

91/2002

**Raport Badawczy**

**RB/27/2002**

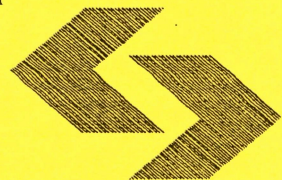
**Research Report**

**Materiały Międzynarodowego  
Seminarium „Strategia  
rozwoju obszarów wiejskich”  
Cz. I**

**W. Ciechanowicz, Z. Uhrynowski**

**Instytut Badań Systemowych  
Polska Akademia Nauk**

**Systems Research Institute  
Polish Academy of Sciences**



# **POLSKA AKADEMIA NAUK**

## **Instytut Badań Systemowych**

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:  
Dr inż. Piotr Holnicki

Warszawa 2002

# **BIOENERGIA NA RZECZ ROZWOJU WSI**

**Materiały**

**Międzynarodowego Seminarium  
poświęconego  
Strategii Rozwoju Obszarów Wiejskich**

**Warszawa, Pałac Staszica  
4 października, 2002**

**Zorganizowanego przez  
Wydział IV Nauk Technicznych PAN  
przy udziale**

**Konsorcjum „Bioenergia na Rzecz Rozwoju Wsi” oraz Instytutu Badań Systemowych PAN**

**Opracowanie**

**Wiesław Ciechanowicz, Zygmunt Uhrynowski**

**Autorzy**

**Barney Foran, Wiesław Ciechanowicz,  
Stefan Szczukowski, Zygmunt Uhrynowski**

**Temat:**

**Strategia Rozwoju Obszarów Wiejskich  
Perspektywy Przejścia do Gospodarki Opartej na Bioenergii**

**IBS PAN**

**Warszawa, październik 2002**





# **Dotychczasowe doświadczenia w pozyskiwaniu wierzby krzewiastej w regionie dolnej wisły**

**Stefan Szczukowski**

**Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Konsorcjum „Bioenergia na Rzecz Rozwoju Wsi”**

**Międzynarodowe Seminarium  
STRATEGIA ROZWOJU OBSZARÓW WIEJSKICH**

**Warszawa, Pałac Staszica,  
4 października, 2002**

**Zorganizowane przez**

**Wydział VI Nauk Technicznych PAN  
przy udziale  
Konsorcjum „ Bioenergia na Rzecz Rozwoju Wsi”  
oraz  
Instytutu Badań Systemowych PAN**

**Warszawa, 2002**

# DOTYCHCZASOWE DOŚWIADCZENIA W POZYSKIWANIU WIERZBY KRZEWIASTEJ W REGIONIE DOLNEJ WISŁY

*Prof. dr hab. Stefan Szczukowski*  
*Konsorcjum „Bioenergia na Rzecz Rozwoju Ws”*  
*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

## **Propozycje perspektyw rozwoju produkcji roślinnej w regionie**

Nasuwa się kilka pytań dotyczących rozwoju obszarów wiejskich w regionie Dolnej Wisły:

- czy intensyfikować produkcję rolniczą w regionie, aby wydajnością plonów zbliżyć się do poziomu wydajności krajów UE?
- jaki będzie rynek zbytu dla żywnościowych produktów rolniczych?
- w jaki sposób zmniejszyć bezrobocie na obszarach wiejskich?

Zwiększanie produkcji ziarna zbóż, ziemniaka i buraka cukrowego jest mało realne, ponieważ na te produkty już obecnie i prawdopodobnie na przyszłym rynku krajowym i europejskim brak będzie zbytu.

Plony zbóż, ziemniaka, buraka cukrowego w regionie są średnio około 2-krotnie niższe niż w wielu krajach UE. Kraje te przewidują dalszy wzrost wydajności plonów podstawowych roślin rolniczych między innymi w związku z rozwojem nowoczesnych biotechnologii. Należy również uwzględnić na przyszłym rynku prawdopodobną konkurencję na produkty rolnicze ze strony Ukrainy i Rosji. Będzie to niewątpliwie przyczyniać się do dalszego wzrostu podaży surowców rolniczych nad ich popytem.

Region Dolnej Wisły wymaga produktu, który pozwoliłby rozwiązać podstawowe problemy obszarów wiejskich: pogłębiający się brak rynku zbytu na produkcję rolniczą i bezrobocie na wsi.

Według koncepcji Ciechanowicza [2, 3, 4] i naszych propozycji [28, 29, 30, 31], jedną z istotnych dróg rozwiązania wspomnianych problemów może być rozwój regionu oparty na surowcach lignino-celulozowych pochodzenia roślinnego, przeznaczonych do produkcji bioenergii [6, 24, 30, 34], na którą byłby nieograniczony zbyt.

Na znacznych areałach gruntów rolniczych w regionie można by uprawiać wieloletnie rośliny energetyczne o wysokiej produktywności [31]; wierzba krzewiasta (*Salix* sp.) malwa pensylwańska (*Sida hermaphrodita* R.), miskant (*Miscanthus sinensis giganteus*).

Natomiast na części najlepszych gruntów w regionie należałoby intensyfikować uprawę roślin rolniczych i podać surowców do produkcji żywności.

Trzeba jednakże postawić pytanie [20, 22]: czy będzie akceptacja społeczna dla wyłączania gruntów z produkcji rolniczej w celu wykorzystania ich do produkcji biomasy na cele energetyczne?

Publikowane ekspertyzy Międzynarodowego Zespołu Specjalistów do Zmian Klimatu a także szeregu innych instytucji, jednogłośnie stwierdzają, że w celu zachowania klimatu ziemskiego konieczne będzie znaczne zredukowanie emisji gazów cieplarnianych, a więc wprowadzenie w skali globalnej nowoczesnego systemu bioenergetycznego. Biomasa ma potencjalne możliwości by w końcu obecnego stulecia stać się jednym z największych globalnych odnawialnych źródeł energii [1, 21, 35].

Aktualnie tworzy się rynek na paliwa pochodzenia biologicznego. W 1999 roku amerykańsko-kanadyjska firma Ballard powiadomiła, że istnieje rozwiązanie, które pozwoli potęgom motoryzacyjnym od Tokio po Stuttgart do Detroit stopniowo uwolnić się od pól naftowych objętych stowarzyszeniem OPEC [2, 12]. Tym rozwiązaniem okazał się generator w postaci ogniwa paliwowego zasilanego bezpośrednio metanolem, który jest sposobem na dostarczenie wodoru do ogniw [8, 12]. Ogniwa paliwowe dają praktycznie zerową emisję zanieczyszczeń.

Ale tylko metanol uzyskiwany w wyniku przetworzenia biomasy może być neutralny wobec efektu cieplarnianego. Doniesienia wskazują na możliwość produkowania metanolu z biomasy wierzb krzewiastych pozyskiwanej w krótkich rotacjach z plantacji polowych [4, 7]. Oznacza to, że metanol jako paliwo węglowodorowe staje się paliwem strategicznym w skali świata w sektorze transportu.

Dane Stowarzyszenia Komerccjalizacji Bioenergii w USA dowodzą, że można wytwarzać energię z biomasy drewnopochodnej spełniając kryteria ekonomiczne, ochrony środowiska, stymulując jednocześnie rozwój obszarów wiejskich [19, 32].

O przydatności roślin do intensywnej uprawy na cele bioenergetyczne decydują:

- sprawność energetyczna uprawy – czyli stosunek energii zawartej w biomacie do energii potrzebnej do jej wytworzenia,
- rodzaj węglowodanów tworzących biomasę (celuloza, ligniny lub cukry, skrobia, tłuszcze) ze względu na sprawność procesu ich przetwarzania.

Przeprowadzone badania [16, 18] wykazały, że szybko rosnące wierzby krzewiaste (*Salix* sp.) dają bardzo wysoki współczynnik efektywności energetycznej, nawet kilkakrotnie wyższy niż u jednorocznych roślin rolniczych przeznaczonych na rynek żywnościowy (zboża,

burak cukrowy, ziemniak). Sprawność biologicznego przetwarzania ziarna zbóż do etanolu czy nasion rzepaku do estru metylowego oleju rzepakowego nie przekracza obecnie 30% [26], podczas gdy sprawność przetwarzania chemicznego biomasy lignino-celulozowej aktualnie wynosi około 40% a wg prognoz może osiągnąć 50% [4, 27].

Wyjaśnia to dłaczego naukowcy szwedzcy [13, 23], i amerykańscy [5,17] a za nimi plantatorzy w wielu krajach europejskich [15, 33] do celów energetycznych preferują na plantacjach połowych intensywną uprawę wierzb krzewiastych.

### **Plantacje bioenergetyczne**

Powstaje pytanie, czy w regionie Dolnej Wisły w niedalekiej przyszłości będzie możliwa uprawa szybko rosnących wierzb krzewiastych na plantacjach połowych, pozyskiwanie biomasy oraz wytwarzanie z niej wtórnych nośników energii: paliw gazowych (tlenek węgla, metan) i płynnych (metanol)?

Celem badań przeprowadzonych na Nizinie Kwizdyńskiej było określenie plonowania, składu chemicznego i wartości kalorycznej drewna wybranych sześciu form *Salix* sp. w zależności od częstotliwości zbioru. Określono sprawność energetyczną uprawy wierzby [28] i porównano ją do upraw rzepaku i pszenżyta.

Wilgotność drewna *Salix* sp. pozyskanego z plantacji najwyższa była u pędów zbieranych co roku (52,86%) istotnie malała w cyklu zbioru 2-letnim i 3-letnim odpowiednio 49,62 i 46,05% (tab.1).

Plon suchej masy drewna *Salix* sp. w doświadczeniu u badanych klonów wahał się od 110 do 264 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>. Najwyższy był on przy zbiorze roślin co 3-lata (średnio 216 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>) (tab.1).

Plony te są porównywalne z wynikami, które aktualnie uzyskuje się w doświadczeniach połowych w innych krajach [5, 14, 23]. Produktywność komercyjnych energetycznych plantacji wierzb założonych na gruntach ornych w Szwecji utrzymuje się na poziomie 120 –180 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup> s.m. drewna [9]

Wartość kaloryczna drewna była słabo zróżnicowana, ale wykazano tendencję do wzrostu wartości tej cechy przy wydłużaniu cyklu zbioru (tab.1). Kaloryczność drewna zbieranego co roku wyniosła średnio 18,55 MJ · kg<sup>-1</sup> s.m. a co 3-lata 19,56 MJ · kg<sup>-1</sup> s.m..

Zawartość popiołu po spopieleniu drewna malała średnio od 1,89% przy zbiorze pędów co roku do 1,37% i 1,28% odpowiednio w cyklu 2 i 3-letnim.



Zawartość celulozy w drewnie była najwyższa przy zbiorze roślin co 3-lata średnio 55,94% malała wraz z przyspieszaniem cyklu do 2-letniego (48,02%) i rocznego (45,58%) (tab.2). Zawartość lignin najwyższa była w drewnie pozyskiwanym w cyklu 3-letnim 13,79%.

Zawartość hemiceluloz w drewnie pozyskiwanym w cyklu rocznym wyniosła średnio 13,44%, a w 3-letmin 13,96%.

Bardzo wysoka produktywność drewna *Salix* sp. wysoka w nim zawartość celulozy i lignin sprawia, że rośliny te mogą być interesującym surowcem do produkcji metanolu [7, 27]. Produkcja metanolu z drewna jest stosunkowo intensywna, ponieważ zarówno celulozę jak i ligniny w procesie technologicznym chemicznego przetwarzania zamienia się na wtórne nośniki energii [25]. Dane cytowane przez Ciechanowicza [3] wskazują, że z 2,6 tony suchego drewna uzyskuje się 1 tonę metanolu, a sprawność procesu przetwarzania wynosi około 40%. Zdaniem niektórych autorów [4, 7] metanol produkowany między innymi z biomasy drewnopochodnej pozyskiwanej na gruntach rolniczych będzie miał znaczący udział na przyszłym rynku paliw.

Tabela 1

**Wilgotność i plon suchej masy drewna *Salix* sp., jego wartość kaloryczna oraz zawartość popiołu.**

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
<b>Wilgotność drewna (%)</b>	52,86	49,62	46,05
<b>Plon suchej masy drewna (dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>)</b>	149	161	216
<b>Wartość kaloryczna drewna (MJ · kg<sup>-1</sup> s.m.)</b>	18,55	19,25	19,56
<b>Popiół (%)</b>	1,89	1,37	1,28

Tabela 2  
Skład chemiczny drewna (%) s.m. *Salix* sp.

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
<b>Celuloza</b>	45,58	48,02	55,94
<b>Ligniny</b>	13,44	12,38	13,79
<b>Hemicelulozy</b>	13,53	13,39	13,96

Nakłady energetyczne poniesione na założenie plantacji i zbiorów roślin wynosiły 12,13 GJ · ha<sup>-1</sup> przy corocznym zbiorze roślin, 18,55 GJ · ha<sup>-1</sup> przy zbiorze co 2-lata i 29,98 GJ · ha<sup>-1</sup> przy zbiorze pędów co 3-lata (tab.3).

Tabela 3  
Struktura nakładów energetycznych *Salix* sp. w różnych cyklach zbioru

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
<b>Nakłady energii (GJ · ha<sup>-1</sup>)</b>	12,13	18,55	29,98
<b>Plon suchej masy drewna (dt · ha<sup>-1</sup>)</b>	149	321	646
<b>Wartość energetyczna plonu (GJ · ha<sup>-1</sup>)</b>	276,4	617,9	1 263,5
<b>Sprawność energetyczna uprawy</b>	22,8	33,3	42,14

Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wartości energetycznej uzyskanego plonu do sumarycznych nakładów energetycznych poniesionych na uprawę, (m. in. nawozy, zbiorów biomasy i transport) zawarty był w przedziale od 22,8 przy zbiorze roślin co roku do 42,14, gdy rośliny zbierano w cyklu 3-letnim (tab.3).

Sprawność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej zbieranej w cyklach trzyletnich jest ponad jedenastokrotnie wyższa niż przy uprawie rzepaku i ośmiokrotnie wyższa niż przy uprawie pszenżyta ozimego (tab.4).

Tabela 4  
Porównanie sprawności energetycznej uprawy rzepaku, pszenżyta oraz wierzby krzewiastej

Rodzaj danych	Rzepak	Pszenżyto	Wierzba Zbiór co 3-lata (w przeliczeniu na rok)
Nakłady energii na uprawę (GJ · ha <sup>-1</sup> )	20,05	16,34	9,99
Plon suchej masy nasion i drewna dt · ha <sup>-1</sup>	27,0	45,0	215,3
Wartość kaloryczna MJ · kg <sup>-1</sup> s.m.	27,80	18,50	19,56
Wartość energetyczna plonu GJ · ha <sup>-1</sup>	75,06	83,25	421,2
Sprawność energetyczna uprawy*	3,74	5,09	42,16

\*Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wydajności energetycznej plonu do nakładów energii poniesionych na uprawę.

Sprawność energetyczna po przetworzeniu biomasy do metanolu wynosi 16,9 (tab.5). Hartmann [11] wykazał, że sprawność energetyczna po przetworzeniu buraka cukrowego do etanolu wynosi 1,3; a biomasy miskanta do metanolu 19,7.

Tabela 5

**Sprawność energetyczna przetworzenia nasion rzepaku, ziarna pszenżyta i biomasy wierzby na paliwa płynne**

Rodzaj danych	Rzepak	Pszenżyto	Wierzba
<b>Sprawność energetyczna uprawy</b>	3,74	5,09	42,16
<b>Sprawność przetwarzania</b>	0,4	0,4	0,4
<b>Sprawność energetyczna po przetworzeniu</b>	1,49	2,04	16,86

Etanol i ester metylowy oleju rzepakowego (biodisel) nie będą paliwami perspektywnymi, ponieważ mogą one znaleźć zastosowanie tylko przez pewien czas jako paliwo uzupełniające w silnikach wewnętrznego spalania [4], a ich koszt wytworzenia jest aktualnie wyższy niż paliw ropopochodnych [10]. Jednakże ze względu na interes społeczny uprawa rzepaku i wytwarzanie z nasion biodisla jest pożądana ponieważ to może aktualnie pomóc rolnikom. Natomiast w perspektywie 10–15 lat należy stworzyć warunki do produkcji metanolu z biomasy lignino-celulozowej co będzie generowało zysk przedsiębiorstw rolnych i przyczyni się do zrównoważonego rozwoju wsi.

#### **Podsumowanie**

Prognozy wskazują, że już na początku drugiej dekady naszego wieku odnawialne źródła energii, w tym biomasa lignino-celulozowa pozyskiwana na gruntach rolniczych, będą odgrywały znaczącą rolę na rynku energetycznym. Na podstawie wzorów innych krajów również w regionie Dolnej Wisły są potrzebne działania mające na celu wdrożenia nowej polityki rolnej, nastawionej na rozwój tak zwanego rolnictwa nie żywnościowego (ang.: non-food-production), produkującego rośliny do energetycznego wykorzystania, uzupełniające produkcję żywności i pasz.

Wstępne wyniki badań uzyskane w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim są bardzo obiecujące, wyselekcjonowane klony wierzb krzewiastych w doświadczeniu polowym w warunkach intensywnej uprawy dały od 110 do 260 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup> suchej masy drewna.



Wykazano, że sprawność energetyczna uprawy wierzby może być nawet ponad dziesięciokrotnie wyższa niż rzepaku ozimego.

Potrzebne są w regionie połączone wysiłki: nauki, administracji państwowej i samorządowej, mediów w celu wdrożenia i propagowania nowych rozwiązań w zakresie wykorzystania biomasy do wytwarzania bioenergii co spowoduje postęp rolniczy, przemysłowy, ekologiczny i społeczny.

## Literatura

1. Ahl C. 1994 Rahmenbedingungen und Stand der Anwendung der Bioenergie in Europa.- in."Energetische Nutzung von Biomasse – Im Konsens mit Osteuropa. Hrsg. Forum für Zukunftstnergien e.V. Bonn, 28: 58-65
2. Ciechanowicz W. 2001. Bioenergia a energia jądrowa. Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania. Warszawa. Seria Monografie; ss. 350
3. Ciechanowicz W. 2001. Metanol zastąpi ropę naftową ? Aura. 6: 4-7
4. Ciechanowicz W. 2002. Biopaliwa. Aura. 2: 7-10
5. Cook J., Beyea J. 2000. Bioenergy in the United States: progress and possibilities. Biomass Bioenergy, 18, 6: 441-455
6. Drift A. van der, Doorn J. van, Vermeulen J.W.: The residual biomass fuels for circulating fluidized-bed gasification. Biomass Bioenergy, 2001,20, (1): 45-5
7. Foran B., 2001. Developing a Biofuel Economy in Australia by 2025. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26-29, 2001:11-17
8. Geyer B. 2001. A fuel cell primer. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26-29, 2001: 3-11
9. Gigler J.K., Meerdink G., Hendrix E.M.T: Willow supply strategies to energy plants. Biomass Bioenergy, 1999,17, (3): 185-198
10. Groscurth H.-M. i inni: Groscurth H.-M., Almeida A.de, Bauen A., Costa F.B., Ericson S.-O., Giegrih J., Grabczewski N.von, Hall D.O., Hohmeyer O., Jörgensen K., Kern C., Kühn I., Löffstedt R., Silva Mariano J.da, Mariano P.M.G., Meyer N.I., Nielsen P.S., Nunes C., Patyk A., Reinhardt G.A., Rosillo-Calle F., Scrase I., Widmann B.: Total costs and benefits of biomass in selected regions of the European Union. Energy, 2000,25, (11): 1081-1095
11. Hartmann H.: Biomasse im Vergleich zu den ubrigen Verfahren der erneuerbaren Energienutzung Landtechnik, 1995,50, (1): 22-23

12. Iseberg G., R. Edinger, J. Ebner. 2001. Renewable Energies for Climate Benign Fuel Production – Powering Fuel Cell Vehicles. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26-29, 2001: 31-33
13. Johansson J., Lundqvist U. 1999. Estimating Swedish biomass energy supply. *Biomass Bioenergy*. 17, (2): 85-93
14. Jossart J.M., Ledent J.F. 1999. Short rotation coppice of willow and shelterbelt effect. Biomass a growth opportunity in green energy and value-added products. (Overend R.P. and Chornet E. eds.). Proc. of 4th Biomass Conference of the Americas. Pergamon: 47-53
15. Kisiel R., S. Szczukowski, M. Stolarski. 2001. Costs nad profitability of fast-growing willow coppice production in different harvesting cycles. *Economic Sciences*. 4: 45-52
16. Kisiel R., S. Szczukowski, M. Stolarski. 2001. Energy consumption in production of bushy willow *Salix* sp. cultivated on arable land. *Economic Sciences*. 4: 35-44
17. Kopp R.F. i inni: Kopp R.F., Abrahamson L.P., White E.H., Volk T.A., Nowak C.A., Filhart R.C.: Willow biomass production during ten successive annual harvests. *Biomass Bioenergy*, 2001, 20, (1): 1-7
18. McCracken A.R., Dawson W.M., Bowden G.: Yield responses of willow (*Salix*) grown in mixtures in short rotation coppice (SRC). *Biomass Bioenergy*, 2001,21, (5): 311-319
19. Novak C.A., Volk T.A., Ballard B., Abrahamson L.P., Filhart R.C., Kopp R.F., Bickelhaupt D., White E.H. 1999 The role and process of monitoring willow biomass plantations. (Overend R.P and Chornet E. eds.). Proc. of 4th Biomass Conference of the Americas. Pergamon: 25-29
20. Praca zbiorowa. 2001. Kierunki produkcji żywności w województwie Warmińsko-Mazurskim w kontekście integracji z Unią Europejską. Warmińsko-Mazurski Urząd Wojewódzki. Olsztyn, czerwiec 2001
21. Praca zbiorowa. Gute Karten für Biomasse. Hohe Preise für Öl und Gas stärken ihre Nutzung. *DLZ-Agrarmagazin*, 2001,52, (11): 86-89
22. Rösch Ch., Kaltschmitt M.: Energy from biomass - do non-technical barriers prevent an increased use? *Biomass Bioenergy*, 1999, 16, (5): 347-356
23. Rosenqvist H, Roos A., Ling E., Hektor B. 2000. Willow growers in Sweden. *Biomass Bioenergy*. 18, (2): 137-145
24. Schuster G. i inni: Schuster G., Löffler G., Weigl K., Hofbauer H.: Biomass steam gasification - an extensive parametric modeling study. *Bioresource Technol.*, 2001, 77, (1): 71-79

25. Sethi P., Chaundry S., Unnash S. 1999. Methanol production from biomass using the hynol process. In: Biomass – a growth opportunity in green energy and value-added products. (Overend P. Chornet E., eds). Pergamon: 833-836.
26. Sonnenberg H. i inni: Sonnenberg H., Graef M., Ahlgrimm H.J., Dervedde W.: Biomasse als Brennstoff - Bereitsellung, Bilanzierung, Umweltaspekte. Landbauforsch. Völkenrode Mitteilungen und Informationen, 1997,47, (1): 4-5
27. Suresh B. Babu; Remick R.J. 2001. Biomass gasification for fuel cells. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26-29, 2001: 17-31
28. Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa A., Stolarski M. 2001. Willow plantation for energy purpose in north region of Poland. International Workshop “Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw, Palais Staszic, Sept. 26-29, 2001: 61-68
29. Szczukowski S. Tworkowski J. Kwiatkowski J. 1998. Możliwości wykorzystania biomasy Salix sp. pozyskiwanej z gruntów ornych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych. Postępy Nauk Rol. 2: 53-63
30. Szczukowski S. Tworkowski J., Stolarski M., Kisiel R., Leniec K. 2001. Wytwarzanie energii cieplnej w zgazowarce pirolitycznej z biomasy wierzb krzewiastych. Problemy Inżynierii Rol. 4: 29-36
31. Szczukowski S. Tworkowski J. Piechocki J. 2001. Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do wytwarzania energii. Postępy Nauk Rol. 6: 87-96
32. Tuskan G.A.: Short-rotation woody crop supply systems in the United States: what do we know and what do we need to know? Biomass Bioenergy, 1998, Vol.14, nr 4, s.307-315
33. Vries E. De: Biomass energy trying to get a firmer footing in the Netherlands. New Energy, 2000, 3: 36-38
34. Warnecke R.: Gasification of biomass: comparison of fixed bed and fluidized bed gasifier. Biomass Bioenergy, 2000, 18, (6): 489-497
35. Yamamoto H., Fujino J., Yamaji K.: Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. Biomass Bioenergy, 2001, 21, (3): 185-203

*Prof. dr hab. Stefan Szczukowski*  
*Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa*  
*Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa*  
*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*  
*Plac Łódzki 3; 10-727 Olsztyn*  
*tel. (89) 523 39 79*  
*e-mail: [szczuk@moskit.uwm.edu.pl](mailto:szczuk@moskit.uwm.edu.pl)*





