „Problemy Inżynierii Rolniczej”. Proponowane czasopismo przewidywano ja-

ko naukowe i wydawane wspólnie z Komitetem Techniki Rolniczej PAN oraz Instytutem Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa. Wszystkie trzy uchwały zostały całkowicie zrealizowane.

Kolejne zjazdy Towarzystwa zwoływane są co cztery lata. Ostatni VI, po piątej kadencji działalności odbył się 7 grudnia 2011 r., jak zwykle w Krakowie. W toku obrad oceniano działalność Towarzystwa i wybrano nowe władze na kadencję siódmą w składzie:

I. Zarząd Główny

Honorowy Prezes – prof. dr hab. Janusz Haman – czł. rzecz. PAN

Prezes – prof. dr hab. Rudolf Michałek – czł. rzecz. PAN

Wiceprezes – prof. dr hab. Józef Szlachta

Sekretarz – dr hab. Dariusz Kwaśniewski

Skarbnik – dr hab. Maciej Kuboń

Członkowie: prof. dr hab. Kazimierz Dreszer, prof. dr hab. Janusz Laskowski,
dr hab. Zbigniew Zbytek

II. Komisja Rewizyjna

Przewodniczący: prof. dr hab. Sławomir Kurpaska

Członkowie: prof. dr hab. Ignacy Niedziółka, prof. dr hab. Aleksander Szeptycki

III. Sąd Koleżeński

Przewodniczący: prof. dr hab. Norbert Marks

Członkowie: prof. dr hab. Bohdan Dobrzański, prof. dr hab. Leszek Romański

Analizując składy Zarządów, zauważamy, że tylko na stanowisku prezesa nie nastąpiły żadne zmiany. Od początku Zarządem Głównym kieruje prof. dr hab. Rudolf Michałek – czł. rzecz. PAN. Wiceprezesami byli: prof. dr hab. Stanisław Pabis, przez trzy kadencje i prof. dr hab. Józef Szlachta, od czwartej kadencji. Funkcję sekretarza pełnili: dr Mieczysław Hulbój, prof. dr hab. Józef Kowalski, dr Sylwester Tabor i, od ostatniego Zjazdu, dr hab. Dariusz Kwaśniewski. Skarbnikiem w Zarządzie przez trzy pierwsze kadencje była prof. dr hab. Małgorzata Bzowska-Bakalarz, a od czwartej kadencji dr hab. Maciej Kuboń. Od trzeciej kadencji powołano także Honorowego Prezesa Towarzystwa, którym został przez aklamację lider naszego środowiska naukowego i inicjator powołania Towarzystwa, prof. dr hab. Janusz Haman – czł. rzecz. PAN. Jest to ogromny zaszczyt dla naszego Towarzystwa, który przenosi się też na wszystkich członków. Istotnym elementem podjętym na ostatnim Zjeździe było zatwierdzenie decyzji Zarządu Głównego o powołaniu kolejnego Oddziału Towarzystwa w Szczecinie. Aktualnie Towarzystwo posiada 8 oddziałów, mieszczących się w: Koszalinie, Krakowie, Lublinie, Olsztynie, Poznaniu, Szczecinie, Warszawie i Wrocławiu.



Rys. 1. Sprawozdanie Prezesa PTIR za okres 2008-2011

Dokonując analizy i oceny działalności Towarzystwa przez cały okres jego istnienia, trzeba uznać za priorytetowe następujące cele:

- inspirowanie i podejmowanie myśli technicznej, przyczyniającej się do rozwoju gospodarki żywnościowej w Polsce,
- inicjowanie i popieranie prac naukowo-badawczych, rozwojowych i doświadczalnych oraz innych opracowań w dziedzinie inżynierii rolniczej,
- udział we wdrożeniu innowacji i postępu technicznego w kompleksie gospodarki żywnościowej,
- popieranie i udział w zakresie kształcenia i doksztalcania specjalistów wszelkich szczebli w inżynierii rolniczej,
- w ostatnich dwóch kadencjach położony silny akcent na zwiększenia aktywności ośrodków i członków na rzecz pozyskiwania grantów naukowych.

Przytoczone cele Towarzystwo realizuje głównie poprzez organizowanie konferencji, sympozjów i innych spotkań naukowych, zarówno w grupach pracowników naukowych jak i innych środowisk, zwłaszcza gospodarczych i administracyjnych, zajmujących się strefą inżynierii rolniczej.

Szczególą formę upowszechniania osiągnięć naukowych i innowacji naukowo-technicznych jest działalność wydawnicza. PTIR wspólnie z Komitetem Techniki Rolniczej wydaje trzy periodyki:

- „Inżynieria Rolnicza”,
- „Problemy Inżynierii Rolniczej”,
- Biuletyn Informacyjny „Nauka w Praktyce Rolniczej”.



Dwa pierwsze tytuły są ściśle naukowe i drukują wyłącznie prace recenzowane.

W całym okresie działalności Towarzystwa wydaliśmy łącznie 74 zeszyty z cyklu „Problemy Inżynierii Rolniczej” oraz 135 zeszytów „Inżynierii Rolniczej”. W ramach tych ostatnich drukujemy także rozprawy habilitacyjne oraz książki naukowe o charakterze monografii. Łącznie wydaliśmy 34 rozprawy habilitacyjnych oraz 20 książek naukowych. Tylko w ostatnim roku wydaliśmy 6 monografii. Były to:

- „Thermal conversion of biomass”, J. Frączek, Sł. Kurpaska, B. Łapczyńska-Kordon
- „Zarządzanie badaniami naukowymi”, red. M. Cupiał
- „Zarządzanie jednostką transferu technologii”, red. M. Cupiał
- „Ekologiczno-eksploatacyjne aspekty w procesie użytkowania i odnowy maszyn i urządzeń rolniczych”, W. Tomczyk
- „Współczesna inżynieria rolnicza – badania i zastosowania”, red. T. Juliszewski, S. Kurpaska
- „Przesłanki rozwoju i przekształceń inżynierii rolniczej”, red. R. Michałek

Z doświadczenia członka Centralnej Komisji pragnę potwierdzić, że właśnie wymienione wyżej czasopisma stanowiły podstawę drukowania dorobku naukowego naszych pracowników w dyscyplinie inżynieria rolnicza. One też w zasadniczy sposób przyczyniły się do rozwoju naszej kadry naukowej począwszy od stopnia doktora do tytułu naukowego profesora. Z przykrością natomiast trzeba przyjąć ich niską punktację, decydującą o randze naukowej czasopisma. Wg obowiązującej skali obydwie tytuły mają punktację równą 6.0.

Z innych statutowych celów Towarzystwa należy wymienić osiągnięcia w zakresie organizowania konferencji, sympozjów i innych spotkań o charakterze naukowym. Działanie w tym zakresie oceniamy za wiodące. Były one prowadzone przy ścisłej współpracy z Komitetem Techniki Rolniczej PAN, a także krajowymi

ośrodkami inżynierii rolniczej. Środowisko nasze wyróżnia się wśród innych dyscyplin naukowych w dziedzinie nauk rolniczych wyjątkową integracją. Niewątpliwie duży wpływ na taki stan ma zapoczątkowana właśnie u nas forma integracji i współpracy w postaci szkół naukowych.

Przy ścisłym współdziałaniu PTIR przeprowadziliśmy coroczne następujące szkoły i warsztaty naukowe:

1. Zimowa Szkoła w Zakopanem: „Postęp naukowo-techniczny i organizacyjny w rolnictwie” – coroczna.
2. Letnia Szkoła Metodologii Nauk w Zakopanem – coroczna.
3. Letnia Szkoła „Inżynierii Systemów Rolnictwa”.
4. Letnia Szkoła „Postęp w Inżynierii Żywności”.
5. Warsztaty naukowe pod hasłem „Rolnictwo–Technika–Zdrowie i Życie”. Organizowane przez Politechnikę Opolską w Rejviz, a przez ostatnie trzy lata w Głucholazach.

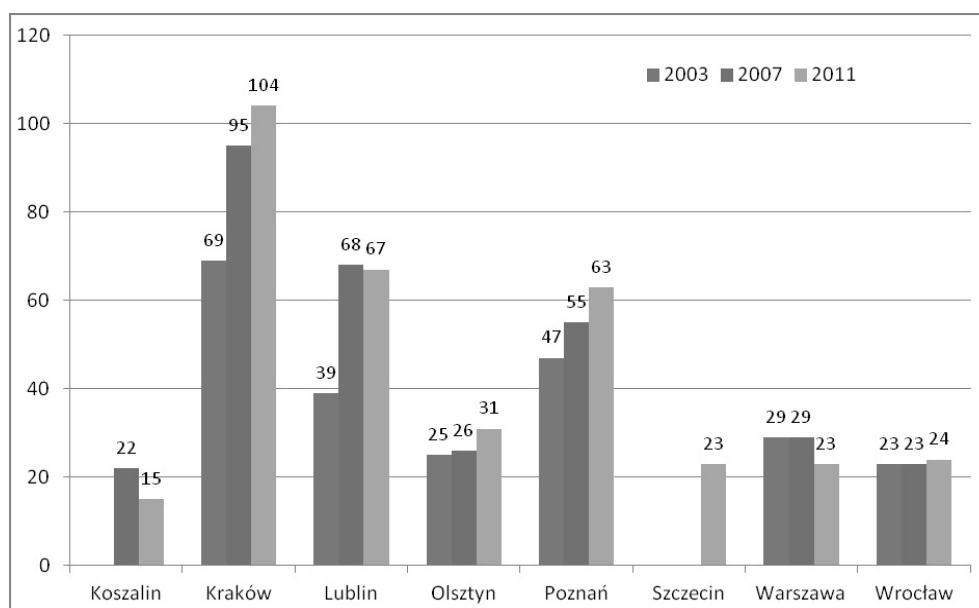
Poza corocznymi stałymi szkołami PTIR współorganizowało także imprezy naukowe o charakterze konferencji i sympozjów niemal we wszystkich krajowych ośrodkach inżynierii rolniczej. Odbływały się one m. in. przy okazji jubileuszy tych ośrodków. Zawsze organizatorem były jednostki obchodzące jubileusz a współorganizatorami Komitet Techniki Rolniczej PAN i nasze Towarzystwo. Na ostatnim walnym zebraniu uznaliśmy, że ilość organizowanych imprez naukowych jest stanowczo za duża, średnio w roku 20-25, dlatego w ostatniej kadencji ograniczyliśmy ich liczbę na 12-15 rocznie.



Rys. 2. Członkowie ZG PTIR. Od lewej: skarbnik Maciej Kuboń, Prezes Rudolf Michałek, sekretarz Dariusz Kwaśniewski

Reasumując działalność Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej, należy z całą mocą potwierdzić, iż odegrało ono istotną rolę w zakresie integracji całego krajowego środowiska inżynierii rolniczej zarówno naukowego, jak i praktycznego. Wywarło silny wpływ na rozwój kadry naukowej i to we wszystkich krajowych ośrodkach naukowych zarówno poprzez organizację różnego rodzaju imprez naukowych, jak też działalność wydawniczą. Pierwszoplanową rolę we władzach Towarzystwa odgrywa od samego początku Ośrodek Krakowski z wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki. W ostatnich trzech kadencjach na siedmiu członków Zarządu, trzech jest z Krakowa i pełnią funkcje podstawowe: prezesa, sekretarza i skarbnika. Jest to niezbędne ze względu na szybkie podejmowanie decyzji i obieg dokumentów, w szczególności finansowych.

W przedstawionej analizie i ocenie naszego Towarzystwa uzyskujemy wyjaśnienie hipotezy Profesora Janusza Hamana, wyrażonej w roku 1979, iż niezbędnym środkiem rozwoju krajowej inżynierii rolniczej jest powołanie do życia Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej. Potwierdza to ilościowy wzrost jego członków, począwszy od 27-założycieli, a skończywszy na 350 w r. 2011. Szczegółowo przedstawia to rysunek 3.



Źródło: Kuboń 2011

Rys. 3. Liczba członków PTIR w rozbiciu na poszczególne Oddziały

Bibliografia

- Kuboń M.** (2011): Sprawozdanie finansowe z działalności Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej za okres kadencji obejmującej lata 2008-2011. Maszynopis.
- Michalek R.** (1996): Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej po pierwszej kadencji działalności – sukcesy i zamierzenia. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1.
- Michalek R.** (2011): Sprawozdanie z działalności Polskiego Towarzystwa Inżynierii Rolniczej za okres kadencji obejmującej lata 2008-2011. Maszynopis.
- Statut PTIR. Maszynopis.
- Wypis z protokołu RW z 24.01.1980r.

PROENERGETYCZNE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI I WYPOSAŻENIA OBIEKTÓW SZKLARNIOWYCH STAN I PERSPEKTYWY BADAŃ

Kazimierz Rutkowski

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Zarówno rynek światowy, jak też polski stawia przed producentem wysokie wymagania w zakresie produkcji warzywniczej. Dotyczy to zarówno asortymentu, jakości, jak też ciągłości dostaw w ciągu roku. Drugi warunek, który muszą spełnić producenci, to cena produktu – ta winna być konkurencyjna. Aby sprostać powyższym wymaganiom, należy w jak najszerszym zakresie łączyć najnowszą wiedzę z zakresu fizjologii roślin z najnowszymi osiągnięciami techniki.

Jednym z głównych czynników, mających znaczący wpływ na cenę produktów pochodzących z upraw pod osłonami, jest wysoka cena nośników energetycznych. W produkcji pod osłonami nakłady energetyczne stanowią ponad 50% ogólnych wydatków. W obecnych czasach stosowanie energooszczędnych rozwiązań staje się normą. Niejednokrotnie oszczędność ta jest wymuszana prawnie. Stąd coraz częściej sięgamy po źródła niekonwencjonalne (rys.1) [Bredenbeck 1989; Dabbene 2003; Henten 1994; Kurpaska i in. 2004; Kowalczyk i in. 2000; Rutkowski 2011b]. Uzasadnionym wydaje się także poszukiwanie nowych rozwiązań technicznych pozwalających na ograniczenie strat ciepła, wykorzystanie ciepła odpadowego oraz poprawę gospodarki energetycznej [Gaziński 2005; Latała 2005; Rutkowski 2009c]. Zarówno w zakresie poprawy gospodarki energetycznej, jak też wykorzystywania odnawialnych źródeł energii w produkcji pod osłonami prowadzone są liczne badania w wielu ośrodkach krajowych i zagranicznych. Szeroki zakres badań z zakresu produkcji pod osłonami realizowany jest przez Instytut Warzywniczy w Skierniewicach oraz Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (rys.2).

Analizując ocenę ekonomiczną zastosowanych odnawialnych źródeł energii zauważa się, że korzystanie z nich bez udziału dotacji często przewyższa koszty ponoszone przy tradycyjnych nośnikach energetycznych. Dostosowanie technologii do nowych form energii oraz szersze spojrzenie na istniejący proces niejednokrotnie pozwala na zmniejszenie jednostkowych nakładów energetycznych [Grabarczyk 2008; Rutkowski 2008a].



Źródło: Badania własne

Rys. 1. Wykorzystanie energii słonecznej do zasilania tunelu doświadczalnego
(UR Kraków)



Źródło: Badania własne

Rys. 2. Tunel doświadczalny Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie

Szeroka wiedza w zakresie nowych technologii oraz wymagań roślin w uprawach pod osłonami stawia przed producentem wysokie wymagania w zakresie konstrukcji i wyposażenia szklarni. Uzyskanie wysokiego i dobrej jakości plonu jest możliwe przy zapewnieniu optymalnych warunków uprawianym roślinom. Nowoczesne szklarnie winny sprostać tym wymaganiom, stąd też radykalnie zmienia się ich konstrukcja i wyposażenie. W celu zapewnienia dobrego dostępu światła „rośnie” wysokość obiektów szklarniowych z równoczesnym ograniczeniem strat ciepła. Dostawcy obiektów szklarniowych starają się sprostać wymaganiom producentów ogrodniczych, niemniej jednak, prowadząc badania, zauważamy, że istnieją jeszcze znaczne rezerwy w zakresie poprawy mikroklimatu i ograniczenia strat ciepła [Bakker i in. 1995; Grabarczyk 2008; Rutkowski 2006c; Wysocka-Owczarek 2001].

Prowadzenie szczegółowych badań oraz analiza poszczególnych czynników mających wpływ na efekty produkcyjne oraz koszty produkcji dają podstawę do stwierdzenia, że istnieją jeszcze duże rezerwy w zakresie poprawy efektywności produkcji, a w szczególności zmniejszenia najważniejszego czynnika, którym jest ogrzewanie obiektów produkcyjnych.

Wielu autorów podkreśla, że w naszej strefie klimatycznej dla uzyskania wysokiego i wczesnego plonu niezbędne jest użytkowanie takich obiektów, które zapewnią dostateczną ilość światła. Libik [1996], Sady [1987] i inni podają, że ograniczenie dostępu światła roślinom o 1% powoduje zmniejszenie wczesnego plonu o 1%. Należy podkreślić, że wczesny plon to jeden z głównych czynników poprawiający efektywność produkcji. Wielu autorów podkreśla ten czynnik jako podstawowy, zapewniający rentowność produkcji a także, co jest niezmiernie ważne, pozyskanie klienta [Sady 1987; Rutkowski 2009b].

Z dotychczasowej wiedzy z zakresu upraw pod osłonami oraz przeglądu literatury przedmiotu wynika:

1. Wielonawowe konstrukcje szklarniowe. Cechują się one lepszymi warunkami uprawy, większym komfortem pracy, lepszą logistyką oraz mniejszym jednostkowym zapotrzebowaniem ciepła (rys. 3).
2. Zastąpienie węgla gazem. Łatwiej sterować procesem spalania, niższe koszty eksploatacji (w zakresie obsługi) oraz możliwość pozyskiwania dwutlenku węgla niezbędnego w procesie nowoczesnej uprawy szklarniowej.
3. Stosowanie nowoczesnych systemów sterowania ogrzewaniem oraz mikroklimatem. Najnowsze rozwiązania systemów sterowania pozwalają na dokonanie zmiany nastaw elementów wykonawczych z pewnym wyprzedzeniem. Pozwala to na mniejsze wahania temperatury w obiekcie oraz mniejsze zużycie ciepła.
4. Zastosowanie w uprawach atmosfery wzbogaconej w CO₂.

5. Sztuczne doświetlanie w celu intensyfikacji procesu fotosyntezy (szczególnie w okresie zimowym).
6. Wykorzystywanie podłoży inertnych. Ułatwiają one optymalizowanie warunków środowiskowych oraz pozwalają na łatwiejsze sterowanie czynnikami plonotwórczymi. Stąd w uprawach pojawiają się oprócz wełny mineralnej, wiórka kokosowe, trociny oraz inne materiały, które zajmują mniejszą objętość podczas transportu oraz są łatwiejsze w utylizacji.



Źródło: Badania własne

Rys. 3. Nowoczesny obiekt szklarniowy

7. Nowoczesne systemy nawadniania sterowane układami mikroprocesorowymi. Stosowanie systemów umożliwiających regulację wielkości kropeł lub podawanie wody w strudze powietrza. Coraz popularniejsze staje się także stosowanie zamkniętego obiegu pożywki.
8. Wprowadzanie nowych odmian roślin do uprawy wraz ze ściśle określonymi warunkami, które mogą być realizowane tylko w precyzyjnie kontrolowanych warunkach szklarniowych (cehuje je zwiększona odporność, lepsza wydajność oraz jakość plonów).

9. Zagospodarowanie ciepła odpadowego (np. do podgrzewania wody technologicznej, dogrzewanie podłoża itp.).
10. Budowanie zbiorników buforowych dla ciepłej i zimnej wody. Stwarzają one możliwość realizacji nowej technologii uprawy, polegającej na stosowaniu zmiennych warunków termicznych w ciągu dnia i nocy (rys. 4).



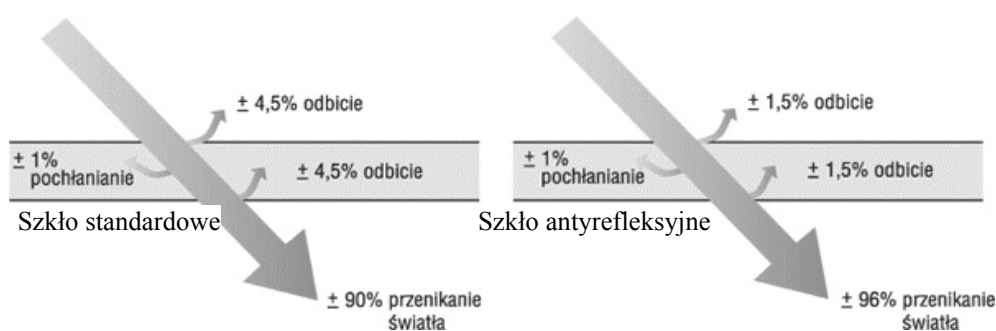
Źródło: Badania własne

Rys. 4. Lokalizacja zbiorników buforowych

Rozwiązania takie przynoszą znaczne oszczędności energetyczne oraz pozwalają na osiąganie wysokich plonów, przykładowo dla pomidora ponad $100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$.

Szklarnie ze względu na konstrukcję mogą być: wolnostojące lub wielonawowe (zblokowane). Typ wolnostojący posiada tą zaletę, że można go wyłączyć z eksploatacji w okresie zimowym. Umożliwia to kąt pochylenia dachu, po którym zsuwa się śnieg a tym samym nie zagraża przeciążeniu konstrukcji. Koszt budowy takiej szklarni jest jednak większy w porównaniu do typu wielonawowego (stosunek masy konstrukcji w odniesieniu do 1 m^2 powierzchni uprawy). Szklarnie zblokowane posiadają lżejszą konstrukcję opartą na profilach zamkniętych oraz kratownicach stąd cena 1 m^2 szklarni z podstawowym wyposażeniem wynosi $30\text{-}50 \text{ euro} \cdot \text{m}^{-2}$ [Rutkowski 2011].

Jako materiał pokryciowy stosowany w obiektach szklarniowych używane jest szkło ogrodnicze ciągnięte oraz szkło ogrodnicze surowe. Znacznie rzadziej stosuje się szkło specjalne, cechujące się małą przepuszczalnością dla promieni o długości powyżej 2200 nm. Szkło takie uzyskuje się poprzez pokrycie powierzchni jedną lub dwoma warstwami tlenku cynku. Jak podaje Zwart [1996] oraz Zabeltitz [1996] osłona wykonana z takiego szkła pozwala na zaoszczędzenie od 9 do 30% ciepła. Należy pamiętać, że krycie takim szkłem szklarni może być realizowane przy uprawie roślin o mniejszych wymaganiach światła, albowiem posiada ono średnio o 9% mniejszą przepuszczalność. Osiągalne jest także na naszym rynku szkło o zwiększonej przepuszczalności światła w stosunku do standardowego średnio o około 10%. Efekt taki uzyskiwany jest przez pokrycie powierzchni szkła warstwami tlenku tytanu. Szkło specjalne jest znacznie droższe średnio o 35 do 60%. Do krycia dachu winno być stosowane szkło hartowane. Dach szklarni ze względu na zapewnienie odpowiedniego dostępu światła najczęściej kryty jest szkłem pojedynczym, dlatego warto się zastanowić, czy nie lepiej sięgnąć po materiał cechujący się mniejszymi stratami ciepła. Nowością w zakresie szkła używanego do krycia szklarni jest wielowarstwowe szkło antyrefleksyjne, które, według danych firmy, odbija tylko 1,5% światła padającego na taflę szkła i 1,5% światła opuszczającego warstwę szkła (rys. 5). W efekcie przepuszcza ono około 6% więcej światła niż najczęściej używane do pokrywania konstrukcji standardowe szkło ciągnięte. Tradycyjne szkło ogrodnicze odbija około 4,5% światła, dlatego do szklarni przenika nie więcej niż 90% promieniowania świetlnego. Właściwości antyrefleksyjne szkła uzyskano dzięki traktowaniu go różnymi substancjami chemicznymi, między innymi czyszczącymi, zabezpieczającymi przed tłuszczem i trawiącymi. Wierzchnia warstwa szkła o grubości 10 nm nabiera mikroskopijnej szorstkości, dzięki czemu światło lepiej przenika przez taką taflę. Jest to innowacyjne rozwiązanie, chronione patentem (takie szkło wykorzystuje się również do produkcji kolektorów słonecznych). Jest ono dwukrotnie droższe od standardowego – kosztuje 7-8 euro.m².



Źródło: Rutkowski 2011

Rys. 5. Porównanie przepuszczalności stosowanych materiałów pokryciowych szklarni

Ściany boczne, w szczególności w szklarniach zblokowanych, mają mniejszy wpływ na dostęp światła do uprawianych roślin, stąd wskazane jest sięganie po materiały cechujące się małym współczynnikiem przenikania ciepła. Dlatego jako materiał pokryciowy wykorzystywane jest szkło zespolone klejone bądź zgrzewane. Rozwiązania takie pozwalają na znaczne ograniczenie strat ciepła. Według opinii użytkowników oraz prowadzonych najnowszych badań najlepszym rozwiązaniem ograniczenia strat ciepła przez ściany boczne jest stosowanie do krycia ścian bocznych szkła pojedynczego i stosowanie podwójnych kurtyn (cieniującej i termicznej). Uzyskana szczelność między szkłem a ekranami (zapewniają to nowe rozwiązania konstrukcyjne) gwarantuje ograniczenie strat ciepła w czasie nocy, zaś w ciągu dnia możliwy lepszy dostęp światła. Krycie szkłem pojedynczym stwarza lepsze możliwości utrzymania w czystości powierzchni szkła.

Istotną cechą materiałów pokryciowych jest to, aby po wewnętrznej powierzchni osłony nie spływały skropliny w postaci kropel na rośliny. Często czynnik ten powoduje obniżenie jakości produktu. Aby temu zapobiec, stosuje się krycie folią kondensującą, na której skropliny pary w postaci filmu wodnego spływają po powierzchni. W celu poprawy właściwości izolacyjnych folii można stosować folię z absorberem promieniowania cieplnego, który ogranicza wypromieniowanie ciepła w zakresie podczerwieni. W uprawie roślin o zmniejszonych wymaganiach świetlnych oraz w warunkach występujących zagrożeń gradu, jak też w strefie występowania silnych wiatrów, przy wieloletniej eksploatacji pokrycia zaleca się folię z siatką z włókna szklanego.

Rzadziej używane, niemniej dostępne, są folie chromatyczne, które ograniczają dostęp światła w miarę wzrostu natężenia promieniowania słonecznego. Folie dyfuzyjne posiadają właściwości rozpraszania promieniowania słonecznego. Występują folie z naniesioną warstwą antywirusową bądź też antystatyczną. W szczególności zaleca się je do krycia pomieszczeń, gdzie prowadzi się szczepienie i namnażanie roślin.

Materiałem, który ma gorsze właściwości przenikania światła, ale lepsze właściwości izolacyjne, są wielowarstwowe płyty z tworzyw sztucznych. Najczęściej spotykane są płyty z poliwęglanu (PC), polichlorku winylu (PVC) oraz polimetakrylanu (PMMA). Wraz ze wzrostem ilości warstw pogarsza się przepuszczalność światła (10 do 20%), ale ulegają poprawie właściwości izolacyjne, które przykładowo dla płyty PC są aż 2-3 krotnie większe (płyta 2 i 3 warstwowa). Z tego względu płyty te zalecane są do krycia ścian bocznych oraz wypełniania miejsc narażonych na częste uderzenia (drzwi, ściany działowe z pomieszczeniami, w których utrzymywana jest niższa temperatura). W celu poprawy przepuszczalności promieniowania świetlnego płyt wielowarstwowych wprowadzane są na rynek jako nowość płyty harmonijkowe, które nawet do kilku procent poprawiają ten parametr. Przy stosowaniu płyt wielowarstwowych należy pamiętać, że materiały, z których wykonane są płyty, przepuszczają parę wodną, przez co kanaliki znajdujące się w dolnej części płyty winny być otwarte, aby mógł odpływać kon-

densat. Ponadto używane do krycia obiektów płyty cechują się dużą rozszerzalnością cieplną, stąd należy parametr ten uwzględnić przy montażu.

Istotnym czynnikiem mającym duży wpływ na jakość i wielkość plonu jest występujący wewnątrz szklarni mikroklimat. Ważny jest tu rozkład temperatur, wilgotność, zawartości CO₂ oraz ruch powietrza, szczególnie w strefie wegetacji roślin. Wiele cennych uwag dotyczących ogrzewania szklarni można znaleźć w literaturze [Adamicki i in. 2005; Kurpaska 2007; Rutkowski 2009a; Rutkowski 2009b; Rutkowski 2009c]. Analizując jednostkowe zużycie ciepła w wielu obiektach ogrodniczych w odniesieniu do warunków zewnętrznych zauważa się, że jest ono bardzo zróżnicowane. Przyczyn istniejącego stanu jest wiele. Szczegółowe wyniki odnoszące się do konstrukcji, materiałów pokryciowych, systemów grzewczych można znaleźć w wielu publikacjach autora [Rutkowski 2005a; Rutkowski 2005b]. Z prowadzonych badań wynika, że wielu producentów nie jest świadomych istniejących strat energetycznych. Dopiero po zamontowaniu aparatury pomiarowej i analizie wyników przekonują się oni o celowości opomiarowania szklarni a w konsekwencji wskazania miejsc i przyczyn istniejących strat ciepła oraz występujących zaburzeń w procesie produkcyjnym [Rutkowski 2010b]. Spośród kilkudziesięciu odwiedzonych gospodarstw zajmujących się produkcją szklarniową tylko w jednym z nich uwzględniono poprawność pokrycia elementów grzejnych. Należy pamiętać, że w zależności od umieszczenia elementów grzejnych, winny one być pokryte lakierem o małej bądź też wysokiej emisyjności [Rutkowski 2008b]. Straty z tego tytułu mają charakter zarówno energetyczny, jak też produkcyjny i ekologiczny. Wyższa temperatura liści w porównaniu do temperatury otoczenia to gwarancja wyższego i lepszej jakości plonu oraz lepszej zdrowotności uprawianych roślin.

Odpowiednio dobrany system grzewczy dla danego obiektu oraz jego prawidłowe działanie to zapewnienie prawidłowego mikroklimatu oraz możliwość silnego oddziaływania na proces produkcyjny. Dziesiątki obiektów budowanych w Polsce, pochodzących z obrotu wtórnego, posiada szereg podstawowych wad z zakresu ogrzewania i sterowania procesem grzewczym [Rutkowski 2008b]. Najczęściej stosowanymi systemami grzewczymi w obiektach pod osłonami są układy wodne rurowe. W celu uzyskania odpowiedniego mikroklimatu w strefie wegetacji roślin rury grzewcze najczęściej umieszczone są:

- na ścianach bocznych szklarni,
- w górnej części szklarni (nad roślinami), tzw. ogrzewanie górne,
- w dolnej części szklarni, tzw. ogrzewanie dolne,
- wegetatywne nad podłożem lub w podłożu,
- wegetatywne ruchome między rzędami roślin.

Boczny system ogrzewania tworzą rury grzejne ułożone wzdłuż bocznych i szczytowych ścian szklarni. Dzięki temu zapobiega się przedostawaniu się do obszaru wegetacyjnego zimnego powietrza spływającego wzdłuż dachu i ścian

bocznych szklarni ku dołowi. W tym obwodzie grzewczym, w zależności od warunków zewnętrznych, stosuje się wyższe temperatury grzewcze, tym samym znaczna ilość energii przekazywana jest drogą promieniowania. Aby uniknąć strat ciepła w kierunku ścian bocznych, należy w dolnej części szklarni za grzejnikami umieścić ekrany zagrzejnikowe oraz zewnętrzną pobocznicę rur grzewczych pokryć brązem aluminiowym. Tym sposobem ograniczymy wielkość strat ciepła przekazywaną przez promieniowanie w kierunku zewnętrznym.

W systemie górnego ogrzewania rurowego rury grzejne umieszczone są nad roślinami. Promieniowanie ciepłe skierowane jest wówczas ku dołowi oraz ku górze, co jest efektem niekorzystnym, gdyż ogrzewana jest górna część szklarni. Aby ograniczyć straty ciepła przekazywanego drogą promieniowania w kierunku dachu, postępujemy podobnie jak w przypadku malowania elementów ogrzewania bocznego [Rutkowski 2008d]. Ogrzewanie górne powoduje zacienianie roślin, co jest niekorzystne w okresie zimowym, ale z drugiej strony, przy tym systemie występuje korzystniejszy rozkład temperatur w strefie wegetacji roślin [Rutkowski 2009c; Wojciech 2010].

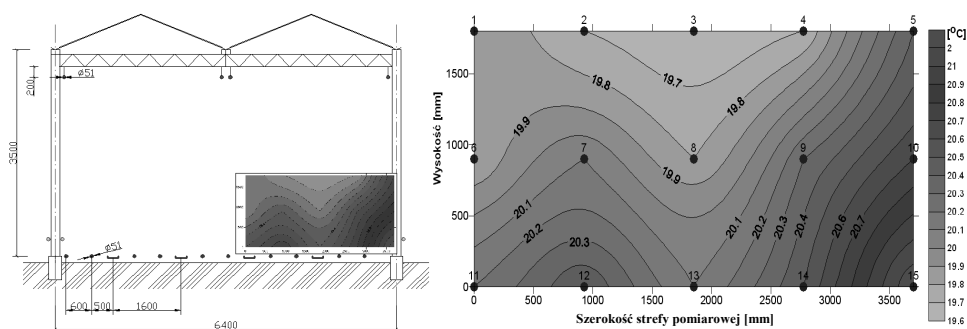
W przypadku rurowego ogrzewania dolnego rury grzejne umieszczone są dokładnie w strefie roślin wzdłuż zagonów lub traktów komunikacyjnych, przy czym jeżeli ułożone są one bezpośrednio między roślinami lub na stołach pomiędzy doniczkami, to wtedy mamy do czynienia z ogrzewaniem dolnym wegetacyjnym.

W wielu nowych obiektach stosuje się ogrzewanie wegetacyjne, gdzie elementy grzewcze umieszczone są w gruncie. Ich zagłębienie, temperatura oraz średnica ma decydujący wpływ na mikroklimat glebowy. O tym, jak ważny jest to problem, świadczą liczne doniesienia naukowe [Kurpaska 1995]. Ogrzewanie szklarni poprzez elementy grzejne umieszczone w glebie ma wiele zalet zarówno z punktu oszczędności ciepła, jak też gospodarki powietrzno-wodnej występującej w podłożu uprawianych roślin. Zastawanie ogrzewania gruntowego w szklarni wymaga kompleksowego rozwiązania w zakresie gospodarki wilgotnościowo-ciepłej, a przede wszystkim niezawodnej automatyki. Stosując ten system z zachowaniem podstawowych zasad konstrukcyjno-eksploatacyjnych, możemy spodziewać się znacznych oszczędności ciepła, jak też poprawy mikroklimatu, który przyczyni się do zwiększenia ilości i jakości plonu.

Obecnie w celu uzyskania korzystnego rozkładu temperatur wewnątrz szklarni stosuje się wieloobwodowe systemy grzewcze [Rutkowski 2009c]. Zainstalowanie w obiekcie wieloobwodowych systemów grzewczych posiada niewątpliwe zalety polegające na lepszej regulacji temperatury wewnątrz obiektu, wymuszeniu ruchów konwekcyjnych powietrza, zapewnieniu równomiernego rozkładu temperatur wokół roślin (temperatura wokół roślin winna być wyższa niż pod dachem). Wieloobwodowy system grzewczy, z niezależnym sterowaniem oraz zróżnicowaną bezwładnością cieplną, umożliwia utrzymanie w miarę stabilnych warunków mikroklimatu wewnętrznego przy szybkich zmianach mikroklimatu zewnętrznego [Rutkowski 2009c].

Przedstawione powyżej systemy grzewcze i ich krótka ocena dotyczyła przede wszystkim rozkładu temperatur w strefie wegetacji roślin i możliwości prowadzenia energooszczędnej gospodarki szklarniowej (rys. 6). Pozostaje jeszcze jeden czynnik, który w ostatnim okresie nabiera coraz ważniejszego znaczenia, a jest nim ruch powietrza w strefie wegetacji roślin. Śledząc oddziaływanie systemów grzewczych na ruch powietrza w szklarni, zauważa się, że występują w poszczególnych strefach szklarni dość znaczne różnice [Wojciech 2010]. Jest to szczególnie ważne w tych obiektach, gdzie stosuje się dokarmianie roślin CO_2 . Nadmierny i nierówny ruch powietrza powoduje zwiększone zużycie CO_2 oraz nie zapewnia jednakowego dostępu uprawianym roślinom do dostarczanego składnika nawozowego, a równocześnie jest przyczyną zróżnicowanej wilgotności powodującej ogniska chorobowe. Stąd też w ogólnej ocenie dodatkowego wyposażenia szklarni taka analiza winna mieć miejsce, o czym wspomina wielu autorów [Krzesiński 2002; Rutkowski i in. 2008c; Wysocka-Owczarek 2001]. Reasumując, można stwierdzić, że stosując wymienione powyżej systemy grzewcze, należy pamiętać, że ich wydajność, temperatura i bezwładność winny uwzględniać następujące warunki:

- ściany boczne muszą być wystarczająco osłonięte,
- zasadniczą część zapotrzebowania ciepła winien pokrywać system ogrzewania umieszczony poniżej i w strefie wegetacji roślin; zapewnia to wyrównany rozkład temperatur i wilgotności w szczególności w okresach dużych różnic temperatur,
- pozostałą część maksymalnego zapotrzebowania ciepła winien pokrywać system ogrzewania górnego, który równocześnie stanowi osłonę przed napływem strumieni zimnego powietrza od góry.



Źródło: Wojciech 2010

Rys. 6. Rozkład temperatur w strefie wegetacji roślin

Rodzaj systemu ogrzewania oraz układ regulacji uwzględniający zróżnicowanie temperatur, tym samym formę przekazywania ciepła (konwekcja, promieniowanie), wpływa głównie na intensywność wymiany powietrza w strefie wegetacji roślin oraz stosunek temperatury roślin do temperatury powietrza.

Aby zrealizować powyższe zalecenia należy uwzględnić następujące zasady:

- jednocześnie ogrzewanie i wentylowanie szklarni, co jest jednak dosyć energochłonne, ale w określonych warunkach uzasadnione,
- zmniejszenie wilgotności w strefie wegetacji roślin przez zastosowanie odpowiednich systemów ogrzewania, takich jak, np. ogrzewanie wegetacyjne, ogrzewanie powietrzne przy użyciu rękawów foliowych umieszczonych w strefie roślin lub ogrzewanie podstolowe przy zastosowaniu ażurowych powierzchni stołów (konstrukcja rurowa i stoły kratowo-rusztowe),
- mieszanie powietrza w strefie roślin, np. za pomocą właściwie rozmieszczonego systemu ogrzewania, zastosowanie dodatkowych wentylatorów mieszających,
- stosowanie metod nawadniania zapewniających oszczędne zużycie wody i jednocześnie ograniczających jej parowanie z gleby, podłoża i stołów. Powierzchnie parowania muszą być ograniczone do minimum,
- dobra regulacja ogrzewania utrzymująca temperaturę na właściwym poziomie zależnie od warunków zewnętrznych czy też podczas otwierania ekranów termoizolacyjnych,
- przestrzeganie wymogów związanych z podlewaniem roślin,
- stosowanie regulowanej wentylacji wymuszonej (zapewniającej przy użyciu wymienników ciepła) wymianę ciepła między powietrzem nawiewnym i wywiewnym przy zachowaniu odpowiedniej koncentracji CO₂,
- stosowanie urządzeń zmniejszających wilgotność powietrza, np. specjalnie do tego celu wykorzystywanie pomp ciepłych.

Zastosowanie ostatniego z wymienionych środków budzi pewne wątpliwości w zakresie ponoszonych kosztów. Nie mniej jednak coraz częściej wymienione pompy ciepła znajdują zastosowanie w produkcji pod osłonami do ogrzewania i chłodzenia i mogą być równocześnie wykorzystywane do wyżej wymienionych celów.

W trakcie przerw technologicznych powinno być przeprowadzane mycie osłon wewnętrznych szklarni. Myje się je za pomocą specjalnego agregatu wytwarzającego wysokie ciśnienie przemieszczającego się samoczynnie wzdłuż naw. Komputer wewnątrz urządzenia ustawia szybkość przesuwu oraz proporcje środka myjącego i wody. Ruchoma głowica, znajdująca się w górnej części jednostki, obejmuje zasięgiem określoną wcześniej część dachu. Mycie powierzchni dachu po stronie zewnętrznej winno być wykonywane w sposób ciągły (sterowane mikroprocesorem) jeśli tylko pozwalają na to warunki zewnętrzne.

Wczesny plon można uzyskać jedynie przy prawidłowym rozwoju roślin, co w zimowych warunkach nie jest proste. W dużej mierze efekty produkcyjne zależą zatem od sztucznego doświetlania. Coraz chętniej zatem sięga się po nowe, energooszczędne typy lamp. Natężenie światła oraz czas doświetlania jest zależny od gatunku uprawianych roślin oraz ilości dwutlenku węgla w otaczającej go atmosferze. Należy rozróżnić dwa terminy dotyczące tego typu oświetlenia: naświetlanie, czyli uzupełnianie sztuczne światła dziennego, oraz doświetlanie, czyli stosowanie w 100% oświetlenia sztucznego. Owoce, przy produkcji których stosuje się sztuczne światło, cechuje większa zawartość cukrów przy znacznie mniejszej ilości związków azotowych oraz kwasów. Dodatkowym oświetleniem można zatem przyspieszyć termin zbiorów, gdyż większa jego ilość powoduje wzrost asymilacji dwutlenku węgla. Zaobserwowano, że doświetlanie na poziomie 10 klx pozwoliło na zwiększenie plonu do 90 kg·m⁻².

Możemy zatem, w oparciu o monitoring warunków zewnętrznych, obliczyć, jak długo powinno wynosić doświetlanie. W okresie wiosennym powinno to być 9-14 godzin na dobę. Roślina pomidora dla wytworzenia 1 kg owocu potrzebuje około 22 MJ w zakresie PAR.

Na rynku pojawia się coraz lepsza oferta dotycząca lamp. Cechują się one coraz mniejszym zużyciem energii elektrycznej i mniejszą ilością wydzielanego ciepła. Dzięki elektronicznym układom zapłonowym są one mniejsze i lżejsze. Mogą ważyć nawet około 3 kg, podczas gdy starsze typy z elektromagnetycznym układem zapłonowym ważyły ponad 10 kg. Zaletą nowych lamp jest też regulacja ilości emitowanego światła i brak wrażliwości na zmiany napięcia w sieci. Znajdziemy rozwiązania lamp o mocy do 1000 W, o dłuższej żywotności (np. Philips gwarantuje pracę przez 10 tys. godzin).

Istotnym czynnikiem decydującym o efektywności produkcji jest zachowanie stabilności i powtarzalności procesu. Możemy to osiągnąć przez dokładne śledzenie i sterowanie procesem. Do realizacji tego procesu należy włączyć najnowsze osiągnięcia elektroniki i informatyki.

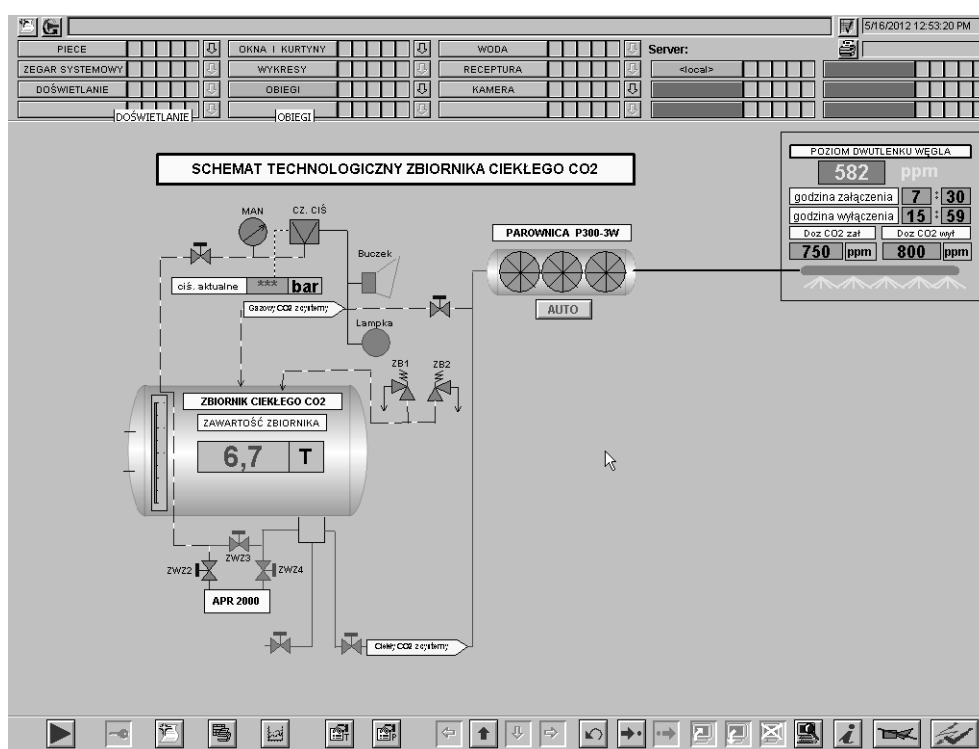
Jak już wspomniano, jednym z istotniejszych zagadnień w obiektach szklarniowych są systemy grzewcze, na które składają się układy: wytwarzania i dystrybucji ciepła, sterowania i układów pomiarowych. Systemy te powinny charakteryzować się dużą niezawodnością i pewnością działania, połączoną z możliwością szybkiej reakcji na zmieniające się warunki zewnętrzne. Istotnym warunkiem poprawności działania takich systemów jest ich odporność na przepięcia i zaniki w zasilaniu, co często ma miejsce w zakładach produkcyjnych oddalonych od głównych linii energetycznych. Do pomiaru temperatury zarówno w obiektach produkcyjnych, jak też w stacjach przygotowania pożywki czy kotłowniach, obecnie najczęściej stosuje się rezystancyjne czujniki temperatury oparte na platynie Pt 100 wykonane w klasie dokładności A. Ze względu na bardzo korzystną relację ceny do jakości czujników platynowych oraz łatwość ich integracji z systemami automatyki, odchodzi się od klasycznych termistorów czy

termometrów kontaktowych. W zależności od miejsca pomiaru różnicujemy bezwładność czujnika pomiarowego, kierując się jego wykonaniem i charakterystyką bezwładnościową podaną przez producenta. Przy doborze czujników pomiarowych, zwłaszcza do pomiaru temperatury, należy pamiętać o długości linii kablowych, które mają duży wpływ na błąd całego toru pomiarowego. Aby tego uniknąć, stosuje się rozwiązania, w których przetwornik temperatury zamontowany jest bezpośrednio przy czujniku (w główce pomiarowej). Coraz częściej stosuje się cyfrowe czujniki pomiarowe, które komunikują się z systemem pomiarowym za pomocą cyfrowych protokołów komunikacyjnych (profibus, canbus, inne). Rozwiązanie takie umożliwia podłączenie do jednej cyfrowej linii kablowej dużej ilości czujników i zbieranie dodatkowych informacji o stanie czujnika. Zastosowanie przetwornika w główce umożliwia łatwą korektę wartości, najczęściej za pomocą dedykowanego programatora lub komputera serwisowego. Taka metoda kalibracji weryfikuje cały tor pomiarowy. Dobrą praktyką inżynierską są planowe prace kalibracyjne (np. co sześć miesięcy), wykonane dla całego toru pomiarowego łącznie z kartą w sterowniku czy komputerze klimatycznym. Doskonale do tego nadają się przenośne piecyki kalibracyjne, umożliwiające wykonanie kalibracji na obiekcie. Dla zakresu niskich temperatur używamy minikolorów chłodniczych [Rutkowski 2011].

Dotychczas w stosowanych urządzeniach do pomiaru solaryzacji w procesie dokarmiania roślin stosowano zwykle fotoelementy (najczęściej fotorezystory). Wadą tych rozwiązań jest to, iż nie rozróżniają one długości fal światła. Mierzą one całe spektrum świetlne zakładając, że światło aktywne fotosyntetycznie o długości fali 400-700 nm jest integralną częścią światła słonecznego. Najnowszym osiągnięciem technicznym są czujniki mierzące strumień fotonów w paśmie 400-700 nm, padających na jednostkę powierzchni w jednostce czasu ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) [Rutkowski 2010b]. Zakres spektralny czujnika wynosi 400-660 nm, zaś zakres pomiarowy $0\text{-}5000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Najczęściej spotykanym urządzeniem, pozwalającym na zmianę temperatury czynnika grzewczego krążącego w układzie grzewczym, był zawór trójdrogowy o zmiennym położeniu przepustnicy. Jako układy pompowe współpracujące z tymi systemami grzewczymi były wykorzystywane pompy kilkubiegowe lub kaskada kilku pomp połączonych równolegle w celu zapewnienia odpowiedniego przepływu. Obecnie coraz częściej w nowoczesnych systemach dystrybucji ciepła wykorzystuje się przetwornice częstotliwości (falowniki), służące do zmiany charakterystyk pomp obiegowych poprzez płynną regulację obrotów silnika pompy. Systemy sterowania oparte na klasycznych rozwiązaniach z zastosowaniem zaworów trójdrogowych wspomaganych regulatorami sterującymi, gdzie elementem wykonawczym jest pompa z płynną regulacją obrotów, pozwalają na dużą elastyczność systemu, umożliwiając precyzyjną regulację temperatury. Poprzez zastosowanie przetwornic częstotliwości mamy możliwość płynnej regulacji bezwładnościowej układów grzewczych, co bezpośrednio przekłada się na zużycie ciepła w obiekcie.

W nowoczesnych obiektach szklarniowych dla obserwacji wzrostu i rozwoju roślin wykorzystuje się najnowsze zdobycze techniki pozwalające na archiwizację danych umożliwiające ich późniejszą analizę. Proces ten nazywamy fitomonitoringiem. Średnio raz w tygodniu dokonywany jest pomiar przyrostu, średnicy pędów, wysokości, na której zakwita grono. Dokonywany jest zapis ilości i wielkości grona. Równolegle prowadzony jest zapis warunków mikroklimatu oraz procesu nawożenia (rys. 7). Całościowa okresowa analiza uzupełniona metodami graficznymi pozwala na wyciąganie wstępnych wniosków. Analiza długofalowa pozwala na wprowadzanie odpowiednich korekt jak też przewidywanie terminu i wysokości zbiorów. Coraz częstsze jest wykorzystywanie nowoczesnych systemów wizyjnych do obserwacji procesów. Nowością w tym zakresie są lampy wysokiej mocy (1000 W) używane jako lampy błyskowe. Krótkotrwały błysk trwający 10 milisekund następujący w odstępach 100 milisekund nie powoduje wzrostu temperatury, co jest bardzo istotnym czynnikiem przy obserwacji wybranej rośliny.



Źródło: Rutkowski, Grodny 2010b

Rys. 7. Panel sterowania mikroklimatem oraz nawożeniem roślin

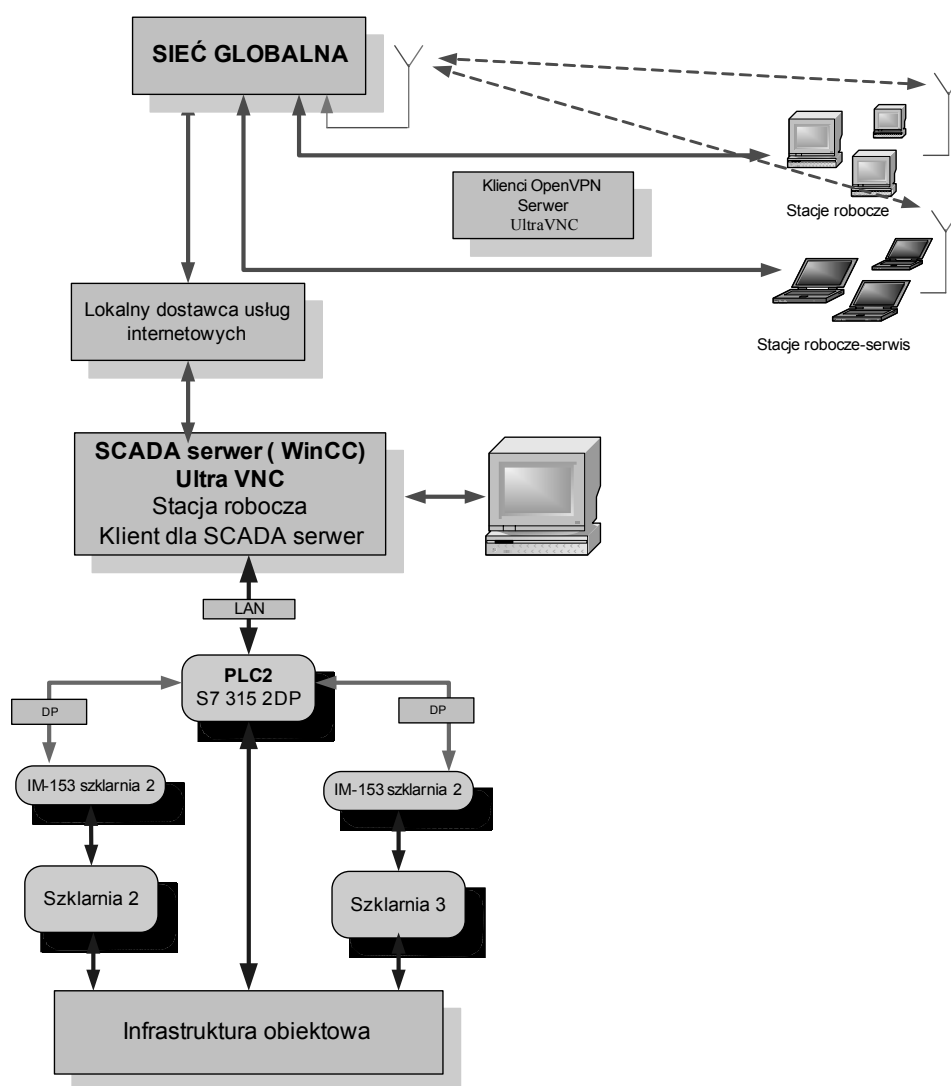
Zdalne sterowanie parametrami technologicznymi urządzeń stosowanych w obiektach szklarniowych staje się obecnie standardem umożliwiającym na bieżąco podejmowanie decyzji i wprowadzanie ich do procesu produkcji (rys. 8). Zadaniem takiego rozwiązania jest umożliwienie przejrzystej i ergonomicznej wizualizacji oraz stworzenie możliwości wprowadzenia zmian w urządzeniach wykonawczych z poziomu operatorskiego [Rutkowski 2011]. Całościowy i szybki obraz nastaw pozwala na śledzenie efektów zmian i bieżącą korektę parametrów w oparciu o dane archiwalne zapisywanie w pamięci sytemu. Projekt taki powinien mieć cechy systemu otwartego, co umożliwia łatwą integrację z nowymi urządzeniami i całą infrastrukturą techniczną gospodarstwa ogrodniczego. System ten powinien mieć możliwość zdalnego sterowania z dowolnego punktu poprzez łącza internetowe. Przykładem takiego rozwiązania jest wdrożony i uruchomiony przez zespół autora system sterowania i wizualizacji w obiekcie szklarniowym o powierzchni 2 ha [Rutkowski 2010b].

Zakres prac obejmował kompleksową modernizację sytemu sterowania, w skład w którego wchodziło:

- sterowanie i wizualizacja kotłów grzewczych wraz z systemem układu grzewczego,
- sterowanie i wizualizacja mikroklimatem w szklarni,
- sterowanie systemem dokarmiania roślin,
- archiwizacja danych procesu technologicznego,
- wizualizacja oraz sterowanie poprzez globalną sieć Internet.

W opisywanym obiekcie system sterowania oparty jest na sterownikach PLC S-7 firmy Siemens (ang. *Programmable Logic Controller*). Każdy ze sterowników wyposażony jest w układy wejściowe i wyjściowe do podłączania zestandaryzowanych fizycznych sygnałów automatyki. W obiekcie tym sterowniki dodatkowo wykorzystują system rozproszonego sterowania za pomocą przemysłowej sieci Profibus-DP. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwala na szybką i ekonomiczną komunikację pomiędzy sterownikami przemysłowymi a rozproszonymi urządzeniami wejścia-wyjścia, ograniczając znacznie ilość okablowania strukturalnego, mającego bezpośredni wpływ na koszt wdrożenia systemu. Na serwerach została zainstalowana SCADA (ang. *Supervisory, Control And Data Acquisition*) firmy Siemens WinCC wersja 6.2, której zadaniem jest zbieranie aktualnych danych o stanie obiektu (pomiarów), ich wizualizacja, alarmowanie oraz archiwizacja danych. Dla uzyskania przejrzystości system składa się z kilkunastu masek technologicznych, które uporządkowano według ważności czynników, mających wpływ na efektywność prowadzonego procesu produkcji. Na rysunku 7 przedstawiono przykładową maskę technologiczną opisywanego obiektu szklarniowego z funkcjonalnym podziałem na różne obszary. Dodatkowo na jednym z serwerów zostało zainstalowane oprogramowanie OpenVPN Server, służące do tworzenia połączenia pomiędzy siecią lokalną a zdalnymi stacjami roboczymi za pomocą Internetu. Do komunikacji pomiędzy serwerami a stacjami klienckimi

wykorzystano sieć LAN ze standardowym protokołem TCP/IP. Korzystanie z OpenVPN sprowadza się do uruchomienia klienta OpenVPN na komputerze posiadającym dostęp do Internetu i utworzenie wirtualnego połączenia z siecią lokalną (obiekt szklarniowy). Wykorzystanie sieci wirtualnej pozwala na dostęp do zasobów sieci lokalnej z każdego miejsca na świecie z dostępem do Internetu.



Źródło: Rutkowski, Grodny 2010b

Rys. 8. Schemat ideowy systemu zdalnego sterowania obiektem

Do szyfrowania danych i autoryzacji komputerów w sieci zbudowanej za pomocą OpenVPN wykorzystywane są protokoły SSL/TLS oraz system certyfikatów generowanych na serwerze. Zaprojektowany system umożliwia zdalne przejęcie pulpitu danego komputera oraz łatwe przysyłanie plików pomiędzy komputerami. Przejęcie pulpitu umożliwia podgląd i sterowanie procesem ze zdalnych stacji klienckich bez dodatkowego instalowania oprogramowania na komputerach. Zdalną stacją kliencką może być dowolne urządzenie z dostępem do Internetu (laptop, telefon komórkowy, inne). Rozwiązanie to ogranicza ilość danych przysyłanych do komputera (tylko obraz pulpitu). Zastosowanie powyższych technologii informatycznych umożliwia zarządzającemu stałą kontrolę i sterowanie przebiegiem procesu z dowolnego punktu na świecie bez konieczności dojazdu do obiektu. System ten pozwala również zdalnie świadczyć usługi serwisowe, diagnozować a nawet usuwać usterki bez konieczności dojazdu do obiektu. Na rysunku 8 przedstawiono schematycznie ideę działania systemu.

Bibliografia

- Adamicki F., Nawrocka B.** (2005): Integrowana produkcja ogórków pod osłonami. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa.
- Bakker J.C., Bot G.P.A., Challa H., Van de Braak N.J.** (1995): Greenhouse climate control an integrated approach. Wageningen Pers, Wageningen.
- Beck D., Sady W., Wojtaszek T.** (1990): Wpływ temperatury powietrza i strefy korzeniowej na wybrane aspekty wzrostu i rozwoju pomidora. *Postępy Nauk Rolniczych*, 3, 39-57.
- Bredenbeck H.** (1989): Energy saving greenhouses system with solar energy. *Acta Horticulturae*, 245, 300-306.
- Dabbene F., Gay P., Tortia C.** (2003): Modeling and Control of Steam Soil Disinfestations Processes. *Biosystems Engineering*, 84(3), 247-256.
- Gaziński B.** (2005): Technika klimatyzacyjna dla praktyków. Komfort cieplny, zasady obliczeń i urządzenia. Systherm, Poznań. ISBN: 83-87982-66-0.
- Grabarczyk S.** (2008): Zyski ciepła od promieniowania słonecznego w szklarni z ekranem termoizolacyjnym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej: Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 47, 145-150.
- Henten van E.J.** (1994): Greenhouse climate management: an optima control approach. Ph.D. Dissertation, Agricultural University Wageningen.
- Kurpaska S.** (1995): Wpływ początkowej wilgotności gleby na współczynnik wnikania ciepła między glebą a otaczającym powietrzem. *Zeszyty Prob. Post. Nauk Rol.*, 426, 128-135.
- Kurpaska S., Latała H., Michałek R., Rutkowski K.** (2004): Funkcjonalność zintegrowanego systemu grzewczego w ogrzewanych tunelach foliowych. PTIR, Kraków. ISBN: 83-917053-1-5.
- Kurpaska S.** (2007): Szklarnie i tunele foliowe, PWRiL, Poznań. ISBN: 978-83-09-01024-1.
- Kowalczyk J., Bieganowski F.** (2000): Mechanizacja Ogrodnictwa, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne. ISBN:83-02-07879-3.

- Krzesiński W.** (2002): Jak uzyskać 55 kg/m² – cz. II temperatura, dwutlenek węgla, wilgotność powietrza, *Hasło Ogrodnicze*, 12, 81-84.
- Latała H.** (2005): Wpływ ekranów cieniujących na warunki świetlne w tunelu foliowym. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 109-118.
- Libik A., Starzecki W., Szubski J.** (1996): Technologia dokarmiania upraw szklarniowych dwutlenkiem węgla przy zastosowaniu prototypowego systemu EUDW-2. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Rolniczych*, 429, 195-2001.
- Rutkowski K., Borcz J.** (2005a): Analiza przydatności produkcyjnej obiektu szklarniowego, *Inżynieria Rolnicza*, 10, 229-239.
- Rutkowski K., Borcz J.** (2005b): Podstawy teoretyczne oceny przydatności produkcyjnej obiektów szklarniowych, *Inżynieria Rolnicza*, 10, 321-327.
- Rutkowski K.** (2006): Energetyczno-ekonomiczne aspekty uprawy pomidora w różnych obiektach szklarniowych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(81), Kraków, 223-231.
- Rutkowski K., Wojciech J.** (2008a): Nakłady energetyczne na produkcję pomidora w szklarniach zblokowanych. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 257-262.
- Rutkowski K.** (2008b): Analiza energetyczna wybranych typów szklarni. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 249-257.
- Rutkowski K., Wojciech J.** (2009a): Wpływ wysokości szklarni na zużycie ciepła. *Inżynieria Rolnicza*, 5(114), Kraków, 303-310.
- Rutkowski K.** (2010c): Analiza energetyczno-technologiczna szklarni. *Inżynieria Rolnicza*, 2(120). Kraków, 157-162.
- Rutkowski K., Wojciech J.** (2009c): Reakcja istniejących systemów grzewczych w szklarni na zmieniające się warunki zewnętrzne. *Inżynieria Rolnicza*, 8(117), Kraków, 167-174.
- Rutkowski K.** (2010a): The technical and technological analysis of glasshouses suitability in the aspect of the market rules. Part I Methodical principles. *Media4u Magazine* 1, 145 -147.
- Rutkowski K., Grodny K.** (2010b): Sterowanie oraz wizualizacja procesem technologicznym w obiektach szklarniowych. *Inżynieria Rolnicza* 3(121), 171-176.
- Rutkowski K.** (2011): Ekspertyza nt. Najnowsze technologie i rozwiązania techniczne w produkcji pod osłonami wykonana na zlecenie Sieci Naukowej „AgEngPol”. Ekspertyza.
- Rutkowski K.** (2011b): Ocena wydajności energetycznej wymiennika gruntowego pompy ciepła w dwóch różnych konfiguracjach. *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 179-186.
- Sady W.** (1987): Wpływ składu mineralnego pożywki i wybranych czynników agrotechnicznych na wzrost i plonowanie pomidora w uprawie CKP. *Zeszyty Nauk. AR w Krakowie*, Seria: Rozprawy, 75-83.
- Wojciech J.** (2010): Wpływ konstrukcji i wyposażenia na zużycie ciepła w obiektach szklarniowych. Praca magisterska, UR Kraków, Wydz. Inż. Prod. i Energetyki, Maszynopis.
- Wysocka-Owczarek M.** (2001): Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna. Wydanie III poprawione i uzupełnione. Hortpress Sp. z o.o. Warszawa. ISBN: 83-86384-84-0.
- Zabeltitz Ch. Von.** (1991): Szklarnie: projektowanie i budowa. PWRiL, Warszawa. ISBN: 83-09-01471-6.
- Zwart de H.F.** (1996): Analyzing energy-saving options in greenhouse cultivation using simulation model. PhD, Wageningen University.

AKTUALNE PROBLEMY Z JAKOŚCIĄ SUROWCA NA PRODUKTY Z ZIEMNIAKA

Zygmunt Sobol

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wstęp

Coraz częściej naruszane jest bezpieczeństwo żywności, która wchodzi w skład naszej podstawowej diety. O bezpiecznej żywności w dużej mierze decyduje jakość surowca. Ziemniak jest surowcem do wielu produktów żywnościowych. Obecnie największe zagrożenie dla zdrowia człowieka, wynikające ze stosowanej diety, w skład której wchodzi produkty z ziemniaka, wiąże się z występowaniem w nich akrylamidu. Akrylamid powstaje w temperaturze powyżej 120°C na skutek reakcji Maillarda, zachodzącej pomiędzy asparaginą a fruktozą i glukozą [Friedman 2003]. Zawartość tego związku w produktach z ziemniaka jest dodatnio skorelowana z zawartością tych składników, temperaturą oraz czasem obróbki cieplnej. Akrylamid dla organizmu człowieka jest substancją rakotwórczą, genotoksyczną i neurotoksyczną [Żyżelewicz i in 2010]. Najwięcej tego związku zawierają produkty z ziemniaka takie jak chipsy, chrupki, frytki, placki, zapiekanki. Zawartość akrylamidu w tych produktach może osiągać ok. 3500 a nawet 12000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Friedman 2003]. W krajach przodujących gospodarczych UE, 65-90% ziemniaków wykorzystuje się do spożycia przez ludzi. Z tej masy, 30-40% ziemniaków spożywanych jest w postaci przetworów (susze, frytki, chipsy itd.). W Polsce, wzorem tych krajów, systematycznie rośnie produkcja oraz spożycie wyrobów z ziemniaka. Niezależnie od zmian w strukturze upraw, jak i zagospodarowania, ocenia się, że w naszych warunkach klimatycznych istnieje konieczność przechowywania nawet 95% plonu bulw [Sowa-Niedziałkowska 2004]. Najdłużej, bo nawet powyżej 9 miesięcy, przechowuje się bulwy przeznaczone na wyroby smażone (frytki i chipsy), gdyż proces produkcyjny tych wyrobów trwa prawie cały rok, z krótką przerwą – przeznaczoną na remonty zakładu – w miesiącu lipcu [Lisińska 2006]. W trakcie długotrwałego przechowywania w bulwach ziemniaka zachodzą procesy (oddychanie, transpiracja i kiełkowanie), w wyniku których następują zmiany jakościowe [Zgórska, Sowa-Niedziałkowski 2005] oraz

ilościowe, polegające między innymi na zmniejszeniu wyjściowej masy bulw [Kuźniewicz-Czerko i in. 1992; Sowa-Niedziałkowska 2000, 2002, 2003; Zgórska i in. 2006]. Bulwy tracą również jędrność, przyrostowi ulega zawartość suchej masy. Ciągłe jeszcze uważa się, że z wszystkich procesów zachodzących w bulwach ziemniaka podczas przechowywania największe znaczenie ekonomiczne ma transpiracja [Chourasia i in. 2004, 2006a,b]. Zmiany wynikające z nadmiernej transpiracji bulw ziemniaka negatywnie wpływają na wiele cech decydujących o ich wartości konsumpcyjnej i przetwórczej. Podstawowym parametrem, decydującym o intensywności procesu transpiracji, jest temperatura przechowywania. Zastosowanie niskiej temperatury (ok. 4°C) znacząco obniża intensywność tego procesu, ale jednocześnie powoduje wzrost zawartości w bulwach cukrów redukujących. Fakt ten, w oparciu o najnowszą wiedzę dotyczącą powstawania akrylamidu w produktach z ziemniaków, zawierających nadmierną ilość cukrów redukujących, wymusza nowe spojrzenie na problem przechowywania bulw ziemniaka. By ograniczyć zawartość cukrów redukcyjnych w półproduktach z ziemniaka, stosuje się odmiany o niskiej zawartości tych związków, a zarazem mniej wrażliwości na tworzenie cukrów redukujących podczas przechowywania. Najistotniejszym jednak czynnikiem ograniczającym stężenie cukrów redukujących w bulwach jest odpowiednio wysoka temperatura ich przechowywania (6-12°C). Bulwy przechowywane w takich warunkach nadmiernie transpirują, a więc rośnie w nich zawartość suchej masy.

Istotnymi zabiegami w technologii wytwarzania wyrobów smażonych są: zabieg blanszowania oraz, coraz częściej stosowane, wmywanie cukrów z zewnętrznej warstwy półproduktów poprzez zastosowanie kilkudziesięciominutowej kąpieli wodnej o temperaturze niższej niż blanszowanie. Obydwa te zabiegi obniżają gęstości półproduktów. Z kolei na jakość sensoryczną produktów ma istotny wpływ gęstość półproduktów. Aby zminimalizować zawartość akrylamidu w produktach i jednocześnie zachować ich wysoką jakość sensoryczną, prowadzi się wiele badań podstawowych, które wyjaśniają mechanizmy zachodzące w surowcach, półproduktach i produktach na etapie ich produkcji.

Badania prowadzone przez autora w zakresie jakości surowca, jakim są bulwy ziemniaka, koncentrowały się wokół dwóch głównych celów, którymi były:

- wskazanie zagrożeń pogorszenia jakości bulw – w trakcie przechowywania – stanowiących surowiec dla spożywczego przemysłu przetwórczego ziemniaka,
- opracowanie alternatywnej metody rekondycjonowania bulw ziemniaka po długotrwałym okresie przechowywania.

Metodyka badań

Do badań zastosowano nową metodę przechowywania polegającą na założeniu, że poszczególne bulwy są uważane jako oddzielne obiekty badawcze. Bulwy

po zbiorze myto, selekcionowano, przyjmując do badań zdrowe i kształtne. Następnie określano stany początkowe badanych właściwości bulw. Nadawano bulwom identyfikujące je oznaczenia i przechowywano w pojedynczych warstwach na ażurowym podłożu [Sobol 2005a,b].

W badaniach, w których określano masy, objętości i gęstości posługiwano się wagą laboratoryjną WPS 510/C/1 wyposażoną w zestaw do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy. Pomiary prowadzono z dokładnością do 0,001 g [Sobol 2006c,d].

Do wyznaczania wartości sił wywołujących destrukcję skórki bulw oraz odkształceń, będących efektem działania tych sił, wykorzystano penetrometr statyczno-sprężynowy, o zmodyfikowanej przez autora konstrukcji i metodzie pomiaru [Sobol 2003, 2006a,b].

Wszystkie badania w tej części doświadczenia prowadzono tuż po zbiorze i w całym okresie przechowywania.

W badaniach dotyczących zmian masy, objętości i gęstości, powodowanych sorpcją wody, dokonywano pomiarów mas badanych obiektów w powietrzu i w wodzie. Badano całe bulwy oraz obiekty w kształcie słupków i plastrów wycięte z bulw. Słupki wycinano wzdłuż najdłuższej osi bulw, wyznaczonej pomiędzy częścią wierzchołkową a pępkową. Plastry kształtowano w kierunku poprzecznym do najdłuższej osi bulwy. Aby wyznaczyć powierzchnię sorpcji wody, wszystkie obiekty zwymiarowano z dokładnością do 0,1 mm. W odniesieniu do słupków prowadzono pomiar boków poprzecznego przekroju i długości, a w plastrach określano ich grubości i obie osie poprzecznego przekroju, przyjmując kształt przekroju przybliżony do elipsy. W celu pełniejszej charakterystyki „możliwości sorpcyjnych” badanych obiektów wyznaczano wskaźnik k_s , wyrażający stosunek powierzchni sorpcji do ich objętości [Sobol 2006e,f; 2007a,b]. Badania obejmujące zmiany gęstości półproduktów w wyniku sorpcji wody prowadzono w zakresie temperatur od 15 do 50°C i temperatur z zakresu blanszowania od 70 do 90°C.

W celu stwierdzenia wpływu przyjętych czynników na badane właściwości bulw ziemniaka i półproduktów, stosowano analizę wariancji w klasyfikacji wielokrotnej, a dla wyznaczenia grup jednorodnych, spośród testów post-hock zastosowano wielokrotny test rozstępu Duncana. Przebiegi zmian badanych właściwości od czasów: przechowywania i sorpcji wody – wyrażono modelami w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej. Do estymacji parametrów otrzymanych równań zastosowano algorytm Gaussa-Newtona.

Wyniki badań

Pierwsza grupa badań, dotycząca ryzyka pogorszenia jakości bulw w trakcie przechowywania, skutkowałą opracowaniem alternatywnej, dla dotychczas stosowanej, metody przechowywania ziemniaków dla celów badawczych [Sobol

2005a] oraz metody pomiaru sił, powodujących destrukcję skórki i towarzyszącemu destrukcji odkształceniu bulwy [Sobol 2003]. Posługując się tymi metodami, autor przeprowadził cykl badań, z których wynikają następujące wnioski i spostrzeżenia:

- okres przechowywania istotnie wpływa na zmiany następujących właściwości bulw ziemniaka: naprężeń powodujących destrukcję skórki, odkształceń towarzyszących destrukcji, ubytków naturalnych, strat powodowanych kiełkowaniem, gęstości, skurczu przechowalniczego.
- naprężenia niszczące bulwy ziemniaka przyjmują najmniejsze wartości w okresie spoczynku, a w końcowym okresie przechowywania osiągają wartości największe. Przebiegi zmian naprężeń niszczących od odkształceń względnych w całym okresie przechowywania można wyrazić równaniami wielomianów drugiego stopnia [Sobol 2006b].
- odkształcenia względne towarzyszące destrukcji skórki przyrastają od okresu zbioru aż do końca przechowywania. Odkształcenia względne w znacznym stopniu zależą od jędrności bulw, a ta zmniejsza się w wyniku transpiracji podczas przechowywania. Przebiegi zmian odkształceń względnych od czasu przechowywania można opisać równaniami logarytmicznymi [Sobol 2006b].
- ubytki naturalne bulw ziemniaka przyrastają w okresie przechowywania, a przebieg tych zmian można wyrazić wielomianami drugiego stopnia [Sobol 2005b]. Zasadniczy udział wśród tych ubytków stanowi transpiracja.
- z analizy strat spowodowanych kiełkowaniem można wnioskować, że stan uśpienia bulw trwał do stycznia. Przebieg strat spowodowanych kiełkowaniem w okresie przechowywania można wyrazić równaniami wykładniczymi [Sobol 2005a].
- w czasie przechowywania gęstość bulw ziemniaka rośnie. Wzrost gęstości bulw jest efektem strat naturalnych, a wśród nich największy udział ma transpiracja wody przez skórę i kielki. Przyrost gęstości w zależności od czasu przechowywania wyrazić można równaniami wielomianów drugiego stopnia [Sobol 2006d, 2007a].
- skurcz przechowalniczy bulw ziemniaka powodowany jest przez transpirację wody. Zmiany wartości skurczu przechowalniczego od czasu przechowywania można wyrazić za pomocą równań wykładniczych [Sobol 2006c].
- stopień dopasowania przyjętych modeli, opisujących przebiegi zmian ww. właściwości do wartości rzeczywistych, jest zadowalający. Uzyskane udziały wariancji wyjaśnionych dla przedstawionych modeli wynoszą od 0,586 do 0,996. Tylko w przypadku jednej kombinacji doświadczenia wartość ta wynosi 0,282.
- okres wegetacji w zasadniczy sposób decyduje o jakości surowca jakim są bulwy ziemniaka. Warunki meteorologiczne panujące podczas okresu wegetacji istotnie wpływają na przebieg zmian badanych właściwości. Po okresie wegetacji o niedostatecznej ilości opadów i wyższej temperaturze, zmniejszają się:

straty spowodowane kiełkowaniem, naprężenia powodujące destrukcję skórki, zwiększają się natomiast: ubytki naturalne, skurcz przechowalniczy, gęstość, odkształcenia względne towarzyszące naprężeniom destrukcyjnym.

- bulwy frakcji wielkościowo mniejszych ulegają większym: ubytkom naturalnym, skurczowi przechowalniczemu, odkształceniom względnym, przyrostowi gęstości. Bulwy mniejsze to bulwy młodsze, więc niedostateczny stopień skorkowacenia skórki przyczynia się do większej transpiracji, a zatem wzrostu powyższych właściwości. W początkowym i środkowym okresie przechowywania bulwy mniejsze ulegają destrukcji przy mniejszej wartości naprężeń niszczących, a w końcowym okresie wartość naprężeń niszczących bulwy małe wyrównuje się z bulwami większymi.
- nawozy mające zastosowanie w uprawie proekologicznej i integrowanej ziemniaka (zielone w postaci poplonu i biohumusy) powodują zmniejszenie: ubytków naturalnych, skurczu przechowalniczego, gęstości, natomiast nie mają istotnego wpływu na pozostałe właściwości.
- Potwierdzony został wpływ odmian ziemniaka na badane właściwości. Bulwy ziemniaka przyjętych do badań odmian różnią się wartościami analizowanych właściwości. W różnym stopniu kształtują się zmiany badanych właściwości podczas oddziaływania tych samych czynników.

Druga grupa badań obejmuje poszukiwanie skutecznej metody poprawy wybranych właściwości bulw, które uległy pogorszeniu na skutek transpiracji. W celu rekondycjonowania bulw po transpiracji z nich wody w długotrwałym okresie przechowywania, zastosowano proces sorpcji wody powodujący zbilansowanie powstałego deficytu. Z przeprowadzonych badań sformułowano następujące spostrzeżenia i wnioski:

- przyrosty masy i objętości obranych bulw ziemniaka, wynikające z absorpcji wody, zależą od czasu absorpcji, a ich przebiegi wyrazić można funkcjami logarytmicznymi [Sobol 2006e].
- ubytki gęstości obranych bulw ziemniaka, wynikające z absorpcji wody, przyrastają wraz z czasem absorpcji. Przebiegi tych zmian wyrazić można funkcjami logarytmicznymi [Sobol 2006f].
- ubytki gęstości obranych bulw ziemniaka, powodowane absorpcją wody zależą od czasu przechowywania. Najmniejsze ubytki gęstości związane z absorpcją wody wystąpiły w fazie głębokiego spoczynku bulw, a największe w końcowym okresie przechowywania (od czwartego do siódmego miesiąca przechowywania). Tak duża dynamika sorpcji wody w tym okresie może być spowodowana przemianami biochemicznymi (gotowością do kiełkowania i kiełkowaniem) oraz dużym deficytem wody będącym następstwem transpiracji. Przebiegi tych zmian wyrazić można wielomianami czwartego stopnia [Sobol 2007a].

- dopasowania wyznaczonych modeli, opisujących przebiegi zmian przyrostów masy i objętości oraz ubytków gęstości, są zadowalające. Tylko w przypadku dwóch kombinacji tego zakresu doświadczeń uzyskano udziały wariancji wyjaśnionych poniżej 0,5.
- na przyrosty masy i objętości oraz ubytki gęstości, powodowane absorpcją wody, istotny wpływ ma wielkość bulw ziemniaka. Wraz ze wzrostem wielkości bulw maleją: przyrosty masy i objętości oraz ubytki gęstości. Wielkość bulw ziemniaka jest dodatnio skorelowana z czasem ich wzrostu. W bulwach większych (starszych) procesy dyfuzyjne zachodzą z mniejszą dynamiką w porównaniu z bulwami mniejszymi.
- „zdolność sorpcyjna bulw” wyrażona przyrostami masy i objętości oraz ubytkami gęstości istotnie zależy od odmian ziemniaka.
- ubytki gęstości, wynikające z absorpcji wody, obiektów wyciętych z bulw ziemniaka w postaci słupków i plastrów, zależą od wskaźnika k_s , wyrażającego stosunek powierzchni sorpcji do objętości obiektów. Wraz ze wzrostem wartości wskaźnika k_s wzrasta wartość ubytków gęstości [Sobol 2007b]. Im większy wskaźnik k_s , tym większa liczba komórek (w tym samym czasie) bierze udział w procesach dyfuzyjnych.
- ubytki gęstości, wynikające z absorpcji wody, zależą od kształtu obiektów. Większe ubytki gęstości powstają w plastrach w porównaniu ze słupkami [Sobol 2007b]. Zmiany te wynikają z wartości wskaźnika k_s oraz większego udziału komórek miękiszu kory pierwotnej i miękiszu rdzeniowego w plastrach w stosunku do słupków, które w większości zawierają komórki rdzenia wewnętrznego (słupki formowano ze środkowej części bulwy).
- zmiany ubytków gęstości obiektów wyciętych z bulw zależą od czasu przechowywania bulw. Obiekty wycięte z bulw o dłuższym czasie przechowywania charakteryzują się większymi ubytkami gęstości [Sobol 2007b]. W bulwach dłużej przechowywanych występuje większy deficyt wody.
- dynamika ubytków gęstości półproduktów na frytki i chipsy, wynikająca z absorpcji wody, w porównaniu ze zmianami zachodzącymi w całych bulwach, jest wielokrotnie większa. Czas potrzebny na zbilansowanie ubytków wody – powodowanych transpiracją bulw w ośmiomiesięcznym okresie przechowywania – dla półproduktów na frytki stanowi 5,0-7,0%, na chipsy 2,0-2,5% czasu przeznaczonego dla całych bulw.
- obniżenie gęstości słupków ziemniaczanych, powodowane procesem sorpcji wody o temperaturze pokojowej, jest większe niż w wyniku blanszowania [Sobol 2009].
- zmiany gęstości powodowane blanszowaniem zależą od czasu i temperatury blanszowania, czasu przechowywania bulw i wielkości obiektów. Gęstość obniża się wraz ze wzrostem czasu i temperatur blanszowania oraz czasu przechowywania bulw [Sobol 2009].

- zastosowanie wody o temperaturze 40-50°C znacznie zwiększa dynamikę zmian gęstości w porównaniu do procesu sorpcji przebiegającego w temperaturze pokojowej [Sobol 2010].

Stan surowca i półproduktów wynikający z przechowywania i wybranych zabiegów technologicznych jest dość dobrze poznany i opisany. Oddziaływanie zabiegów, ograniczających zawartość cukrów redukujących na jakość produktu, nie jest wystarczająco rozpoznane. Ostatnie wyniki badań Sobola i Hebdy [w trakcie realizacji] odnoszą się do zmian konsystencji wyrobów smażonych (frytek i plastrów) powodowanych zabiegami wymywania cukrów redukujących (z zastosowaniem kąpieli, podczas której półprodukty sorbują wodę) z półproduktów. Wyniki tych badań wskazują że:

- zastosowany sposób wymywania cukrów jest skuteczny – kolor wszystkich produktów był jaśniejszy od próby kontrolnej (bez wymywania),
- konsystencja produktów (określana jednostkowymi oporami cięcia) zależy od temperatury wody i czasu wymywania cukrów redukujących. Opory cięcia są najmniejsze przy temperaturze sorbowanej wody 30°C i zmniejszają się wraz z wzrostem czasu wymywania cukrów,
- kształt obiektu (o różnym stosunku powierzchni sorpcji do objętości oraz udziału struktury komórek z różnych tkanek bulwy) ma wpływ na konsystencję produktów. Mniejsze jednostkowe opory cięcia uzyskano przy obciążaniu plastrów.

Przeprowadzone badania uprawniają również do formułowania wniosków i zaleceń o znaczeniu praktycznym.

Zastosowanie proponowanej metody przechowywania i oceny bulw ziemniaka dla celów badawczych przyczynia się do wyznaczenia przebiegów zmian wielu właściwości fizycznych bulw w odniesieniu do czasu przechowywania. Wyznaczone charakterystyki umożliwiają wskazanie np. maksymalnego czasu przechowywania bulw danej odmiany, by spełniały one normy jakościowe przy danym kierunku ich zagospodarowania.

Okres głębokiego spoczynku bulw wpływa niekorzystnie na ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. Zatem w tym okresie należy dołożyć wiele starań przy operacjach mechanicznych wykonywanych na bulwach (np. transport, sortowanie, mycie, pakowanie), by nie powodowały one nadmiernych defektów.

Z dynamiki przebiegu sorpcji wody przez obiekty o dużej wartości wskaźnika k_s (stosunek powierzchni sorpcji do objętości obiektu w zakresie 4,0-9,5 cm⁻¹) przypuszczać można, że metoda ta może być rozpatrywana jako zabieg optymalizujący gęstość półproduktów (po długotrwałym okresie przechowywania bulw) na frytki i chipsy. Wynika to z faktu, że czas absorpcji wody dla uzyskania istotnych zmian gęstości stanowi niewielki (ok. 15%) ułamek czasu potrzebnego na wytworzenie chipsów lub frytek.

Z faktu wysokiej dynamiki zmian gęstości przez półprodukty na frytki i chipsy powodowanej sorpcją wody mogą wpływać również zagrożenia dla jakości produktów. Zbyt długie przytrzymywanie półproduktów w wodzie – w trakcie ich przetwarzania – może doprowadzić do takiego spadku ich gęstości, przy której podczas smażenia produkty zaabsorbują zbyt dużo tłuszczu. Problem ten może wystąpić szczególnie podczas przetwarzania bulw w początkowych miesiącach okresu przerobowego (sierpień, wrzesień), gdy do przerobu stosuje się odmiany o mniejszej gęstości (mniejszej zawartości suchej masy [Zgórska 2004]).

Potwierdzone zostało, że trakcie sorpcji wody przez półprodukty na wyroby smażone następuje również wymywanie cukrów redukujących, a to jest skutecznym zabiegiem obniżającym zawartość akrylamidu w produktach smażonych [Cummins i in. 2008; Pedreschi i in. 2004; Sobol, Hebda w trakcie realizacji].

Produkty smażone zmieniają konsystencję w wyniku zmiany gęstości półproduktów, spowodowanej sorpcją wody [Sobol, Hebda w trakcie realizacji].

Podsumowanie

Dotychczasowe badania prowadzone w tym zakresie przez autora wyjaśniają lub potwierdzają następujące problemy:

- długotrwałe przechowywanie bulw powoduje straty naturalne oraz skurcz przechowalniczy, które są skutkiem głównie transpiracji;
- w trakcie przechowywania bulwy ulegają przemianom, powodującym obniżenie ich wytrzymałości mechanicznej w okresie głębokiego spoczynku;
- transpiracja wody z bulw powoduje wzrost ich gęstości;
- półprodukty, w postaci obiektów o różnych kształtach, zanurzone, sorbują wodę z różną dynamiką, która zależy od:
 - kształtu obiektu – stosunek powierzchni sorpcji do objętości obiektu;
 - czasu sorpcji wody;
 - temperatury sorbowanej wody;
 - okresu przechowywania bulw, z których uformowano półprodukty;
 - sorpcja wody powodowana blanszowaniem jest mniejsza niż w przypadku stosowania kąpieli o temperaturze pokojowej.
- zabieg wymywania cukrów redukujących z półproduktów jest skuteczny i ma istotny wpływ na konsystencję produktów.

Bibliografia

Chourasia M.K., Goswami T.K. (2006a): Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part I: Fluid Flow and Heat Transfer. *Biosystems Engineering*, Volume 94, Issue 1, 33-45.

- Chourasia M.K., Goswami T.K.** (2006b): Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part II: Mass Transfer Biosystems Engineering, Volume 94, Issue 2, 207-219.
- Chourasia M.K., Saha R., De A., Sahoo P.K.** (2004): Evaluation of storage losses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 507-510.
- Cummins E., Butler F., Gormley R., Brunon N.** (2008): A methodology for evaluating the formation and human exposure to acrylamide through fried potato crisps. *Elsevier LWT*, 41, 854-867.
- Friedman M.** (2003): Chemistry, Biochemistry, and Safety of Acrylamide. A Review. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 4504-4526.
- Kuźniewicz-Czerko M., Sowa-Niedziałkowska G.** (1992): Trwałość przechowalnicza odmian przydatnych do przetwórstwa. *Ziemniak Polski*, 3, 21-23.
- Lisińska G.** (2006): Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, I, 81-94.
- Pedreschi F., Kaack K., Granby K.** (2004): Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 37, 679-685.
- Roztropowicz S.**(red.). (1999): Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakami. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Jadwisinie.
- Sobol Z.** (2003): Wpływ wybranych czynników na niektóre właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 83, 163-176.
- Sobol Z.** (2005a): Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz. 1. Straty spowodowane kiełkowaniem. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 341-348.
- Sobol Z.** (2005b): Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz. 2 Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 349-357.
- Sobol Z.** (2006a): Wpływ integrowanego nawożenia na wybrane właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 508, 159-166.
- Sobol Z.** (2006b): Wpływ wybranych czynników na wartość odkształceń względnych i naprężeń niszczących bulwy ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, II, 397-404.
- Sobol Z.** (2006c): Określenie „skurczu przechowalniczego” bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, II, 539-546.
- Sobol Z.** (2006d): Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 139, 8(1), 219-228.
- Sobol Z.** (2006e): Zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 437-445.
- Sobol Z.** (2006f): Zmiana ubytku gęstości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. *Acta Agrophysica*, 142, 8 (4), 985-993.
- Sobol Z.** (2007a): Zmiany gęstości bulw ziemniaka powodowane transpiracją i absorpcją wody w okresie przechowywania. *Inżynieria Rolnicza*, 6(94), 231-240.
- Sobol Z.** (2007b): Zmiany ubytków gęstości słupków i plastrów wyciętych z bulw ziemniaka wynikające z absorpcji wody. *Acta Agrophysica*, 151, 10(1), 219-228.
- Sobol Z.** (2009): Wpływ blanszowania i sorpcji wody na zmianę gęstości półproduktów na frytki. *Inżynieria Rolnicza*, 9 (118), 257-264.
- Sobol Z.** (2010): Wpływ temperatury sorbowanej wody przez półprodukty na frytki na zmianę ich gęstości. *Acta Agrophysica*, 182, 435-450.
- Sobol Z., Hebda T.** Wpływ czasu i temperatury sorbowanej wody przez półprodukty na teksturę wyrobów smażonych z ziemniaka. (w trakcie realizacji).

- Sowa-Niedziałkowska G.** (2000): Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalniczą. *Biuletyn IHAR*, 213, 225-232.
- Sowa-Niedziałkowska G.** (2002): Warunki ograniczania strat ilościowych w przechowywaniu i obróbce ziemniaka jadalnego. [w:] *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych*. (red. Chotkowski J.), *Wiś Jutra*, 212-219.
- Sowa-Niedziałkowska G.** (2003): *Straty Przechowalnicze i ich ograniczanie. Ziemniaki nowe wyzwania*. Agro Serwis, IHAR, Stowarzyszenie Polski Ziemniak, Warszawa, 73-77.
- Sowa-Niedziałkowska G.** (2004): Naturalne sposoby ograniczające przemiany ilościowe w przechowywanych bulwach ziemniaka. *Ziemniak Polski*, 3, 29-32.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M.** (2006): Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511, II, 567-578.
- Zgórska K., Sowa-Niedziałkowska G.** (2005): Wpływ czynnika odmianowego na zmiany jakościowe w czasie długotrwałego przechowywania ziemniaków. *Pam. Puławski*, 139, 221-231.
- Żyżelewicz D., Nebesny E., Oracz J.** (2010): Akrylamid – powstawanie, właściwości fizykochemiczne i biologiczne. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XLIII, 3, 415-427.

WYZWANIA INŻYNIERII ROLNICZEJ W PROCESIE ODNOWY MASZYN ROLNICZYCH W ASPEKCIE POSZANOWANIA ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

Wiesław Tomczyk

Instytut Inżynierii Rolniczej i Informatyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

W ostatnich latach wraz ze wzrostem wiedzy o istocie zagrożeń dla środowiska przyrodniczego, ich źródłach i strukturach, rośnie świadomość znaczenia edukacji ekologicznej użytkowników maszyn i urządzeń, jako istotnego czynnika w działaniach związanych z ochroną środowiska.

Rozwój gospodarczy, zmiany ustrojowe, wyzwania wynikające z obecności naszego kraju w Unii Europejskiej, a także zmiany świadomości Polaków, skłoniły władze rządowe do sformułowania nowej wizji polityki ekologicznej w Polsce.

W zakresie ochrony środowiska Polska przyjęła zobowiązania międzynarodowe. Podstawą nowej polityki ekologicznej powinna stać się zatem powszechnie zaakceptowana zasada zrównoważonego rozwoju. Jej głównym założeniem jest takie prowadzenie polityki w poszczególnych sektorach gospodarki i życia społecznego, aby zachować zasoby przyrodnicze w stanie zapewniającym trwałe możliwości korzystania z nich teraz i w przyszłości. Priorytetem w tym działaniu powinno być dążenie do zmniejszenia zużycia energii, zmniejszenia ilości odpadów oraz lepsza ich utylizacja, a przede wszystkim – poprawa jakości powietrza i wody, głównie na obszarach wiejskich. Jednym z ważniejszych założeń polityki ekologicznej jest ekorozwój wsi i rolnictwa, który ma polegać na wspomaganiu działań mających na celu pełne wykorzystanie potencjału biologicznego nieskazitelnego polskiego gleb. Jest to wyzwaniem dla inżynierii rolniczej.

„Inżynieria rolnicza” jest pojęciem współczesnym, powstałym w wyniku długotrwałego rozwoju postępu naukowo-techniczno-organizacyjnego rolnictwa.

W pojęciu „Inżynieria rolnicza” w światowych środowiskach naukowych, rozumianej jako „agricultural engineering”, następuje wyraźny zwrot w kierunku

pełnej integracji wiedzy inżynierskiej, obejmującej rozwiązania techniczne, mechaniczne, elektryczne, elektroniczne, informatyczne znane obecnie jako mechatronika, z wiedzą o środowiskach, w których te urządzenia pracują i obrabianych przez nie materiałach, tj. wiedzą z zakresu agrofizyki [Szeptycki 2011]. Zdaniem Janusza Hamana, obecna nazwa nie zamyka procesu rozwojowego tej dyscypliny naukowej i przewiduje on, iż w niedalekiej perspektywie będzie ona ewoluowała w kierunku bioinżynierii [Haman 1996, 2002].

Inżynieria rolnicza obejmuje swoim zakresem specjalizacje z zakresu: mechanizacji produkcji roślinnej, mechanizację produkcji zwierzęcej, częściowo agrofizykę, mechanizację przemysłu rolno-spożywczego, eksploatację maszyn rolniczych, budownictwo rolnicze i techniczną infrastrukturę wsi [Michalek 2002]. Inżynieria rolnicza jest interdyscyplinarną dziedziną nauk i ma szerokie powiązania z naukami ekonomicznymi, zwłaszcza ekonomiką i organizacją rolnictwa. Jest dyscypliną ewolucyjnie zmieniającą swój zakres działania zgodnie z trendami światowymi oraz zapotrzebowaniem gospodarki i potrzebami społeczeństwa zarówno w obszarze badań naukowych, jak i ich bezpośredniego wdrażania i praktycznego wykorzystywania w rolnictwie.

Kierunki badań w inżynierii rolniczej

Pierwsi twórcy i znakomici popularyzatorzy inżynierii rolniczej w osobach Profesorów Hamana oraz Michałka [Haman 1996, 2002; Michałek 1995, 1996, 2002] zauważają, iż w krajach wysoko rozwiniętych rolnictwo i przemysł przetwarzający jego produkty są nastawione na produkcję nie tyle ilościową, co jakościową, przy wykorzystywaniu najnowszych osiągnięć postępu naukowo-technicznego oraz coraz powszechniejszym wykorzystywaniu zdobyczy rozwoju genetyki i biotechnologii w zgodzie z normami i zasadami ochrony środowiska przyrodniczego.

Implikuje to istotne zmiany w najważniejszych kierunkach badań z zakresu inżynierii rolniczej. Kierunki te, to:

- poszerzone badania związane z konstrukcją i użytkowaniem maszyn i urządzeń rolniczych pod kątem ich niezawodności i precyzji w realizacji procesów roboczych,
- rozwój nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych urządzeń oraz linii produkcyjnych do przetwarzania surowców rolniczych,
- aspekty ekologiczne stosowanych metod produkcji i mechanizacji, ze szczególnym uwzględnieniem ochrony środowiska przyrodniczego (zasobów wody i gleby),
- zapewnienie dobrostanu zwierząt (humanitarne ich traktowanie),
- kształtowanie konstrukcji nowoczesnych, wysokowydajnych maszyn i urządzeń, umożliwiających wykorzystanie specyficznych fizycznych właściwości materiałów biologicznych w produkcji i przetwórstwie rolno-spożywczym,
- kształtowanie rozwoju infrastruktury technicznej wsi i obszarów wiejskich,

- dążenie do szerokiej informatyzacji i komputeryzacji wsi, będącej narzędziem w dostarczaniu wiedzy i jej popularyzacji wśród społeczności wiejskiej (zarządzanie i planowanie produkcji rolniczej itp.),
- prowadzenie badań nad niskoenergochłonnymi technologiami produkcji i przetwórstwa rolno-spożywczego,
- rozwój i wykorzystywanie ekologicznych, alternatywnych źródeł energii odnawialnej [Szeptycki 2011].

Przedstawione powyżej ważniejsze kierunki badań w zakresie inżynierii rolniczej stanowić mogą niejako wyzwanie do podejmowania wraz z innymi dyscyplinami naukowymi wspólnych tematów interdyscyplinarnych, na co inżynieria rolnicza jest zawsze w pełni otwarta.

Zadania inżynierii rolniczej w procesie odnowy maszyn rolniczych

Obecnie istotnym wyzwaniem, przed którym stoi inżynieria rolnicza, są złożone problemy użytkowania maszyn rolniczych w warunkach ciągłej restrukturyzacji polskiego rolnictwa, szeroko rozumianej odnowy parku maszynowego (naprawa starszych konstrukcji, zakup nowych maszyn), powszechnej konkurencji na rynku produkcji rolniczej, wymagań w zakresie jakości produkowanej żywności, poszanowania norm i zasad w zakresie ochrony środowiska itp.

Współczesne polskie rolnictwo charakteryzuje się niską efektywnością spowodowaną niewłaściwą strukturą agrarną gospodarstw, niedoinwestowaniem i wysoką kapitałochłonnością. Opłacalność produkcji rolniczej w dużym stopniu zależy od poziomu kosztów związanych z systemem eksploatacji maszyn rolniczych. Chcąc sprostać konkurencji w tym zakresie, należy zmierzać do potanienia produkcji rolniczej, zmniejszenia zatrudnienia przez racjonalne zwiększenie stopnia mechanizacji prac i automatyzacji procesów produkcyjnych oraz obniżenie kosztów eksploatacji maszyn przy zachowaniu zasad i przestrzeganiu norm ochrony środowiska przyrodniczego.

Istotnym czynnikiem mającym zasadniczy wpływ na obniżenie kosztów produkcji rolniczej jest zmniejszenie kosztów eksploatacji maszyn i urządzeń przez szeroko rozumianą ich odnowę, tj. naprawę z wykorzystaniem części fabrycznie nowych oraz odzyskanych w trakcie regeneracji tychże częściowo zużytych. Ten sposób postępowania jest powszechny w krajach wysoko rozwiniętych (Niemcy, Anglia, Francja, USA itp.), gdyż w ten sposób można realnie zmniejszyć koszty utrzymania maszyn nawet o 60-70%, ograniczając jednocześnie zanieczyszczenie środowiska złomowaniem zużytych i produkcją nowych części wymiennych [Dreszczyk i in. 1999; Klaus i in. 2002]. Znaczącym składnikiem kosztów eksploatacji maszyn rolniczych są koszty ich napraw. Wartość ich dla poszczególnych maszyn wynosi 40-150% ceny zakupu maszyny w całym okresie jej użytkowania [Muzalewski 2003].

W krajowym rolnictwie eksploatuje się dużo zróżnicowanych pod względem konstrukcyjnym i funkcjonalnym maszyn rolniczych. Trudne warunki pracy oraz znaczna ich dekapitalizacja sprawiają, iż zwiększa się częstość i zakres oraz koszty obsługi technicznej. W strukturze kosztów napraw maszyn rolniczych znaczną pozycję zajmują koszty obsługi technicznej, w tym koszty części wymiennych, które mogą stanowić do 70% ogólnych kosztów naprawy [Bocheński 1994]. Jednym z rozwiązań, ograniczającym koszty napraw maszyn rolniczych, jest regeneracja, rozumiana jako proces technologiczny, w którym zostają przywrócone zużytem lub uszkodzonym częściom ich pierwotne cechy konstrukcyjne i jakościowe w stopniu zapewniającym ich zamienność. Według badań autora i innych, koszt regeneracji części maszyn rolniczych stanowi 30-60% kosztów wytwarzania części nowych [Balla 1991; Bleckstein 1991; Bocheński 1994; Efron i in. 1994; Marshall 1994; Muzalewski 2003; Tomczyk, Kubera 1999; Tomczyk 2005, 2007, 2008; Wojdak i in. 1999]. Wynika to z istoty procesu regeneracji, ponieważ technologie stosowane w tym procesie wymagają znacznie mniejszych nakładów materiałowych i energetycznych w porównaniu z technologiami wytwarzania części nowych. Oprócz aspektów ekonomicznych regenerację należy rozpatrywać także w aspekcie ekologicznym, ponieważ następuje mniejsza degradacja środowiska naturalnego (recykling produktowy).

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, iż w latach 1980-90 wskutek braku pokrycia przez przemysł zapotrzebowania rolnictwa na części i zespoły wymienne oraz wysokich cen ich zakupu, około 20-30% sprzętu nie można było wykorzystywać w rolniczych pracach kampanijnych [Muzalewski 2003]. Obecnie nie ma już większego problemu z nabyciem fabrycznie nowych, ale drogich części, natomiast są ogromne kłopoty z nabyciem tańszych – zregenerowanych.

Wg danych GUS w Polsce w 2010 r. produkcją maszyn rolniczych zajmowało się ok. 450 przedsiębiorstw, oferując swój różny jakościowo produkt po wysokich cenach. Dla potrzeb zaplecza naprawczego dostępne są w 98% głównie drogie, nowe części, a tylko sporadycznie zregenerowane. Przy obecnym zubożeniu polskich rolników, w ograniczonym zakresie inwestują oni w drogie, nowe maszyny i urządzenia, natomiast stosunkowo często kupują sprzęt rolniczy najczęściej odnowiony, używany, jeśli tylko jest w miarę tani i przydatny w gospodarstwie (dotyczy to głównie gospodarstw o pow. powyżej 10 ha).

Import sprzętu używanego rozwija się obecnie szczególnie szybko. Nabywców używanych maszyn przyciąga ich niska cena oraz stosunkowo wysoka niezawodność, natomiast krajowi producenci oraz importerzy sprzętu nowego wciąż uważają, że sprowadzanie do Polski maszyn używanych to zaśmiecanie środowiska, (w czym wg badań terenowych autora, mają rację tylko w ok. 10%). Według danych Państwowej Inspekcji Skupu i Przetwórstwa Artykułów Rolnych z września 2007 r., w latach 2005-2006 sprowadzono do Polski ok. 14900 szt. kombajnów (podobna sytuacja jest z importem ciągników i innych maszyn). Ceny maszyn

i urządzeń pochodzących z drugiego obiegu (używanych-odnowionych) są w granicach 30-50% ceny nowych.

Wieloletnie badania autora i innych oraz analiza kosztów regeneracji części i odnowy zespołów wykazały, że nie ma żadnych wątpliwości co do znacznych oszczędności materiałów i energii elektrycznej, jakie uzyskuje się, regenerując części zamiast produkować nowe. Wskaźniki zużycia materiałów, energii elektrycznej i kosztów regeneracji, obliczane jako udział procentowy zużytego materiału, energii elektrycznej i kosztów regeneracji do masy materiału, ilości energii i kosztów wytworzenia nowej części, są bardzo korzystne i mogą przedstawiać się następująco: zużycie materiałów = 1-3%, zużycie energii = 4-10%, robocizna = 23-40% [Tomczyk 1998; Wojdak i in. 1999].

Odnowa (naprawa) w połączeniu z regeneracją zużytych części i zespołów wymiennych jest wręcz konieczną w odniesieniu do nadal użytkowanych maszyn, których produkcja jest już wstrzymana, bowiem brak części bywa często powodem przedwczesnego eliminowania z eksploatacji maszyn, które mogłyby jeszcze wydajnie pracować. Jak wynika z danych krajowych, a także literatury zagranicznej, części i zespoły odnowione (regenerowane) są tańsze w granicach 20-40% od podobnych, nowych [Balla 1991; Bleckstein 1991; Faravelon 1996; Harms 1993; Marshall 1994; Smith 1985; Tomczyk, Kubera 1999; Tomczyk 2006, 2007, 2008; Wojdak 1999]. Wysoki poziom cen nowych części i zespołów wymiennych powinien sprzyjać rozszerzaniu procesów odnowy, powstają bowiem sprzyjające warunki do obniżenia kosztów naprawy sprzętu oraz prowadzenia bardziej racjonalnej gospodarki w zakresie napraw w warunkach gospodarki rynkowej. Rosnące koszty eksploatacji zmuszają do wykorzystywania wszystkich metod i form działania zmierzających do minimalizowania nakładów na odnawianie obiektów technicznych.

O znaczeniu problemu regeneracji części i zespołów wymiennych w aspekcie powyższych wskaźników ekonomicznych i ekologicznych świadczą liczby, dotyczące ilościowego wyposażenia naszego rolnictwa w środki techniczne. Obecnie w kraju, wg danych GUS i Ministerstwa Środowiska, eksploatowanych jest ponad 18 mln samochodów, a w rolnictwie ok. 1 360 000 szt. ciągników rolniczych oraz ok. 2,4 mln szt. innych podstawowych maszyn (kombajny, rozrzutniki, kosiarki, opryskiwacze, prasy itp.).

Zasadność prowadzenia regeneracji (odnowy) wg cen z 2009 r. przedstawiono w tabeli 1.

Analiza danych przedstawionych w tabeli 1 pozwala na stwierdzenie, iż wysoki poziom cen nowych części wymiennych i podzespołów powinien sprzyjać rozszerzaniu procesów odnowy i regeneracji. Tym sposobem powstają sprzyjające warunki do obniżenia kosztów materiałowych naprawy maszyn, urządzeń i pojazdów oraz prowadzenia racjonalnej gospodarki w zakresie napraw w warunkach gospodarki rynkowej w zgodzie z dyrektywami UE o poeksploatacyjnym zagospodarowaniu zużytych obiektów technicznych w aspekcie ochrony środowiska.

Procesy technologiczne regeneracji części wymiennych występują w ścisłym powiązaniu z procesami naprawy oraz likwidacji środków trwałych. W ich wyniku odzyskuje się zużyte części wymienne nadające się do regeneracji, wpływając w ten sposób na ograniczenie zapotrzebowania na części nowe.

Tabela 1. Ocena efektów ekonomicznych regeneracji części i odnowy wybranych zespołów maszyn rolniczych [zł]

L.p.	Rodzaj maszyny	Typ maszyny	Koszt regeneracji (odnowy) K_r	Koszt zakupu nowych K_n	Zysk z regeneracji $K_n - K_r$
1.	Wał korbowy	C – 385	315	3026	2711
2.	Głowica	C – 385	324	3598	3274
3.	Pompa wtryskowa	C – 385	235	2500	2265
4.	Sprężarka	C – 385	198	1298	1100
5.	Wał korbowy	Z – 056	427	4500	4073
6.	Głowica	Z – 056	915	3250	2335
7.	Pompa wtryskowa	Z – 056	227	2500	2273
8.	Pompa wodna	Z – 056	186	488	302

Źródło: opracowanie własne

Występująca potrzeba rozwoju i utrzymania na wysokim poziomie jakościowym produkcji w gospodarstwach rolnych o różnych strukturach obszarowych wiąże się ściśle z zapewnieniem optymalnej sprawności i niezawodności oraz lepszym wykorzystaniem posiadanego parku ciągnikowo-maszynowego i pozostałych urządzeń. Zależy to głównie od zabezpieczenia dostaw relatywnie tanich o wysokiej jakości eksploatacyjnej części i zespołów wymiennych. Rozwiązaniem korzystnym, łagodzącym występujące niedobory i wysokie ceny nowych części i zespołów wymiennych, jest stały rozwój różnych metod i form organizacyjnych ich odnowy (regeneracji). Zdaniem autora, rozwój tej specjalności technicznej w rolnictwie spełnia trzy podstawowe zadania:

- zmniejsza poziom nakładów ponoszonych na naprawy maszyn – obniżając koszty ich eksploatacji,
- zmniejsza rozmiary zapotrzebowania na drogie, nowe części i zespoły wymienne,
- wpływa korzystnie na ochronę środowiska poprzez recykling uszkodzonych części.

Zmiany i przekształcenia zachodzące w gospodarce narodowej oraz transformacja i restrukturyzacja polskiego rolnictwa postępuje już od 1990 r. i trwa nadal. Jednak brak jest w polskiej literaturze aktualnych doniesień o badaniach nad problemem odnowy maszyn i urządzeń w układzie gospodarki rynkowej działającej na zasadach konkurencji. Celowe jest podjęcie opracowania krajowego systemu odnowy, uwzględniającego aspekty ekologii w eksploatacji maszyn i urządzeń, który będzie mógł funkcjonować w obecnych warunkach.

Problem ten może i powinien być właśnie wyzwaniem skierowanym pod adresem „Inżynierii rolniczej”.

Stan obecny i potrzeby rozwoju nowych rozwiązań organizacyjnych odnowy maszyn rolniczych w Polsce

Analiza istniejącego w kraju do 1990 roku systemu organizacji napraw i regeneracji części wymiennych, opartego na zasadach gospodarki nakazowo-rozdzielczej oraz systemów istniejących w krajach opartych na gospodarce rynkowej, pozwala sformułować następujące wnioski:

- system organizacji odnowy i regeneracji działający w Polsce w dotychczasowej formie (do 1990r.) nie ma racji bytu w systemie gospodarki rynkowej,
- istnieje potrzeba i konieczność stworzenia nowego modelu systemu organizacji regeneracji części i odnowy zespołów wymiennych,
- projektowany model systemu musi być ściśle oparty o zasady gospodarki rynkowej, uwzględniając opłacalność ekonomiczną każdego z ogniw tego systemu (producent maszyn, zakład wykonujący regenerację części, użytkownik maszyn, sieć handlowa itp.),
- by ograniczyć do minimum nakłady związane z organizacją poszczególnych obiektów systemu – projektowany system powinien w pełni wykorzystać obecną i nowo powstającą infrastrukturę (warsztaty naprawcze, handlowa sieć dystrybucji, Internet, itp.).

W naszej praktyce gospodarczej procesy regeneracji części maszyn traktowane są jako kłopotliwe źródło pozyskiwania dodatkowych i tańszych części wymiennych. Dlatego ogromne ilości materiałów zawartych w niezregenerowanych częściach są bezpowrotnie tracone przy jednoczesnym niezaspokojonym zapotrzebowaniu na tańsze (zregenerowane) części wymienne.

Miaraą charakteryzującą wielkość wykonanej regeneracji części i odnowy zespołów jest wskaźnik udziału wartości regeneracji (liczonej wg cen części nowych) w ogólnym zużyciu części do napraw, określany jako „wskaźnik stanu regeneracji”. Według teoretycznych obliczeń [Jazdon i in. 1988; Jóźwiak 1985; Miller 1989], najwyższy – racjonalny, możliwy do uzyskania w warunkach techniczno-organizacyjnych zaplecza technicznego rolnictwa, wskaźnik stanu regeneracji może kształtować się na poziomie 25% ogólnej wartości części zużywanych do napraw. Przykładowo, do roku 1989 zapotrzebowanie na części wymienne w byłej NRD pokrywane było w 43% częściami i podzespołami z regeneracji [Gerke 1984; Jaśkiewicz 1988].

Badania autora prowadzone wśród użytkowników maszyn i urządzeń rolniczych oraz w warsztatach zajmujących się naprawami tychże maszyn i urządzeń na terenie Polski południowej wykazały, że wskaźnik ten wynosi obecnie ok. 7% [Tomczyk 2005, 2006, 2007, 2008]. Przyczyny tego stanu rzeczy to:

- spadek liczby naprawianego sprzętu, a zwłaszcza napraw zespołów, z którymi w przeważającej mierze związana jest regeneracja części,
- nieskuteczność skupu zużytych części nadających się do regeneracji,
- zmniejszenie zainteresowania przedsiębiorstw w wykonywaniu regeneracji,
- regeneracja części jest dziedziną działalności bardziej złożoną i skomplikowaną od ich produkcji. Brak preferencji wyróżniających ją spośród innych kierunków działania przedsiębiorstw powoduje ograniczanie jej na rzecz podejmowanej produkcji;
- brak stałego dopływu wysokokwalifikowanej kadry fachowej w zakresie regeneracji itp.

By odwrócić tę sytuację należy przede wszystkim dążyć do:

- podwyższenia skuteczności regeneracji,
- rozszerzenia asortymentu części regenerowanych,
- wdrażania nowych, dotychczas nieznanych metod i technologii regeneracji,
- automatyzacji i mechanizacji procesów technologicznych regeneracji,
- rozwoju innych form organizacji regeneracji,
- wprowadzania dla przedsiębiorstw odpowiednich mechanizmów ekonomicznych pobudzających do rozwoju działalności regeneracyjnej.

Celowość prowadzenia badań w aspekcie ekologicznych zasad odnowy maszyn i urządzeń

Istniejąca do 1989r. infrastruktura zaplecza naprawczego polskiego rolnictwa bazująca na sieci POM-ów, ZNMR, SKR-ów, jednostek handlowych Agromy itp., działająca poprzednio, obecnie już nie funkcjonuje. Skutkiem przemian gospodarczo-ustrojowych zostały zerwane stworzone kiedyś więzi kooperacyjne, łączące systemowo poszczególne jednostki tego zaplecza. Mimo przekształceń i prywatyzacji, zakłady te w dużej części nadal fizycznie istnieją (ich sieć w terenie jest poszerzana o zakłady prywatne) i funkcjonują w tworzonej systemie gospodarki rynkowej, dysponując dawnym potencjałem produkcyjnym (maszyny, urządzenia, kadra fachowców).

Rolnicy posiadający na wyposażeniu swoich gospodarstw maszyny i urządzenia, w warunkach obecnych przemian dążą do maksymalnego obniżenia kosztów ich eksploatacji, głównie przez stosowanie w naprawach tańszych, zregenerowanych części i odnowionych zespołów wymiennych (tzw. zamienników), których podaż jest niestety obecnie niedostateczna mimo ogromnego na nie popytu.

Wieloletnie badania własne autora w zakresie zasad funkcjonowania zaplecza naprawczego polskiego rolnictwa pozwalają stwierdzić, że:

- odnowione (z wykorzystaniem części zregenerowanych) zespoły i części wymienne są tańsze (a czasem i trwalsze) od nowych,
- naprawy z zastosowaniem części zregenerowanych są tańsze,
- istnieje baza techniczna do regeneracji części i odnowy zespołów wymiennych,
- istnieje popyt na części zregenerowane i odnowione zespoły,

- podaż części zregenerowanych i odnowionych zespołów jest obecnie znikoma,
- nie funkcjonuje system regeneracji części i odnowy zespołów,
- występuje degradacja środowiska w wyniku nieprawidłowego złomowania wyeksploatowanych maszyn.

Fakty te świadczą o potrzebie stworzenia sprawnie funkcjonującego systemu odnowy maszyn i urządzeń, wykorzystującego w naprawach zregenerowane części.

Najprostszym rozwiązaniem byłaby adaptacja jednego z alternatywnych systemów organizacji napraw i regeneracji części (odnowy uszkodzonych zespołów), funkcjonujących w systemie gospodarki rynkowej krajów uprzemysłowionych. Jednak takie rozwiązanie problemu w obecnych gospodarczo-ustrojowych przemianach zachodzących w kraju jest niewykonalne. Wpływa na to wiele przyczyn, z których do najważniejszych można zaliczyć:

- powolny proces restrukturyzacji i prywatyzacji państwowych przedsiębiorstw,
- brak szerszego zainteresowania producentów prowadzeniem regeneracji części,
- brak ogniw pośredniczących między zainteresowanym regeneracją użytkownikiem maszyn, a zakładem wykonującym regenerację (punkty skupu, sprzedaży, magazyny, transport itp.),
- brak szerszej działalności marketingowej w zakresie regeneracji i odnowy maszyn,
- niespójność krajowych norm w zakresie produkcji nowych części, recyklingu zużytych oraz przepisów prawnych w sprawie ochrony środowiska,
- nie najlepszy stan techniczny maszyn i urządzeń będących na wyposażeniu zakładów, chcących zajmować się regeneracją itp.

Podsumowanie

W Polsce, w obecnych realiach gospodarki rynkowej i powszechnej konkurencji, jednym z elementów, pozwalających funkcjonować na rynku, jest zachowanie wysokiej jakości produkcji przy najniższych kosztach własnych. Problem ten dotyczy zarówno producentów maszyn i urządzeń, jak również rolników wykorzystujących ten sprzęt do produkcji rolniczej. Jednym ze sposobów rozwiązujących powyższy problem jest regeneracja części i odnowa uszkodzonych maszyn z wykorzystaniem tychże zregenerowanych części.

Współcześnie zapoczątkowane przemiany gospodarczo-ustrojowe w Polsce spowodowały, iż zauważalny jest obecnie brak rozwiązań systemowych w zakresie organizacji zaplecza naprawczego rolnictwa, uwzględniającego proekologiczne metody odnowy maszyn i urządzeń rolniczych. Istnienie takiego systemu jest niezbędne, między innymi ze względu na wymogi Unii Europejskiej.

Bibliografia

- Haman J.** (1996): O kierunkach rozwoju inżynierii rolniczej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Z. 443, Warszawa, ISSN 0084-5477.
- Haman J.** (2002): W stronę bioinżynierii. Inżynieria Rolnicza, 5, ISSN 1429-7264.
- Michałek R.** (1995): Zakres i miejsce techniki rolniczej w strukturze nauki. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Z. 423, Warszawa, ISSN 0084-5477.
- Michałek R.** (1996): Inżynieria rolnicza – jej funkcje i powiązania z innymi naukami. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Z. 443, Warszawa, ISSN 0084-5477.
- Michałek R.** (2002): Uwarunkowania naukowego awansu w inżynierii rolniczej. PTIR, Kraków, ISBN 83-905219-7-0.
- Szeptycki A.** (2011): Stan badań w zakresie inżynierii rolniczej. Przesłanki rozwoju i kształcenia inżynierii rolniczej, MONOGRAFIA, Kraków, ISBN 978-83-930818-2-0.
- Dreszczyk E., Malicki M.** (1999): Modele elastycznego inwestowania w maszyny rolnicze. Inżynieria Rolnicza, 5, ISSN 1429-7264.
- Klaus O., Michalski R., Tilipalów WŁ.** (2002): Procesy naprawy maszyn – teoria i praktyka. Olsztyn-Kaliningrad, ISBN 83-914011-5-4.
- Muzalewski A.** (2003): Koszty eksploatacji maszyn. IBMER, Warszawa.
- Balla J.** (1991): Skusky unavovej pevnosti renovovanych klukovych hriadelov. Zemed. Techn, 33, Praha, CSSR.
- Bleckstein R.** (1991): Lohnt die Beschichtung vor Verschleissteilen. Landtechnik, ISSN 00 23-8082.
- Bocheński C.** (1994): Problematyka regeneracji części maszyn rolniczych. Przegląd Techniki Rolniczej, 2, ISSN 17321719.
- Efron M.V., Galinkin P.** (1994): Powysenie nadiežnosti vosstanowlennykh weduslich koles gusenichnykh maszin. Technika S/ch. Maszyny, 1, Moskwa.
- Faravelon J.** (1996): Prezes Europe Auto Industrie – List intencyjny firmy Europe Auto Industrie do EXPOM - Kwidzyn Sp. z o.o., Paryż.
- Gerke R.** (1984): Regeneracja części wymiennych do maszyn i ciągników rolniczych w NRD. Maszyny i ciągniki rolnicze, 10, INDEKS 36513.
- Harms H.; Meyr H.J.** (1993): Recykling von Landmaschinen. Interner Bericht für Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Landtechnik, ISSN 00 23-8082.
- Jaśkiewicz J.** (1988): Motywowanie do rozwoju regeneracji części wymiennych w zakładach pracy. MCNEMT, Radom.
- Jazdon A., Przybiliński B.** (1988): Trwałość regenerowanych elementów maszyn i pojazdów. Mat. konf. OBR TOR Żdźary, 12-13.05.
- Jóźwiak I.** (1985): Stan aktualny i perspektywy rozwoju regeneracji części w resorcie rolnictwa i gospodarki żywnościowej. Mat. konf. nt. regeneracji, Łódź.
- Marshall J.** (1994): Renovate to reap rewards. Pwr Fmg, 9, London, Anglia.
- Miller A.** (1989): Analiza porównawcza stanu regeneracji części i napraw zespołów wymiennych w zapleczu technicznym rolnictwa za rok 1988. OBR TOR Żdźary, Łódź.
- Smith D.J.** (1985): Reliability and Maintainability in Perspective. Macmillan, New York.
- Tomczyk W.** (1998): Problemy regeneracji części wymiennych w zapleczu naprawczym technicznej obsługi rolnictwa. Prace PIMR – Poznań, 4, 32-35.
- Tomczyk W., Kubera J.** (1999): Regeneracja części to efektywna forma recyklingu wpływająca na ochronę środowiska. Wieś i Doradztwo, 3, 34-36.

- Tomczyk W.** (2005): Uwarunkowania racjonalnego procesu użytkowania maszyn i urządzeń rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 359-365.
- Tomczyk W.** (2006): System odnowy maszyn rolniczych w aspekcie poszanowania środowiska. *Inżynieria Rolnicza*, 12, 511-517.
- Tomczyk W.** (2007): Efektywność regeneracji części maszyn w aspekcie ochrony środowiska. *Jurnal of Research and Applications in Agricultural Engineering – PIMR Poznań*, 2, 57-60.
- Tomczyk W.** (2008): Aspekty ekonomiczne ekologicznych procesów odnowy i eksploatacji maszyn i urządzeń. *Inżynieria Rolnicza*, 9(107), 305-310.
- Wojdak J., Sędłak P.** (1999): Oszczędność energii w procesach regeneracji części maszyn. *Inżynieria Rolnicza*, 5, ISSN 1429-7264.

WYBRANE ASPEKTY ROLNICTWA PRECYZYJNEGO

Maria Walczykova

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wprowadzenie

Rolnictwo precyzyjne jest systemowym podejściem, które umożliwia rolnikowi uporanie się ze zmiennością przestrzenną i czasową w ramach danego pola w celu zmniejszenia kosztów, optymalizacji plonów i ich jakości, jak też zredukowanie oddziaływania na środowisko. Sprowadza się więc do zarządzania zarówno zmiennością przestrzenną, jak i czasową. Charakteryzuje się nie tylko najbardziej zaawansowanymi technologiami, ale również intensywnym wykorzystaniem informacji, z których każda ma swoją wartość rynkową. Informacje te są zasadniczo związane z poznaniem warunków produkcyjnych, które mają duże znaczenie w systemowym podejściu.

Działania w ramach rolnictwa precyzyjnego można sprowadzić do czterech obszarów. Pierwszym i najważniejszym z nich jest zarządzanie obszarami na danym polu, co wymaga:

- określania warunków glebowych na podstawie prób glebowych pobieranych wg obszarów o różnym potencjale plonowania, przy czym strefy te można wyznaczać m.in. na podstawie map: zasobności, plonowania z wielolecia, bonitacyjnych, lotniczych bądź satelitarnych, albo na podstawie wykorzystania pomiarów przewodności elektromagnetycznej oraz wskaźników wegetacji;
- wykonania przestrzennie zmiennej uprawy gleby i aplikacji środków produkcji (nawozów, środków ochrony roślin, materiału siewnego, wody), ewentualnie również sterowania szerokością roboczą maszyn (zamykanie/otwieranie sekcji), co pozwoli na optymalizację produkcji i obniżkę kosztów, jak też prowadzenie uprawy z jak najmniejszym wpływem na środowisko.

Drugim ważnym obszarem jest dokumentacja parametrów danego procesu, wykonywana w sposób automatyczny podczas jego trwania, w celu uzyskania kompletnego śledzenia powstawania produktu dla konsumenta oraz dla ochrony środowiska. Istotne w tym aspekcie jest bezprzewodowe zarządzanie zleceniami,

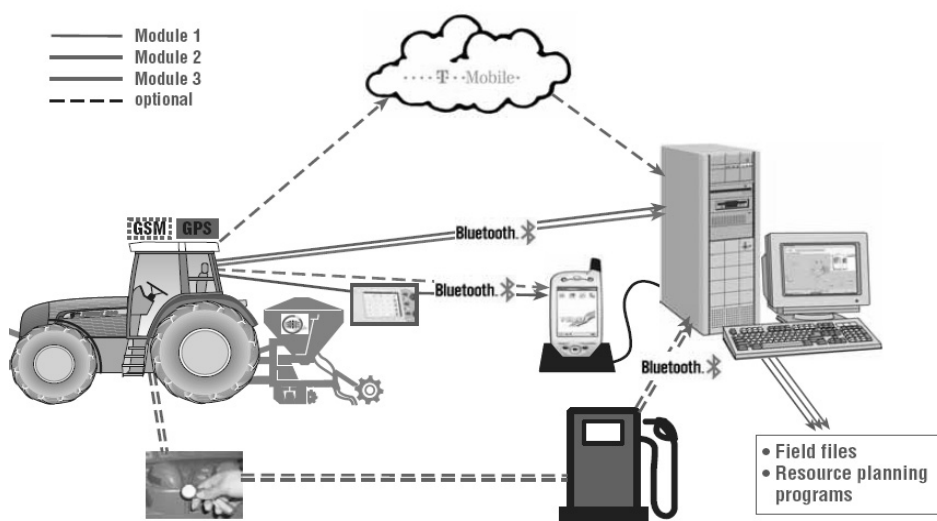
jak również miniaturyzacja, wszechstronność oraz mobilność stosowanych w tym celu urządzeń.

Trzecim obszarem jest nawigacja ciągników i maszyn po polu, w tym automatyczne kierowanie jazdą ze zoptymalizowanym wyborem ścieżek, które okazało się komercyjnym sukcesem. Przeprowadzone badania wykazały, że systemy te na uwrociach mogą przynieść ponad 40% oszczędności czasu i paliwa [Griepentrog 2012]. Korzyści te, w połączeniu z wykonywaniem zabiegów zgodnie z warunkami produkcyjnymi na danym obszarze pola, wskazują, iż alternatywą dla zwiększania wydajności techniki rolniczej poprzez wzrost gabarytów jest jej bardziej efektywne wykorzystanie, co dla producenta długofalowo stwarza szanse na bycie bardziej konkurencyjnym.

Jako czwarty obszar można by wymienić zarządzanie, a więc takie wykorzystanie pozyskanych informacji, by uzyskać maksymalną efektywność produkcji. Dostępne są wprawdzie oprogramowania pozwalające na odczytanie danych z komputerów pokładowych maszyn, wprowadzanie własnych pomiarów GPS, generowanie map plonu i aplikacji, dokonanie analizy ekonomicznej [Zagórda, Walczykova 2011], a więc do gromadzenia, przetwarzania, wizualizacji i interpretacji pozyskanych danych, ale kojarzenie ze sobą rozproszonych, różnorodnych, zarówno publicznych, jak i zakładowych źródeł informacji jest nadal problemem. Pozyskuje się dużą ilość informacji, wśród których za podstawowe uważa się mapy potencjonalnego plonowania, bonitacyjne, przewodności elektromagnetycznej, biomasy oraz mapy satelitarne, ale decyzje podejmuje się zazwyczaj na podstawie jednego parametru, ponieważ nie są znane algorytmy kojarzenia tych informacji. Równocześnie brak jest zautomatyzowanych systemów wsparcia decyzyjnego, które wykorzystywałyby sieci różnych źródeł informacji, w celu optymalizacji procesów produkcyjnych [Griepentrog 2012].

Według cytowanego Griepentroga [2012], doskonalszą formą rolnictwa precyzyjnego ma być rolnictwo inteligentne (*Smart Farming* - SF), które będzie się odznaczało wyższym poziomem wiedzy i automatyzacji, wykorzystując strategię kontekstowe, czyli przetwarzanie informacji zawsze w połączeniu z innymi. Kolejną cechą systemów SF ma być interaktywność w postaci nieograniczonej komunikacji między systemami wewnętrznymi oraz systemami z zewnątrz, co jest warunkiem wymiany informacji. Istotna jest również możliwość modyfikacji strategii przez operatora, jak również przystosowywanie się systemów drogą samoregulacji, a więc adaptacyjność. Podstawowe funkcje poszczególnych technik muszą być łatwe do przekazania i zrozumiałe, a więc odznaczające się przejrzystością. Systemy te w dużym stopniu mają działać automatycznie, a operator jest informowany w przypadku wystąpienia problemów.

Najbliżej takim rozwiązaniom mają obecnie m.in. systemy: Telematics firmy Claas, JDLink firmy John Deere, czy MoDaSys (*Modular Data Recording System*) firmy RTS [Rademacher 2009], które umożliwiają przesyłanie danych z maszyn drogą radiową, poprzez Internet, do komputera biurowego (rys. 1).



Źródło: [<http://www.kakkisagrifuture.com/pdfs/Modular.pdf>]

Rys. 1. Przykład przenoszenia danych z ciągnika do biura – MoDaSys

W odniesieniu do kombajnów, dzięki takim systemom można przesyłać dane umożliwiające: optymalizację zużycia paliwa, poprawę organizacji pracy i planowanie, sprawniejszą obsługę serwisową oraz dokładne udokumentowanie pracy maszyny – co, kiedy i gdzie zostało wykonane – i automatyczne przetwarzanie danych dla kontroli wewnętrznej [Rademacher 2009; Materiały Agrocom Polska Jerzy Koronczok]. Firma Claas konsekwentnie rozwija system telemetryczny. Nowe możliwości daje oferowany przez nią system TONI (*Telematics On Implement*). Moduł telemetryczny znajduje się tylko na ciągniku, który wraz z maszyną traktowany jest jako jedna całość i na dane niezbędne do optymalizacji parametrów pracy składają się informacje pozyskane zarówno z ciągnika, jak i z maszyny. Możliwa jest bieżąca dokumentacja zabiegów polowych (siew, nawożenie, ochrona roślin i zbiory) w czasie rzeczywistym [Materiały Agrocom Polska Jerzy Koronczok].

Wraz z nawigacją satelitarną pojawiły się nowe możliwości korzystania ze stałych ścieżek przejazdowych (CTF – *Controlled Traffic Farming*), które stosuje się przede wszystkim w technologiach uproszczonych, bezpłужnych. Korzystając z korekcji RTK można w każdym kolejnym sezonie wjeżdżać na te same ścieżki, pod warunkiem iż maszyny są odpowiednio dobrane pod względem szerokości roboczej [Nozdrovický i in. 2008].

Tematyka badań naukowych prowadzonych na WIPiE z zakresu rolnictwa precyzyjnego

Podwaliny pod rozwój problematyki rolnictwa precyzyjnego na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki położył prof. dr hab. inż. P. Zalewski, uzyskując pod koniec lat 90-tych oraz w początkach minionej dekady środki finansowe na zakup takich urządzeń, jak: optyczny system rejestracji plonu wraz z oprogramowaniem do wykonania map plonowych i map aplikacji nawożenia mineralnego, komputer pokładowy do sterowania i kontroli przestrzennie zmiennego dawkowania, modułowy odbiornik GPS na bazie PDA z oprogramowaniem firmy Farm Works do prac terenowych, sterowania zmienną dawką i do nawigacji równoległej agregatu, oprogramowanie ArcView GIS, radar do pomiaru prędkości rzeczywistej ciągnika oraz rozsiewacz do zmiennego dawkowania nawozów mineralnych. Również kwestie poruszone przez niego w opracowaniach nt. agrotechnicznych konsekwencji satelitarnej lokalizacji obiektu [Zalewski 2000a] oraz problemów rolnictwa precyzyjnego [Zalewski 2000b] są do dziś aktualne.

Na bazie posiadanego sprzętu i we współpracy z rodzinnym gospodarstwem rolnym o powierzchni ok. 450 ha, w 2004 roku rozpoczęto szeroko zakrojone badania, które przez 4 lata na powierzchni ok. 65 ha obejmowały m.in.:

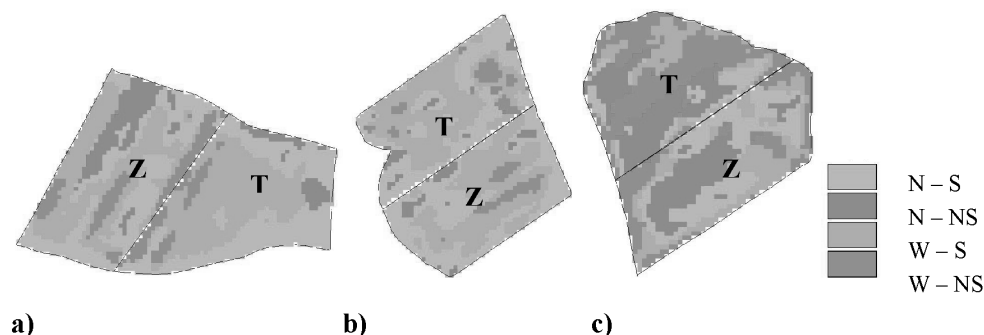
1. Coroczną automatyczną rejestrację plonu pszenicy ozimej, rzepaku i kukurydzy.
2. wykonanie na tych polach przestrzennie zmiennego podstawowego nawożenia mineralnego, opartego na mapach aplikacji sporządzonych z uwzględnieniem zasobności gleby i wysokości oczekiwanego plonu.
3. Wykonanie przestrzennie zmiennego pogłównego nawożenia azotowego na podstawie map względnej zawartości chlorofilu.
4. Określenie zawartości w ziarnie pierwiastków chemicznych.
5. określenie zmienności przestrzennej wybranych właściwości fizykochemicznych gleb na badanych polach.
6. Ocenę ekonomiczną wraz z wyznaczeniem powierzchni opłacalności dla stosowania szybkozmiennych technologii w nawożeniu mineralnym.
7. Wykorzystanie danych rejestrowanych podczas monitoringu plonu do określenia wybranych parametrów eksploatacyjnych kombajnu.
8. Przeprowadzenie ankietyzacji wśród producentów rolnych, dotyczącej ich wiedzy nt. Rolnictwa precyzyjnego i ewentualnego wdrażania go w swoich gospodarstwach.

Uzyskane wyniki

Mapowanie plonów można uznać za najważniejszy element rolnictwa precyzyjnego, ponieważ dostarcza pierwszą informację o zmienności potencjału produkcyjnego na danym polu. Charakter plonów oraz ich przestrzenna lokalizacja (rys. 2) wymaga zastosowania metod statystyki przestrzennej, co w opracowaniu było realizowane w programie ArcView GIS 3.3 [Zagórda, Walczykova 2010].

Kiedy rozpoczynano komercyjny monitoring plonu, spodziewano się, że wysokie i niskie plony będą znajdowały się zawsze na tych samych obszarach pola, jeśli z roku na rok zachowana będzie stała charakterystyka gleby, tak więc mapy plonów mogłyby spełniać rolę wzorca oczekiwanego plonu i podstawę do wykonywania zabiegów [Blackmore i in. 2003]. Wiadomo już jednak, że uśrednione za pewien okres mapy plonów odzwierciedlają tylko czynniki o charakterze systematycznym. Sporządzone na podstawie 3-letnich pomiarów plonów mapy trendów przestrzenno-czasowych (rys. 2) mają skądinąd duże znaczenie utytarne, ponieważ pozwalają zidentyfikować na badanych polach strefy o różnej tendencji plonowania. W połączeniu ze zmiennością plonowania i w porównaniu z mapami plonu w bieżącym roku mogą umożliwić rozpoznanie powodów tej zmienności w danym sezonie. Poza tym, plony z wielolecia z wyznaczonymi obszarami o systematycznie wysokich lub niskich plonach mogą być podstawą do lokalizowanego poboru próbek lub identyfikacji innych czynników, jak również można na wyznaczonych obszarach (rys. 2) zróżnicować dawki nawozów, zwiększając i zmniejszając dawkę średnią o procent równy wartości zmienności stwierdzonej na danym polu.

Optymalizacja nawożenia to główny czynnik obniżający zarówno koszty produkcji, jak też niekorzystny wpływ na środowisko przyrodnicze. Zmienne nawożenie od początku jego stosowania ograniczano do trzech składników – fosforu, potasu i azotu (ostatnio znaczenia nabiera również magnez), a więc składników, które w najwyższym stopniu działają plonotwórczo [Walczykova, Zagórda 2005]. W ramach prowadzonych badań w opracowaniu map aplikacyjnych nawożenia mineralnego uwzględniono przestrzenną zmienność zasobności gleby, plonów oraz kategorię agronomiczną gleby. Zwrócono też uwagę na wpływ rozdzielczości siatki poboru próbek gleby oraz rozdzielczości mapy [Zagórda, Walczykova 2007a]. Dla wszystkich kombinacji rozpatrywanych wariantów rozdzielczości siatki poboru próbek (bok kwadratu siatki 50, 100 i 200 m) oraz rozdzielczości mapy zasobności (wymiar piksela 10, 50, 100 i 200 m) stwierdzono w danym roku badań oszczędności nawozu fosforowego w zakresie 77-163%, w stosunku do dawki stosowanej przez rolnika. Największe oszczędności nawozu przyniosło określanie zasobności makroskładników w rozdzielczości siatki poboru próbek 100 i 200 m, a w odniesieniu do map 10 oraz 50 m.



Źródło: Zagórda, Walczykowa 2010

Rys. 2. Mapy stabilności plonowania: nawożenie tradycyjne T; zmienne Z; plony niskie stabilne N-S; niskie niestabilne N-NS; wysokie stabilne W-S; wysokie niestabilne W-NS: a) pszenica-rzepak-pszenica, b) kukurydza-pszenica-rzepak), c) kukurydza w monokulturze

Oдноśnie do wszystkich aplikowanych nawozów, dodatnie różnice pomiędzy ilością wysianą jednorodnie oraz zmiennie kształtowały się na ogół w zakresie od kilku do kilkudziesięciu procent, w zależności od rośliny, stanowiska i roku badań [Zagórda, Walczykowa 2007b]. Ujemne różnice, a więc na niekorzyść zmiennego dawkowania, miały miejsce wówczas, kiedy w danym miejscu na polu zasobność aplikowanego makroskładnika była bardzo niska.

W zakresie nawożenia mineralnego największe oszczędności uzyskano przy nawożeniu pogłównym pszenicy ozimej, opartym na ocenie względnej zawartości chlorofilu. W porównaniu z nawożeniem jednorodnym, zapotrzebowanie na azot dla II dawki było niższe o ponad 60%, zaś dla III dawki o prawie 50%. Stwierdzono również niewielki wzrost plonu, mimo mniejszego o ok. 14% zużycia azotu ogółem (włącznie z dawką podstawową) [Zagórda i in. 2007]. Publikowane efekty agronomiczne i ekonomiczne, wynikające z wprowadzenia zmiennego nawożenia, dotyczą przede wszystkim azotu [Godwin i in. 2003] i są bardzo różnorodne, co wskazuje na ogromny wpływ warunków produkcji, jak też możliwy wpływ metod rozpoznania zapotrzebowania na ten składnik i sposoby jego aplikacji. Wynik z badań własnych – oszczędności ok. 5-32 kg na hektarze – mieścił się w połowie zakresu oszczędności (25-50kg), jakie na podstawie zdjęć satelitarnych uzyskali Coquil i Bordes [2005].

Analiza chemiczna ziarna pszenicy na zawartość azotanów, zaś rzepaku i kukurydzy na zawartość fosforu i potasu, nie wykazała ilości szkodliwych dla zdrowia konsumenta, ale w badanym okresie nie stwierdzono również, by w tym aspekcie bardziej korzystne okazało się nawożenie zmienne.

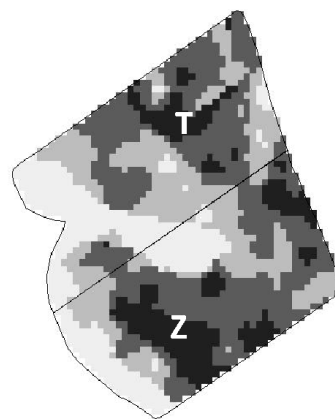
Oprócz oznaczenia gatunku gleb na badanych polach, ich zasobności oraz odczynu, jako podstawowych czynników w realizacji zmiennego nawożenia, dokonano również pomiarów właściwości fizycznych, które wraz z dostępnością wody

są wynikiem kształtowania przez rolnika struktury gleby i które mają wpływ na wysokość plonowania. Pomiary i mapowanie parametrów gleby dostarczają zarządzającemu wsparcia informacyjnego w rozpoznaniu czynników limitujących wzrost i plony w różnych częściach pola [Stafford 2000]. W ramach badań [Zagórda i in. 2008; Walczyk, Zagórda 2009] wykonano szeroko zakrojone pomiary polowe, m.in. zwięzłości i wilgotności gleby, dokonując je po siewie trzech uprawianych roślin: pszenicy, rzepaku i kukurydzy na ziarno, oraz w kolejnych trzech fazach istotnych dla ich rozwoju. W efekcie nałożenia mapy plonu na mapy mierzonych parametrów gleby stwierdzono, że plony z przedziałów wartości niskich, średnich i wysokich występowały przeważnie na tych obszarach pola, na których przez cały okres utrzymywała się średnia zwięzłość i wilgotność. Udział tej powierzchni wynosił ok. 65% dla zwięzłości i 70% dla wilgotności. Wizualne porównanie w danym roku map plonów oraz map właściwości gleby (rys. 3) pozwoliło na zidentyfikowanie obszarów mogących powodować obniżanie plonów. Współczynniki korelacji plonów badanych roślin z mierzonymi właściwościami gleby były przeważnie statystycznie istotne, ale niskie.

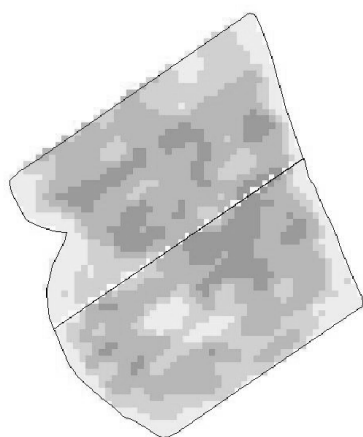
Wprowadzenie technologii rolnictwa precyzyjnego wiąże się z koniecznością wydatkowania znacznych środków finansowych, a wielkość areалу, w warunkach którego wprowadzenie rolnictwa precyzyjnego jest ekonomicznie uzasadnione, zależy od wielu czynników, takich jak stosowane technologie, uprawiane gatunki roślin oraz ceny produktów rolnych i środków produkcji [Gozdowski i in. 2007]. Ogólnie rzecz biorąc, osiągnięcie korzyści ze stosowania szybkozmiennych technologii warunkują uzyskane plony i redukcję nakładów [Berry 1999]. Batte [2000] stwierdza, iż w 57% zabiegi wykonane w sposób przestrzennie zmienny były ekonomicznie bardziej efektywne od zabiegów powierzchniowo jednorodnych. Przytacza też wyniki badań zmiennej aplikacji nawozów mineralnych, na podstawie których stwierdzono, iż ekonomiczne i środowiskowe korzyści z przejścia na technologie rolnictwa precyzyjnego zależą od wewnętrznej zmienności na danym polu. Okazało się też, iż wpływ wielkości gospodarstwa na efekty ekonomiczne jest bardzo duży. Pawlak [2008], cytując wyniki szeregu autorów, stwierdza, iż przestrzennie zmienna aplikacja nawozów nie zawsze przynosi spodziewane pozytywne efekty, a powodem mogą być m.in. warunki glebowe i klimatyczne.



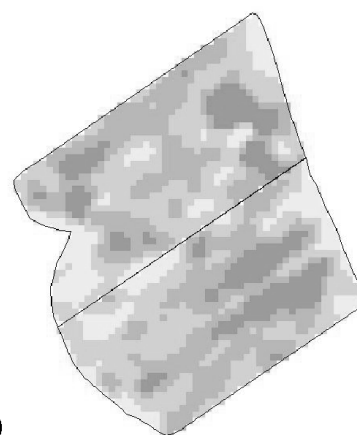
a)



b)



c)



d)

Źródło: Walczyk, Zagóřda 2009

Rys. 3. Mapy przestrzennego rozmieszczenia średnich wartości zwiężłości (MPa) gleby: a) 2006, b) 2007 oraz plonów: c) 2006, d) 2007

Obecnie w literaturze przedmiotu brak jest metodyki do wyznaczenia realnych nakładów zwiężanych ze stosowaniem systemów do rolnictwa precyzyjnego. Problemem tym zajmował się m.in. Godwin i in. [2003], który w wyniku przeprowadzonej analizy ekonomicznej określił poziom rentowności w postaci minimalnej powierzchni produkcyjnej, wynikającej z oszczędności na nawozach. Au-

tor wykazuje, iż zysk będzie zależeć od wielkości powierzchni produkcyjnej, jaka pozytywnie zareaguje na zmienne nakłady na wejściu. Wyznaczone przez niego zmiany kosztów eksploatacji wraz ze zmianą powierzchni uprawy ustabilizowały się na poziomie ok. 500 ha, zaś powierzchnię, od jakiej stosowanie technologii rolnictwa precyzyjnego przyniesie dochody, ustalił na poziomie 250 ha dla kompleksowego wyposażenia niezbędnym sprzętem, zakładając dodatkowo wzrost plonu od 0,25 do 1,6 t·ha⁻¹.

Na podstawie badań własnych Zagórda i Walczykova [2011a] określili różnice w kosztach nawożenia tradycyjnego i zmiennego, które w przeliczeniu na hektar uprawy pszenicy ozimej, rzepaku i kukurydzy na ziarno, wyniosły od -8,0 do 87,6 PLN·ha⁻¹. W odniesieniu do tony ziarna różnice te wahały się w granicach 1,30–24,12%; wzrost plonowania przy zastosowaniu technologii zmiennej wynosił na analizowanych polach średnio ok. 7%. Pokazano również, iż mapowanie jednostkowych kosztów nawożenia w przeliczeniu na tonę ziarna w każdym roku produkcyjnym umożliwiłoby identyfikację na danym polu tych obszarów, na których z powodu niskich plonów ponoszone są wysokie koszty jednostkowe nawozów.

Znając oszczędności wynikające ze zmiennego nawożenia NPK trzech uprawianych roślin, oraz roczne koszty utrzymania 5 różnych zestawów sprzętu oraz oprogramowania do rolnictwa precyzyjnego, wyznaczono powierzchnie opłacalności [Zagórda, Walczykova 2011b]. Powierzchnie te wahają się od 160 do 575 ha, w zależności od sposobu obliczania rocznych kosztów eksploatacji (12 oraz 5 lat amortyzacji), rodzaju uprawianej rośliny oraz składowych sprzętu do wykonania nawożenia.

Podczas monitorowania wysokości plonu rejestrowane są również parametry, które pozwalają na prześledzenie całego procesu technologicznego zbioru ziarna w aspekcie uzyskanych parametrów eksploatacyjno-organizacyjnych [Walczykova 2011a]. Dzięki rejestracji m.in. czasu pracy i postojów, prędkości roboczej, długości przejazdów, możliwe było określanie w danym sezonie wydajności powierzchniowej i masowej w czasie efektywnym i ogólnym, zużycia paliwa na hektar i wielkości powierzchni ugniecionej kołami kombajnu – dla wszystkich zbieranych roślin. Takie informacje pozwalają na ujawnienie „wąskich gardeł” w logistyce polowej i poprawę planowania wykorzystania maszyn.

Warunkiem wdrażania systemu rolnictwa precyzyjnego jest jego akceptacja przez użytkowników i tutaj duże rolę odgrywa poziom wiedzy rolników i odpowiednia edukacja [Pawlak 2008]. Wg Wójcickiego [2007] system rolnictwa precyzyjnego może być wprowadzony już w wysoko produkcyjnych rozwojowych gospodarstwach rodzinnych o powierzchni 30-40 ha, korzystających z wzajemnych lub kontraktorskich usług. W 2009 roku przeprowadzono ankietyzację w 56 gospodarstwach, usytuowanych w różnych rejonach Polski oraz o zróżnicowanej powierzchni – najmniejsze gospodarstwo posiadało łącznie 51 ha, a największe 6000 ha [Walczykova 2011b]. Przeprowadzone badania ankietowe pozwoliły uży-

skać aktualne informacje na temat świadomości i wiedzy rolników odnośnie do technologii rolnictwa precyzyjnego oraz problemów, jakie dostrzegają w związku z jej wdrażaniem. Wśród najczęściej wymienianych powodów, dla których respondenci nie są gotowi do wprowadzenia w swoich gospodarstwach systemu rolnictwa precyzyjnego, były wysokie koszty takiego przedsięwzięcia i mała opłacalność produkcji rolniczej, a nawet jej brak oraz, obawy przed nowymi wyzwaniami, nowymi technologiami – przed tym, że nie poradzą sobie z obsługą zbyt skomplikowanych urządzeń. Rolnicy obawiają się też braku odpowiedniego wsparcia technicznego ze strony dostawców. Bardzo podobne problemy napotykają rolnicy w innych krajach [Reichardt, Jürgens 2007]. Dla rolników, którzy chcą w najbliższym czasie wprowadzić technologię rolnictwa precyzyjnego, w tym w pierwszej kolejności w nawożeniu mineralnym, czynnikiem motywującym jest duża zmienność glebowa.

Podsumowanie

Wymagane nakłady, sposób zarządzania, a także efekt końcowy wprowadzania szybkozmiennych technologii są bardzo różne, ponieważ zależą od warunków glebowo-klimatycznych i uprawianych roślin. Duża część nakładów w rolnictwie precyzyjnym związana jest z rejestracją danych czasowych i przestrzennych o warunkach produkcyjnych (plony, gleby, stan roślin, teren, chwasty, szkodniki). Jeśli wzrost produkcji zrównoważy nakłady poniesione na uzyskanie tych informacji, to rolnictwo precyzyjne może być technologią ekonomicznie efektywną [Daberkow 1997]. Wg Lowenberg-DeBoer'a [2003] objęcie tym systemem całości funkcjonowania gospodarstwa będzie bardziej efektywne od wprowadzania go do wykonania pojedynczego zabiegu, ponieważ pozwoli to na wykorzystanie w większym zakresie wyposażenia, informacji i ludzkiego potencjału. Technologie szybkozmiennne są odpowiednie w uprawie roślin, które wymagają znacznych nakładów i wyżej plonują [Daberkow 1997]. Według Anceva i in. [2005] ocenie ekonomicznych korzyści powinna towarzyszyć również ocena efektów środowiskowych oraz poprawy jakości produktów.

Poważna trudność, z którą wciąż borykają się nawet kraje zaawansowane pod względem wprowadzania technologii rolnictwa precyzyjnego, to brak sprawnie działających narzędzi wspierających podejmowanie decyzji przez rolnika w zakresie gromadzenia i opracowania zebranych danych. Wiele do zrobienia jest również w zakresie kompleksowości dostarczanego sprzętu. Należy też oczekiwać, że upowszechnianie technologii RP przyczyni się do wzrostu konkurencyjności i spowoduje obniżenie tak obecnie wygórowanych cen na sprzęt i usługi [Gozdowski i in. 2007; Lisowski 2005].

W podsumowaniu należy podkreślić, iż wdrażanie rolnictwa precyzyjnego nie jest możliwe bez znajomości przedmiotu, porządkowania i wzbogacania nabytej

wiedzy, umiejętności krytycznej oceny własnych działań oraz korygowania błędów [Doruchowski 2008]. Przeprowadzone badania ankietowe pokazują, że mimo obiektywnie niesprzyjających uwarunkowań dla wprowadzania technologii rolnictwa precyzyjnego do polskich gospodarstw, wielu rolników ma już świadomość, iż jest to właściwa droga do zapewnienia zrównoważonego rozwoju i podniesienia konkurencyjności swoich gospodarstw.

Bibliografia

- Ancev T., Whelan B., McBratney A.** (2005): Evaluating the benefits from precision agriculture: the economics of meeting traceability requirements and environmental targets. Stafford J.V., Precision Agriculture. Wageningen Academic Publisher, 985-994.
- Batte M.T.** (2000): Factors influencing the profitability of precision farming. J. of Soil and Water Conservation, Vol. 55, No 1, 12-18.
- Berry J.K.** (1999): Precision farming primer (online). [dostęp 22.04.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/Default.html>.
- Blackmore S., Godwin R.J., Fountas S.** (2003): The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering, 84(4), 455-466.
- Coquil B., Bordes J.P.** (2005): FARMSTAR: an efficient decision support tool for near real time crop management from satellite images. Stafford J.V., Precision Agriculture, Wageningen Academic Publisher, 873-880.
- Daberkow S. G.** (1997): Adoption rate for recommended crop management practices: Implication for precision farming. Precision Agriculture 1997, Scientific Publishers Limited, 941-948.
- Doruchowski G.** (2008): Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym. Inżynieria Rolnicza, 9(107), 19-31.
- Godwin R.J., Richards T.E., Wood G.A., Welsh J.P., Knight S.M.** (2003): An Economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production. Biosystems Engineering, 84(4), 533-545.
- Griepentrog H.W.** (2012): Smart Farming: Gotowe do stosowania rozwiązania, wymogi i techniki dnia jutrzejszego (on-line). [dostęp 15.04.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.agritechnica.com/1173.html>
- Gozdowski D., Samborski S., Sioma S.** (2007): Rolnictwo Precyzyjne. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN 978-83-7244-858-3.
- Lisowski A.** (2005): Technologie rolnictwa precyzyjnego. Postępy Nauk Rolniczych, 6, 51- 61.
- Lowenberg-deBoer J.** (2003): Precision farming or convenience agriculture (on-line) [dostęp 23.04.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.regional.org.au/au/asa/2003/i/6/lowenberg.htm>
- Materiały Agrocom Polska Jerzy Koronczok.
- Nozdrovický L. i in.** (2008): Presné pôdohospodárstvo, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, ISBN 978-80-552-0123-8.
- Pawlak J.** (2008): Rolnictwo precyzyjne, jego rola i ekonomiczna efektywność. Postępy Nauk Rolniczych, 1, 3-14.

- Rademacher T.** (2009): Systemy informacyjne w kombajnach użyteczne czy zbyteczne? *ATR Express*, 9, 12-16.
- Reichardt M., Jürgens C.** (2007): Adoption and perspective of precision farming (PF) in Germany: results of several surveys among the different agricultural target groups. *Precision Agriculture*. Wageningen Academic Publishers, 843-850.
- Stafford J.V.** (2000): Implementing precision agriculture in the 21st century. *J. agric. Engng Res.* 76, 267-275.
- Walczykova M., Zagórda M.** (2005): Zmienne nawożenie mineralne pszenicy ozimej z wykorzystaniem map przestrzennego rozmieszczenia plonów. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 375-384.
- Walczyk M., Zagórda M.** (2009): Korelacja wybranych właściwości gleby z plonami. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, Z. 543, 377-385.
- Walczykova M.** (2011a): Estimation of the combine harvester working parameters based on information acquired during yield monitoring. *Utilization of Agricultural and Forest Machinery in Research and Teaching. Monograph, Vol. 3, Polish Academy of Arts and Sciences*, 347-358.
- Walczykova M.** (2011b): Farmers' access to information and know-how concerning precision agriculture. *Utilization of Agricultural and Forest Machinery in Research and Teaching. Monograph, Vol. 3, Polish Academy of Arts and Sciences*, 359-366.
- Wójcicki Z.** (2007): Rozwój rolnictwa zrównoważonego i precyzyjnego. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 5-12.
- Zagórda M., Walczyk M., Kulig B.** (2007): Precyzyjne nawożenie azotem pszenicy ozimej na podstawie pomiarów SPAD. *Inżynieria Rolnicza*, 7(95), 249-256.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2007a): Aspekty metodyczne sporządzania map aplikacyjnych zlokalizowanego nawożenia mineralnego. *Inżynieria Rolnicza*, 2(90), 317-325.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2007b): Estimation of costs at application of precise fertilizer spreading. *Agricultural Engineering International: the CIGR EJournal. Manuscript CIOSTA 07 006, Vol. IX, December, 2007*.
- Zagórda M., Walczyk M., Mazurek R.** (2008): Wykorzystanie GIS do wizualizacji przestrzennej zmienności parametrów gleby w powiązaniu z plonem. *Inżynieria Rolnicza*, 7(105), 229- 236.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2010): Metodyczne i uytylitarne aspekty sporządzania map przestrzennych oraz czasowych trendów plonowania. *Inżynieria Rolnicza*, 7(125), 245-251.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2011a): Koszty nawożenia w przestrzennie zmiennej aplikacji nawozów mineralnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(68), 73-82.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2011b): Porównanie powierzchni opłacalności dla przestrzennie zmiennej aplikacji nawozów mineralnych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2(68), 65-72.
- Zagórda M., Walczykova M.** (2011): Program do wspomagania rejestracji i oceny procesów technologicznych. *Inżynieria Rolnicza*, 6(131), 289-295.
- Zalewski P.** (2000a): Agrotechniczne konsekwencje satelitarnej lokalizacji obiektu i komputerowej mikrokartografii pola. *Inżynieria Rolnicza*, 7(8), 197-203.
- Zalewski P.** (2000b): Problemy rolnictwa precyzyjnego. *Inżynieria Rolnicza*, 8(10), 15-23.