



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

**Zeszyty Naukowe**  
**Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego**  
**w Warszawie**

**PROBLEMY**  
**ROLNICTWA**  
**ŚWIATOWEGO**

**Tom 12 (XXVII)**

**Zeszyt 1**

**Wydawnictwo SGGW**  
**Warszawa 2012**

**Michał Jasiulewicz<sup>1</sup>**  
**Dorota Agnieszka Janiszewska<sup>2</sup>**  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
Politechnika Koszalińska

## **Potencjał biomasy województwa zachodniopomorskiego w aspekcie wykorzystania do celów energetycznych**

### **The potential of biomass used for energetic purposes in Zachodniopomorskie voivodeship**

**Synopsis.** W artykule przedstawiono potencjał Województwa Zachodniopomorskiego w zakresie pozyskania biomasy z różnych źródeł, takich jak uprawy roślin energetycznych, odpady i ścieki komunalne, odpady drzewne oraz produkty uboczne upraw roślin oraz hodowli zwierząt w rolnictwie. Spośród wszystkich rodzajów biomasy największy udział zarówno w Polsce jak i województwie stanowi biomasa stała. Dokonując porównania aktualnego pozyskania biomasy w Polsce z ogólnym potencjałem energetycznym regionu wykazano, iż Pomorze Zachodnie ma największe szanse na wytwarzanie znacznych ilości biogazu z biomasy pochodzenia rolniczego. Obecne efekty trudno uznać za zadowalające, ponieważ dotychczas w województwie działają 3 biogazownie rolnicze, jednak inwestując w odpowiednią infrastrukturę oraz technologię województwo zachodniopomorskie może stać się liderem w produkcji energii pochodzącej z biogazu.

**Słowa kluczowe:** województwo zachodniopomorskie, biomasa, potencjał energetyczny, biopaliwa stałe, biopaliwa gazowe.

**Abstract.** The article presents the potential of Zachodniopomorskie voivodeship in the field of acquiring biomass from various sources like energetic plants, municipal wastes, wood wastes and by-products of agricultural plant and animal production. Among all biomass types, the solid biomass has the largest share both in Poland and in the voivodeship itself. When comparing the current yield of biomass in Poland and the theoretical energy potential in the region, it has been shown that Western Pomerania possesses the best chances for producing vast amounts of biogas out of agriculturally originating biomass. Unfortunately, current effects are unsatisfactory due to the fact that there are only three biogas facilities working in the voivodeship. However, through investments into appropriate infrastructure and technology Zachodniopomorskie voivodeship could become the leader in production of energy originating from biomass.

**Key words:** Zachodniopomorskie voivodeship, biomass, energy potential, solid biofuels, bioliquids, biogas.

## **Wstęp**

Jednym z bardzo ważnych procesów globalnych jest postępujący od kilku dziesięcioleci proces zmian klimatycznych określany jako „efekt cieplarniany”. Największy wpływ na postępujący proces gwałtownych zmian klimatycznych przypisuje się wysokiej emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza CO<sub>2</sub>. Dotychczasowe działania wielu światowych

---

<sup>1</sup> Dr hab., prof. nadzw. Politechniki Koszalińskiej, e-mail: [michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl](mailto:michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl)

<sup>2</sup> Lic., e-mail: [dorota.janiszevska@wp.pl](mailto:dorota.janiszevska@wp.pl)

porozumień kongresów (Rio de Janeiro 1992, Kioto 1997, Doha 2011 i wiele innych) są mało skuteczne. Najbardziej rygorystycznie do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> podchodzi UE, opracowując tzw. pakiet 3x20, co przekłada się na konkretne ograniczenia dla każdego z krajów członkowskich do 2020 r. Niestety, nie dość radykalnie włączają się najwięksi emitenci CO<sub>2</sub>, tj. Chiny, Indie, USA, Rosja, jednakże skuteczne wdrażanie pakietu w UE może stanowić dobry przykład do naśladowania przez inne kraje świata.

Zgodnie z „Polityką Energetyczną Polski do 2030 roku” [Polityka... 2009] wspierane będzie zrównoważone wykorzystanie poszczególnych rodzajów energii ze źródeł odnawialnych. W zakresie biomasy szczególnie preferowane będą rozwiązania najbardziej efektywne energetycznie, m. in. z zastosowaniem różnych technik jej zagazowywania i przetwarzania na paliwa ciekłe. Niezwykle istotne będzie wykorzystanie biogazu pochodzącego z wysypisk śmieci, oczyszczalni ścieków oraz innych odpadów. Skutkiem tych działań będzie zrównoważony rozwój OZE (Odnawialne Źródła Energii), w tym biopaliw, bez negatywnych oddziaływań na rolnictwo, gospodarkę leśną, sektor żywnościowy oraz różnorodność biologiczną. Pozytywnym efektem rozwoju OZE będzie ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego dzięki zwiększeniu dywersyfikacji źródeł energii [Polityka... 2009].

Według Dyrektywy 2009/28/WE Unii Europejskiej [Dyrektywa... 2009] biomasa oznacza ulegającą biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi), leśnictwa i związanych działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, a także ulegającą biodegradacji część odpadów przemysłowych i miejskich.

Zgodnie z tą dyrektywą każdy kraj członkowski UE powinien uzyskać udział energii odnawialnej w krańcowym zużyciu energii brutto w 2020 r. przynajmniej na poziomie określonym przez tę dyrektywę. Dla Polski cel ten został ustalony na poziomie 15%. Ponadto każdy kraj wspólnoty powinien uzyskać 10% udziału paliw ze źródeł odnawialnych w paliwie we wszystkich rodzajach transportu w 2020 roku. Cele te są zgodne z celem zakładającym 20% udział energii ze źródeł odnawialnych w krańcowym zużyciu energii brutto we Wspólnocie w 2020 roku.

Oszacowanie potencjału biomasy przeznaczonej na cele energetyczne nie jest rzeczą prostą, ze względu na zmienne czynniki, takie jak na przykład zmienność plonów uzależniona od warunków pogodowych, czy też zmiana decyzji przez rolnika w zakresie wyborów dotyczących przyszłych upraw czy hodowli. Dlatego ocena potencjału biomasy w większości przypadków opiera się na założeniach dotyczących wymaganego poziomu produkcji energii odnawialnej z tego surowca, wynikających z krajowych lub międzynarodowych aktów prawnych, a nie na szacunku teoretycznych możliwości. Szacowanie potencjału biomasy powinno być poparte dokładną analizą powierzchni i struktury użytków rolnych, warunków klimatyczno-glebowych, struktury zasiewów, osiągalnych plonów, zapotrzebowania na surowce rolnicze na cele żywnościowe i paszowe, a także wielkości pogłowia zwierząt.

## **Potencjał biopaliw stałych**

Określenie potencjału biomasy stałej jest sprawą skomplikowaną, wynika to przede wszystkim z braku odpowiednich danych umożliwiających pełną oraz dokładną ocenę.

Duży potencjał biomasy stałej stanowi drewno odpadowe z lasów, odpady z przemysłu drzewnego, odpady drewniane poużytkowe, drewno z sadów oraz drewno z pielęgnacji i wycinek drzew przydrożnych.

Na terenie województwa zachodniopomorskiego zgodnie z danymi GUS [Rolnictwo... 2011] znajduje się 804 726 ha lasów, z których corocznie pozyskuje się 3 936 377 m<sup>3</sup> drewna. Z tego można uzyskać ok. 629 813 m<sup>3</sup> odpadów drzewnych.

Odpady drewna przemysłowego pozyskiwane są głównie z zakładów zajmujących się obróbką drewna, zakładów przemysłu meblarskiego, przemysłu papierniczego i celulozowego. Znaczny potencjał stanowią odpady z tartaków w postaci trocin, kory i zrębek. W praktyce wielkości te są trudne do oszacowania i w większości wykorzystywane są do produkcji pelet i płyt.

W 2007 roku potencjał odpadów drzewnych przemysłu wynosił w województwie zachodniopomorskim 2 767 TJ z tartaków, 1 636 TJ z przemysłu płytowego oraz 544 TJ z przemysłu meblowego co łącznie wynosiło 4 947 TJ rocznie, czyli 1 374 166 MWh [Jasiulewicz 2010].

Biomasę stałą można także pozyskać z corocznych przycinek i karczowania sadów. Możliwa do pozyskania w ten sposób ilość drewna waha się od 4 do 12 t/ha. Masę odpadów drzewnych można określić wg wzoru [Jasiulewicz 2010]:

$$Z_{og} = 0,35 \times A \text{ (m}^3\text{)} \quad (1)$$

Gdzie:  $Z_{og}$  – odpady z sadów;  $A$  – zasoby (ha)

Przy obecnej powierzchni sadów w województwie wynoszącej 24,7 tys. ha można uzyskać 8 645 m<sup>3</sup> biomasy, czyli 63,1 TJ rocznie (17 527,8 MWh energii).

Dla zapewnienia bezpieczeństwa na drogach konieczna jest pielęgnacja przydrożnych drzew. Ilość zebranego w ten sposób drewna kształtuje się na poziomie ok. 1 t/km/rok świeżej masy. Dla obliczenia masy odpadów drzewnych z zadrzewień przydrożnych przyjęto [Jasiulewicz 2010]:

$$Z_{dr} = 1,5 \times L \times 30\% \text{ (m}^3\text{)} \quad (2)$$

$$E = Z_{dr} \times 8 \times 60\% \text{ (GJ)} \quad (3)$$

Gdzie:  $L$  – długość dróg bitych w km;  $Z_{dr}$  – odpady drewna z przydrożnych zadrzewień,

$E$  – potencjał energetyczny.

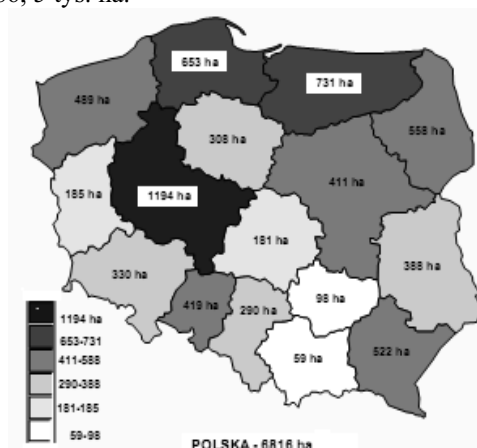
Według danych GUS [Rolnictwo... 2011] w 2010 roku długość dróg publicznych w województwie wynosiła 18 918,2 km. Wykorzystując podaną formułę szacuje się, iż z pielęgnacji dróg można otrzymać 8 513,2 m<sup>3</sup> drewna, czyli 40,9 TJ (17 250 MWh energii) rocznie.

Głównym źródłem biopaliw stałych są rośliny energetyczne. Mogą to być zarówno rośliny jednoroczne jak i wieloletnie. Do roślin, które w Województwie Zachodniopomorskim mogą odgrywać ważną rolę należą: wierzba energetyczna (*Salix viminalis*), topola, robinia, ślazier pensylwański, topinambur oraz trawy zwłaszcza z rodzaju *Miscanthus*.

Ważnym argumentem przemawiającym za propagowaniem uprawy wierzby energetycznej jest fakt, że w ten sposób można zagospodarować powierzchnie ziemi odłogowanej oraz powierzchnie o niekorzystnej strukturze zagospodarowania.

Według Głównego Urzędu Statystycznego [Rolnictwo... 2011] w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku było około 31,8 tys. ha odłogów, co stanowi około 2,6% gruntów ornych. Do tego należy dodać obszary o niskiej wydajności, które stanowią około 75% użytków rolnych województwa zachodniopomorskiego, co stanowi około 551,7 tys. ha. Ponadto w województwie znajduje się 2,9 tys. ha gruntów zdegradowanych oraz

zdeprawianych [Ochrona... 2009]. Jak można łatwo policzyć, łączna powierzchnia tego typu gruntów to ponad 586, 5 tys. ha.



Rys. 1. Powierzchnia trwałych plantacji roślin energetycznych w 2007 roku

Fig. 1. Acreage of energetic plants permanent plantations in 2007

Źródło: [Prawne...2008].

Według deklaracji w 2007 roku powierzchnia upraw energetycznych w województwie zachodniopomorskim wynosiła 49 847 ha, co stanowiło 5,1% powierzchni wszystkich upraw w Polsce [Prawne.... 2008]. Województwo pod tym względem zajmowało pierwszą lokatę. Jednak tylko 1% upraw roślin energetycznych stanowią plantacje trwałe (489 ha).

W województwie zachodniopomorskim znajdują się 33 plantacje trwałe w tym najwięcej, bo aż 26, wierzby energetycznej i po 2 miskanta olbrzymiego, topoli, ślazuwca pensylwańskiego oraz 1 rdesta sachalińskiego. Średnia powierzchnia jednej plantacji wierzby wynosi ok. 17,9 ha [Prawne...2008].

Jak wynika z tabeli 1 województwo zachodniopomorskie wraz z mazowieckim należy do regionów notujących najwyższą powierzchnię upraw roślin energetycznych. Na Pomorzu Zachodnim znajduje się 1 678,27 ha upraw tych roślin. W tym największą powierzchnię stanowią plantacje traw wieloletnich (985,42 ha) oraz wierzby energetycznej (488 ha). Z upraw roślin energetycznych można uzyskać około 550 TJ rocznie.

## Potencjał biomasy stałej z odpadów, produktów ubocznych, niewykorzystanych pozostałości w rolnictwie

Udział rolnictwa w wytwarzaniu surowców na cele energetyczne wiąże się z zagospodarowaniem m. in. wszelkich organicznych odpadów i surowców z produkcji roślinnej i zwierzęcej, zasobów ziemi rolniczej (odłogi i ugory) oraz nadmiaru zasobów siły roboczej na wsi [Jasiulewicz 2010].

Za niewykorzystany potencjał energetyczny uważa się również potencjał słomy zbóż oraz rzepaku. Zasiwy zbóż w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku wynosiły 425 856 ha co stanowi 64,3% ogólnej powierzchni zasiewów [Rolnictwo... 2011]. Stanowią one niewątpliwie najważniejszy rodzaj upraw roślinnych, dostarczających słomę.

Tabela 1. Zestawienie powierzchni upraw wieloletnich roślin energetycznych w województwach w 2009 roku, ha

Table 1. Summary of the acreage of perennial energetic plants plantations in Poland, by voivodeship, in 2009, hectare

Województwo	Rodzaj wieloletnich roślin energetycznych							
	wierzba	miskant	ślazieriec	trawy wieloletnie	mozga trzciniowata	topola	brzoza	olszyna Razem
Dolnośląskie	599,97	11,03					0,30	0,43 611,73
Kujawsko - Pomorskie	197,99		1,30	281,63		0,50		481,42
Lubelskie	30565	10,75	3,42		14,69	5,01		339,52
Lubuskie	409,42			0,90				1,04 411,36
Łódzkie	210,92	1,59					3,29	1,31 215,80
Małopolskie	61,83	9,48						72,62
Mazowieckie	762,44	1200,04	36,13			0,23	0,30	1993,14
Opolskie	226,50	7,51	1,00	28,65	19,11	2,02	1,60	286,39
Podkarpackie	651,63	42,13	12,68			45,24		751,68
Podlaskie	156,52		3,83			4,01	1,70	166,06
Pomorskie	394,43	17,37	0,20			487,76	3,65	903,35
Śląskie	258,91	2,85	39,24	17,17		0,71		318,88
Świętokrzyskie	98,64		0,50	28,49			0,20	0,22 128,05
Warmińsko - Mazurskie	571,03	382,09	26,70		8,31	5,61		993,74
Wielkopolskie	765,57	31,74		21,89	10,50	13,09	4,50	2,93 850,22
Zachodniopomorskie	488,97	116,22	2,60	985,42		83,79	1,27	1678,27
Polska	6160,42	1832,80	121,60	1364,15	52,61	647,91	16,81	5,93 10202,23

Źródło:[Grzybek 2011]

Tabela 2. Zbiory zbóż i słomy w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku według głównych gatunków

Table 2. Grain and straw crop in Zachodniopomorskie voivodeship by corn species, in 2010

Rodzaj zboża	Zbiory ziarna zbóż, t/rok	Relacja ziarno : słoma	Zbiory słomy	
			t/rok	udział, %
pszenica	908 209,5	1 : 0,80	726 567,60	42,7
żyto	233 486,8	1 : 1,40	326 881,52	19,2
jęczmień	257 660,6	1 : 0,90	231 894,54	13,6
pszenżyto	238 657,1	1 : 0,80	190 925,68	11,2
owies	133 713,7	1 : 1,05	140 399,39	8,3
kukurydza	24 733,7	1 : 1,50	37 100,55	2,2
mieszanki zbożowe	48 527,8	1 : 0,95	46 101,41	2,7
razem	1 844 989,2		1 699 870,68	100,0

Źródło: [Rolnictwo... 2011], obliczenia własne.

Ilość słomy pochodzącej z produkcji zbóż można obliczyć na podstawie przeciętnego plonu ziarna i średniej relacji ziarno : słoma, który wynosi od 80% dla pszenicy do 150% dla kukurydzy. Pod uwagę należy wziąć również ilość biomasy, jaka pozostaje na polu w postaci ścierniska. Wielkość zbiorów oraz potencjalną ilość słomy przedstawia tabela 2. Dla użytku gleb należy pozostawić pewną ilość słomy na polu. Jej ilość zależy od wielu

czynników, takich jak warunki klimatyczne, rodzaj gleby, stosowany płodozmian, ilość i rodzaj stosowanych nawozów organicznych [Jasiulewicz 2010].

Potencjał słomy rzepaku jest nieco trudniejszy w ocenie ze względu na trudności związane ze zbiorem. Inne rośliny dostarczające słomę, takie jak na przykład rośliny strączkowe, stanowią niewielki udział w zasiewach. Dlatego też nie są brane pod uwagę.

Podstawowym warunkiem poprawnego gospodarowania jest utrzymanie dodatniego lub co najmniej zrównoważonego bilansu glebowej substancji organicznej (próchnicy). Podstawowe jego składniki można przedstawić w regionalnym bilansie próchnicy [Kuś i in. 2006]. Rośliny okopowe i kukurydza silnie zubażają glebę, natomiast motylkowe wieloletnie i ich mieszanki z trawami wzbogacają ją w materię organiczną. W przypadku zbóż i rzepaku w okresie roku ulega degradacji około 0,5 t ha<sup>-1</sup> próchnicy. W warunkach kombajnowego zbioru tych roślin oraz pozostawienia wysokiej ścierni wartość tego współczynnika może być przekroczona, jednak jego przyjęcie gwarantuje, że faktyczny bilans glebowej substancji organicznej jest korzystniejszy niż wynika to z przeprowadzonych obliczeń [Prawne... 2008]. Jeżeli wynik bilansowy jest dodatni, to nie jest konieczne pozostawienie na polu części słomy do utrzymania prawidłowego poziomu próchnicy i można całość zebranej słomy przeznaczyć na inne cele. Jeżeli bilans jest ujemny, to należy, w zależności od poziomu salda, pozostawić odpowiednią ilość słomy na polach [Jasiulewicz 2010].

Tabela 3. Normatywy rocznego zapotrzebowania słomy na paszę i ściółkę oraz do produkcji obornika, t/rok

Table 3. Standards of annual straw demand for litter, forage and manure production, t/year

Rodzaj zwierząt	Pasze (p <sub>i</sub> )	Ściółka (s <sub>i</sub> )	Obornik (o <sub>i</sub> ) sucha masa
Bydło:			
krowy	1,2	1,0	2,5
pozostałe	0,8	0,5	1,5
Trzoda chlewna:			
lochy	-	0,5	0,625
pozostałe	-	0,2	0,4
Owce	0,2	0,2	0,25
Konie	0,8	1,0	2,0

Źródło: [Majewski i in. 1983; Kozakiewicz, Nieściół 1984].

Województwo zachodniopomorskie dysponuje 1 669 871 tonami słomy rocznie. Tabela 3 pokazuje normy rocznego zapotrzebowania słomy na cele ściółkowe oraz paszowe.

Tabela 4. Pogłowie zwierząt oraz zapotrzebowanie na słomę na cele paszowe i ściółkowe w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku

Table 4. Livestock population and the demand for straw as litter and forage in Zachodniopomorskie voivodeship in 2010

Rodzaj zwierząt	Pogłowie zwierząt	Potrzeby paszowe	Potrzeby ściółkowe
bydło	91 243	91 243,0	136 864,50
trzoda chlewna	346 860	0	177 765,75
owce	5 552	1 110,4	1 388,00
konie	6 202	4 961,6	12 404,00
suma	449 857	97 315,0	328 422,25

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [Rolnictwo... 2011].

Na podstawie liczby zwierząt oraz wskaźników zapotrzebowania na słomę szacuje się, iż na cele ściółkowe oraz paszowe potrzeba w województwie zachodniopomorskim 425 737,25 ton słomy (tab. 4). Z porównania ilości możliwej do pozyskania słomy z zapotrzebowaniem na nią wynika, że można uzyskać 1 244 133,75 ton nadwyżki słomy, z której można osiągnąć potencjał energetyczny na poziomie 12 939 TJ rocznie.

Na cele energetyczne może być również wykorzystywane siano z trwałych użytków zielonych. Do potencjału nie wliczono pastwisk, ponieważ biomasa z tych obszarów jest trudna do pozyskania. Wiedząc, że w województwie zachodniopomorskim znajduje się 117,5 tys. ha łąk i przy założeniu możliwości energetycznego wykorzystania 20% surowca oraz średniego plonu na poziomie 4,5 t s.m./ha [Prawne... 2008], ilość siana na cele energetyczne wynosi 105,7 tys. t rocznie. Przyjmując uzysk metanu na poziomie 417,9 m<sup>3</sup> z 1 t s. m. o [Sobótka 2012] i wartość energetyczną 23 MJ/m<sup>3</sup> potencjał energetyczny oszacować można na poziomie 892,3 TJ/rok.

## Potencjał biogazu

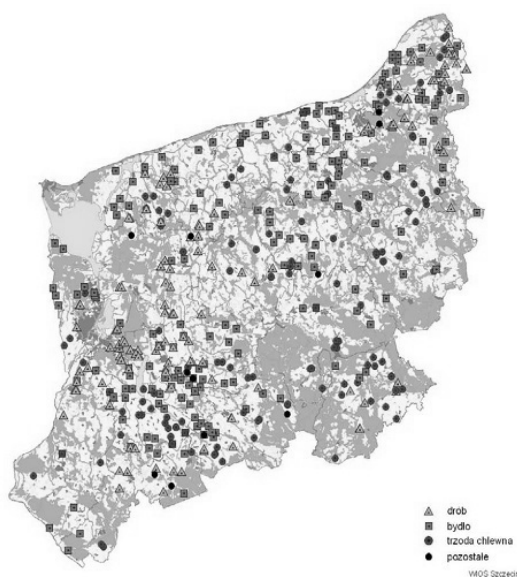
Rozwój OZE, w tym biogazowi, jest jednym z głównych celów wyznaczanych przez politykę energetyczną Polski (PEP), taki kierunek uzasadnia się m.in. zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego, podniesieniem efektywności energetycznej oraz dywersyfikacją źródeł dostaw energii [Polityka... 2009].

Najczęściej stosowanymi substratami do produkcji biogazu rolniczego są nawozy naturalne, a wśród nich gnojowica oraz obornik. Biogazownie rolnicze, które działają w oparciu o odchody zwierzęce, umożliwiają uzysk biogazu wynoszący od 1 do 2 m<sup>3</sup> biogazu od 1 krowy na dzień oraz od 0,2 do 0,3 m<sup>3</sup> biogazu od 1 świni na dzień i od 0,8 do 1,4 m<sup>3</sup> biogazu od 100 sztuk drobiu na dzień. Potencjał energetyczny produkcji biogazu z odpadów zwierzęcych zwykle określa się przy wyborze lokalizacji na podstawie standardowych wskaźników dla planowanej mocy. Dla biogazowni o mocy 1 MW, pracującej w oparciu o wykorzystanie wyłącznie odpadów i odchodów zwierzęcych, minimum obsady bydła powinno wynosić 8 486 sztuk, trzody 62 542 sztuk i 165 253 sztuk drobiu. Ze względu na bardzo małą liczbę takich ferm surowce pochodzenia zwierzęcego uzupełniane są substratami roślinnymi lub innymi wysokoenergetycznymi rodzajami biomasy [Gostomczyk 2010].

Na rysunku 2 przedstawiono lokalizację ferm hodowli bydła, trzody chlewnej oraz drobiu. Największą grupę stanowią fermi bydła (39%), fermi drobiu (27%) oraz trzody chlewnej (26%). Największą liczbę gospodarstw z obsadą powyżej 40 DJP zlokalizowano w powiatach stargardzkim (91 ferm) i sławieńskim (84), koszalińskim (62) i pyrzyckim (44). W pozostałych powiatach średnia liczba takich gospodarstw wynosi 20 do 30. W 162 obiektach stwierdzono obsadę powyżej 210 DJP. Duże fermi zlokalizowane są głównie w powiatach stargardzkim (29), choszczeńskim (16), goleniowskim (15) i kamieńskim (14) [Rzepa 2010].

Jak ukazuje tabela 5 najwięcej biogazu oraz energii elektrycznej można uzyskać wykorzystując odchody bydła. Łączny potencjał energetyczny nawozów naturalnych kształtuje się na poziomie 1 824,7 TJ rocznie. Na bazie przyjętych założeń i dokonanych obliczeń dotyczących instalacji 1MW<sub>e</sub> biogazowni można stwierdzić, iż województwo zachodniopomorskie dysponuje wystarczającym potencjałem, aby takie instalacje mogły powstawać. Jednak instalację takiej mocy wymagają znacznych ilości surowca, dlatego

aktualnie istnieje poparcie wielu środowisk dla stymulacji rozwoju mniejszych instalacji, o charakterze rolniczym, o niewielkiej mocy 50 do 100 kW<sub>e</sub>, które mogłyby powstać w większości gmin posiadających odpowiednią ilość odpadów z produkcji rolnej. Zapotrzebowanie surowcowe dla instalacji o takiej mocy wynosi około 2 000 do 4000 t gnojowicy (90 do 180 SD) oraz 735 do 1470 ton kiszonki (15 do 30 ha upraw kukurydzy) [Ciużyński 2010]. Takie działania mogłyby doprowadzić do realizacji celu wybudowania około 2 000 biogazowni w Polsce do 2020 roku [Kierunki... 2010].



Rys. 2. Lokalizacja ferm chowu zwierząt o obsadzie powyżej 40 DJP w województwie zachodniopomorskim

Fig. 2. The location of animal husbandry farms keeping above 40 DJP in Zachodniopomorskie voivodeship

Źródło: [Rzepa 2010].

Tabela 5. Pogłowie zwierząt gospodarskich oraz produkcja biogazu i energii w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku

Table 5. Livestock population and the production of biogas and energy in Zachodniopomorskie voivodeship in 2010

Rodzaj zwierząt	Liczba zwierząt, szt.	Liczba zwierząt, SD	Biogaz, m <sup>3</sup> /rok	Produkcja energii, MWh/rok
Bydło	91 243	72 994	136 865	204 262,6
trzoda chlewna	346 860	69 372	86 715	129 417,3
Drób	6 188 671	24 755	68 075	173 179,6

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS [Rolnictwo... 2011].

Potencjał techniczny oczyszczalni ścieków do celów energetycznych jest dość wysoki. Z 1 m<sup>3</sup> osadu (4 - 5% suchej masy) można uzyskać od 10 do 20 m<sup>3</sup> biogazu o zawartości około 60% metanu. Najlepiej dostosowane do bezpośredniej produkcji biogazu są oczyszczalnie biologiczne, które występują we wszystkich oczyszczalniach ścieków komunalnych oraz w części oczyszczalni przemysłowych. Ze względu na wysokie

zapotrzebowanie oczyszczalni ścieków na energię elektryczną i ciepłą energetyczne wykorzystanie biogazu z fermentacji osadów ściekowych może dać szansę na poprawę rentowności usług komunalnych. Opłacalność pozyskiwania biogazu ze ścieków możliwa jest tylko w większych oczyszczalniach ścieków, które przyjmują średnio ponad 8 000 - 10 000 m<sup>3</sup>/dobę.

Według danych GUS w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku zostało oczyszczonych 72 613 000 m<sup>3</sup> ścieków, czyli około 201 702 m<sup>3</sup> na dobę, co w sumie stwarza możliwość wyprodukowania 127 799 MWh energii elektrycznej rocznie (460 TJ/rok). Przy założeniu opłacalności budowy biogazowni przy oczyszczeniu 8 000 - 10 000 m<sup>3</sup>/dobę, także w tym względzie województwo zachodniopomorskie dysponuje odpowiednim potencjałem. Potencjalne instalacje będą mogły powstawać przede wszystkim wokół większych miast regionu, gdyż właśnie w miastach powstaje najwięcej substratów do tego typu instalacji.

W województwie zachodniopomorskim ważne, jest także odzyskiwanie biogazu pochodzącego ze składowisk odpadów. W województwie znajduje się 41 składowisk. Z tej liczby 22 posiadają instalację odgazowywania, przy czym w 17 z nich gaz uchodzi do atmosfery. Unieszkodliwianie gazu z odzyskaniem energii elektrycznej odbywa się na 5 składowiskach (Sianów, Sierakowo, Szczecin Klucz, Świnoujście Przytór, Ognica, Smołęcín w gminie Kołbaskowo, Szczecinek, Trzesieka i Łęczycza). W ten sposób produkcja energii elektrycznej osiąga blisko 6 500 MWh (23,4 TJ/rok) [Plan... 2009].

Według danych GUS w 2010 roku w regionie zebrano 480 820,5 ton odpadów komunalnych, a z takiej ilości można uzyskać 96 164 114 m<sup>3</sup> biogazu, z którego można wyprodukować 453 948 MWh energii elektrycznej rocznie (1 634,2 TJ/rok). Potencjalne instalacje mogą zostać zlokalizowane przy składowiskach odpadów, w większości wypadków na terenach bezpośrednio sąsiadujących z największymi miastami w województwie.

Bardzo cennym oraz wysokoenergetycznym substratem do produkcji biogazu są odpady poubojowe. Na podstawie skupu żywca oraz wskaźników odpadów z 1 tony żywca szacuje się, iż pozostałości poubojowe stanowią w województwie 42 150,1 ton/rocznie. Z jednej tony surowca można średnio uzyskać około 500 m<sup>3</sup> biogazu. Przyjmując wartość energetyczną 1 m<sup>3</sup> biogazu na poziomie 21,6 MJ [Jasiulewicz 2010] możliwy potencjał do pozyskania z odpadów poubojowych kształtuje się na poziomie 455,2 TJ rocznie.

Tabela 6. Szacunek ilości pozostałości poubojowych w województwie zachodniopomorskim w 2010 r., t/rok

Table 6. Estimated quantity of abattoir by-products in Zachodniopomorskie voivodeship in 2010, tonne/year.

Rodzaj zwierząt	Skup żywca	Pozostałości poubojowe
Bydło (0,4)	10 005,0	4 002,0
Cielęta (0,3)	175,0	52,5
Trzoda chlewna (0,2)	70 734,0	14 146,8
Drób (0,2)	119 744,0	23 948,8
suma	200 658,0	42 150,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie GUS [Rolnictwo... 2011].

Brak danych na temat odpadów z przemysłu rolno-spożywczego, tj. przemysłu browarniczego, cukrowego, gorzelnianego, owocowo-warzywnego, gorzelniczego itp. uniemożliwił uwzględnienie ich w szacunku potencjału biogazu.

## Zakończenie

Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych w województwie zachodniopomorskim jest uzasadnione z wielu względów. Obszar posiada korzystne warunki i klimat dla uprawy roślin wykorzystywanych do produkcji energii. Województwo posiada korzystną strukturę wielkościową gospodarstw rolnych (średnio 30 ha), umożliwiającą koncentrację upraw zarówno wieloletnich roślin energetycznych jak i upraw kukurydzy, wykorzystywanych w produkcji energii. W regionie występują nadwyżki produkcyjne w rolnictwie oraz niewykorzystane w pełni użytki rolne, które mogą być wykorzystywane do produkcji biogazu rolniczego. Obszar dysponuje wystarczającym potencjałem surowcowym do rozwoju inwestycji biogazowych zarówno z odpadów pochodzenia zwierzęcego jak i komunalnego. Wykorzystanie tych surowców jest szczególnie ważne ze względu na ochronę środowiska i ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>.

Zarówno w UE jak i w Polsce z roku na rok notuje się wzrost udziału energii odnawialnej w pozyskaniu energii ogółem. Spośród wszystkich rodzajów biomasy, zarówno w Polsce, jak i w województwie zachodniopomorskim, największy udział stanowi biomasa stała. Jednak uwagę należałoby zwrócić na rosnący udział biogazu. Polska spośród członków UE może stać się liderem w produkcji biogazu z substratów rolniczych.

Tabela 7. Zestawienie pozyskiwanej energii z biomasy w Polsce i ogólny potencjał energetyczny biomasy w województwie zachodniopomorskim w TJ/rok

Table 7. Summary of the energy acquired out of biomass in Poland and theoretical biomass energy potential in Zachodniopomorskie voivodeship, TJ/year

Rodzaj odnawialnego źródła energii	Pozyskanie energii z biomasy w Polsce	Ogólny potencjał energetyczny biomasy w województwie zachodniopomorskim
Biomasa stała	245 543,0	18 541,8
Biogaz w tym:	4 797,0	5 289,8
z wysypisk odpadów	1 811,0	1 657,6
ze ścieków	2 652,0	460,0
pozostałych źródeł	334,0	3 172,2
Razem	250 463,0	23 831,6

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem publikacji GUS [Energia... 2011].

Województwo zachodniopomorskie dysponuje dużym potencjałem w zakresie biogazu głównie pochodzącego z nawozów naturalnych. Jak wskazuje zestawienie w tabeli 7, potencjał biogazu w województwie przekracza ilość aktualnie pozyskiwanego biogazu w Polsce. Aktualne wykorzystanie biogazu na Pomorzu Zachodnim jest niezadawalające ze względu na to, iż w regionie działają obecnie tylko 3 biogazownie rolnicze. Inwestując w odpowiednią infrastrukturę region może stać się energetycznie samowystarczalny oraz przyczynić się do spełnienia obowiązku nałożonego na Polskę przez dyrektywę UE.

## Literatura

- Ciużyński L. [2010]: Oplacalność biogazowni rolniczej w warunkach polskich. DGA Energia Sp. z o.o., Poznań.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. [2009]. Dz.U. UE L 140 [Tryb dostępu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pl:PDF>. [Data odczytu: marzec 2012].
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2010 r. [2011]. GUS, Warszawa.

- Gostomczyk W. [2010]: Surowce do produkcji biogazu i efektywność ich wykorzystania. [W:] Regionalny i lokalny potencjał biomasy energetycznej. M. Jasiulewicz (red.). Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, s.119.
- Grzybek A. [2011]: Sprawozdanie merytoryczne z wykonania projektu pt.: Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. Instytut Przyrodniczo-Technologiczny, Warszawa.
- Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2010-2020. [2010]. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.
- Kozakiewicz J., Nieściół E. [1984]: Słoma i sposoby jej użytkowania w gospodarstwach rolniczych., IUNG, Puławy.
- Kuś J., Madej A., Kopiński J., [2006]: Bilans słomy w ujęciu regionalnym. Raporty IUNG-PIB, nr 3, Puławy, ss. 218.
- Jasiulewicz M. [2009]: Energetyczne wykorzystanie biomasy w działalności gospodarczej. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, ss. 205.
- Jasiulewicz M. [2010]: Potencjał biomasy w Polsce. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, ss. 86-87.
- Majewski E., Wojtkiewicz M., Zabrzewska W. [1983]: Ćwiczenia z organizacji i ekonomiki gospodarstw rolniczych – zbiór danych liczbowych. Wydawnictwo SGGW – AR, Warszawa.
- Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. [2011]. A. Grzybek (red.). Instytut Przyrodniczo-Technologiczny, Warszawa.
- Ochrona środowiska 2009. [2009]. GUS, Warszawa.
- Plan gospodarki odpadami dla województwa zachodniopomorskiego na lata 2009-2012 z uwzględnieniem perspektywy 2013-2018. [2009]. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Szczecin.
- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. [2009] Ministerstwo Gospodarki, Warszawa.
- Prawne, technologiczne, środowiskowe i ekonomiczne uwarunkowania rozwoju produkcji odnawialnych źródeł energii w Polsce opartych na biomase pochodzenia rolniczego. [2008]. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa , ss.104.
- Rolnictwo w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku. [2011]. GUS, Szczecin.
- Rzepa J. [2010]: Potencjalne zasoby i możliwości wykorzystania energetycznego biomasy do produkcji biogazu rolniczego w województwie zachodniopomorskim. [W:] Regionalny i lokalny potencjał biomasy energetycznej. M. Jasiulewicz (red.). Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin.
- Sobótka K. [2012]: Biogaz rolniczy – produkcja i wykorzystanie. [Tryb dostępu:] [www.mae.mazovia.pl](http://www.mae.mazovia.pl). [Data odczytu: marzec 2012].