

Ewa Krasuska, Antoni Faber

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

POTENCJAŁ EKONOMICZNY BIOMASY Z WIELOLETNICH UPRAW
ENERGETYCZNYCH*

Słowa kluczowe: ceny biomasy, krzywe podaży, potencjał ekonomiczny, wieloletnie uprawy energetyczne

Wstęp

Potencjał produkcji biomasy uzależniony jest od dostępności gruntów pod uprawy energetyczne. To kluczowe zagadnienie było podejmowane wielokrotnie. Liczne opracowania w tym zakresie powstały w szczególności na poziomie Unii Europejskiej (5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 21, 22). Na szczególną uwagę zasługuje studium Europejskiej Agencji Środowiska (5), które traktowane było przez Komisję Europejską jako opracowanie referencyjne. Jego celem było oszacowanie potencjału produkcji biomasy przy założeniu minimalizowania presji na środowisko naturalne. Potencjał gruntów dostępny dla upraw energetycznych w Polsce oszacowano na 4525 tys. ha w perspektywie roku 2020 oraz 5045 tys. ha w roku 2030; są to najwyższe wartości wśród analizowanych krajów europejskich.

Wśród krajowych badań nakierowanych na oszacowanie potencjału gruntów rolnych do produkcji biomasy wyróżniają się prace realizowane w IUNG-PIB (7, 11, 15, 16, 21). Najbardziej kompleksowe podejście przedstawili Pu dełk o i F a b e r (21). W oparciu o analizy z wykorzystaniem GIS oszacowali potencjał gruntów odpowiednich dla upraw energetycznych, uwzględniając przestrzenną zmienność warunków przyrodniczych i produkcyjnych rolnictwa. Wyznaczyli potencjał techniczny gruntów odpowiednich do uprawy wierzby, miskanta i ślazuca na poziomie 1,1 mln ha. Uwzględnienie kryteriów ekonomicznych i uwarunkowań produkcyjnych rolnictwa pozwoliło na wyznaczenie potencjału ekonomicznego produkcji biomasy,

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

który wynosi zaledwie 0,3 mln ha. W innej pracy Faber i in. (8) oszacowali potencjał ekonomiczny produkcji biomasy z upraw energetycznych na poziomie 0,45 mln ha.

Wyniki otrzymane przez Pudełko i Fabera (8, 21) dla Polski wskazują na bardzo dużą redukcję potencjału technicznego przy uwzględnieniu ekonomicznych uwarunkowań produkcji roślin energetycznych. Ma to ogromne znaczenie dla urealnienia dotychczasowych oszacowań potencjałów biomasy. Tymczasem studia dotyczące oceny potencjału ekonomicznego są nadal nieliczne. Zbyt optymistyczne oszacowania potencjałów biomasy zapewne mają wpływ na trudności w realizacji dotychczasowych celów dotyczących rozwoju sektora energetycznego wykorzystania biomasy.

Celem opracowania jest wyznaczenie potencjału ekonomicznego wieloletnich upraw energetycznych w Polsce poprzez wyznaczenie krzywych podaży produkcji biomasy. Podstawę opracowania stanowią ceny biomasy uwzględniające premię kompensującą koszty ryzyka związanego z podjęciem produkcji biomasy przez rolników (14).

Material i metoda

W pracy wykorzystano dane o gruntach potencjalnie dostępnych dla upraw energetycznych na poziomie gmin (7) oraz dane dotyczące plonów roślin energetycznych biomasy pochodzące z bazy IUNG-PIB. Dane dotyczą wierzby (*Salix viminalis*), miskanta (*Miscanthus x giganteus* i *Miscanthus sinensis*), ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) oraz wierzby uprawianej w systemie Eko-Salix na trwałych użytkach zielonych.

Ceny biomasy uwzględniają tzw. ceny równowagi zapewniające konkurencyjność wobec konwencjonalnych kierunków produkcji rolniczej oraz premię kompensującą ryzyko związane z podjęciem nowego kierunku produkcji przez rolników, jakim są wieloletnie rośliny na cele energetyczne (14). Ceny biomasy uwzględniające premię za ryzyko zostały wyznaczone w odniesieniu do czterech głównych typów produkcji rolniczej w kraju (produkcja roślinna, wielokierunkowa, chów bydła mlecznego, chów trzody chlewnej).

Dla cen biomasy wykonano analizę dopasowania rozkładów. Wyniki pozwalają na określenie skumulowanego prawdopodobieństwa uzyskania ceny biomasy o danej wartości lub mniejszej. Analizę wykonano w pakiecie statystycznym STATGRAPHICS. Dokładność dopasowania oceniono za pomocą testu Kolmogorova-Smirnova. Dopasowanie rozkładu sprawdzano także metodą graficzną.

Potencjał ekonomiczny produkcji biomasy w Polsce został określony poprzez wyznaczone krzywe podaży. Krzywa podaży jest graficzną prezentacją zależności pomiędzy potencjałem produkcji upraw energetycznych a ceną biomasy. Na podstawie dostępnych gruntów pod uprawy energetyczne oraz plonów roślin energetycznych wyznaczono potencjał techniczny produkcji biomasy w każdej gminie. Następnie przez

uporządkowanie cen biomasy od najniższych do najwyższych oraz odpowiadającej im skumulowanej wielkości produkcji biomasy wyznaczono krzywe podaży.

W celu interpretacji wyników zebrano informacje o cenach rynkowych biomasy w zakładach energetycznych. Oszacowano także maksymalną cenę, którą powinna być w stanie zaakceptować energetyka zawodowa. Jest to cena, przy której zysk ze współspalania biomasy z węglem (przy obecnym poziomie wsparcia) zrównuje się z zyskiem z produkcji energii elektrycznej wyłącznie w oparciu o węgiel kamienny. Do tego celu wykorzystano kalkulator uwzględniający koszty jednostkowe zmienne i stałe produkcji energii elektrycznej w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych na węgiel kamienny (1). Po stronie przychodów do modelu wprowadzono ceny sprzedaży energii elektrycznej uzyskiwane przez przedsiębiorstwa energetyczne oraz wsparcie w postaci zielonych certyfikatów, które jest dostępne dla każdej MWh „zielonej” energii elektrycznej wytworzonej z biomasy. Na tej podstawie wyznaczono maksymalną cenę biomasy, którą powinna zaakceptować energetyka zawodowa.

Omówienie wyników

Ceny rynkowe biomasy oraz ceny maksymalne

Ceny biomasy uwzględniające premie za ryzyko zostały oszacowane dla wszystkich gmin wiejskich w Polsce w odniesieniu do czterech głównych typów rolniczych gmin; mediany cen zaprezentowano w tabeli 1.

Zebrano także informacje o cenach rynkowych biomasy loco zakład energetyczny w roku 2011 (tab. 2). Pominięcie kosztów transportu biomasy do zakładu energetycznego, a także kosztów przetworzenia biomasy do peletów umożliwia oszacowanie kosztów produkcji lub pozyskania biomasy dostępnej w miejscu jej wytworzenia. Przyjęto, że kształtują się one na poziomie 13–19 zł·GJ⁻¹ dla zrębków leśnych, 16–18 zł·GJ⁻¹ dla biomasy leśnej lub rolnej przeznaczonej do produkcji peletów oraz w zakresie 17–23 zł·GJ⁻¹ loco pole dla biomasy z upraw energetycznych (zrębki wierzby).

Tabela 1

Mediany cen biomasy (zł·GJ⁻¹) z uwzględnieniem premii za ryzyko
dla czterech głównych typów produkcji rolniczej

Typ produkcji rolniczej	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix
K-1 roślinna	22,13	21,67	27,98	27,04
K-2 wielokierunkowa	19,35	19,68	25,31	23,58
K-3 bydło	26,07	24,85	32,26	33,84
K-4 trzoda chlewna	24,49	23,63	30,27	31,85

Źródło: Krasuska i Faber, 2014 (14)

Tabela 2

Przeciętne ceny biomasy w kontraktach na zakup biomasy zawieranych przez zakłady energetyczne
(dane uzyskane w 2011 r. z zakładów energetycznych)

Rodzaj biomasy	Cena loco zakład energetyczny
Zrębki z biomasy pochodzenia leśnego	16–22
Pelety z biomasy pochodzenia leśnego	28–30
Pelety z biomasy pochodzenia rolnego	28–30
Zrębki wierzby energetycznej	20–26

Źródło: opracowanie własne

Maksymalna oszacowana cena biomasy, którą powinna być w stanie zaakceptować energetyka zawodowa waha się w przedziale od 35 do 38 zł·GJ⁻¹ loco zakład energetyczny. Zakładając, że zakłady energetyczne preferują dostawy biomasy w formie peletów (paliwo standaryzowane), wyznaczono maksymalną cenę loco pole dla biomasy nieprzetworzonej w zakresie 23–26 zł·GJ⁻¹.

Na podstawie powyższego ustalono sześć cenowych poziomów odniesienia dla biomasy, które uwzględniono w ocenie potencjału ekonomicznego upraw energetycznych:

- 17 zł·GJ⁻¹ loco pole, co odpowiada średnim cenom za biomasę nieprzetworzoną oferowaną na rynku krajowym;
- 20 zł·GJ⁻¹ loco pole, co odpowiada w przybliżeniu górnym wartościom cen oferowanych za biomasę nieprzetworzoną na rynku krajowym;
- 23 zł·GJ⁻¹ loco pole, co odpowiada dolnej granicy zakresu oszacowanej maksymalnej ceny akceptowanej przez energetykę (współspalanie z węglem);
- 26 zł·GJ⁻¹ loco pole, co odpowiada górnej granicy zakresu maksymalnej oszacowanej ceny akceptowanej przez energetykę (współspalanie z węglem);
- 29 zł·GJ⁻¹ loco pole, co stanowi wariant hipotetyczny odpowiadający maksymalnym cenom za biomasę nieprzetworzoną dostarczaną do zakładów energetycznych;
- 32 zł·GJ⁻¹ loco pole, jak w punkcie powyżej.

Powyższe ceny odniesienia porównano do median cen biomasy z upraw energetycznych uwzględniających premię za ryzyko, które wyznaczono dla czterech dominujących typów rolniczych gmin wiejskich w Polsce (tab. 1). Dla żadnej z analizowanych roślin nie wyznaczono mediany ceny na poziomie 17 zł·GJ⁻¹ loco pole. W przypadku wierzby i miskanta w skupieniu gmin z produkcją wielokierunkową (K-2) ceny są mniejsze niż 20 zł·GJ⁻¹, czyli znajdują się w przedziale cen rynkowych biomasy oferowanych na rynku krajowym, natomiast uprawa tych roślin w gminach z dominującą produkcją roślinną (K-1) wymaga cen na poziomie 22 zł·GJ⁻¹. Wierzba i miskant, uprawiane w gminach z dominującą produkcją zwierzęcą (K-3 oraz K4), osiągają mediany cen w zakresie 24–26 zł·GJ⁻¹, czyli są to ceny znajdujące się w przedziale maksymalnych cen, które powinna zaakceptować energetyka zawodowa (współspalanie). Natomiast ślázowiec i wierzba Eko-Salix (z wyjątkiem gmin z produkcją wielokierunkową) wymagają cen w zakresie 27–34 zł·GJ⁻¹, które odpowiadają

dwóm wariantom hipotetycznym dotyczącym zakupu przez energetykę biomasy nieprzetworzonej po bardzo wysokich cenach.

Skumulowane prawdopodobieństwo produkcji biomasy

Dla określenia prawdopodobieństwa produkcji biomasy odpowiadającej określonej cenie przeprowadzono analizę dopasowania rozkładów zmiennej losowej dla otrzymanych cen końcowych biomasy. Z analizy wyeliminowano gminy, w których dominują gospodarstwa prowadzące produkując głównie na samozaopatrzenie (ujemna różnica wartości produkcji towarowej i nakładów na bieżącą działalność rolniczą). Można domniemywać, że podjęcie tam produkcji biomasy jest bardzo mało prawdopodobne ze względu na fakt, że są to przeważnie małe gospodarstwa, słabo wyposażone w maszyny i posiadające stosunkowo małe możliwości inwestycyjne. Często występuje w nich także rozdrobnienie gruntów, a nawet tzw. „uciążliwa szachownica gruntów”.

Zdecydowana większość powierzchni przydatnych dla upraw energetycznych (tab. 3) koncentruje się w skupieniach gmin z dominującą produkcją roślinną (K-1) oraz wielokierunkową (K-2), dlatego uznano, że te typy rolnicze są najbardziej istotne dla uruchomienia produkcji biomasy w kraju, dlatego też stanowią one podstawę dalszej analizy potencjału ekonomicznego.

Tabela 3

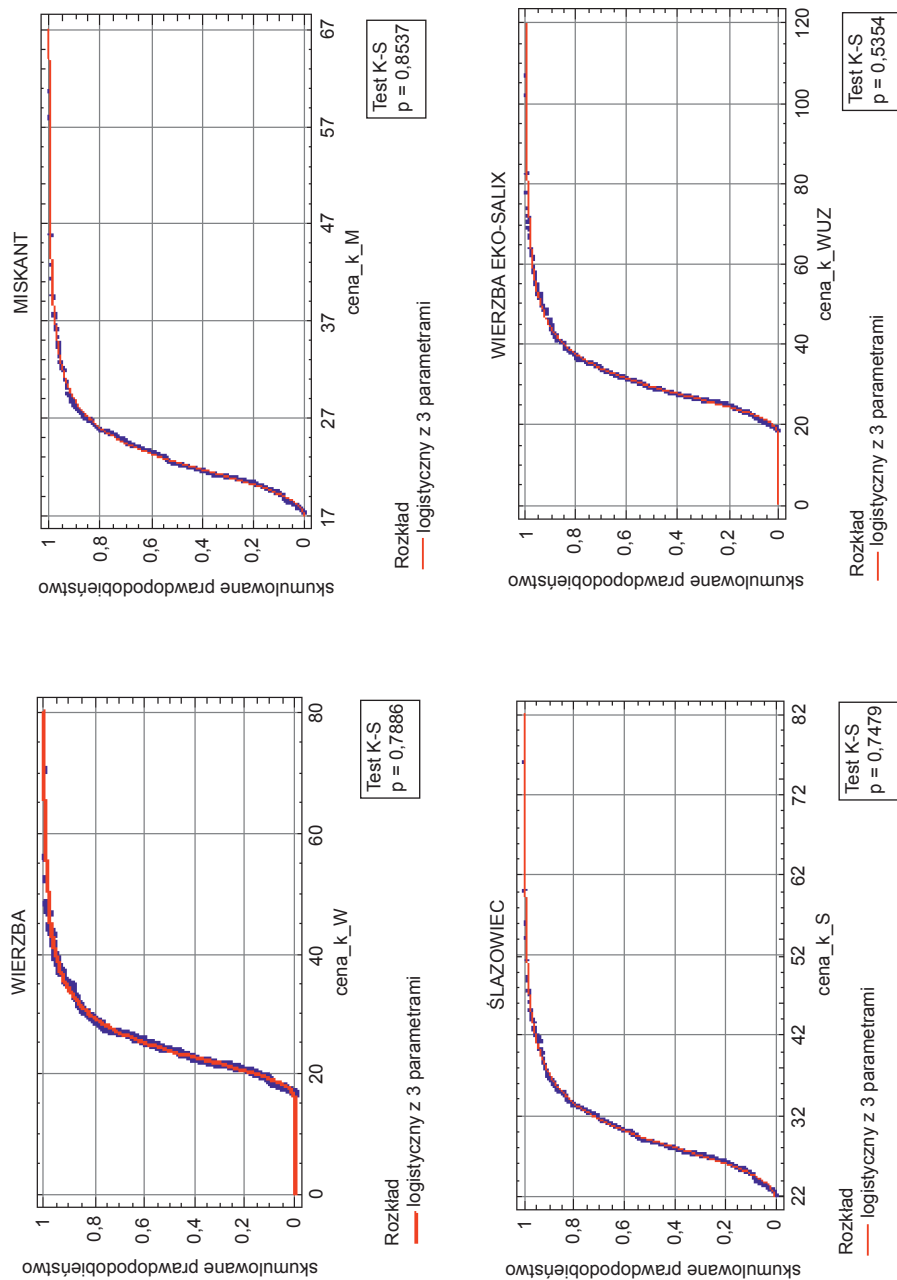
Powierzchnie gruntów odpowiednich dla upraw energetycznych (ha) w poszczególnych skupieniach rolniczych po wyeliminowaniu gmin z ujemnymi wartościami nadwyżek z bieżącej działalności rolniczej

	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix
K-1 roślinna	33948	46563	183463	175344
K-2 wielokierunkowa	31413	44103	358271	151094
K-3 bydło	9990	10910	112418	47802
K-4 trzoda chlewna	3073	4079	28490	13522

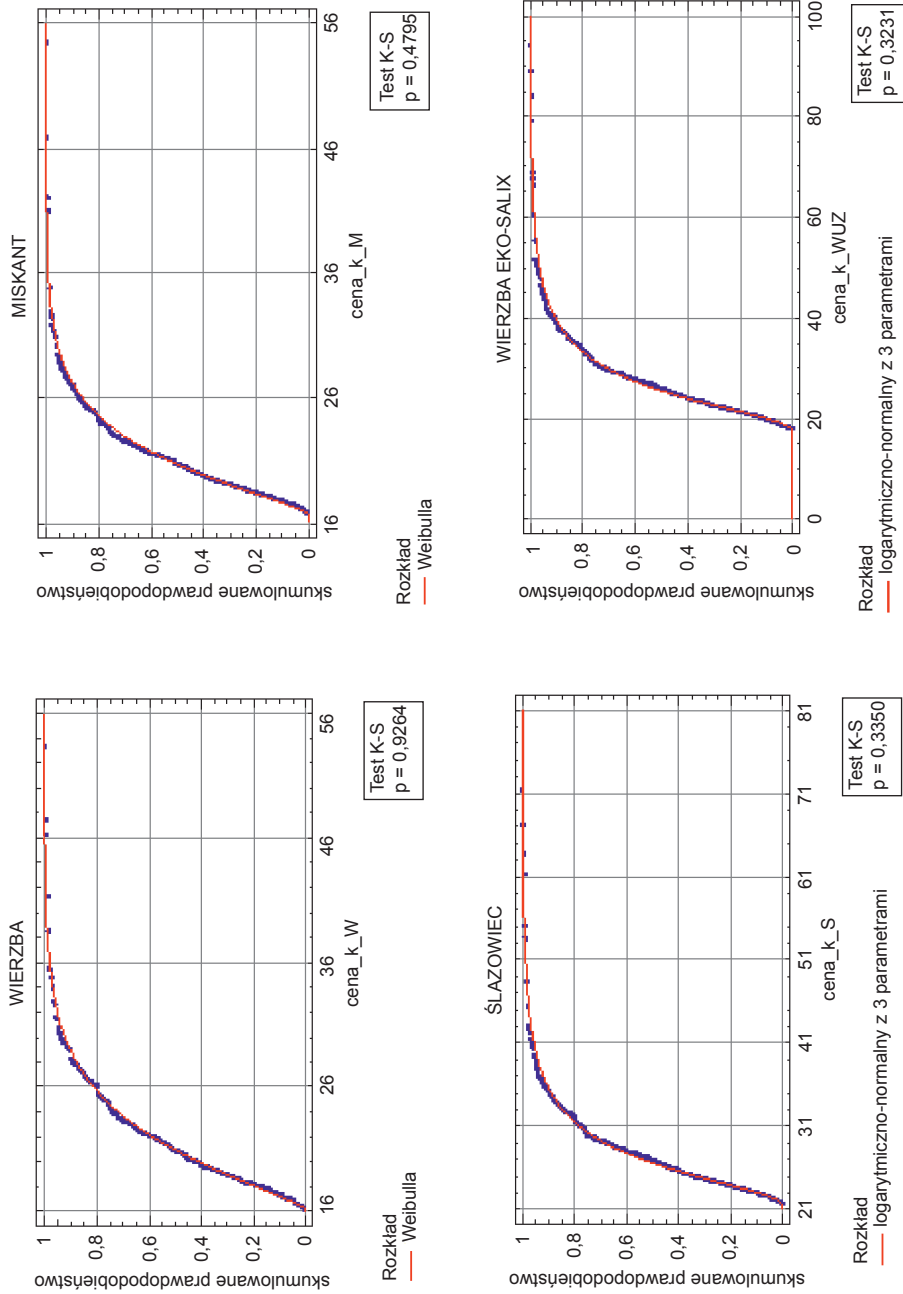
Źródło: opracowanie własne

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wyniki analizy dopasowania rozkładów dla cen końcowych biomasy odpowiednio w skupieniach gmin z dominującą produkcją roślinną (K-1) oraz wielokierunkową (K-2). Dla poziomu ufności 95% można przyjąć, że ceny końcowe biomasy w gminach odpowiadają podanym rozkładom.

Prawdopodobieństwo skumulowane określone dla zdefiniowanych cen odniesienia dla biomasy loco pole przedstawiono w tabelach 4 i 5. Dla każdego poziomu cen wyższe prawdopodobieństwo produkcji biomasy dla poszczególnych roślin otrzymano dla gmin z dominującą produkcją wielokierunkową (K-2) niż dla gmin z produkcją roślinną (K-1). Ponadto w ramach tego samego typu rolniczego wyższe prawdopodobieństwo uruchomienia produkcji biomasy dotyczy miskanta i wierzby niż ślázowca i wierzby Eko-Salix. Obie zależności łączą się wprost z niższymi medianami cen końcowych biomasy wyznaczonymi dla gmin z produkcją wielokierunkową oraz dla wierzby i miskanta (tab. 1).



Rys. 1. Skumulowane rozkłady prawdopodobieństwa dla cen końcowych biomasy w skupieniu gmin z dominującą produkcją roślinną
 Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Skumulowane rozkłady prawdopodobieństwa dla cen końcowych biomasy w skupieniu gmin z dominującą produkcją wielokierunkową

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4

Skumulowane prawdopodobieństwo produkcji biomasy dla wybranych cen końcowych w skupieniu gmin z dominującą produkcją roślinną (K-1)

Cena (zł·GJ ⁻¹)	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix
≤ 17	0,01	0,00	-	0,00
≤ 20	0,16	0,19	-	0,03
≤ 23	0,43	0,57	0,02	0,13
≤ 26	0,66	0,80	0,20	0,30
≤ 29	0,79	0,90	0,50	0,48
≤ 32	0,87	0,95	0,73	0,63

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5

Skumulowane prawdopodobieństwo produkcji biomasy dla wybranych cen końcowych w skupieniu gmin z dominującą produkcją wielokierunkową (K-2)

Cena (zł·GJ ⁻¹)	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix
≤ 17	0,08	0,02	-	0,00
≤ 20	0,41	0,42	-	0,10
≤ 23	0,66	0,70	0,09	0,33
≤ 26	0,81	0,86	0,44	0,53
≤ 29	0,90	0,94	0,68	0,67
≤ 32	0,95	0,97	0,82	0,77

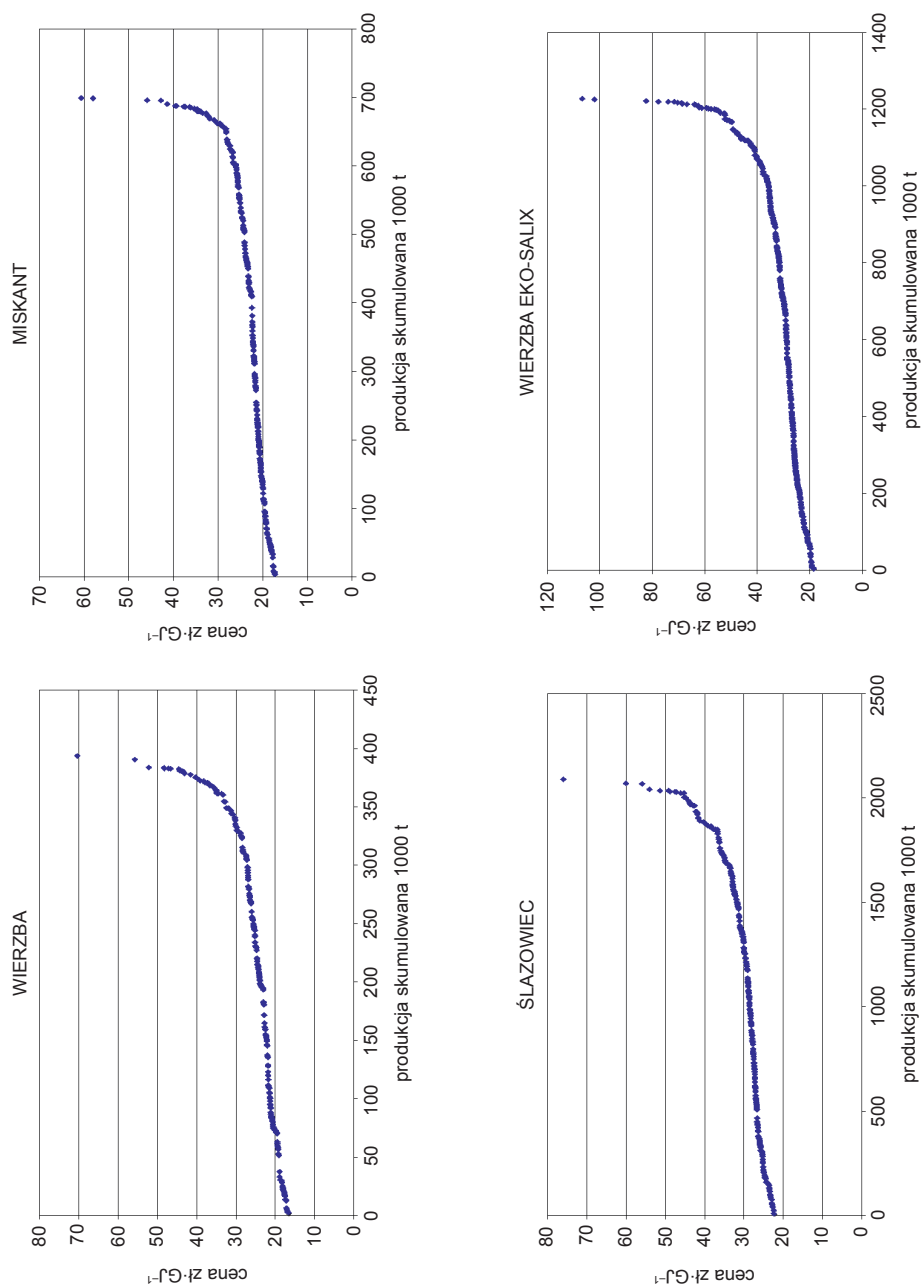
Źródło: opracowanie własne

Krzywe podaży

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono krzywe podaży wyznaczone dla dwóch skupień rolniczych (K-1 produkcja roślinna oraz K-2 produkcja wielokierunkowa), w których koncentrują się największe powierzchnie gleb odpowiadanie dla upraw energetycznych.

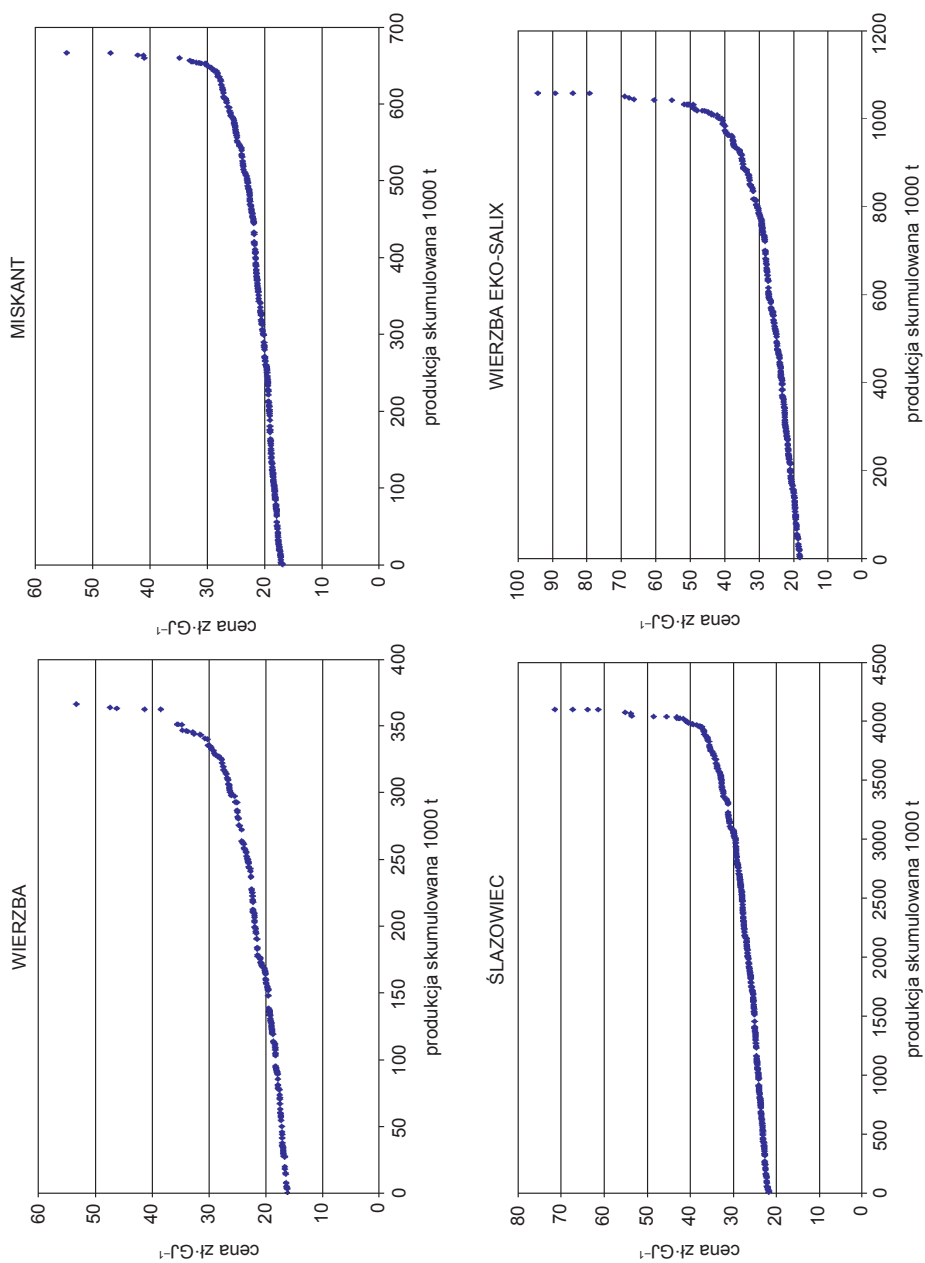
Wyznaczone krzywe w dużej części są stosunkowo płaskie, co świadczy o ich znacznej elastyczności, aż do punktu wyraźnego przegięcia, który odpowiada cenie na poziomie około 30 zł·GJ⁻¹ w przypadku wierzby i miskanta oraz 40 zł·GJ⁻¹ w przypadku ślázowca oraz wierzby Eko-Salix w obu skupieniach. Powyżej tego poziomu cen krzywe stają się bardzo mało elastyczne, co oznacza, że wzrost ceny o jednostkę mobilizuje niewielki dodatkowy przyrost produkcji biomasy.

W ramach tego samego skupienia rolniczego największą elastycznością charakteryzują się krzywe ślázowca. Dla tej rośliny wraz ze wzrostem ceny biomasy o jednostkę najsilniej wzrasta produkcja biomasy.



Rys. 3. Krzywe podaży biomasy w gminach z dominującą produkcją roślinną (K-1)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Krzywe podaży biomasy w gminach z produkcją wielokierunkową (K-2)

Źródło: opracowanie własne

Potencjał produkcji biomasy dla wybranych cen odniesienia przedstawiono w tabelach 6 i 7. Wyniki skumulowane dla obu skupień (K-1 oraz K-2) łącznie zawiera tabela 8. Otrzymane wyniki wskazują, że ślázowiec generuje największe ilości biomasy wśród analizowanych roślin, co związane jest z relatywnie dużą dostępnością gruntów przydatnych dla tej rośliny. Jednak uruchomienie produkcji ślázowca na dużą skalę wymaga wyższych cen biomasy.

W szczególności przy cenie biomasy sięgającej 26 zł·GJ⁻¹ loco pole potencjał produkcji samego tylko ślázowca wynosi 2,2 mln ton (tab. 8). Przy niższych cenach biomasy (niższych bądź równych 23 zł·GJ⁻¹) największe znaczenie mają przede wszystkim uprawy miskanta, a także uprawy wierzby na gruntach rolnych oraz wierzby w systemie Eko-Salix, które jednak dostarczają stosunkowo mniejszych ilości biomasy.

Dla ceny końcowej w zakresie co najmniej 17–20 zł·GJ⁻¹ loco pole wyznaczono produkcję biomasy na poziomie 117–950 tys. ton, której osiągnięcie wymaga znacznej powierzchni przeznaczonej pod uprawę roślin energetycznych. Areał ten silnie odbiega od rzeczywistej powierzchni wieloletnich plantacji energetycznych w Polsce, która wynosi od kilku lat około 7 tys. ha, co odpowiada produkcji na poziomie 56–70 tys. ton. Niewielki rzeczywisty areał powierzchni upraw uwarunkowany jest zapewne kilkoma czynnikami. Za najważniejsze z nich należy uznać: niechęć rolników do podejmowania nowych, dotąd nieznanych działalności, brak zaplecza maszynowego do obsługi plantacji (nasadzenia plantacji, zbiór biomasy drzewnej), brak zorganizowanego systemu logistyki biomasy z plantacji do zakładu energetycznego, a także niestabilną politykę wsparcia rozwoju upraw energetycznych (wstrzymanie systemu dopłat bezpośrednich do założenia plantacji).

Tabela 6

Skumulowana produkcja biomasy (1000 t) dla wybranych cen końcowych
w skupieniu gmin z dominującą produkcją roślinną (K-1)

Cena (zł·GJ ⁻¹)	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix	Razem
≤ 17	5,09	8,45	-	65,52	79,06
≤ 20	73,06	130,62	-	146,54	350,22
≤ 23	193,35	392,94	86,06	313,12	985,47
≤ 26	260,25	532,67	367,98	617,05	1777,96
≤ 29	327,92	624,82	1117,96	626,33	2697,03
≤ 32	349,08	662,48	1514,60	823,72	3349,88

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7

Skumulowana produkcja biomasy (1000 t) dla wybranych cen końcowych w skupieniu gmin z dominującą produkcją wielokierunkową (K-2)

Cena (zł·GJ ⁻¹)	Wierzba	Miskant	Ślazieriec	Wierzba Eko-Salix	Razem
≤ 17	35	3	-	-	38
≤ 20	160	283	-	157	601
≤ 23	247	501	442	365	1556
≤ 26	298	591	1859	562	3310
≤ 29	330	646	2797	750	4524
≤ 32	344	655	3358	845	5202

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8

Skumulowana produkcja biomasy (1000 t) dla wybranych cen końcowych łącznie w skupieniu gmin z dominującą produkcją roślinną (K-1) i wielokierunkową (K-2)

Cena (zł·GJ ⁻¹)	Wierzba	Miskant	Ślazieriec	Wierzba Eko-Salix	Razem
≤ 17	41	11	-	66	117
≤ 20	234	414	-	303	951
≤ 23	441	894	528	678	2541
≤ 26	558	1124	2227	1179	5088
≤ 29	658	1271	3915	1377	7221
≤ 32	693	1318	4872	1669	8552

Źródło: opracowanie własne

Zużycie biomasy w krajowym sektorze energetycznym dynamicznie wzrasta. Energetyka wykorzystuje biomasę głównie w procesach współspalania z węglem w istniejących kotłach węglowych. Powstają także instalacje oparte wyłącznie na spalaniu biomasy. Produkcja energii wytworzonej w procesach współspalania wyniosła 4984,7 GWh w 2010 r. i wzrosła o 20% w stosunku do roku poprzedniego (3). Dokumenty o charakterze strategicznym dla sektora energetycznego zakładają dalszy wzrost zużycia biomasy stałej do produkcji energii elektrycznej i ciepła w Polsce.

Dyrektywa 28/2009/WE (4) nakłada na Polskę obowiązek osiągnięcia 15% udziału energii odnawialnej w strukturze zużycia energii finalnej brutto w 2020 r. Cel ten został implementowany do „Polityki energetycznej Polski do roku 2030”, według której prognozowane zapotrzebowanie na energię finalną brutto z biomasy stałej wyniesie 892,3 ktoe (10375,5 GWh) w odniesieniu do energii elektrycznej oraz 5405,9 ktoe (62858,6 GWh) w odniesieniu do ciepła, co oznacza, że odpowiednio 33% oraz 86% wytworzonej energii elektrycznej oraz ciepła w roku 2020 pochodzić będzie z biomasy stałej (18).

Projekt „Krajowego planu działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych”, w nawiązaniu do realizacji celu wyznaczonego na rok 2020 r., zawiera, między innymi ocenę dostępności krajowych zasobów biomasy. Oszacowano, że sektor rolnictwa i rybołówstwa będzie w stanie w roku 2020 dostarczyć na potrzeby wytwarzania energii 4056 tys. ton biomasy w formie płodów rolnych i produktów rybołówstwa oraz 7428 tys. ton biomasy w formie produktów ubocznych i przetworzonych pozostałości (19). Podane wartości są zagregowane, co uniemożliwia wskazanie ilości biomasy, która ma pochodzić z wieloletnich upraw energetycznych. Z tego względu poniżej odwołano się do wyników otrzymanych przez K r a s u s k ą i in. (12).

W odniesieniu do prognozowanego w „Polityce energetycznej...” zapotrzebowania na energię wytworzoną z biomasy stałej oraz prognozy mocy wytwórczych energii elektrycznej oszacowano zapotrzebowanie na biomasę dla sektora energetyki zawodowej w roku 2020. Współspalanie nadal będzie miało rolę dominującą i dostarczy około 7817 GWh „zielonej” energii elektrycznej, co odpowiada zużyciu biomasy na poziomie 80404 TJ energii pierwotnej paliwa. Produkcja energii elektrycznej w elektrociepłowniach opartych na spalaniu biomasy wyniesie około 2554 GWh, co odpowiada zapotrzebowaniu na biomasę na poziomie 26820 TJ (12).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 2008 r. (17) wprowadzało drastyczne ograniczenie zużycia biomasy pochodzenia leśnego w energetyce, tak że od roku 2015 wyłącznie biomasa rolnicza będzie mogła być wykorzystywana w procesach współspalania z węglem. Oznacza to, że w roku 2020 niezbędne byłoby dostarczenie w stanie suchym około 4730 tys. ton biomasy rolniczej do procesów współspalania. Przepisy zostały jednak złagodzone (20) i zakładają zmniejszenie obligatoryjnego udziału biomasy rolniczej w procesach współspalania do 85% w 2020 r., co wymagać będzie około 4020 tys. ton biomasy rolniczej (sucha masa). Aby wyznaczyć ilość biomasy z upraw energetycznych, niezbędną do pokrycia zapotrzebowania w roku 2020, dla uproszczenia przyjęto, że współspalanie będzie wymagało dostaw biomasy z upraw energetycznych, natomiast zapotrzebowanie elektrociepłowni i ciepłowni opartych na spalaniu biomasy oraz gospodarstw indywidualnych będzie mogło być pokryte przez produkty uboczne rolnictwa i biomasę leśną.

Mając na uwadze otrzymane wyniki własne dotyczące potencjału ekonomicznego (tab. 8), wyprodukowanie 4730 tys. ton biomasy na potrzeby współspalania wymagałoby cen biomasy na poziomie co najmniej 25,9 zł·GJ⁻¹ loco pole oraz 25,0 zł·GJ⁻¹ odpowiednio dla produkcji 4020 tys. ton biomasy. Taki poziom cen wykracza poza ceny oferowane za biomasę (17–20 zł·GJ⁻¹), jednak mieści się w granicach oszacowanych maksymalnych cen, jakie powinna być w stanie zaakceptować energetyka przy obecnym poziomie wsparcia w formie „zielonych” certyfikatów.

Warto przytoczyć także wyniki innych autorów w zakresie cen biomasy warunkujących uruchomienie określonej wielkości produkcji na cele energetyczne. C l a n c y i in. (2) wyznaczyli ceny niezbędne do uruchomienia produkcji biomasy w Irlandii na zadanym areale 55 tys. ha wierzby lub 36 tys. ha miskanta, co odpowiada 0,6 mln ton

biomasy, niezbędnym dla realizacji celów OZE. W oparciu o model programowania liniowego dla sektora gospodarstw rolnych wyznaczono ceny biomasy, przy których prowadzenie upraw energetycznych będzie bardziej opłacalne niż najbardziej konkurencyjna działalność rolnicza, jaka może być realizowana w danym gospodarstwie. Ceny niezbędne do uruchomienia produkcji na zadanym areale wyniosły 11,9 oraz 7,2 €·GJ⁻¹ (47,6 oraz 28,8 zł·GJ⁻¹), odpowiednio dla wierzby i miskanta. Zwłaszcza cena wierzby jest bardzo wysoka w porównaniu z cenami równowagi oszacowanymi w niniejszej pracy. W warunkach polskich odpowiadałyby one łącznej produkcji biomasy z upraw energetycznych odpowiednio na poziomie 10336 tys. oraz 7118 tys. ton biomasy.

Podsumowanie

Ponad 80% gleb odpowiednich dla roślin energetycznych znajduje się w gminach z dominującą produkcją roślinną i wielokierunkową; tam też należy poszukiwać największych potencjalnych możliwości rozwoju upraw energetycznych. W gminach z dominującą produkcją zwierzęcą prawdopodobieństwo produkcji biomasy na dużą skalę jest znikome ze względu na małą dostępność gleb przydatnych dla upraw energetycznych oraz wysokie oszacowane ceny biomasy.

Ślázowiec generuje największe ilości biomasy wśród analizowanych roślin, co związane jest z relatywnie dużą dostępnością gruntów przydatnych dla tej rośliny. Jednak uruchomienie produkcji ślázowca na dużą skalę wymaga wyższych cen biomasy (powyżej 23 zł·GJ⁻¹). Przy niższych cenach biomasy (niższych bądź równych 23 zł·GJ⁻¹) największe znaczenie mają przede wszystkim uprawy miskanta, a także uprawy wierzby na gruntach rolnych oraz wierzby w systemie Eko-Salix, które jednak dostarczają stosunkowo mniejszych ilości biomasy.

Na podstawie krzywych podaży możliwe było określenie poziomu cenowego, odpowiednio 30 zł·GJ⁻¹ dla wierzby i miskanta oraz 40 zł·GJ⁻¹ dla ślázowca i wierzby Eko-Salix, powyżej którego możliwość uruchomienia dalszej produkcji biomasy gwałtownie spada (punkt przegięcia krzywych podaży).

Dla ceny końcowej w zakresie 17–20 zł·GJ⁻¹ loco pole, co odpowiada średnim cenom rynkowym, wyznaczono produkcję biomasy na poziomie 117–950 tys. ton. W rzeczywistości produkcja ta nie jest realizowana ze względu na szereg ograniczeń organizacyjno-politycznych. Aby w warunkach dzisiejszych możliwe było hipotetycznie uruchomienie produkcji biomasy odpowiadającej realizacji celów OZE wyznaczonych na rok 2020 (pokrycie zapotrzebowania na współspalanie), cena biomasy loco pole powinna wynosić co najmniej 26 zł·GJ⁻¹. Jest to poziom cenowy, który powinna być w stanie zaakceptować energetyka zawodowa.

Literatura

1. ARE: Sytuacja finansowa przedsiębiorstw energetyki zawodowej w 2009 r. Dane zagregowane. Warszawa, 2010.
2. Clancy D., Breen J., Butler M., Throne F.: The economic viability of biomass crops versus conventional agricultural systems and its potential impact on farm incomes in Ireland. Paper prepared for 107th EAAE Seminar, 29th January–1st February 2008, Sevilla, Spain 2008.
3. Deriski B.: Wzrost zużycia biomasy. Raport CIRE, 2011. http://www.cire.pl/zielonaenergia/publikacje.html?d_id=52486&d_typ=2
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. Dz.U. L 140 z 5.6.2009, s. 16-62.
5. EEA: Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture. European Environmental Agency. Technical report No 12/2007, Copenhagen, Denmark 2007.
6. Ericsson K., Nilsson L.J.: Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. Biomass Bioenerg., 2006, **30**: 1-15.
7. Faber A., Kuś J., Matyka M.: Uprawa roślin na potrzeby energetyki. Poradnik. W&B Wiesław Drzewiecki. Warszawa 2009.
8. Faber A., Pudełko R., Borek R., Borzęcka-Walker M., Syp A., Krasuska E., Mathiou P.: Economic potential of perennial energy crops in Poland. J. Food Agric. Environ., 2012, **10(3&4)**: 1178-1182.
9. Fischer G., Prieler S., Velthuisen H., Berndes G., Faaij A., Londo M. et al.: Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. Biomass Bioenerg., 2010, **34**: 173-187.
10. Gańko E., Kunikowski G., Wróbel A.: Energy crops potentials inventory results. Deliverable 5.1.3. RENEW: Renewable fuels for advanced powertrains. Project no: SES6-CT-2003-502705, 2007.
11. Jadczyzyn J., Faber A., Zaliwski A.: Wyznaczenie obszarów potencjalnie przydatnych do uprawy wierzby i ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **11**: 55-65.
12. Krasuska E., Kowalski Ł., Wróbel-Tobiszewska A., Hunder-Kukier M.: Sprawozdanie merytoryczne z wykonania zadania VIII.4.2 Analiza socjoekonomiczna wykorzystania BIOB na cele energetyczne. Część I: Oszacowanie potencjału technicznego technologii energetycznego wykorzystania biomasy nadanych w projekcie. Projekt Badawczy Zamawiany nr PBZ-MNiSW – 1/3/2006 pt.: Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych /BiOB/ – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych. Warszawa 2010.
13. Krasuska E., Cadorniga C., Tenorio J.L., Testa G., Danilo S.: Potential land Availability for energy crops production in Europe. Biofuel. Bioprod. Bior., 2010, **4(6)**: 658-673.
14. Krasuska E., Faber A.: Ceny biomasy a opłacalność wieloletnich upraw energetycznych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, **39(13)**: 73-88.
15. Kuś J., Faber A., Madej A.: Przewidywane kierunki zmian w produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2006, **3**: 195-210.

16. Kuś J., Faber A.: Alternatywne kierunki produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, 7: 139-148.
 17. Ministerstwo Gospodarki 2008: Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii. Dz.U. z 28 sierpnia 2008 r., nr 156, poz. 969 z późniejszymi zmianami.
 18. Ministerstwo Gospodarki 2009: Polityka Energetyczna Polski do roku 2030 (wraz z załącznikami). Wersja przyjęta Uchwałą 202/2009 Rady Ministrów z dn. 9 listopada 2009 r. Warszawa.
 19. Ministerstwo Gospodarki 2010: Krajowy Plan Działania w Zakresie Energii ze Źródeł Odnawialnych. Projekt. Warszawa.
 20. Ministerstwo Gospodarki 2012: Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii. Dz.U. z 9 listopada 2012 r., poz. 1229.
 21. Pudełko R., Faber A.: Dobór roślin energetycznych dostosowanych do uprawy w różnych regionach kraju. W: Nowoczesne technologie pozyskania i energetycznego wykorzystania biomasy, P. Bocian, T. Golec, J. Rakowski (red.). Instytut Energetyki. Warszawa 2010, 50-68.
 22. Thran D., Weber W., Scheuermann A., Frohlich N., Zeddies J., Henze A. et al.: Sustainable strategies for biomass use in the European context. IE-report, edition 1/2006, report to the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Institut für Energetik und Umwelt. Leipzig, 2006.
-

Adres do korespondencji:

dr Ewa Krasuska
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 886 34 21 w. 202
e-mail: ekrasuska@iung.pulawy.pl