

# **Rolnictwo w trzecim tysiącleciu – bieżące trendy<sup>1</sup> i nowe wyzwania w inżynierii rolniczej<sup>1</sup>**

**Axel Munack<sup>2</sup>**

*Institute for Technology and Biosystems Engineering  
Federal Agricultural Research Centre (FAL)  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany  
e-mail: axel.munack@fal.de*

**Słowa kluczowe:** rolnictwo, środowisko, rozwój, europejski punkt widzenia, komunikacja, energia z biomasy

## **Wstęp**

Praca niniejsza stawia sobie za cel przedstawienie zagadnień związanych z przyszłym rozwojem zawodu agroinżyniera (technika związanego z produkcją żywnościową) z punktu widzenia mieszkańca państwa wchodzącego w skład Unii Europejskiej (UE). Taki punkt widzenia różni się zasadniczo, zarówno od jego odpowiednika w innych państwach wysoko rozwiniętych, jak i w regionach rozwijających się. Droga europejska (droga UE) charakteryzuje się wysokim stopniem dążenia do trwałości, jakości produkcji, błogostanu zwierząt i wysokich standardów technologicznych.

Rzecz jasna istnieją różnice pomiędzy poszczególnymi państwami Unii, a duże różnice można stwierdzić zwłaszcza pomiędzy państwami, które przyłączyły się do UE niedawno, bądź mają zamiar przyłączyć się obecnie. Jednak różnic tych nie będziemy analizować ograniczając się do zaprezentowania zasadniczych tendencji istniejących w obecnej UE na przykładzie wybranych zagadnień związanych z rolnictwem niemieckim. Zanim przejdziemy do szczegółów, zarysujemy główne trendy i wywiedziemy z nich wyzwania stojące przed rolnictwem. W pewnej mierze prezentacja niniejsza stanowi rozszerzenie wcześniejszych publikacji [15, 16].

---

<sup>1</sup> Praca przedstawiona na XI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Postęp „Naukowo-Techniczny i Organizacyjny w Rolnictwie” (Zakopane, 23–27.02.2004 r.).

<sup>2</sup> Prof. dr inż. Axel Munack jest prezydentem Międzynarodowej Komisji Inżynierii Rolniczej (CIGR).

## Zasadnicze potrzeby i trendy globalne

---

Spółeczności współczesne stawiają produkcji rolniczej następujące wymagania:

- produkcja żywności, energii i surowców dla zaspokojenia potrzeb wzrastającej populacji (której wymagania także wzrastają);
- zastosowanie trwałych technologii;
- zachowanie wysokiej jakości w całym procesie produkcyjnym.

Obok tych bezpośrednich wymagań istnieją także różnorodne wymagania globalne, mające istotny wpływ na produkcję rolniczą. Zaliczyć można do nich:

- uprzemysłowienie produkcji rolniczej;
- globalizację kapitału, produkcji i handlu;
- przenikanie technologii informatycznych;
- rosnący wpływ biotechnologii i inżynierii genetycznej.

Dwie ostatnie z wymienionych tendencji albo doprowadziły już do istotnych zmian procesów produkcyjnych w rolnictwie, albo czynią to obecnie, albo wskazują nowe horyzonty zmian, które zaistnieją w niedalekiej przyszłości. Oczywisty jest także wpływ tych trendów na badania naukowe związane z rolnictwem. Pierwszy z wymienionych trendów wpływa na technologię procesów produkcyjnych, ich lokalizację, kapitałochłonność i wydajność jak również na ich pracołłonność. Globalizacja w mniejszym stopniu wpływa na obszar badań naukowych, a w większym na rozwój i środki produkcji. Nowe programy badawcze UE zachęcają do łączenia prac badawczych prowadzonych przez ośrodki narodowe z ustanawianiem faktycznych lub wirtualnych europejskich centrów doskonałości.

## Wymagania stawiane rolnictwu

---

W dalszym ciągu przedstawimy wymagania stawiane przed rolnictwem przez różne grupy zainteresowane jego rozwojem. Tak więc społeczeństwo żąda od rolnictwa konkurencyjności, ochrony środowiska i zachowania standardów socjalnych. Chociaż znaczenie wymienionych trzech aspektów jest różne, to można ogólnie powiedzieć, że ich łączna kombinacja bywa najczęściej określana jako trwałość rozwoju. Pierwszą, ogólnie akceptowaną definicję trwałego rozwoju podała komisja Brundtlanda: „Trwały rozwój zaspokaja współczesne potrzeby bez narażania na szwank realizacji wymagań przyszłych pokoleń” [3]. Do oceny stopnia trwałości procesu lub całego łańcucha procesów należy zdefiniować odpowiednie wskaźniki. Są one opracowywane i dyskutowane na podstawie wskaźników ekologicznych, np. Systemu OECD [18, 19].

**Konsumenci** żądają produktów wysokiej jakości po niskich cenach przez cały rok; smacznej, zdrowej i zgodnej z wymaganiami diety żywności; zachowania

pięknego krajobrazu bez hałasu i odoru. Wielu współczesnych odbiorców wymaga monitoringu produkcji, a więc możliwości rejestracji pochodzenia i sposobów przetwarzania produktów żywnościowych. Nie jest wprawdzie dokładnie znany odsetek tych konsumentów, którzy skłonni byliby dodatkowo zapłacić za taką informację, jednakże ze względu na możliwość zaistnienia problemów zdrowotnych, spowodowanych przez jakość żywności, uważa się iż taka informacja powinna być dostępna.

**Wymagania przemysłu** można określić następująco: wysoka jakość przy niskich kosztach surowców i żywności; odnawialne zasoby (na potrzeby energetyczne i materiałowe); dostosowanie produkcji do potrzeb przemysłu, na przykład produkcja organizmów genetycznie modyfikowanych (GMO) dla przemysłu farmaceutycznego. Wzajemne proporcje wymienionych dziedzin produkcji rolniczej (żywność, energia i surowce) zależą od wymagań rynku i opłacalności. Być może, że ze względu na potrzebę wyżywienia coraz to większej liczby ludności świata, sektor nieżywniowy stanie się w przyszłości mniej atrakcyjny. Jednak obecnie w Europie, ze względu na nadprodukcję rolniczą, sektor energetyczny jest bardzo atrakcyjny, zarówno ze względu na korzyści ekonomiczne dla rolnictwa, jak i ochronę środowiska m.in. przez redukcję gazów cieplarnianych.

Istnieją także **wymagania stawiane przez rolników**. Otóż chcą oni przede wszystkim uczestniczyć w ogólnym wzroście dochodów, skróceniu czasu i poprawie bezpieczeństwa pracy. Chcą także jasnych i trwałych warunków przyszłego rozwoju swych gospodarstw.

**Wymagania polityków** stawiane rolnictwu (w tym wypadku rządu niemieckiego będącego obecnie koalicją „czerwono-zieloną”) są następujące: rozwój rolnictwa ekologicznego (osiągnięcie 20% udziału w produkcji żywności), wzrost jakości i bezpieczeństwa żywności (ochrona konsumentów), wysokie standardy ochrony zwierząt, zachowanie lub poprawa stanu środowiska przez promocję trwałego rozwoju procesów produkcyjnych w rolnictwie, rybactwie i leśnictwie.

**Polityka globalna**, np. artykułowana przez FAO, wymaga zapewnienia wystarczającej ilości żywności dla wzrastającej liczby ludności na świecie i redukcji emisji gazów cieplarnianych.

**Unia Europejska** wymaga w zasadzie spełnienia wszystkich wymienionych wyżej warunków, kładąc dodatkowy nacisk na zmniejszenie transgranicznego transportu azotu. Z tego względu oblicza się przepływy azotu (w postaci lotnego  $\text{NH}_3$  w powietrzu), aby w przyszłości obłożyć takie przepływy podatkami. Planuje się ponadto zmniejszenie dotacji dla produkcji zwiększającej transgraniczne przepływy azotu.

Przedstawiona powyżej lista, nie wszystkich oczywiście, wymagań stawianych rolnictwu pokazuje, jak złożone jest to zagadnienie i jak trudno jest przedstawić je w krótkim zarysie. Niemniej jednak w dalszym ciągu naszych rozważań spróbujemy przedstawić właściwe środki techniczne produkcji rolniczej, które będą odpowiedzią na przedstawione wyzwania.

## Środki techniczne do produkcji rolniczej i ochrony środowiska

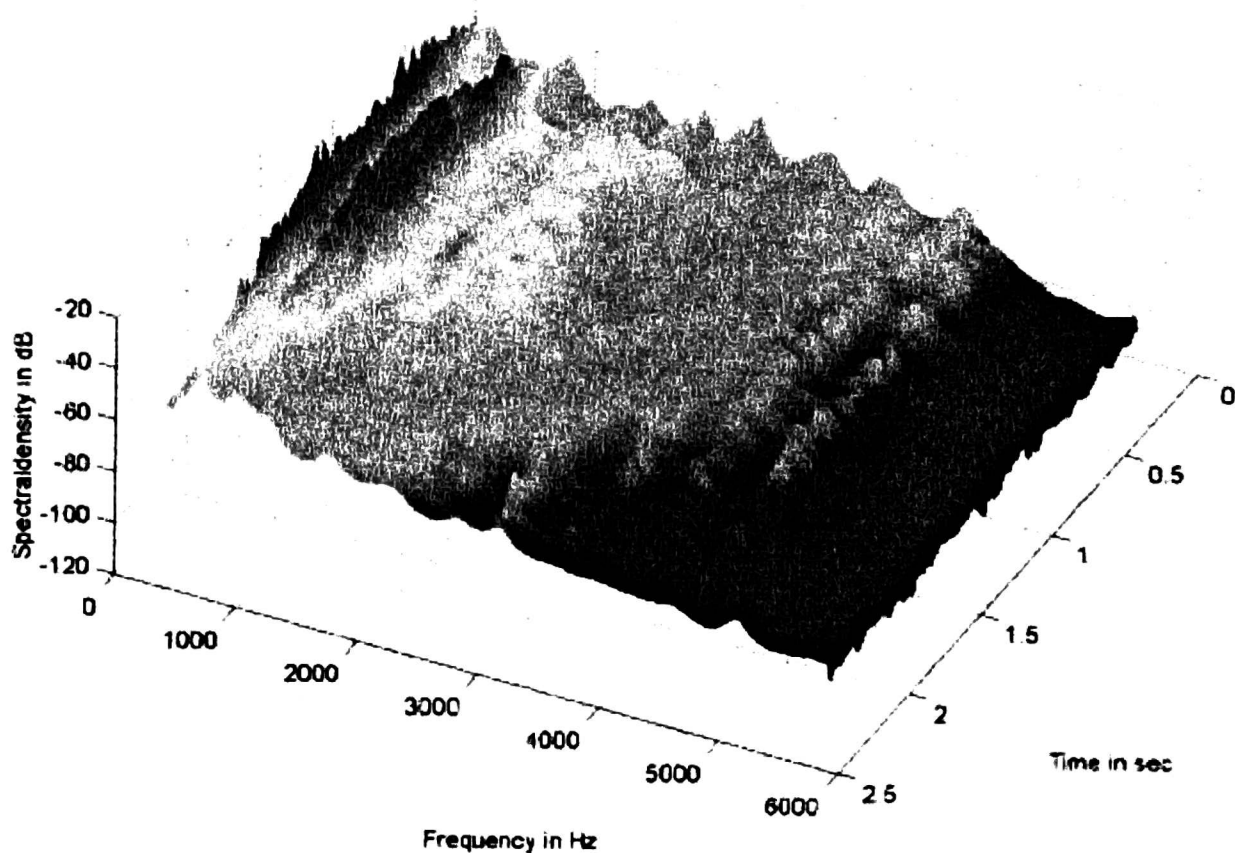
---

### Produkcja roślinna

Najbardziej zaawansowane technologie w produkcji roślinnej określa się obecnie jako „rolnictwo precyzyjne”. Technologie takie szczególnie rozpowszechniły się w procesach przygotowania, siewu, nawożenia, nawadniania, zwalczania chwastów i szkodników oraz zbioru kombajnowego. Prognozy przyszłych, technicznych rozwiązań tych technologii nie są na razie przesądzone. Mogą one ewoluować w stronę wyposażenia dużych samobieżnych, wielofunkcyjnych urządzeń, wyposażonych w małe podsystemy elektroniczne i elektrohydrauliczne działające jako czujniki, urządzenia pomiarowe i wykonawcze. Inne prognozy skłaniają się w kierunku zastosowania niezależnych małych systemów mobilnych, uzbrojonych w jedno narzędzie przemieszczane wzdłuż pola. Przykłady takich rozwiązań można znaleźć w cytowanej literaturze [2, 4].

### Produkcja zwierzęca

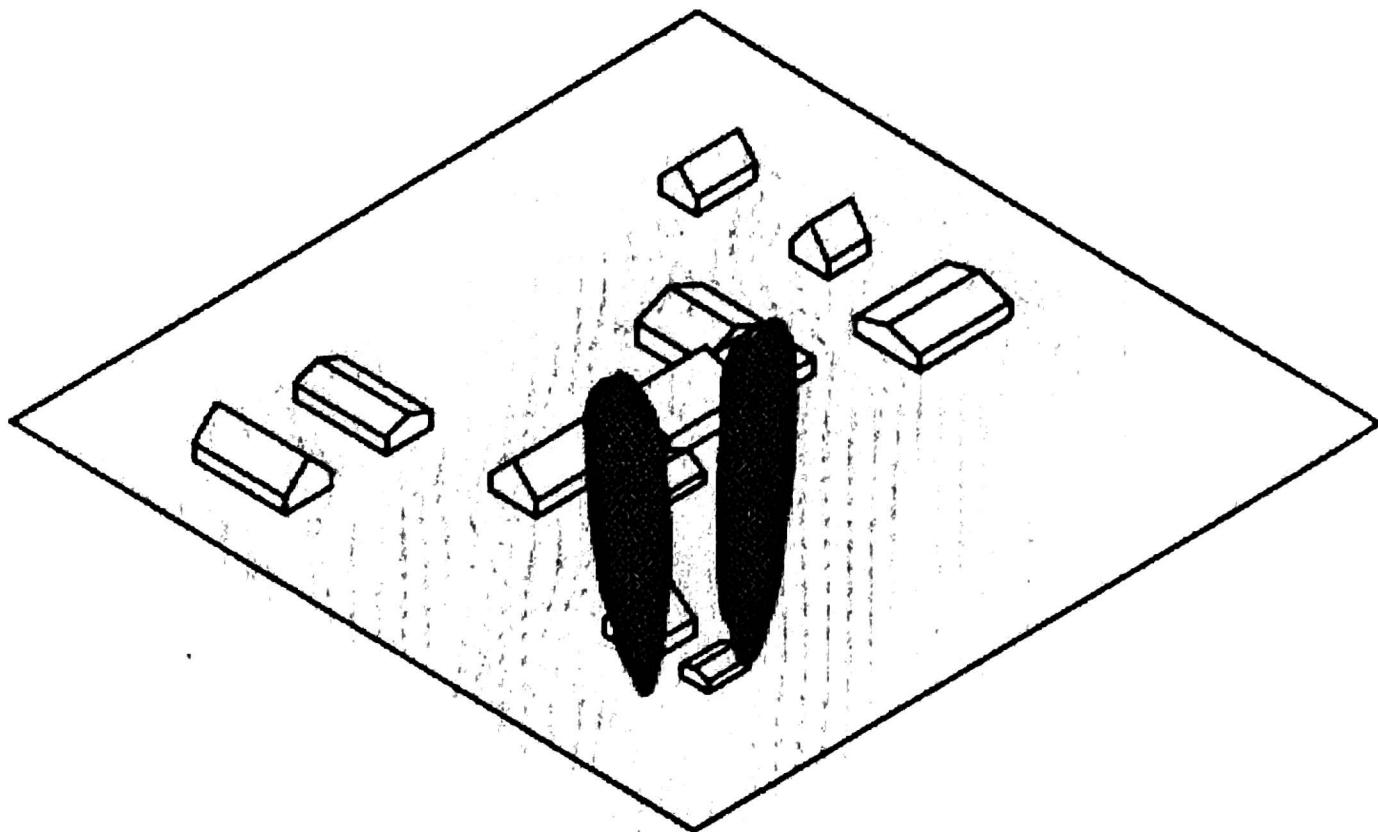
Rolnictwo precyzyjne znajduje obecnie zastosowanie również w produkcji zwierzęcej. W przeszłości, kiedy rolnik znał każde zwierzę w swoim stadzie, zasada indywidualnego traktowania zwierzęcia była oczywista. Taka praktyka zanikła wraz ze zwiększeniem się liczebności stada i wzrostem liczby osób obsługujących zwierzęta. Jednak udaje się powrócić do indywidualnej obsługi zwierząt wprowadzając urządzenia sterowane mikroprocesorami do karmienia, ważenia, dojenia, analizy mleka. Możliwe jest również zastosowanie mikroelektroniki do badania wizualnego zwierząt i opieki zdrowotnej. Przykładem takich rozwiązań może być analiza głosu zwierząt [10, 11]. Spektrogram głosu głodnej krowy pokazano na rysunku 1. Charakterystyczne częstotliwości widać w dolnym zakresie widma. Są one niezmiennie w całym okresie ryczenia. W celu interpretacji zarejestrowanego dźwięku niezbędna jest oczywiście jego szczegółowa analiza spektralna. Zastosowanie modeli łańcuchów Markowa pozwala na wiarygodną interpretację rejestrowanego widma. Szczegółowy opis takiego procesu można znaleźć w cytowanej literaturze. W przyszłości można się spodziewać zastosowania analizy akustycznej do szybkiego diagnozowania chorób i związanej z tym skutecznej profilaktyki. Inne zastosowanie rejestracji głosu możliwe jest przy kontroli stanu zwierząt w czasie transportu. Sytuacja jest w tym wypadku znacznie trudniejsza, gdyż trzeba interpretować głos nieznanego zwierzęcia. Jest to jednak szczególnie interesujące wyzwanie dla badaczy.



Rysunek 1. Spektrogram głosu głodnej krowy

## Ochrona środowiska

Szczególnie nagłym zadaniem w fermach produkcji zwierzęcej jest redukcja emisji gazów i pyłu oraz związanej z tym imisji (czyli wchłaniania przez organizmy gazów i pyłów). Możliwe są tu różne rozwiązania. Jedną z możliwości jest precyzyjnie dobrane karmienie paszami o zredukowanej ilości azotu. Należy także stosować środki techniczne, na przykład konstrukcję budynków zapewniającą niski poziom emisji [13], lub filtrowanie wypływającego powietrza [9], przykrywane zbiorniki gnojowicy [6] czy rozlewanie gnojowicy maszynami o nisko nad powierzchnia gleby umieszczonych otworach wylotowych [6]. Są to rozwiązania techniczne ograniczające emisję. Natomiast dla ograniczenia imisji należy brać pod uwagę lokalizację budynków w stosunku do otaczającego terenu, przeważające prędkości i kierunki wiatru oraz rodzaj możliwej turbulencji. Wymusza to przy projektowaniu symulację ruchu powietrza metodami CFD (komputerowa symulacja przepływu – computerized fluid dynamics) na fermie i w jej otoczeniu [14]. Obszar zaznaczony oznacza powierzchnię o dopuszczalnej wartości progowej (iso-area) intensywności zapachu według normy ISO tzn.  $3 \text{ OU} \cdot \text{m}^{-3}$  ( $1 \text{ OU} \cdot \text{m}^{-3}$  jest wartością progową detekcji). Bez takich, nieraz czasochłonnych symulacji, niemożliwe byłoby prowadzenie działalności rolniczej w wielu regionach, w szczególności w centralnej Europie z jej dużą gęstością zaludnienia.



**Rysunek 2.** Imisja wokół pomieszczeń dla zwierząt; obszar zaznaczony to obszar o wartości progowej  $3 \text{ OU} \cdot \text{m}^{-3}$

## Informacja

Duża ilość danych, związana z intensywnym przepływem produktów wymusza właściwy dobór środków wymiany informacji. W Niemczech kilka lat temu opracowano system przepływu informacji w rolnictwie (LBS) i objęto go normą DIN 9684 (1989–1998). Obejmuje ona standardy fizycznych połączeń (hardware) oraz protokoły transmisji, standaryzowane funkcje systemu, usług, komunikatów (zarządzanie siecią) oraz standard interfejsu człowiek–maszyna. W normie zawarte są również zasady wymiany danych z informatycznym systemem zarządzania. W międzyczasie ustanowiona została międzynarodowa norma ISO 11783. Ma to doniosłe znaczenie dla przyszłej wymiany informacji w dziedzinie rolnictwa. Szczególnie dotyczy to wymiany danych pomiędzy podsystemami pochodzącymi od różnych producentów i może być co do ważności porównywane z wprowadzeniem międzynarodowych standardów dla trójpunktowego zawieszenia narzędzi na ciągniku, co spowodowało możliwość współpracy dowolnych ciągników z dowolnymi maszynami.

## Zastosowania w energetyce

Rolnictwo może przyczynić się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię pochodzącą ze źródeł nieodnawialnych – węgla, ropy i gazu. Obecnie główne znaczenia mają substytuty tradycyjnych paliw otrzymywane w produkcji roślinnej: etanol (Brazylia) czy też substytut oleju napędowego produkowany z olejów roślinnych. W Niemczech paliwo roślinne (biodiesel) jest to czysty metyloester oleju rzepakowego (RME), sprzedawanego jako paliwo (B100) w przeszło 1700 stacjach paliw (około 10% wszystkich stacji w Niemczech). Cena tego paliwa jest około 10% niższa niż cena zwykłego oleju napędowego, co ma skompensować wyższe o około 4% zużycie paliwa roślinnego. Całkowita sprzedaż paliwa RME wyniosła w roku 2003 przeszło 650 000 ton. Obecnie zdolności produkcyjne paliwa RME zwiększyły się do ponad 1 100 000 ton na rok. Przy pełnym wykorzystaniu takiej produkcji stanowiło by to 4% całkowitego zapotrzebowania na oleje napędowe w Niemczech. Maksymalne możliwości produkcyjne roślinnego oleju napędowego w Niemczech oceniana są na 6% w związku ograniczoną powierzchnią upraw i koniecznością zachowania płodozmianu. W przyszłości energetyka oparta na wykorzystaniu całej masy roślinnej (a nie tylko nasion roślin oleistych) może zwiększyć udział rolnictwa w dostawach paliw.

Możliwe rozwiązania tego problemu to:

- plantacje szybko rosnących drzew,
- bioetanol,
- biogaz,
- paliwo z syntezy gazów ( $H_2 + CO$ ) pochodzących z pirolizy materiałów roślinnych,
- wodór.

Jeśli chodzi o wykorzystanie wodoru, to do jego zastosowania w transporcie konieczne jest dopracowanie technologii. Natomiast zastosowania pierwszych trzech wymienionych paliw są w trakcie szybkiego rozwoju, a wykorzystanie czwartego było w Niemczech przedmiotem szerokiej dyskusji w trakcie ostatnich konferencji (FAL, 2002; FVV, 2002; BBE, 2002). Użycie odnawialnych źródeł energii jest mocno wspierane przez Unię Europejską. Państwa członkowskie UE zadeklarowały zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii do 5,75% w roku 2009 [12]. Obecnie paliwa z odnawialnych źródeł nie są opodatkowane (dotyczy to także biopaliw traktowanych jako składnik mieszanek). Niemiecki potencjał produkcji biopaliw (paliwo produkowane metodą Fischer-Tropscha – FTF, bioetanol, biodiesel) jest ograniczone do 25% całkowitego zużycia w Republice Federalnej, co pokazano w tabeli 1 [17]. Można zwiększyć ten udział przez import produktów i surowców rolniczych z zagranicy (np. cukier z trzciny cukrowej), które ograniczą krajową produkcję żywności i zwolnią powierzchnie uprawowe dla roślin energetycznych.

**Tabela 1.** Potencjał niemiecki w zakresie wykorzystania biopaliw

Surowiec	Wartość kaloryczna [PJ · a <sup>-1</sup> ]	Produkcja paliwa [PJ · a <sup>-1</sup> ]	Wykorzystanie [PJ · a <sup>-1</sup> ]		
Biomasa zawierająca lignoceleulozę	drzewo, słoma	752–803	FTF	188–281	≈0
	rośliny energetyczne	<333–422	FTF	83–148	
Biomasa zawierająca olej, cukier lub skrobię	rzepak ozimy	<308	RME	120	RME 21 olej tłoczony 0,2
	pszenica ozima	<285	FTF	26–36	
			bioetanol	120	
	burak cukrowy	<195	FTF	36–51	
Odpady	odpady organiczne	222–288	bioetanol	195	≈0
	rośliny energetyczne	<236	biogaz	110–202	
			biogaz	118–165	

\* Uprawa na 2 milionach ha, realizacja tylko jednej alternatywy jest możliwa.  
FTF – paliwo produkowane metodą Fischer-Tropsch.  
RME – metyloester oleju rzepakowego.

## Uwagi końcowe

Inżynieria rolnicza już dawno przestała być prymitywną techniką i obecnie rozwiązuje coraz więcej skomplikowanych problemów istotnych dla społeczeństwa: wpływa na wzrost produkcji żywności i poprawienie jej jakości, ogranicza światową strefę nędzy, pomaga ubogim rolnikom zwiększać dochody, ogranicza zanieczyszczenie środowiska, zachowuje zasoby naturalne, stwarza bezpieczne miejsca pracy i ogranicza wysiłek fizyczny [20]. Wzrastająca populacja świata stwarza nowe wyzwania w dziedzinie produkcji żywności, a wzrastająca zamożność każe ludziom dbać nie tylko o dostatek, lecz także o jakość żywności. Jednocześnie musimy dbać, by procesy produkcyjne w rolnictwie nie wpływały negatywnie na otoczenie i zapewniały trwale (sustainable) zachowanie potencjału biologicznego. Wszystkie te zagadnienia stwarzają szerokie pole dla aktywności agroinżynierów. Zastosowanie technologii informatycznych i biotechnologii wydaje się właściwym środkiem do rozwiązywania powstających problemów. Zdajemy sobie z tego sprawę, iż przyjdzie nam wykorzystać w tym celu naszą wiedzę i doświadczenie, a nie pozostawiać rozwiązanie zadań przedstawicielom innych zawodów.



## Literatura

- [1] BBE 2002. Fachkongress „Kraftstoffe der Zukunft 2002”. Dec. 04/05, 2002, Berlin. Bundesinitiative Bioenergie, Bonn.
- [2] Blackmore S., Have H., Fountas S. 2001. Autonomous machinery in horticulture: a specification of requirements. Int. Conf. on Agricultural Science and Technology, Session 6 (Information Technology): 139–147. Beijing.
- [3] Brundtland Report. 1987. Our Common Future. UNCED, Oxford.
- [4] Claessens L., Huizinga P., Huls M., Miltenburg A., Thelen J., Vanthoor B. 2002. Robot ants in micro-mechanization of plant production. AgEng 2002. Paper No. 02-VE-001: 8. Budapest, Ungarn: The Scientific Society of Mechanical Engineering (GTE).
- [5] DIN 9684 (1989–1998): Landmaschinen und Traktoren – Schnittstellen zur Signalübertragung.
- [6] (DIN 9684: agricultural implements and tractors – interface for signal transmission).  
 Teil 1, Punkt-zu-Punkt-Verbindung (point to point connection), 1989, revised 1995.  
 Teil 2, Serieller Daten-BUS (serial data BUS), Jan. 1998.  
 Teil 3, Systemfunktionen, Identifier (system functions, identifier), Juli 1997.  
 Teil 4, Benutzerstation. (user station), Gelbdruck, April 1997.  
 Teil 5, Datenübertragung zum Management-Information-System, Auftragsbearbeitung 1 (data exchange with the management information system, task controller 1). Gelbdruck April 1997. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1989–1998.
- [7] Döhler, H., M. Schwab, and E. Kuhn. (1997). Perspektiven für neue Verfahren zur Behandlung und Verwertung von Flüssigmist. In KTBL-Arbeitspapier 242: 227–239. Darmstadt.
- [8] FAL 2002. 2. Internationale Tagung Biodiesel: Potenziale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen. Sept. 16/17, 2002, Braunschweig. Sonderheft 239, Landbauforschung Völkenrode.
- [9] FVV 2002. Workshop CO<sub>2</sub>-neutrale Wege zukünftiger Mobilität. Sept. 09/10, 2002, Frankfurt. Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen, Frankfurt.
- [10] Hahne J., Vorlop K.-D. 2001. Treatment of waste gas from piggeries with nitrogen recovery. *Landbauforschung Völkenrode* 51(3): 121–130.
- [11] Ikeda Y., Jahns G., Kowalczyk W., Walter K. 2000. Acoustic analysis to recognize individuals and animal conditions. The XIV Memorial CIGR World Congress. P8206(6 p). Tsukuba, Japan.
- [12] Jahns G., Walter K. 2002. Acoustic analysis to recognize individuals and animal conditions. Second Workshop on Smart Technology in Livestock-Monitoring. FAL Braunschweig, Germany. (2 p; Abstract)
- [12] KOM 2001. KOM(2001)547 of Nov. 7, 2001, p. 15
- [13] Krause K.-H., Janssen J. 1990. Measuring and simulation of the distribution of ammonia in animal houses. W: Proceedings Roomvent '90. Engineering aero- and thermodynamics of ventilated room. Second International Conference, C-7-1/12. Oslo.
- [14] Krause K.-H., Linke S. 2002. Realitätsnahe Simulation von Gerüchen aus der Tierhaltung. *Landtechnik* 52(2): 124.

- [15] Munack A. 2001. Tasks for agricultural engineering research: new challenges – new trends? IFAC Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post-Harvest Processing, 1–9. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- [16] Munack A. 2002. Agriculture and the environment: new challenges for engineers. *agricultural engineering international: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Vol. IV, paper no.12.  
<http://cigr-ejournal.tamu.edu/Submissions/Munack 26Dec2002.pdf>
- [17] Munack A., Krahl J. 2004. Potential contribution of biofuels to mobility in Germany. International Conference CIGR Section IV – Electricity and Energy, Especially the Renewable Energy Sources in Agriculture, Budapest, 17–24 May 2004.
- [18] OECD. 1991. Environmental Indicators. A Preliminary Set. Paris.
- [19] OECD. 1993. Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Paris.
- [20] Stout B. 2000. A Challenge for Agricultural Engineers. *CIGR Newsletter*, 1: 2–4.

## **Agriculture in the 3rd Millenium: new challenges and current trends in the agricultural engineering profession**

---

**Key words:** agriculture, environment, future development, European viewpoint, communication, energy from biomass

### Summary

Agriculture is embedded into global trends, national legislation, and public demands. The paper starts with a collection of mainstream needs and global trends. Furthermore, the demands on agriculture, formulated by different groups, are compiled. Agricultural engineering can contribute to sustainable (competitive, protecting the environment, socially compatible) production techniques by design of intelligent machinery (mechatronics) and applications of biological engineering. Some examples from animal husbandry (voice analysis; computerized air flow simulations) are presented. Applications in communication and energetic use of agricultural products are addressed, too.

*Tłumaczenie dr hab. Jerzy Dąbkowski*