

**Anna Grzybek**

*Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie*

## ZAPOTRZEBOWANIE NA BIOMASĘ I STRATEGIE ENERGETYCZNEGO JEJ WYKORZYSTANIA

### Wstęp

Biomasa jest doskonałym odnawialnym surowcem do produkcji stałych (zrębki, pelety, brykiety), gazowych (gaz drzewny, metan) i ciekłych (metanol, etanol) nośników energii, co ma szczególne znaczenie ze względu na ochronę środowiska i zmniejszające się zasoby naturalnych źródeł energii (gazu ziemnego, ropy naftowej i węgla). W zależności od kierunku pochodzenia biomasy można podzielić na następujące grupy:

- biomasa pochodzenia leśnego,
- biomasa pochodzenia rolnego,
- odpady organiczne.

W zależności od stopnia przetworzenia biomasy można przeprowadzić jej podział na:

- surowce energetyczne pierwotne – drewno, słoma, rośliny energetyczne, tzn. uprawiane głównie dla uzyskania biomasy;
- surowce energetyczne wtórne – gnojowica, obornik, inne produkty dodatkowe i odpady organiczne, osady ściekowe;
- nośniki energii – biogaz, bioetanol, biometanol, estry olejów roślinnych (biodiesel), biooleje, biobenzyna i inne pochodne, np. wodór.

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem biomasy w energetyce i oszacowaniem jej potencjału. Wiąże się to z określaniem zapotrzebowania i możliwościami uprawy roślin energetycznych. W tym zakresie dokonano szeregu ocen i analiz możliwości produkcyjnych. Potencjał energetyczny biomasy możliwy do wykorzystania na cele energetyczne w projekcie ForBiom ocenia się w Polsce na ok.  $800 \text{ PJ} \cdot \text{rok}^{-1}$  (1). Ż m u d a (16) uważa, że nie będzie problemu z wypełnieniem unijnych zobowiązań w zakresie produkcji surowców rolnych na cele produkcji biopaliw płynnych. Według K u s i a i F a b e r a (8) istnieje zbyt mało dobrych gleb, ażeby można było je przeznaczyć pod uprawę rzepaku umożliwiającą produkcję estrów zarówno na cele paliwowe oraz jako dodatek do oleju napędowego (ON), jak i w energetyczne oraz w ciepłownictwie. Cytowani autorzy przewidują również wzrost wykorzystania ziarna zbóż do produkcji bioetanolu. Natomiast S z e p t y c k i (13) prognozuje spadek wykorzystania zbóż do produkcji bioetanolu do 65% w 2020 roku i wzrost

wykorzystania do tego celu buraka cukrowego. W Unii Europejskiej ogłoszono szereg dokumentów wspierających produkcję biopaliw (12). Aby sprostać wymaganiom UE do roku 2010 niezbędne będzie wykorzystanie surowców roślinnych (przy obecnych technologiach ich przetwarzania) do produkcji energii elektrycznej w ilości równoważnej 2340 PJ, do produkcji energii cieplnej – 1760 PJ, a do produkcji biopaliw silnikowych 1340 mln PJ, co łącznie wynosi 5440 PJ energii z biomasy. Jednocześnie w tym dokumencie podkreśla się znaczącą rolę biopaliw płynnych (2).

### **Cel i zakres**

Celem pracy było określenie zapotrzebowania na biomasę, w szczególności pochodzącą z upraw rolnych, w aspekcie istniejących uwarunkowań prawnych i potrzeb żywnościowych oraz podanie strategii jej wykorzystania. Zakres pracy dotyczy określenia zapotrzebowania na biomasę do produkcji biopaliw pierwszej generacji, w szczególności stałych, ciekłych i gazowych.

### **Material i metody**

Prognozy w zakresie rodzaju i ilości potrzebnej biomasy na cele energetyczne dokonano na podstawie obecnego jej wykorzystania w energetyce systemowej, indywidualnej i w zakresie produkcji biopaliw ciekłych. Wykorzystano dokumenty statystyki publicznej oraz inne istniejące i obowiązujące dokumenty prawne. Do oszacowań wykorzystano również własne prognozy przedstawione w materiałach źródłowych.

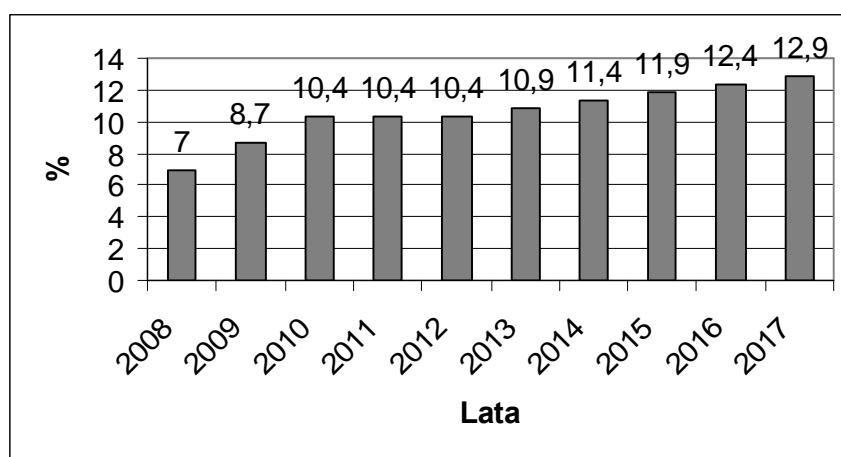
### **Uwarunkowania prawne wykorzystana biomasy w energetyce**

W załączniku II do Traktatu Akcesyjnego Polska zobowiązała się do zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w produkcji energii elektrycznej do poziomu 7,5% w 2010 r., w odniesieniu do energii elektrycznej brutto zużywanej w kraju. W załączniku I do projektu dyrektywy ramowej dotyczącej promocji wykorzystania odnawialnych źródeł energii Komisja Europejska zapisała dla Polski 15% udział energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu energii w 2020 roku. Polskie dokumenty prawne w zakresie energetyki ze źródeł odnawialnych odzwierciedlają wytyczone kierunki rozwoju. Podstawowe akty prawne to: rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych z odnawialnych źródeł energii z 2006 r. oraz ustawa o biokomponentach i biopaliwach ciekłych z 2006 r.

W rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 2006 r. zostały ustalone aktualne progi procentowego udziału energii elektrycznej wyprodukowanej z OZE. Wartościowo są one takie same, jak podane w nowym projekcie rozporządzenia Ministra Gospodarki z 2008 roku (styczeń). Zgodnie z projektem rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodze-

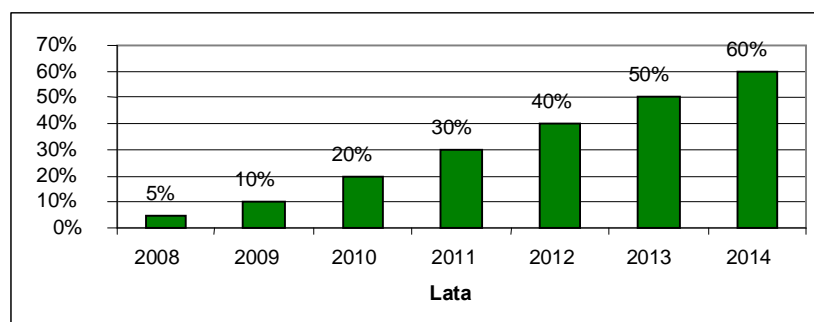
nia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych z odnawialnych źródeł energii, obowiązek ten będzie się uważać za spełniony, jeżeli w kolejnych latach udział ilościowy sumy energii elektrycznej pochodzącej z OZE, w wykonanej całkowitej rocznej sprzedaży energii elektrycznej przez to przedsiębiorstwo odbiorcom końcowym, wynosić będzie nie mniej niż podano na rysunku 1.

Omawiane Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 2005 r. zobowiązuje do stosowania wzrastających ilości biomasy pochodzącej z rolnictwa. Do współspalania biomasy oraz spalania z wykorzystaniem układu hybrydowego, w źródłach o łącznej mocy powyżej 5 MW, udział biomasy pochodzącej z rolnictwa powinien osiągać wartości podane na rysunku 2.



Rys. 1. Wymagana ilość produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii w poszczególnych latach

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki z 3 listopada 2006 r.

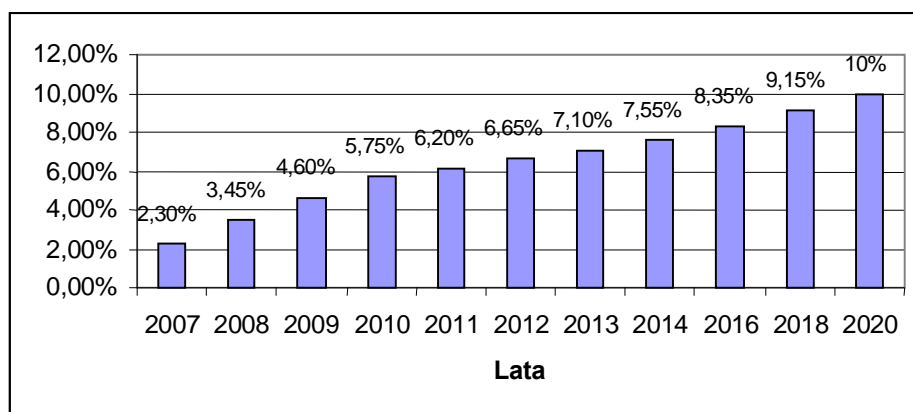


Rys. 2. Wymagany udział biomasy pochodzenia rolnego do produkcji energii elektrycznej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki z 3 listopada 2006 r.

Ustawa o biokomponentach i biopaliwach ciekłych z 2006 r. zobowiązała (art. 37) rząd do przyjęcia wieloletniego programu promocji biopaliw lub innych paliw odnawialnych na lata 2008–2014 (14). W tym wieloletnim programie podano obowiązujący ilościowy udział biopaliw w rynku paliw transportowych.

Biorąc pod uwagę wartości brzegowe minimalnego udziału biokomponentów w rynku paliw transportowych ścieżkę dochodzenia do tych wielkości w Polsce w latach 2008–2014 pokazano na rysunku 3, jako Narodowy Cel Wskaźnikowy (NCW). Jest to minimalny udział biokomponentów i innych paliw odnawialnych w ogólnej ilości paliw ciekłych zużywanych w ciągu roku kalendarzowego w transporcie, liczony według wartości opałowej. W 2008 roku wartość Narodowego Celu Wskaźnikowego wynosi 3,45%. Po roku 2014 (uwzględniono nowe propozycje UE) założono proporcjonalną ścieżkę dojścia do uzyskania 10% biopaliw w 2020 roku w ogólnej ilości paliw ciekłych i biopaliw ciekłych zużywanych w transporcie (rys. 3).



Rys. 3. Narodowy Cel Wskaźnikowy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wieloletniego programu promocji biopaliw lub innych paliw odnawialnych na lata 2008–2014.

### Aktualny stan wykorzystania biomasy w energetyce

Produkcję energii elektrycznej i ciepłej z OZE w elektrociepłowniach i elektrowniach podano w tabeli 1.

Z biomasy łącznie z biogazem w 2006 r. wyprodukowano 45,8% energii elektrycznej pochodzącej z OZE, a w 2007 r. – 46,4%. Zakładając 40% sprawność w elektrowniach przy spalaniu i przy współspalaniu w 2006 roku do produkcji energii wykorzystano biomasę o wartości energetycznej 16,4 mln GJ. Uwzględniając, że 100% tej biomasy występuje w postaci zrębków o wartości opałowej średnio  $10 \text{ GJ} \cdot \text{t}^{-1}$ , to ilość jej w przeliczeniu na masę wynosi 1,6 mln t. W 2007 roku w elektrowniach i do współspalania wykorzystano zbliżoną ilość (1,61 mln t) biomasy (przy podanych wyżej założeniach). Biomasa ta jest w części importowana z krajów sąsiedzkich.

Tabela 1

## Produkcja energii elektrycznej z OZE

Rodzaj OZE	Okres wytwarzania 1.01-31.12.2006 r.		Okres wytwarzania 1.01-30.09.2007 r.	
	ilość energii (MWh)	ilość SP* (szt.)	ilość energii (MWh)	ilość SP (szt.)
Elektrownie na biogaz	116 692	317	92 244	287
Elektrownie na biomasę	503 846	52	381 629	37
Elektrownie wiatrowe	257 037	378	305 084	440
Elektrownie wodne	2 029 942	3345	144 937	2715
Współspalanie	1 314 337	132	1 045 466	103
Łącznie	4 221 854	4224	3 274 360	3582

\* świadectwo pochodzenia

Źródło: www. Urząd Regulacji Energetyki

W 2005 roku moc zainstalowana w koncesjonowanych instalacjach wynosiła około 1300 MW dla 826 instalacji. W 2006 r. wielkości te zwiększyły się odpowiednio do wartości ok. 1550 MW i 877 instalacji (bez współspalania); (tab. 2).

W latach 2005–2006 moc zainstalowana w koncesjonowanych jednostkach wytwórczych zwiększyła się, nie licząc współspalania, o około 200 MW. Największy wzrost widoczny jest w instalowanych mocach w elektrowniach wiatrowych – ok. 70 MW. Również biorąc pod uwagę liczbę nowych instalacji elektrownie wiatrowe (40 instalacji) znajdują się na pierwszym miejscu. Duży przyrost mocy zainstalowanej jest obserwowany także w elektrowniach wodnych – ok. 80 MW. Porównywalny wzrost dodatkowo zainstalowanej mocy miał miejsce w elektrowniach na biomasę – ok. 50 MW, przy jednoczesnym zmniejszeniu się ich liczby o 1 instalację. Niewielki wzrost mocy zainstalowanej charakteryzuje elektrownie biogazowe, gdyż niecałe 5 MW (10 nowych instalacji).

Ponadto biomasa jest spalana lokalnie w istniejących systemach ciepłowniczych oraz kotłach małej mocy w gospodarstwach domowych. Według W i ś n i e w s k i e g o (15) zapotrzebowanie na biomasę (drewno opałowe) przy zakładanej ilości ogrzewanych budynków wynoszącej 280 000 jest równoważne 146 PJ. Zakładając, że ogrze-

Tabela 2

## Moc zainstalowana koncesjonowanych instalacji OZE (stan na 10.05.2007 r.)

Rodzaj źródła OZE	Moc zainstalowana (MW)			Liczba instalacji (szt.)		
	2005 r.	2006 r.	2007 r.	2005 r.	2006 r.	2007 r.
Elektrownie na biomasę	189,8	238,8	252,8	7	6	6
Elektrownie na biogaz	32,0	36,8	39,8	67	74	80
Elektrownie wiatrowe	83,3	152,6	184,3	64	104	124
Elektrownie wodne	1002,5	1081,4	1083,5	672	684	692
Współspalanie	-	ok. 1700	ok. 1700	16	18	18
Łącznie	1307,5	3209,5	3260,4	826	895	920

Źródło: www. Urząd Regulacji Energetyki

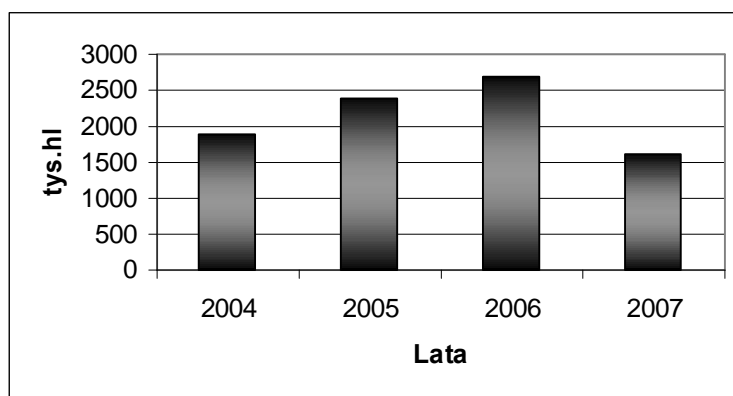
wanych biomasą jest 200 000 obiektów mieszkalnych o powierzchni 200 m<sup>2</sup>, w których przeciętne zapotrzebowanie na energię wynosi 300 GJ, a sprawność kotła 0,8, to na potrzeby gospodarstw indywidualnych zużywane jest 7,5 mln t biomasy. Energia w biomasie wykorzystywana na ten cel odpowiada 60 PJ.

W 2005 roku we wspólnej sieci pracowało 189 instalacji wykorzystujących biomasę, w tym na słomę 64, o łącznej mocy 99,9 MW, na drewno 125, o łącznej mocy 256,9 MW. W ciepłownictwie przy założonej sprawności 80% wykorzystano 52,1 tys. t słomy. Uwzględniając przyrost mocy do roku 2008 wynoszący 10% szacuje się, że aktualnie na cele energetyczne zużywa się około 60 tys. t słomy. W instalacjach na drewno aktualnie wykorzystywane jest 196,3 tys. t tego surowca. Zatem ogółem ilość wykorzystywanej biomasy na cele produkcji energii cieplnej i elektrycznej wynosi około 10,2 mln t.

Aktualnie biopaliwa płynne są produkowane niemal w całości z ziemiopłodów, które mogą być wykorzystywane jako żywność lub pasza. Istnieją obawy, że w miarę zwiększania się globalnego popytu na biopaliwa może być zagrożona dostępność żywności w krajach rozwijających się. Jednak podaż roślin energetycznych, w tym pochodzących z upraw rolnych, ma kluczowe znaczenie dla sukcesu strategii rozwoju biopaliw.

Biokomponent – ester kwasu tłuszczowego – produkowany jest głównie z rzepaku, może być również produkowany z innych roślin oleistych, natomiast bioetanol z roślin wysokoskrobiowych. W 2007 r. bioetanol w Polsce produkowano: 80% ze zbóż, 13% z melasy i 2% z ziemniaka, a pozostałą część z innych surowców. Moc produkcyjna w 2008 r. w instalacjach umożliwiających produkcję bioetanolu wynosiła 585 mln litrów.

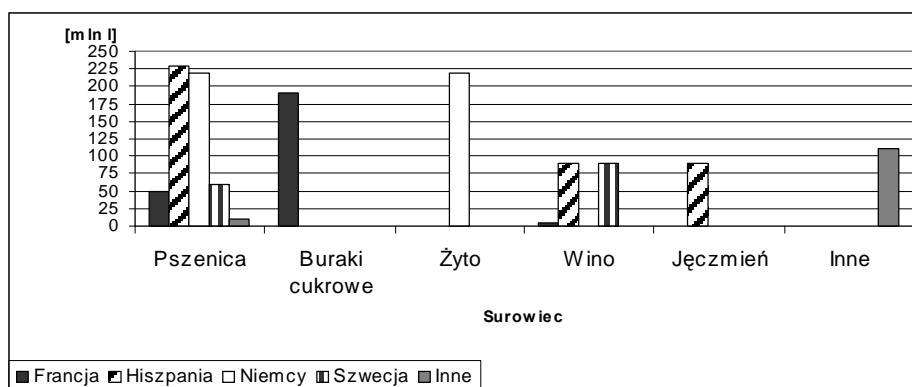
Produkcję bioetanolu (100% spirytusu) w kolejnych latach przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Produkcja bioetanolu w latach 2004–2007

Źródło: Opracowanie własne.

Wykorzystanie surowców rolnych do produkcji bioetanolu w poszczególnych krajach UE przedstawiono na rysunku 5.



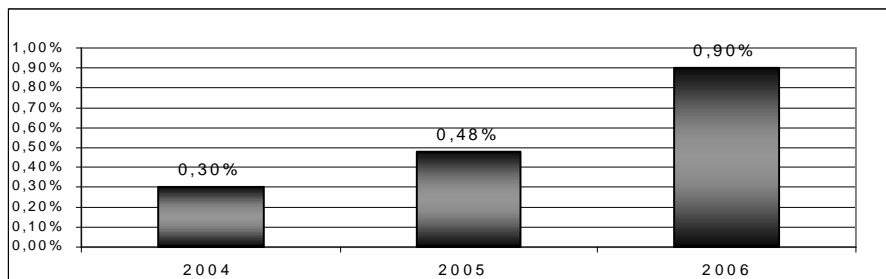
Rys. 5. Produkcja bioetanolu w UE według rodzaju surowców

Źródło: Opracowanie własne na podstawie European Biomass Statistics 2007, AEBIOM.

Dostępność surowca i jego cena decydują o opłacalności produkcji bioetanolu, bowiem surowiec stanowi ponad 70% całkowitej sumy kosztów (11). W przypadku Unii Europejskiej wysoka cena buraka cukrowego może okazać się czynnikiem hamującym powstawanie i rozwój przemysłu etanolowego. Bioetanol z buraka cukrowego jest obecnie produkowany głównie we Francji, natomiast inne państwa członkowskie opierają swoją produkcję na roślinach zbożowych. Według informacji Związku Gorzelników Polskich cena za spirytus surowy powyżej  $1,9 \text{ zł} \cdot \text{l}^{-1}$  czyni tę produkcję nieopłacalną.

Do 2008 roku Polska nie wywiązała się ze zobowiązań nałożonych Dyrektywą 2003/30/WE. Na 2005 rok ustalono cel wskaźnikowy 0,5% wartości energetycznej paliw zużytych w transporcie, co znacznie odbiegało od 2%, które założono w Dyrektywie 2003/30/WE. Przy ustalaniu celu wskaźnikowego na 2006 rok wzięto pod uwagę sytuację finansową budżetu państwa oraz możliwości wytwórców biokomponentów i producentów paliw. Cel ten nie został jednak osiągnięty, podobna sytuacja była też w 2007 r. (rys. 6).

Z dniem 1 stycznia 2008 r. obowiązek zapewnienia określonego udziału biokomponentów nałożono na przedsiębiorców prowadzących działalność gospodarczą w zakresie wytwarzania i importu biopaliw ciekłych.



Rys. 6. Udział biokomponentów w ogólnej ilości paliw

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wieloletniego programu promocji biopaliw lub innych paliw odnawialnych na lata 2008–2014.

### Prognoza zapotrzebowania na biomasę do celów energetycznych

Podstawową strategią energetycznego wykorzystania biomasy jest jej wykorzystanie w celu realizacji przedstawionych wyżej zobowiązań zawartych w dokumentach na szczeblu rządowym. Rozpatrzono następujące kierunki wykorzystania biomasy:

- przetwarzanie na biopaliwa ciekłe,
- wykorzystanie do produkcji energii elektrycznej.

Techniczne drogi realizacji tych zobowiązań mogą nieco odbiegać od głównych, podanych do tej pory kierunków. W zakresie produkcji energii elektrycznej przewiduje się rozwój małych rozproszonych systemów kogeneracyjnych o mocy do 5 MW. Aktualnie w tych jednostkach nie musi być wykorzystana biomasa pochodzenia rolnego. Ponadto przewiduje się rozwój biogazowni rolniczych, kierunku do tej pory zaniedbanego, w których będą utylizowane odpady z produkcji zwierzęcej i wykorzystywana biomasa rolnicza w postaci kiszonki, np. z kukurydzy.

W zakresie biopaliw płynnych w związku z obowiązkiem realizacji Narodowego Celu Wskaźnikowego przyjmuje się 100% wykorzystania biokomponentów. Zakładając w strategii, że biokomponenty produkowane są z biomasy rolnej pochodzenia polskiego obliczono niezbędną jej ilość.

Prognozy zapotrzebowania na bioetanol opracowano przy założeniu, że będzie on produkowany w 80% z ziarna zbóż, których plony osiągną  $3,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a do uzyskania 1 l bioetanolu potrzeba 3,0 kg zboża, wobec tego 1 m<sup>3</sup> bioetanolu uzyskuje się z 1,0 ha zboża. Dodatkowo założono, że ilość zużywanej benzyny w latach 2010–2020 będzie taka sama. Prognozę zapotrzebowania na bioetanol i zboże do jego wytwarzania dla lat 2010 i 2020 podano w tabeli 3.

W związku z produkcją bioetanolu z melasy (13%) rozpoznano jej rynek. Na produkcję 1 000 l bioetanolu potrzeba 3,4 t melasy. Zakłada się pozyskanie z pracujących cukrowni 50 tys. t melasy, z której można wyprodukować ok. 16 mln l bioetanolu. Przy produkcji bioetanolu nie uwzględniono nowych technologii otrzymywania bioetanolu z biomasy ligno-celulozowej. Aktualnie technologie te są niedopracowane i wy-



Tabela 3

Prognoza zapotrzebowania na bioetanol i surowce do jego wytwarzania

Wyszczególnienie	Jednostki miary	2010 r.	2020 r.
Narodowy Cel Wskaźnikowy	% wart. opałowej	5,75	10
NCW	%/V	9,2	16
Benzyny – zużycie w transporcie	tys. ton	3 800,0	3 800,0
Benzyna	tys. m <sup>3</sup>	5 033,0	5 033,0
Zapotrzebowanie na bioetanol	tys. m <sup>3</sup>	463,0	805,3
Zapotrzebowanie na surowce w tym: zboża ogółem	mln ton	1,11	1,93

Źródło: Żmuda K., 2007 (16) i obliczenia własne.

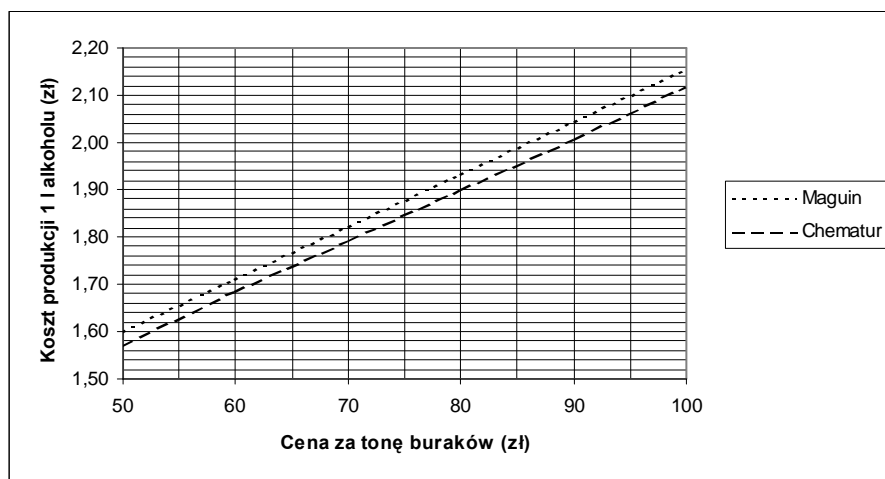
korzystuje się je w instalacjach modelowych. Podane w tabeli 3 wyniki obliczeń mają charakter orientacyjny, bowiem wybrane floty pojazdów mogą zgłaszać zapotrzebowanie na bioetanol zastępujący ON w silnikach wysokoprężnych.

Rozpatrzono również możliwości produkcji bioetanolu z buraka cukrowego. W koncepcji wstępnej przyjęto, że całoroczna produkcja bioetanolu będzie realizowana z następujących surowców:

- soku rzadkiego w trakcie trwania kampanii,
- soku gęstego poza sezonem kampanii,
- melasy w miarę potrzeb.

Zakłada się do obliczeń, że kampania trwa 90 dni, wydajność linii technologicznej do produkcji bioetanolu wynosi 100 tys. t, a z 10 kg buraka uzyskuje się 1 l etanolu, czyli z 1 tony buraka – 100 l (11). Zatem poza główną produkcją, przetwarzaniem buraka na cukier, zgodnie z programem wykorzystuje się potrzebne ilości buraka do przetworzenia na sok rzadki i na sok gęsty, a także wykorzystuje się melasę stanowiącą produkt uboczny. Do uzyskania zakładanej wydajności 100 tys. t odpowiadającej 110 mln l etanolu, potrzeba 1,1 mln t buraka cukrowego. W bilansie dodatkowo uwzględnia się produkowaną melasę. Zakłada się, że wydajność produkcji soku gęstego wynosi 0,25 t · t<sup>-1</sup> buraka cukrowego. Przy obliczeniach szczegółowych przyjęto dane firm Maguin Interis i Chematur. Koszt produkcji 1 tony bioetanolu z melasy (cena melasy 400 zł · t<sup>-1</sup>) według nakładów firmy Maguin Interis wynosi 2268 zł, czyli 1,8 zł · l<sup>-1</sup>. Natomiast obliczony koszt produkcji 1 tony bioetanolu z melasy (cena melasy 400 zł · t<sup>-1</sup>) według nakładów firmy Chematur wynosi 2205 zł, tj. 1,75 zł · l<sup>-1</sup>. Droższa jest produkcja bioetanolu z gęstego soku buraczanego (SGE) o zawartości 65% cukru (przy cenie soku 700 zł · t<sup>-1</sup>). Dla tego surowca koszt produkcji wynosi 2739 zł · t<sup>-1</sup> dla instalacji firmy Maguin (2,17 zł · l<sup>-1</sup>), a przy wykorzystaniu technologii firmy Chematur 2678 zł · t<sup>-1</sup> (2,02 zł · l<sup>-1</sup>); (11).

Ceny soku cukrowego o zawartości 65% cukru (standard produkowany przez cukrownie) są w ścisłej korelacji z cenami buraka cukrowego. Na bazie podanych technologii przeprowadzono obliczenia dotyczące kosztu uzyskania 1 litra etanolu w zależności od ceny buraka (rys. 7).



Rys. 7. Koszt produkcji alkoholu w zależności od ceny buraka cukrowego

Źródło: Praca zbiorowa pod red. A. Grzybek, 2006 (11).

W tabeli 4 przedstawiono wyniki symulacji zmiany kosztu produkcji 1 l bioetanolu w szerokim zakresie cen buraka (od 50 do 100 zł · t<sup>-1</sup>) i odpowiadające tym zmianom ceny soku cukrowego (od 494 do 694 zł · t<sup>-1</sup>).

Koszt produkcji 1 t etanolu ze zbóż przy wykorzystaniu technologii firmy Lurgii (wydajność 100 tys. t) wynosi:

- dla żyta 1892 zł · t<sup>-1</sup> (1,50 zł · l<sup>-1</sup>), przy cenie 475 zł · t<sup>-1</sup>,
- dla kukurydzy 2143 zł · t<sup>-1</sup> (1,70 zł · l<sup>-1</sup>), przy cenie 627 zł · t<sup>-1</sup>,
- dla pszenicy 1992 zł · t<sup>-1</sup> (1,58 zł · l<sup>-1</sup>), przy cenie 580 zł · t<sup>-1</sup>.

Tabela 4

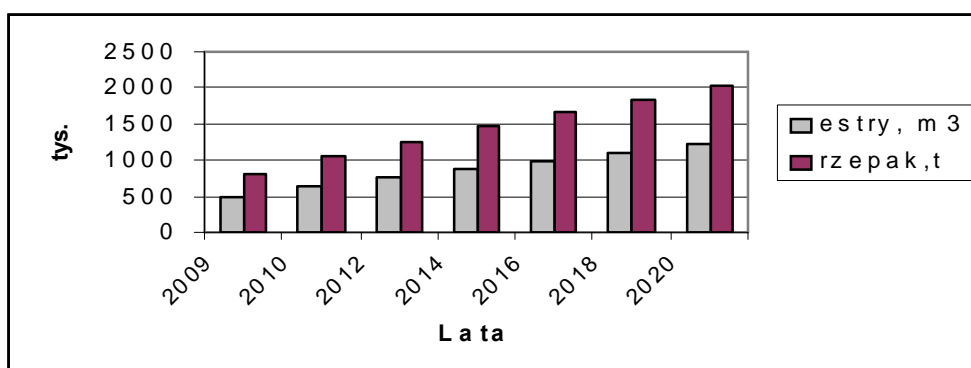
Koszt produkcji alkoholu przy różnej cenie buraka cukrowego

Cena buraka (zł · t <sup>-1</sup> )	Cena soku z 65% cukru (zł · t <sup>-1</sup> )	Koszt produkcji alkoholu dla instalacji firmy Maguin (zł · l <sup>-1</sup> )	Koszt produkcji alkoholu dla instalacji firmy Chematur (zł · l <sup>-1</sup> )
50	494	1,60	1,57
60	534	1,71	1,69
70	574	1,82	1,79
80	614	1,93	1,90
90	654	2,05	2,01
100	694	2,16	2,12

Źródło: Praca zbiorowa pod red. A. Grzybek, 2006 (11).

Uwaga: Wyniki symulacji są podane bez żadnych dotacji do inwestycji bez podatków. W mechanizmach finansowych zwrot w postaci dofinansowania 30% inwestycji po wybudowaniu, obniży koszt produkcji alkoholu dla obydwóch instalacji.

Na cele spożywcze coroczny przerób rzepaku wynosi około 1,0-1,1 mln t (Rynek Rzepaku 2007). Rok 2007 był rekordowy w produkcji rzepaku, uzyskano bowiem zbiory wynoszące 2,1 mln t. Powierzchnia uprawy rzepaku i rzepiku ozimego wzrosła na przestrzeni lat 2006–2007 o 13,5%.<sup>1</sup> Na cele produkcji biokomponentów powinna być przeznaczona część rzepaku pozostająca ponad coroczne spożycie. Powinien zatem nastąpić stabilny coroczny wzrost produkcji rzepaku, gdyż nie będzie możliwe wypełnienie zakładanego NCW. Produkcja nasion rzepaku w 2010 roku, przy istniejącym popycie na cele spożywcze, powinna wynosić około 2,1 mln t. Przy założeniu, że zapotrzebowanie na ON w 2010 roku wynoszące będzie 8,98 mln ton (5) obliczone zapotrzebowanie na biokomponenty i rzepak przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Prognoza zapotrzebowania na estry rzepakowe i rzepak do ich produkcji w latach 2009–2020  
Źródło: Grzybek A., 2007 (6).

Całkowita ilość nasion rzepaku dla przetwórstwa spożywczego i na cele energetyczne powinna wynosić w 2010 roku 2,1 mln t, a w 2020 roku (przy aktualnym poziomie spożycia) 3,1 mln t. Zapotrzebowanie na rzepak do produkcji biokomponentów w 2010 roku wynoszące będzie 1,0 mln t, a w 2020 roku – 2,0 mln t.

Zapotrzebowania na biomasę, w tym na biomasę z upraw rolniczych w perspektywie roku 2020, do produkcji energii elektrycznej obliczono przy założeniach:

- udział biomasy w ogólnym bilansie odnawialnych źródeł energii utrzyma się na poziomie około 50%;
- wartość opałowa biomasy wynosi  $10 \text{ MJ} \cdot \text{t}^{-1}$ , co odpowiada wilgotności biomasy około 40%.

W tabeli 5 podano zapotrzebowanie na biomasę do produkcji energii elektrycznej.

W tabeli 6 podano prognozę zapotrzebowania na biomasę rolną dla energetyki systemowej w ciągu roku według kierunków pochodzenia. Przy określaniu prognozy pozyskania energii ze słomy uwzględniono jej aktualne wykorzystanie w lokalnych i indywidualnych systemach ciepłowniczych, a także możliwości przetwórcze na bry-

<sup>1</sup> [http://www.kzpr.com.pl/new/index.php?option=com\\_content&task=view&id=493&Itemid=71](http://www.kzpr.com.pl/new/index.php?option=com_content&task=view&id=493&Itemid=71)

Tabela 5

## Zapotrzebowanie na biomasę do produkcji energii elektrycznej

Lp.	Pozycja	Rok	2007	2008	2009	2010	2020
1.	Prognoza produkcji energii brutto (TWh/a)		154,8	159,3	163,8	168,3	201,7
2.	Udział energii z OZE (%)		4,8	6,0	7,5	9,0	20,0
3.	Energia z OZE (TWh/a)		7,4	9,5	12,3	15,1	40,3
4.	Energia z biomasy (PJ/a)		13,4	17,2	22,4	27,2	72,6
5.	Zapotrzebowanie na biomasę (mln t/a)		1,3	1,7	2,2	2,7	7,2
6.	Udział energii z biomasy rolnej (%)			5	10	20	60
7.	Energia z biomasy rolnej (PJ/a)			0,86	2,2	5,4	43,6
8.	Zapotrzebowanie na biomasę rolną (mln t/a)			0,086	0,22	0,54	4,36

Źródło: Obliczenia własne.

Tabela 6

## Prognoza pochodzenia biomasy rolnej

Rok	Zapotrzebowanie na energię z biomasy rolnej (PJ)	Prognoza pozyskania energii ze słomy (PJ)	Prognoza zużycia słomy (tys. t)	Prognoza pozyskania energii ze słomy (%)	Zapotrzebowanie na inną biomasę rolną (tys. t)
2008	0,86	0,034	20,0	3,9	82,6
2009	2,2	0,102	60,0	4,6	96,0
2010	5,4	0,204	120,0	3,8	336,0
2020	43,6	0,850	500,0	1,9	3 510,0

Źródło: Obliczenia własne.

kiety i pelety. Założono w kolejnych latach wzrost wydajności przetwórczych na formy kompaktowe.

B z o w s k i (3) za innymi autorami podaje, że całociowy bilans słomy możliwej do energetycznego wykorzystania wynosił w latach 1999–2002 średnio 7 mln t rocznie, ilość drewna pozyskanego z sadownictwa odpowiada energii 15,0 PJ · rok<sup>-1</sup>. Słoma z uwagi na małą wartość energetyczną w odniesieniu do swojej objętości stanowić powinna paliwo wykorzystywane lokalnie, jedynie formy kompaktowe – brykiety i pelety – nadają się do wykorzystania w energetyce systemowej. Z uwagi na brak urządzeń do peletowania i brykietowania słomy oraz ich koszt przyjęto scenariusz jej wykorzystania podany w tabeli 6.

W przypadku roślin energetycznych (np. wierzby krzewiastej) czas od założenia plantacji do osiągnięcia odpowiedniego plonu biomasy wynosi 3–4 lata (w zależności od częstotliwości zbioru). Wynika to z optymalnego i uzasadnionego ekonomicznie 2–3-letniego cyklu zbioru tej rośliny. Pomimo zdecydowanego postępu w dziedzinie biopaliw nadal obserwuje się brak polityki strategicznej obejmującej cały łańcuch przetwórczy. Konsekwencją takiego działania jest brak stabilnego rynku biopaliw.

W gospodarstwach indywidualnych zakłada się dalszy przyrost mocy w tym segmencie rynku do 2010 roku o 5%. Zatem w 2010 roku na cele energetyczne w gospodarstwach indywidualnych potrzebna będzie biomasa w ilości około 8,7 mln t.

Według Głaza (4) realna podaż drewna ze wszystkich lasów, a w tym odpadów zrębowych, drewna małowymiarowego i średniowymiarowego w 2010 roku wynosić może 6,7 mln m<sup>3</sup>, a w 2020 roku – 7,7 mln m<sup>3</sup>. Energia zawarta w tym drewnie to około 46,4 PJ.

Przełomem w wykorzystaniu biomasy na cele energetyczne w Polsce może być realizacja programu rozwoju biogazowni rolniczych (7). Szczególną rolę przypisuje się rozwojowi kierunku produkcji biogazu rolniczego, w tym jego wykorzystania do produkcji energii elektrycznej. Surowcem wykorzystywanym w biogazowniach będą rośliny z upraw energetycznych (np. kukurydza) oraz odpady rolnicze, w tym z produkcji zwierzęcej (gnojowica czy odpady poubojowe). Wydajność energetyczna z 1 ha uprawy kukurydzy wynosi 5 tys. m<sup>3</sup> obecnie i przewiduje się jej wzrost do 8 tys. m<sup>3</sup> biometanu w 2020 r., czyli odpowiednio 50 MWh i 80 MWh w paliwie pierwotnym (10). Jednak program Ministerstwa Gospodarki wydaje się mało realny w odniesieniu do możliwości uruchomienia w każdej gminie biogazowni rolniczej o mocy od 0,7 do 3,0 MW. Obliczony w IBMER (maszynopis ECBREC IBMER) potencjał ekonomiczny biogazu pozyskiwanego z odpadów rolnych to 26 PJ; może on być wykorzystany do produkcji energii elektrycznej lub jako ekwiwalent CNG/LPG w ilości 1 mln m<sup>3</sup> · rok<sup>-1</sup> do stosowania w transporcie.

### Podsumowanie

Dyrektywy UE oraz prawodawstwo polskie jednoznacznie wskazują na potrzeby rozwoju rynku w zakresie biopaliw stałych, ciekłych i gazowych. Konieczne jest stworzenie mechanizmu połączenia tworzącego się popytu na biomasę rolniczą do wykorzystania energetycznego z możliwościami wytwórczymi polskiego rolnictwa. Elementem tworzenia lokalnego popytu na biomasę na terenach wiejskich są inwestycje, głównie ciepłownicze, choć nie jest także wykluczone tworzenie małych instalacji skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej. Z podanej analizy wynika, że największe zapotrzebowanie na biomasę występuje w ciepłownictwie indywidualnym. Energetyce systemowej trudno będzie wywiązać się z nałożonych prawem zobowiązań w 2010 roku zarówno w zakresie zabezpieczenia w biomasę, jak i w zakresie biomasy rolnej. Rozwiązaniem nieprzynoszącym pozytywnych efektów dla rolnictwa będzie import biomasy. Nadal na obszarach wiejskich występuje znaczący niewykorzystany potencjał słomy. Aktualnie trudno jest rozważać problematykę rozwoju obszarów wiejskich w aspekcie przetwarzania biomasy rolnej z uwagi na brak środków na inwestycje. Obliczone zapotrzebowanie na biomasę przewyższa jej oficjalną podaż, co jest wynikiem nieuwzględnienia wszystkich lokalnych źródeł biomasy. Rynek biomasy rolnej, a właściwie biopaliw stałych, jest bardzo niestabilny, ponadto charakteryzuje się on sezonowością popytu i podaży (cykl produkcji biomasy). Ma to wpływ na

stabilność cen. W świetle aktualnych rozwiązań prawnych i stanu technologii nie będzie również możliwe wywiązanie się ze zobowiązań w zakresie produkcji zielonej energii w 2020 roku z uwagi na brak biomasy. Powinny być wprowadzone czytelne mechanizmy wsparcia, umożliwiające pokonanie licznych trudności związanych z osiągnięciem celów wskaźnikowych. W związku z likwidacją cukrowni na rynku pojawia się nadwyżka buraka cukrowego. Niedocenionym rozwiązaniem przy ograniczeniach w produkcji cukru jest wykorzystanie istniejącego potencjału w zakresie produkcji i przetwórstwa buraka cukrowego. Wydajność buraka cukrowego z 1 ha uprawy w przeliczeniu na bioetanol jest najwyższa spośród wszystkich roślin uprawianych na obszarze Polski; mogą więc one stanowić istotną konkurencję dla zbóż przeznaczonych na cele paliwowe. Koszt produkcji etanolu z soku cukrowego (przy cenie soku o zawartości 65% cukru –  $700 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ , co odpowiada cenie skupu buraków  $101,50 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1} = 26,30 \text{ EURO}$ , przy kursie 3,86 zł/EURO) wynosi  $2,02 \text{ zł} \cdot \text{l}^{-1}$  według technologii firmy Chematur i  $2,07 \text{ zł} \cdot \text{l}^{-1}$  według technologii firmy Maguin. Natomiast przy wykorzystaniu melasy (przy cenie melasy  $400 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ ) koszt produkcji jest niższy i wynosi odpowiednio  $1,64$  i  $1,70 \text{ zł} \cdot \text{l}^{-1}$ . Zakładany cel wskaźnikowy w wieloletnim programie promocji biopaliw lub innych paliw odnawialnych na lata 2008–2014 w roku 2007 nie został osiągnięty; nie będzie możliwe jego osiągnięcie również w 2010 i 2020 roku. Problemy osiągnięcia wyznaczonych wskaźników powinny być rozwiązywane w sposób systemowy.

### Literatura

1. Biomass Market Assessment (projekt ForBiom). Rozwój rynku biomasy: wykorzystanie biomasy w skojarzonych systemach ciepłowniczych krajów Europy Centralnej i Wschodniej. 2004. <http://www.svn.cz/html/forbiom/docs.html>
2. Biofuels in the European Union a for 2030 and beyond. Bruksela, Biofuels Research Advisory Council, 2006, ss. 32.
3. B z o w s k i J. J.: Ocena strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunku rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy rolniczej wraz z propozycją działań. [www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm](http://www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm)
4. G ł a z J.: Ocena strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunku rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy leśnej wraz z propozycją działań. [www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm](http://www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm), 2005.
5. G m y r e k R.: Biopaliwa ważny segment rynku paliwowego. Mat. konf. „Surowce do produkcji biopaliw oraz zasady ich wytwarzania przez rolników na użytek własny”. Warszawa, 2006.
6. G r z y b e k A.: Metoda badania efektywności roślin energetycznych. IBMER Warszawa, 2007.
7. K a m i e ń s k i Z.: Lokalne wykorzystanie biomasy. Czysta Energia, 2008, 3.
8. K u ś J., F a b e r A.: Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNG - PIB, 2007, 7: 139-149.
9. P i o t r o w s k i J.: Uwarunkowania produkcji bioetanolu w KSC na Zamojszczyźnie. Mat. niepublik. KSC, Warszawa, 2006.
10. P o p c z y k J.: Europejski Pakiet Energetyczny, czyli nasze 3 x 20. Mat. konf., Polskie Towarzystwo Certyfikacji Energii, Warszawa, 2008.
11. Praca zbiorowa pod red. A. Grzybek: Możliwości adaptacji obiektów cukrowniczych pod potrzeby produkcji biopaliw. Ekspertyza – maszynopis, IBMER Warszawa, 2006.

12. Praca zbiorowa pod kier. T. Skoczkowski: Ocena prawna oraz analiza ekonomiczna możliwości realizacji celów wynikających ze strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz dyrektywy 2001/77/WE Parlamentu Europejskiego, maszynopis, KAPE 2007. [www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm](http://www.mos.gov.pl/oze/ekspertyzy/index.htm)
13. Szepczyk A.: Biopaliwa – zalecenia UE, potrzeby, realne możliwości produkcji. Maszynopis, IBMER Warszawa, 2007.
14. Wieloletni program promocji biopaliw lub innych paliw odnawialnych na lata 2008–2014. Monitor Polski, 2007, nr 53.
15. Wiśniewski G.: Systemowe uwarunkowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce – rola bioenergii. Mat. konf. podsumowującej projekt: „Zintegrowane podejście do wykorzystania odpadów drzewnych do produkcji energii cieplnej”. Ministerstwo Środowiska, UNDP/GEF, FPS, Kraków, 2006.
16. Żmuda K.: Biomasa do celów energetycznych – społeczne, gospodarcze i prawne uwarunkowania wykorzystania biomasy. Mat. konf. „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. „Wiś Jutra”, Warszawa, 2007.

Adres do korespondencji:

*doc. dr hab. Anna Grzybek*  
*IBMER*  
*ul. Rakowiecka 32*  
*02-532 Warszawa*  
*tel. (22) 542 11 00*  
e-mail: [grzybek@ibmer.waw.pl](mailto:grzybek@ibmer.waw.pl)

