

Antoni Faber, Zuzanna Jarosz

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA BIOMASY ROLNICZEJ NA CELE
ENERGETYCZNE W UNII EUROPEJSKIEJ I POLSCE*

Słowa kluczowe: odnawialne źródła energii, biomasa rolnicza, energetyczne wykorzystanie biomasy

Wstęp

Potrzeba zahamowania zmian klimatycznych, zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego i uniezależnienie się od zasobów paliw nieodnawialnych oraz zapewnienie rozwoju obszarów wiejskich spowodowało zwiększenie zainteresowania odnawialnymi źródłami energii (OZE). Głównymi zaletami wdrażania odnawialnych źródeł energii są: decentralizacja krajowego sektora energetycznego, stworzenie szansy rozwoju lokalnych społeczności poprzez stworzenie niezależności energetycznej, rozwoju regionalnego i stworzenie nowych miejsc pracy, a także przyczynienie się do poprawy stanu środowiska.

Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii podlega w Polsce regulacjom ustawy Prawo energetyczne (18) i zmierza do realizacji celów określonych w Polityce energetycznej Polski do 2030 r. (13) oraz w Krajowym Planie Działania (KPD) w zakresie energii ze źródeł odnawialnych. Obowiązujące regulacje i cele uwzględniają wymogi określone w dyrektywach unijnych, w tym w dyrektywie 2009/28/WE promującej wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii (4). Z przyjętej dyrektywy wynika, że kraje członkowskie wspólnie do roku 2020 osiągnąć powinny 20% udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii pierwotnej i 10% udział tej energii w sektorze transportowym. Zgodnie z ustalonym celem dla Polski, udział OZE w finalnym zużyciu energii pierwotnej powinien wzrosnąć do poziomu 15% w 2020 r., a w latach następnych przewidywany jest dalszy wzrost tego wskaźnika do poziomu 30% w 2030 r.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

W bilansach energetycznych wszystkich nośników OZE największą pozycję stanowi biomasa, której udział w UE w bilansie energii finalnej z OZE wynosi ok. 60%, a w Polsce przekracza 90%. Realizacja wyznaczonych w KPD celów spowoduje dalszy wzrost zapotrzebowania na energię z biomasy rolniczej, leśnej i komunalnej.

Możliwości pokrycia prognozowanego zapotrzebowania na biomasę pochodzenia rolniczego były przedmiotem badań prowadzonych w przeszłości (7, 8, 12, 16). W niniejszym opracowaniu zwrócono więc uwagę na aktualne uwarunkowania produkcyjne i rynkowe w zakresie możliwości pozyskania biomasy rolniczej na cele produkcji energii cieplnej, elektrycznej oraz biokomponentów paliwowych w Unii Europejskiej (UE) i Polsce. W związku z nowo kształtującą się sytuacją na rynku biomasy stałej szczególną uwagę zwrócono na możliwości szerszego wykorzystywania na cele energetyczne rolniczej biomasy ubocznej oraz biomasy odpadowej.

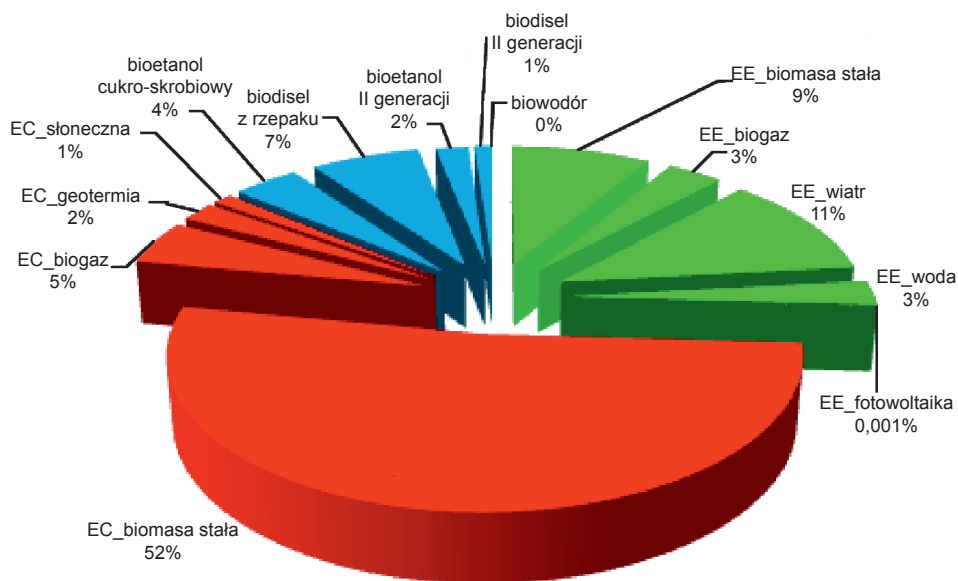
Cele w zakresie wykorzystania OZE

KPD przyjęty został w Polsce w 2010 r. (14) i uzupełniony w 2011 r. (15). Ustalono w nim, że energia wytwarzana z OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie, energetyce oraz transporcie będzie mieć 15,85% udział w końcowym zużyciu energii brutto. Największy udział w realizacji tego celu ma mieć ciepłownictwo i chłodnictwo – 54%, mniejszy transport – 25% i najmniejszy elektroenergetyka – 21%. W pozostałych krajach UE tendencja rozwoju OZE jest inna – większą uwagę skupiają na zwiększeniu produkcji energii ze źródeł odnawialnych w sektorze elektroenergetyki.

Biomasa rolnicza (jeden z głównych surowców energetycznych) wskazywana jest jako źródło największego potencjału energetycznego (10). Ze względu na stopień przetworzenia jej zasoby można podzielić na pierwotne: rośliny energetyczne jednoroczne (zboża, rzepak, buraki cukrowy i pastewny, ziemniak); rośliny energetyczne wieloletnie (wierzba, topola, mискant); biomasa powstała w procesie produkcji rolnej, ale nie mająca wpływu na poziom produkcji żywności (np. słoma zbożowa i rzepakowa); nadwyżki z trwałych użytków zielonych niezagospodarowane przez produkcję zwierzęcą, i wtórne: odpady oraz produkty uboczne z produkcji rolnej i przetwórstwa rolno-spożywczego (np. gliceryna, wywar gorzelniany, odpady poubojowe itp.) (3). Duże znaczenie potencjału biomasy rolniczej w rozwoju bioenergii jest bezsporne, jednakże występują dość istotne rozbieżności dotyczące potencjału jej szacowania (9).

Zasoby biomasy w Polsce są zbliżone do potencjału UE, ale wykorzystanie jest odmienne. Biomasa jest typowo lokalnym paliwem i największe korzyści ekonomiczne i ekologiczne można uzyskać, wykorzystując ją lokalnie jako główne paliwo rozproszonych kogeneracyjnych jednostek wytwórczych energii elektrycznej i ciepła.

Wykorzystanie zasobów biomasy do celów energetycznych uzależnione jest od wielu czynników, między innymi zachęt ekonomicznych czy też rozwoju technologii (2). Głównym źródłem energii z OZE w 2020 r. ma być biomasa (83%) (rys. 1).



Rys. 1. Prognozowane wykorzystanie OZE w Polsce w 2020 r.

Źródło: Ministerstwo Gospodarki (12)

Według oceny Ministerstwa Gospodarki Polska wywiąże się ze zobowiązań dotyczących wykorzystania OZE do 2020 r. (11). Można na tej podstawie domniemywać, że nie przewiduje się korekty prognozowanego zapotrzebowania na biomasę wykorzystywaną na cele energetyczne do 2020 r. (tab. 1). Do tego czasu powinno wzrosnąć, w stosunku do 2006 r., wykorzystanie biomasy produktów rolnych 1,9-krotnie, produktów ubocznych rolnictwa 6,2-krotnie oraz biodegradowalnych odpadów 71,6-krotnie. Przy założonych wzrostach wyprodukowana energia pierwotna z tych źródeł powinna zawierać się w stosunkach 1:1; 1:1,3.

Tabela 1

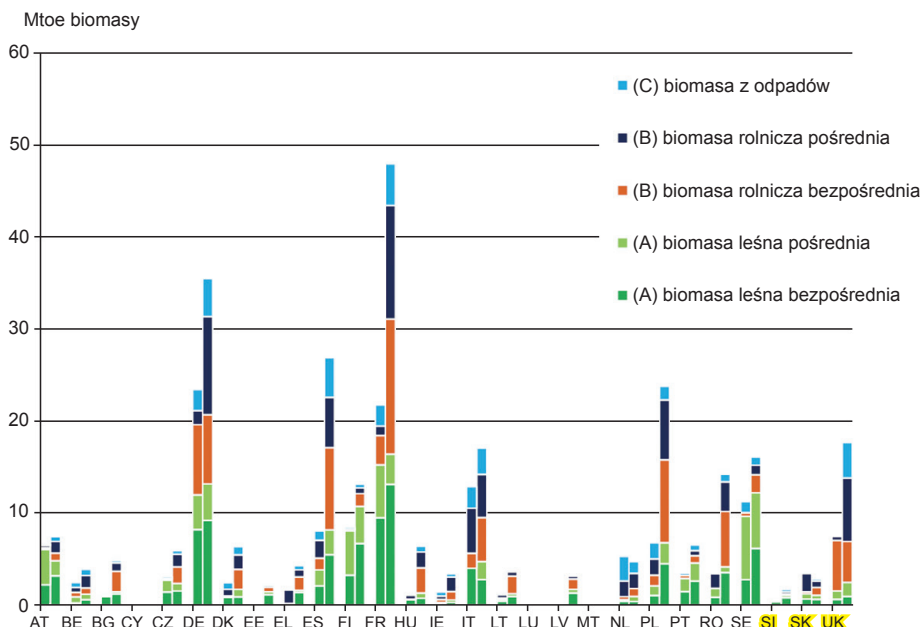
Dostawy biomasy w 2006 r. oraz prognoza krajowych dostaw biomasy w roku 2015 i 2020

Sector pochodzenia		2006	2015		2020	
		ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	przewidywana ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	produkcja energii pierwotnej (ktoe)	przewidywana ilość zasobów krajowych (tys. Mg)	produkcja energii pierwotnej (ktoe)
Biomasa z leśnictwa	1. Bezpośrednie dostawy biomasy drzewnej z lasów i innych zalesionych gruntów na potrzeby wytwarzania energii	12493	6411	1071	6081	1016
	2. Pośrednie dostawy biomasy drzewnej na potrzeby wytwarzania energii	5930	5572	931	6375	1065
Biomasa z rolnictwa i rybołówstwa	1. Płody rolne i produkty rybołówstwa dostarczane bezpośrednio na potrzeby wytwarzania energii	2164	1414	405	4056	1162
	2. Produkty uboczne i przetworzone pozostałości rolnictwa oraz produkty uboczne rybołówstwa na potrzeby wytwarzania energii	1200	5690	1358	7428	1773
Biomasa z odpadów	1. Ulegająca biodegradacji część stałych odpadów miejskich, w tym bioodpady (ulegające biodegradacji odpady ogrodowe i parkowe, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, restauracji, placówek zbiorowego żywienia i handlu detalicznego, i porównywalne odpady z zakładów przetwórstwa spożywczego) oraz gaz	89	4339	932	6373	1369

Źródło: Ministerstwo Gospodarki (15)

Ważniejsze uwarunkowania w zakresie energetycznego wykorzystywania biomasy w Unii Europejskiej

Potencjały biomasy rolniczej, możliwe do wykorzystania w UE, nie są jednoznacznie określone. Na podstawie jednych prognoz potencjały biomasy dla UE-27 w 2020 r. mogą być znacznie większe (280 Mtoe = 11723 PJ) od wykazanych w KPD krajów członkowskich (17) (rys. 2). Polska pod względem całkowitego potencjału dostępnej biomasy lokuje się na czwartym miejscu w UE (ok. 24 Mtoe = 1005 PJ), zaś na trzecim miejscu w posiadanym potencjale biomasy rolniczej. Biomasa rolnicza bezpośrednia (plantacje wieloletnich roślin energetycznych) jest wykorzystywana obecnie w UE w ilościach znikomych. Istniejące powierzchnie wieloletnich plantacji roślin energetycznych wynosiły w 2008 r. 93000 ha (5) (w tym w Polsce ok. 10%) i nie zwiększają się (1). Z analiz ekonomicznych można wnioskować, że taka sytuacja wynika z niskiej opłacalności produkcji biomasy energetycznej w porównaniu z tradycyjnymi uprawami rolnymi, co mogłoby się zmienić przy cenie biomasy rolniczej w UE $\geq 10 \text{ €} \cdot \text{GJ}^{-1}$ (17). W obecnej sytuacji energetyka nie jest skłonna akceptować wzrostu cen biomasy. W perspektywie do 2020 r. może więc ona dążyć do większego wykorzystywania produktów ubocznych rolnictwa i biomasy odpadowej, a więc tańszych asortymentów biomasy rolnej. Polska w tych kategoriach biomasy ma trzecie co do wielkości zasoby w UE.

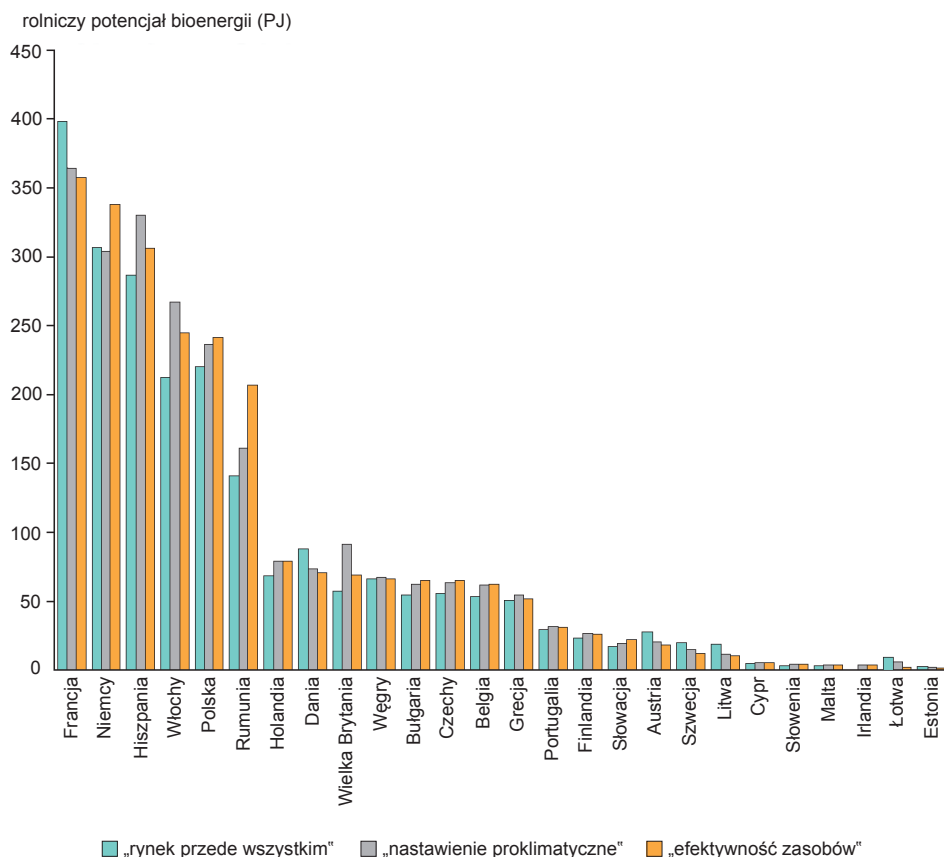


Rys. 2. Potencjały biomasy wykazane w KPD oraz symulowane przez model Green-X

Źródło: Ragwitz i in., 2012 (17)

Według innych badań wcześniej określony potencjał dostępnej biomasy rolniczej dla UE (4011 PJ) należałoby obniżyć o ponad 40% (6). Przedstawione w cytowanym opracowaniu szacunki potencjałów biomasy oraz ich alokacje nastawione są na poprawę kryteriów środowiskowych produkcji biomasy oraz poprawę efektywności wykorzystywania biomasy i były rozpatrywane dla trzech scenariuszy. Scenariusz „rynek przede wszystkim” zakłada, że rozwój bioenergetyki oraz spełnienie celów ograniczenia emisji GHG pozostawione zostaną relacjom rynkowym (brak nowych interwencji politycznych dotyczących mitygacji zmian klimatu oraz ILUC). Scenariusz „nastawiony proklimatycznie” zakłada wprowadzenie ograniczeń dotyczących lokalizacji produkcji surowców bioenergetycznych, wykluczających produkcję tych surowców, które nie będą zapewniać ograniczenia emisji o 50% w stosunku do paliw konwencjonalnych, dodatkowo wprowadza dolne wielkości cen na surowce bioenergetyczne. Scenariusz „efektywność zasobów” wprowadza wszystkie warunki scenariusza „nastawionego proklimatycznie”, ale nakłada dodatkowo obowiązek 50% redukcji emisji GHG na wszystkie cykle życia biopaliw oraz wprowadza dodatkowo miary polityczne mające zapobiegać negatywnym wpływom produkcji biomasy na zasoby naturalne i bioróżnorodność, jak również miary poprawiające efektywność produkcji bioenergii. Analizy wykonane dla omawianych scenariuszy wykazały, że całkowite potencjały produkcji bioenergii w UE w 2020 r. wynosiłyby odpowiednio dla biomasy rolniczej: 2210; 2357; 2355 PJ i byłyby różne co do wielkości w poszczególnych krajach (rys. 3). W podanych potencjałach biomasa ligninocelulozowa z plantacji wieloletnich stanowiłaby odpowiednio: 395; 633 i 604 PJ, a efektywność jej wykorzystywania kształtowałaby się na poziomach odpowiednio: 4,6; 5,4 i 6,2 MJ·t⁻¹ suchej masy.

Polska według omawianej wyceny zajmowałaby piąte miejsce pod względem potencjału całkowitego bioenergii z rolnictwa, a wprowadzenie ograniczeń klimatycznych i środowiskowych wpłynęłoby na zwiększenie potencjałów. Wielkości potencjałów biomasy dla scenariuszy 2 i 3 różnią się nieznacznie dla całej UE, jednakże ich wykorzystanie miałyby daleko idący wpływ na mix bioenergetyczny oraz emisje GHG powstające w związku z wykorzystywaniem biomasy (tab. 2).



Rys. 3. Całkowity potencjał bioenergii z rolnictwa UE w 2020 r.

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Tabela 2

Potencjały bioenergii dla zasobów UE, importu biomasy do UE oraz średnie emisje dla trzech scenariuszy wykorzystywania bioenergii

Biomasa*	Potencjał (PJ)				Emisja GHG (Mt CO ₂ ·eq·GJ ⁻¹)				Średnia emisja (kg CO ₂ ·eq·GJ ⁻¹)			
	EC**	EE	Bpal	R-m	EC	EE	Bpal.	R-m	EC	EE	Bpal	R-m
S1	3692	1753	1219	6664	81	115	97	293	22	65	79	44
S2	3282	2124	492	5898	65	99	22	186	20	47	46	32
S3	2750	2016	556	5322	57	78	-0,1	135	21	39	-0,3	25

* biomasa rolnicza, leśna, odpadowa oraz z importu; S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklimatycznie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

** EC – produkcja energii cieplej; EE – produkcja energii elektrycznej; Bpal. – produkcja biokomponentów paliwowych

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Analiza przedstawionych danych wskazywałaby na to, że w wykorzystywaniu potencjałów biomasy należałoby skupić się przede wszystkim na wysoko efektywnej generacji energii elektrycznej oraz energii cieplnej. Należy przy tym zakładać, że możliwości importu biomasy w ogóle, w tym również na rzecz wymienionych generacji energii, będą się zmniejszać (tab. 3).

Tabela 3

Dostępność źródeł bioenergii z importu do UE

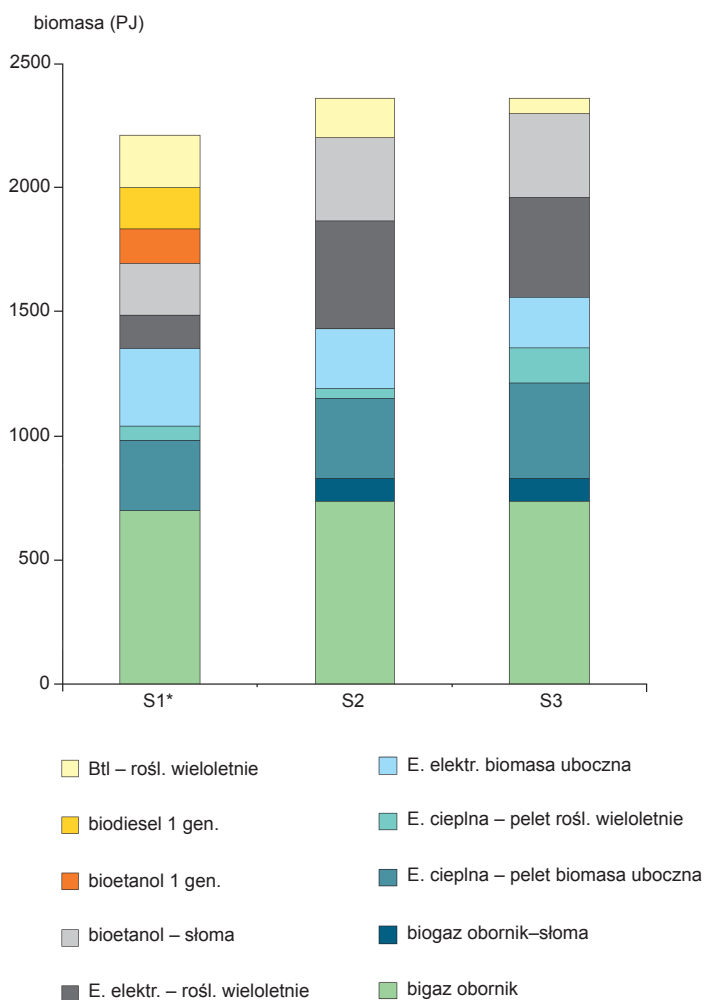
	S1*	S2	S3
Dostępność biomasy z importu (PJ)	19785	10837	7393
Udział źródeł			
Biomasa rolnicza	0,63	0,63	0,63
Biomasa leśna oraz wieloletnia	0,12	0,12	0,12
Biomasa uboczna z rolnictwa	0,09	0,09	0,09
Biomasa odpadowa	0,12	0,09	0,04
Dostępność wg źródeł			
Biomasa rolnicza (PJ)	12465	6872	4658
Biomasa leśna i plantacji wieloletnich (PJ)	2374	1300	887
Biomasa rolnicza z produktów ubocznych (PJ)	1781	975	665
Biomasa odpadowa (PJ)	2374	975	296
R-m dostępność biomasy (PJ)	18994	10078	6506

* S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklimatycznie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

Źródło: ETC/SIA, 2013 (5)

Przedstawione dane sugerowałyby, że celowym byłoby skupienie się na wykorzystywaniu krajowych źródeł bioenergii, zwłaszcza najtańszych zasobów, którymi są uboczna biomasa rolna, biomasa odpadowa i odpady biodegradowalne. W przypadku biomasy ubocznej z rolnictwa będzie to możliwe do 2020 r. Po tym roku zasoby ubocznej biomasy rolniczej dostępne dla energetyki mogą się zmniejszyć wskutek nałożenia na rolnictwo obligatoryjnych celów ograniczenia emisji GHG.

Prognozowana alokacja biomasy pomiędzy poszczególne generacje energii miałyby polegać w nieodległej przyszłości na eliminacji produkcji biopaliw I generacji (biodiesla i bioetanolu), na rzecz rozwoju paliw II generacji oraz zwiększenia wykorzystania biomasy w wysokosprawnej generacji i kogeneracji energii cieplnej i elektrycznej (rys. 4).

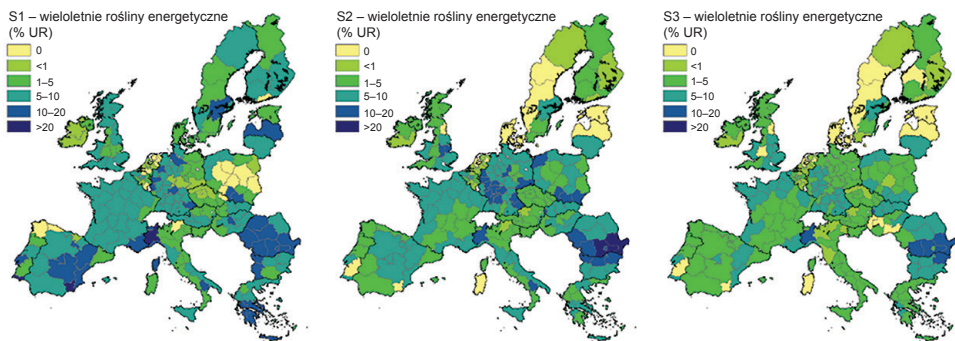


* S1 – scenariusz „rynek przede wszystkim”; S2 – scenariusz „nastawiony proklimatycznie”; S3 – scenariusz „efektywność zasobów”

Rys. 4. Rozdysponowanie potencjałów bioenergii w 2020 r.

Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

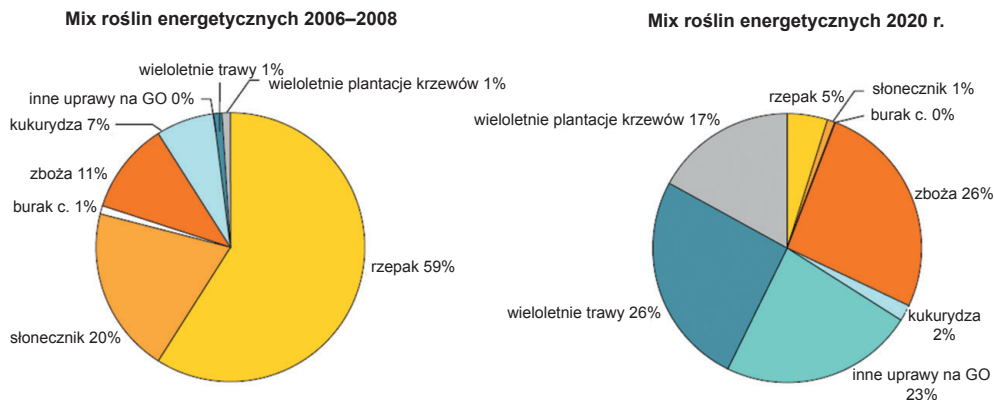
Jeśli przyjąć, że opisywane scenariusze będą realizowane, to ich skutkiem byłoby przeznaczenie pod produkcję roślin energetycznych znaczących ilości użytków rolnych (rys. 5).



Rys. 5. Procent powierzchni użytków rolnych niezbędnych do produkcji biomasy ligninocelulozowej na wieloletnich plantacjach roślin energetycznych do 2020 r.

Źródło: ETC/SIA (5)

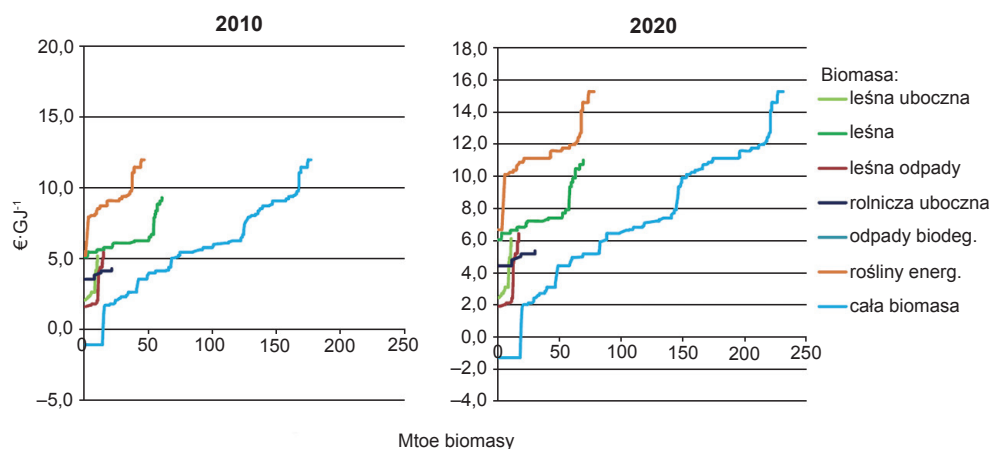
Taka alokacja wpłynęłaby w sposób znaczący na mix roślin energetycznych pochodzących z rolnictwa UE (rys. 6).



Rys. 6. Mix roślin energetycznych z rolnictwa UE w latach 2006–2008 oraz prognoza dla 2020 r.
 Źródło: European Environment Agency, 2013 (6)

Prognozowane zmiany w uprawie roślin energetycznych są pochodną zakładanych zmian w generacji energii. Pociągną one za sobą dość znaczące zmiany kosztów zaopatrzenia w biomasę (rys. 7).

Z przedstawionych na rysunku 7 krzywych wynikałoby, że przy kosztach poniżej $8 \text{ €} \cdot \text{GJ}^{-1}$, które są zakładanymi kosztami importu biomasy spoza UE, w 2020 r. możliwe będzie wykorzystanie ok. 57% potencjału biomasy UE-27. Raz jeszcze podkreślić trzeba, że najtańszym źródłem biomasy będzie ta pochodząca z odpadów biodegradowalnych oraz ubocznych produktów rolniczych.



Rys. 7. Krzywe koszt-zaopatrzenie w biomasę według modelu Green-X

Źródło: Ragwitz i in., 2012 (17)

Uwarunkowania w zakresie energetycznego wykorzystywania biomasy w Polsce

Opisywane wyżej scenariusze wykorzystywania biomasy dotyczą nieodległej przyszłości, jednak póki co wykorzystywanie bioenergii z biomasy w EU i Polsce podlega dyktatowi cenowemu, który kreowany jest przez podmioty przekształcające biomasę w energię. W Polsce powoduje to, że w UE lokujemy się na szóstym miejscu w wykorzystywaniu energii z biomasy i odpadów biodegradowalnych (udział OZE w generowanej energii wynosi 7,95%, w tym biomasa 7,45%).

W 2013 r. doszło w Polsce do znaczących zmian w zakresie wykorzystywania biomasy do generacji energii elektrycznej. Ilość energii elektrycznej wyprodukowanej z biomasy w 2013 r., od stycznia do listopada, wynosiła 3,5 TWh, w stosunku do 6,7 TWh w analogicznym okresie 2012 r. W tym czasie zanotowano wzrost generacji w blokach dedykowanych na biomasę o 1,8 TWh (z 0,7 TWh w 2012 r. do 2,5 TWh w 2013 r.). Generalnie jednak ilości wykorzystywanej biomasy w 2013 r. w elektroenergetyce zmalały do 66 TJ w stosunku do 83 TJ w 2012 r. Jednocześnie w związku z zawirowaniami z umarzaniem zielonych certyfikatów oraz cenami świadectw pochodzenia ceny zakupu biomasy znacznie spadły. Na początku 2014 r. były one niższe o ok. 25–30% dla biomasy leśnej oraz ok. 20–25% dla peletów i brykietów w porównaniu z poziomem cen notowanym rok temu. Sytuacja ta nie jest dobrym prognozą rozwoju pozyskiwania biomasy leśnej oraz produkcji biomasy rolnej.

Podsumowanie

W nieodległej przyszłości należy spodziewać się zasadniczych korekt polityk energetycznego wykorzystywania biomasy na cele energetyczne. W związku z tym w planowaniu wykorzystywania biomasy trzy rodzaje kryteriów powinny być szczególnie wnikliwie analizowane: efektywność wykorzystywania biomasy, ograniczenie emisji GHG oraz koszty produkcji biomasy. Im szybciej zostanie wykonana korekta strategii wykorzystywania biomasy, tym mniejsze będą problemy z realizacją celów przyszłych regulacji w tym zakresie. Tezę tę uprawdopodobniają na przykład starania Niemiec, które są liderem w zakresie wykorzystywania OZE w Unii Europejskiej. Obecna koalicja rządowa, zwłaszcza Socjaldemokraci, projektują i negocjują reformę wykorzystywania OZE, która ma polegać między innymi na ograniczeniu generacji energii elektrycznej na farmach wiatrowych oraz wykorzystywaniu do generacji energii głównie biomasy ubocznej oraz odpadów biodegradowalnych. Jeśli kraj stosunkowo bogaty rozważa takie reformy, to krajom mniej zamożnym nie pozostaje nic innego, jak je wprowadzić.

Literatura

1. AEBIOM. European bioenergy outlook 2013. Statistical Report. 2013.
2. B i e l s k i S.: Produkcja surowców energetycznych w Polsce w kontekście Wspólnej Polityki Rolnej. Polityki Europejskie, Finanse i Marketing, 2012, **8**: 47-59.
3. B i e l s k i S., M a r k s-B i e l s k a R.: Wzrost roli rolnictwa w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego kraju. Wieś i Rolnictwo, 2013, **4(161)**: 149-160.
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej. L140/16, 5.6.2009, PL, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF>; 08. 07. 2014.
5. ETC/SIA. Review of the EU bioenergy potential from a resource efficiency perspective. Background report to EEA study. Alterra, Wageningen 2013.
6. European Environment Agency. EU bioenergy potential from a resource-efficiency perspective. EEA Report, 2013, 6, s. 62.
7. F a b e r A.: Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię odnawialną a wykorzystanie ziemi w Polsce do 2030 roku. VIII Konferencja „Racjonalne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii”, MODR, Płońsk 2009, 17-23.
8. F a b e r A., P u d e ł k o R., B o r e k R., B o r z e c k a-W a l k e r M., S y p A., K r a s u s k a E., M a t h i o u P.: Economic potential of perennial energy crops in Poland. J. Food Agric. Environ., 2012, **10 (3&4)**: 1178-1182.
9. G a j e w s k i R.: Potencjał rynkowy biomasy z przeznaczeniem na cele energetyczne. Czysta Energia, 2011, **1**: 22-24.

10. G r a c z y k A.: Przedsięwzięcia unijne i polskie wspomagające rozwój, produkcję energii odnawialnej i biopaliw z biomasy. W: *Rozwój zrównoważony teoria i praktyka ze szczególnym uwzględnieniem obszarów wiejskich*, B. Fiedor i R. Jończyk (red.). Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2009, 220-231.
11. G r a c z y k M.: *Odnawialne Źródła Energii – szanse i koszty*, 2014 (http://www.euractiv.pl/gospodarka/spis_linie/odnawialne-rodzaj-energii--szanse-i-koszty-000020)
12. K u ś J., F a b e r A.: *Produkcja roślinna na cele energetyczne a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej*. I Kongres Nauk Rolniczych, Nauka Praktyce, Puławy 2009, 61-75.
13. Ministerstwo Gospodarki: *Polityka energetyczna Polski do 2030 r.* 2009.
14. Ministerstwo Gospodarki: *Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych*. 2010.
15. Ministerstwo Gospodarki: *Uzupełnienie do Krajowego Planu Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych*. 2011.
16. R o z a k i s S., K r e m m y s D., P u d e ł k o R., B o r z e c k a - W a l k e r M., F a b e r A.: *Straw potential for energy purposes in Poland and optimal allocation to major co-firing power plants*. *Biomass Bioenerg.*, 2013, 275-285.
17. R a g w i t z M., S t e i n h i l b e r S., B r e i t s c h o p f B. et al.: *RE-Shaping: Shaping an effective and efficient European renewable energy market*. D23 Final Report. *Intelligent Energy – Europe, ALTENER*, 2012.
18. *Ustawa o zmianie ustawy – Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw*. Dz.U. RP z dnia 26 lipca 2013 r., poz. 984.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Antoni Faber
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 767
e-mail: faber@iung.pulawy.pl