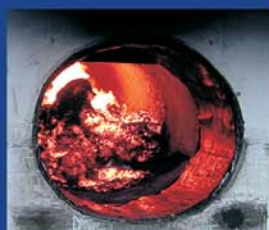


Projekt współfinansowany przez  
**UNIĘ EUROPEJSKĄ**



## **PRAKTYCZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII**

### **PLAN ENERGETYCZNY WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO**



Projekt realizowany przez  
Podlaską Fundację Rozwoju Regionalnego

**Białystok 2006**

**Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii**  
**Plan energetyczny województwa podlaskiego**



# **Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii**

## **Plan energetyczny województwa podlaskiego**



## WYDAWCA:

**Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego**  
**Podlaska Agencja Zarządzania Energią**  
ul. Starobojarska 15, 15-073 Białystok  
tel. (085) 740 86 83, fax (085) 740 86 85  
e-mail: paze@pfr.bialystok.pl, pfr@pfr.bialystok.pl  
www.paze.pl  
www.pfr.bialystok.pl

## PRAKTYCZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

### AUTORZY ARTYKUŁÓW:

**Rafał Bal**  
**Jacek Bieranowski**  
**Janusz Budny**  
**Anna Edyta Gutowska**  
**Maciej Neugebauer**  
**Stanisław Paniczko**  
**Janusz Piechocki**  
**Stefan Szczukowski**  
**Piotr Szutkiewicz**  
**Józef Tworowski**  
**Andrzej Stanisław Zaman**

## PLAN ENERGETYCZNY WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

### AUTORZY:

**Barbara Smolińska**  
**Małgorzata Smuczyńska**  
**Bartosz Kulikowski**  
**Piotr Szutkiewicz**  
Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego  
Podlaska Agencja Zarządzania Energią

**Janusz Piechocki**  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Wydział Nauk Technicznych  
Katedra Elektrotechniki i Energetyki

*Niniejszy dokument został opublikowany dzięki pomocy finansowej Unii Europejskiej i Budżetu Państwa. Za treść tego dokumentu odpowiada Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego, poglądy w nim wyrażone nie odzwierciedlają w żadnym razie oficjalnego stanowiska Unii Europejskiej. Projekt nr PL2003/004-379.01.01.03/os/56/33 „Czyste Podlasie – partnerstwo na rzecz ochrony środowiska”.*

**Copyright by PODLASKA FUNDACJA ROZWOJU REGIONALNEGO, 2006**

ISBN 83-89984-02-4

Redakcja: Janina Demianowicz  
Skład: Małgorzata Gołko

Druk: MKJ Druk Drukarnia s.c.

# SPIS TREŚCI

## Część 1

### PRAKTYCZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

1. Jeśli nie węgiel, to... co? Kilka słów na temat rozwoju odnawialnych źródeł energii na terenie województwa podlaskiego <i>Piotr Szutkiewicz</i> .....	9
2. Odnawialne źródła energii i możliwości ich praktycznego wykorzystania <i>Rafał Bał, Janusz Piechocki</i> .....	13
3. Zmiany w produkcji i wykorzystaniu biomasy w Polsce <i>Stefan Szczukowski, Józef Tworkowski</i> .....	25
4. Rośliny energetyczne przydatne do uprawy na terenie województwa podlaskiego <i>Andrzej Stanisław Zaman</i> .....	29
5. Biomasa – rośliny energetyczne <i>Anna Edyta Gutowska</i> .....	31
6. Uprawa wierzby energetycznej <i>Józef Tworkowski, Stefan Szczukowski</i> .....	35
7. Energetyczna i ekologiczna ocena biomasy drzewnej na tle paliw konwencjonalnych <i>Janusz Budny</i> .....	43
8. Propozycja wzorca wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych <i>Janusz Budny</i> .....	49
9. Energia geotermiczna <i>Maciej Neugebauer, Janusz Piechocki</i> .....	53
10. Pompy ciepła <i>Stanisław Paniczko</i> .....	61
11. Biodiesel – ekologiczne źródło energii odnawialnej <i>Jacek Bieranowski</i> .....	65
12. Rola odnawialnych źródeł energii w zaspokajaniu lokalnych potrzeb energetycznych <i>Rafał Bał, Janusz Piechocki</i> .....	77
Literatura .....	85

## Część 2

### PLAN ENERGETYCZNY WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

1. Podstawa opracowania .....	93
1.1. Podlaska Agencja Zarządzania Energią. ....	93

1.2. Cele opracowania .....	94
1.3. Zakres opracowania .....	94
1.4. Uregulowania prawne.....	94
2. Metoda i dane wejściowe opracowania <i>Planu energetycznego województwa podlaskiego</i> .....	97
3. Ogólna charakterystyka województwa.....	98
3.1. Informacje ogólne o województwie .....	99
3.2. Plany rozwoju społeczno-gospodarczego województwa .....	101
4. Zaopatrzenie województwa w nośniki energetyczne .....	102
4.1. Infrastruktura energetyczna .....	102
4.1.1. Sieci i obiekty elektroenergetyczne .....	102
4.1.2. Sieci i instalacje gazownicze .....	102
4.1.3. Sieci i instalacje ciepłownicze .....	103
4.1.4. Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, układy skojarzone .....	103
4.2. Odnawialne źródła energii.....	104
4.2.1. Biomasa.....	108
4.2.2. Energia słoneczna .....	111
4.2.3. Energia wiatru .....	113
4.2.4. Energia wody .....	115
4.2.5. Energia geotermalna .....	115
4.2.6. Energia odpadowa.....	117
5. Bilans energetyczny województwa podlaskiego.....	118
6. Potencjalne możliwości rozwoju energetyki województwa podlaskiego .....	121
6.1. Założenia do <i>Planu energetycznego województwa podlaskiego</i> wynikające ze <i>Strategii rozwoju województwa podlaskiego</i> .....	122
6.2. Cele <i>Planu energetycznego województwa podlaskiego</i> .....	126
7. Wskaźniki realizacji <i>Planu energetycznego województwa podlaskiego</i> .....	129
8. Uwagi końcowe .....	130
Aneks do <i>Planu energetycznego województwa podlaskiego</i> .....	131
Literatura .....	138

# Część 1

## **Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii**

*Rafał Bal, Jacek Bieranowski, Janusz Budny, Anna Edyta Gutowska,  
Maciej Neugebauer, Janusz Piechocki, Stefan Szczukowski, Stanisław Paniczko,  
Piotr Szutkiewicz, Józef Tworkowski, Andrzej Stanisław Zaman*



Piotr Szutkiewicz<sup>1</sup>

## Jeśli nie węgiel, to... co? Kilka słów na temat rozwoju odnawialnych źródeł energii na terenie województwa podlaskiego

Prawodawstwo Unii Europejskiej dość szczegółowo reguluje kwestie związane z energetyką. Dotyczy to zasad funkcjonowania rynku energii elektrycznej i sposobów jej wytwarzania. Część tych przepisów odnosi się do wykorzystania alternatywnych wobec paliw kopalnych, tzw. odnawialnych źródeł energii, a zwłaszcza do źródeł wykorzystujących energię słoneczną występującą w rozmaitych postaciach, w szczególności promieniowania słonecznego, energii wiatru, czy biomasy, a także energię kinetyczną płynącej wody i wewnętrzne ciepło Ziemi. Do cech charakterystycznych odnawialnych źródeł energii (OZE) należy przede wszystkim to, że są praktycznie niewyczerpalne, ich zasoby są nieustannie uzupełniane w procesach naturalnych, mogą dostarczać energii we wszystkich formach (ciepłna, elektryczna, paliwa silnikowe), koszt paliwa (wiatr, woda, energia słoneczna, czy ciepło Ziemi) jest zerowy, z reguły nie zanieczyszczają środowiska. Przy obecnym poziomie cywilizacji technicznej za odnawialne źródło energii można w pewnym sensie uznać także tę część odpadów komunalnych i przemysłowych, która nadaje się do energetycznego przetworzenia, zwłaszcza tworzywa sztuczne. Obecnie udział tych źródeł w bilansie energetycznym Polski jest minimalny i nie przekracza 1% (wg niektórych szacunków 2,5%).

Opracowana w listopadzie 1997 roku przez Komisję Europejską tzw. *Biała Księga Energetyki Odnawialnej* założyła dwukrotny wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym Unii Europejskiej do roku 2010 (do poziomu 12% w zaspokajaniu zapotrzebowania UE na energię pierwotną). Celem osiągnięcia tego każde z państw członkowskich zostało zobowiązane do wyznaczenia minimalnego procentowego udziału energii zyskiwanej ze źródeł odnawialnych w bilansie krajowym. Przyjęta przez Sejm RP *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej* – stanowiąca odpowiedź na zalecenia zawarte w *Białej Księdze...* – zakłada, że udział energii odnawialnej w bilansie paliwowo-energetycznym kraju do roku 2010 sięgnie 7,5%.

Oprócz sprostania ogólnym zaleceniom, po 1 maja 2004 roku Polska stanęła przed koniecznością wdrożenia konkretnych rozwiązań systemowych i technicznych. Ich skutki będą odczuwalne nie tylko na poziomie centralnym, ale także na poziomie województw, poszczególnych gmin, przedsiębiorstw energetyki cieplnej, zakładów komunalnych i firm zajmujących się wytwarzaniem energii bądź gospodarką surowcami, które mogą być wykorzystywane do jej produkcji. Obecna sytuacja ma cechy okresu przejściowego.

W województwie podlaskim nie są widoczne duże zmiany na rynku energii i paliw odnawialnych. Niektóre gminy planują unowocześnienie systemów zaopatrzenia w energię znajdujących się na ich terenie, wzbogacając je o obiekty wykorzystujące odnawialne źródła energii, prywatni przedsiębiorcy ostrożnie badają możliwości prowadzenia upraw roślin energetycznych, powstają pierwsze firmy, które sondują rynek związany z handlem zrębkami, przerobem i dostawami paliw powstałych na bazie odpadów komunalnych. Duże firmy energetyczne antycypując zmiany przepisów próbują określić, jakie innowacje technologiczne (jest to już etap poszukiwania konkretnych rozwiązań technicznych i urządzeń) muszą wprowadzić, aby możliwe było współspalanie biomasy i odpadów w tradycyjnych kotłach węglowych. Jest więc stan oczekiwania. Najbliższą przyszłość OZE kształtować będą, z jednej strony – dostępność funduszy unijnych możliwych do wykorzystania na inwestycje związane z energetyką, z drugiej – konsekwencja, z jaką państwo będzie egzekwować unijne dyrektywy i założenia przyjęte w strategii rozwoju polskiej energetyki. O jej braku świadczy nieegzekwowanie opracowywania przez gminy założeń do planów zaopatrzenia w ciepło i energię elektryczną.

Jaka będzie przyszłość energetyki? Na pewno – zgodnie z wytycznymi UE – będzie wzrastał udział paliw odnawialnych w wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła przez duże firmy energetyczne. Ustawa – Prawo energetyczne nakłada obowiązek zakupywania przez zakłady energetyczne określonej ilości energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii. Wytwórcy energii, widząc w tym sposób na zagwarantowanie zbytu na swoje produkty – a przynajmniej tę ich część, którą musi od nich (bo ma taki ustawowy obowiązek) zakupić dystrybutor energii elektrycznej, prowadzą analizy i prace zmierzające do zmodyfikowania swoich procesów technologicznych, tak aby w kotłach węglowych można było spalać miał węglowy zmieszany ze zrębkami, wstępnie posegregowanymi odpadami komunalnymi bądź paliwami będącymi ich pochodnymi. Nie mogą przy tym ograniczać się tylko do wyboru urządzeń czy metod. Sprawą najtrudniejszą jest wypra-

<sup>1</sup> Piotr Szutkiewicz, dyrektor Podlaskiej Agencji Zarządzania Energią.

cowanie modelu współpracy wszystkich zainteresowanych stron – od władz samorządowych, w których gestii pozostają zakłady utylizacji odpadów komunalnych, nadleśnictw zarządzających zasobami drewna opałowego i zrębkami, po firmy zajmujące się oczyszczaniem miasta bądź obrotem paliwami odnawialnymi.

W obecnej sytuacji w kontekście naszych lokalnych uwarunkowań w najbliższych latach należy spodziewać się coraz większego nacisku na redukcję liczby odpadów komunalnych i konieczność ich zagospodarowywania nie na drodze prostego składowania poprzedzonego mniej lub bardziej dokładną, wieloetapową segregacją, ale takiej organizacji systemów ich zbiórki i selekcji, która umożliwi wytwarzanie z nich energii elektrycznej i ciepła, bądź przetwarzania na półprodukty wykorzystywane do produkcji tworzyw sztucznych lub w przemyśle chemicznym. Stanowi to chyba jedyną racjonalną alternatywę w stosunku do innej dostępnej metody przeróbki, jaką jest kompostowanie. Konieczność takiego sposobu zagospodarowania odpadów wynika bowiem pośrednio z dyrektywy Unii Europejskiej 99/31/EC z 26 kwietnia 1999 roku w sprawie składowania odpadów w okresie nie dłuższym niż 5 lat. Zapisano w niej, że:

- w okresie nie dłuższym niż 5 lat (liczonych od roku 2001, dokładną datę graniczną określa dyrektywa) kierowane na składowiska odpady komunalne, które ulegają biodegradacji, muszą zostać zredukowane do 75% (wagowych) całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji wytworzonych w 1995 roku, lub w ostatnim roku poprzedzającym rok 1995, dla którego są osiągalne standaryzowane dane EUROSTAT-u;
- w okresie nie dłuższym niż 8 lat (sposób liczenia – j.w.), kierowane na składowiska odpady komunalne, które ulegają biodegradacji, muszą zostać zredukowane do 50% (wagowych) całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji wytworzonych w 1995 roku, lub w ostatnim roku poprzedzającym rok 1995, dla którego są osiągalne standaryzowane dane EUROSTAT-u.

W uzgodnionej niedawno przez Parlament Europejski i Radę Ministrów UE dyrektywie o odpowiedzialności za skażenie środowiska przez przedsiębiorstwa według zasady zanieczyszczający środowisko płaci (dotyczy to skażenia wód, strat poczynionych w gatunkach chronionych i naturalnym środowisku, a także skażenia gruntów) określono ogólny kierunek zmian zachodzących w gospodarce odpadami komunalnymi. Składowanie odpadów przez gospodarstwa domowe i zakłady przemysłowe na wysypiskach w ciągu kilku najbliższych lat stanie się na tyle kosztowne i obłożone różnorodnymi sankcjami finansowo-prawnymi, że wymusi wdrożenie innych metod ich przerobu, a produkcja energii w oparciu o odpady komunalne stanie się praktycznie jedyną możliwą do wykorzystania alternatywą.

Należy to potraktować jako wskazówkę dla inwestorów poszukujących nowych obszarów działalności: odpady komunalne – ich zbiórka, przetwarzanie, utylizacja, logistyka związana z ich dostarczaniem już wkrótce mogą stać się źródłem dość pokaźnych zysków, a już teraz stanowi obszar, na którym występuje nasilona walka o rynek. W skali województwa podlaskiego istniejąca ilość odpadów pozwala na powstanie maksymalnie dwóch- trzech dużych instalacji, w których odpady komunalne będą przetwarzane na energię elektryczną, ciepłą lub inne paliwa (gaz syntezowy, etanol i inne). Powstanie choćby jednej z nich spowoduje kolosalne zmiany technologii przetwarzania odpadów. Z niechcianego balastu i masy, która po prostu jest przysypywana warstwą ziemi staną się cennym i poszukiwanym surowcem energetycznym, a moce przerobowe takiego obiektu determinują powstanie firm dostarczających odpady z miejsc nieraz odległych od instalacji.

Zapewne – w postępie logarytmicznym – również będzie rosła zapotrzebowanie na inne paliwa, które w świetle ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. Nr 54 poz. 348) i stosowanych rozporządzeń są uznawane za odnawialne źródła energii, tak cenne z punktu widzenia energetyki zawodowej. Jest to susz leśny i zrębki będące w gestii nadleśnictw i rośliny energetyczne pochodzące ze specjalnych upraw. W naszym regionie nie ma liczących się upraw, bo nie ma odbiorców, a nie ma odbiorców, bo nie ma upraw. Można uznać że właściciele istniejących prowadzą działalność quasi hobbistyczną.

Duży wpływ na obraz sytuacji panującej w energetyce na terenie Podlasia ma też aktywność gmin. Dla wielu z nich kwestią priorytetową stanowi budowa systemów kanalizacyjnych, czy dróg, nie kosztownych obiektów związanych z energetyką czy rozwijaniem upraw roślin energetycznych. Wobec wieloletnich zaniedbań w tych obszarach naprawę trudno się dziwić takiej kolejności priorytetów. Z ankiety przeprowadzonej w kwietniu 2005 roku przez Podlaską Agencję Zarządzania Energią wynika, że większość gmin na terenie Podlasia nie dysponuje założeniami do planów zaopatrzenia w ciepło i energię elektryczną i nie ma większego rozeznania swoich potrzeb i możliwości związanych z rozwojem energetyki, mimo, że ustawa – Prawo energetyczne nakłada na gminy obowiązek opracowania takich założeń. Nie należy o to oskarżać władz gminnych, które dysponują niewielkimi nieraz budżetami i z trudem wygospodarowują środki na realizację najbardziej pilnych zadań. Należy jednak zachęcić wójtów i burmistrzów do aplikacyjnego traktowania spraw związanych z energetyką. Jeśli gminy będą chciały realizować inwestycje związane z energetyką, bez względu na to, czy będą one prowadzone w oparciu o fundusze strukturalne, pieniądze pochodzące z WFOŚiGW, EkoFunduszu czy od prywatnego inwestora, brak takich dokumentów może być poważną przeszkodą, która utrudni proces inwestycyjny i zmniejszy szanse na skuteczne ubieganie się o środki na takie przedsięwzięcia.

Marginalne traktowanie tych spraw przez władze samorządowe jest równoznaczne z obniżaniem atrakcyjności inwestycyjnej obszaru gminy czy miejscowości. Z naszych obserwacji wynika, że wzrasta liczba firm z branży energetycznej, które poszukują możliwości inwestowania na naszym terenie. Atrakcyjne będą te gminy, które zaoferują inwestorom najlepsze możliwe warunki, w tym klarowną sytuację formalnoprawną, rozumianą jako solidnie przygotowane założenia do planów zaopatrzenia.

Podlaska Agencja Zarządzania Energią jako instytucja nie rości sobie prawa do snucia zbyt dalekowzrocznych wizji i planów. Na podstawie naszych kontaktów z osobami, które mają już pierwsze doświadczenia związane z odnawialnymi źródłami energią można jedynie, na zakończenie, przedstawić kilka wniosków czy raczej podpowiedzi.

Co warto robić, czekając na ustabilizowanie sytuacji na rynku odnawialnych źródeł energii? Z pewnością warto zainteresować się roślinami energetycznymi, pamiętając, że oprócz wierzby istnieje dużo innych roślin nadających się do spalania, które rosną w naszym klimacie, takich jak rodzime trawy łąkowe, mogące produkować rocznie od 1,5 do 4,5 t/ha celulozy (40-letni bór sosnowy produkuje zaledwie około 1t/ha tej energetycznej substancji), topinambur czy malwa pensylwańska. Spore walory energetyczne ma ziarno owsa (instalacja wykorzystująca jako paliwo ziarno tej rośliny działa już w Polsce w gminie Miechów-woj. małopolskie) czy rośliny bagienne występujące obficie na terenie: Narwiańskiego i Biebrzańskiego Parku Narodowego. Warto organizować się w grupy producenckie, warto też pamiętać o kwestiach związanych z logistyką: pewną sztuką jest hodowla roślin energetycznych, ale sztuką jeszcze większą jest ich zebranie i transport. W Polsce ciągle nie ma specjalistycznej maszyny do zbioru wierzby energetycznej ani systemu dróg, który zapewniłby sprawny odbiór biomasy pozyskiwanej na terenach wiejskich, nieraz na gruntach podmokłych. Należy zastanowić się, czy w naszych warunkach, w których prywatnych inwestorów nie stać na nowoczesne i wydajne turbiny wiatrowe warto – zwłaszcza w gminach, gdzie większość jej mieszkańców czerpie dochody z agroturystyki – psuć krajobraz stanowiący jeden z największych walorów naszego województwa używanymi przestarzałymi turbinami wiatrowymi demontowanymi w Europie Zachodniej z powodu kontrowersji, które tam budzą i przywożonymi do Polski w ramach prywatnego importu przez osoby, które nie zawsze są zorientowane we wszystkich subtelnościach związanych z opłacalnością lokowania tego typu inwestycji?

I rzecz ostatnia, może banalna, ale w świetle tego, co czasami można zaobserwować na terenie naszego kraju chyba warto, żeby i to zdanie znalazło się w publikacji. Turbiny wiatrowe powinny powstawać tam, gdzie rzeczywiście wieje wiatr, kotłownie na zrębki – tam, gdzie lokalnie istnieje stała dostępność tego paliwa, a spalarnie odpadów – tam, gdzie rzeczywiście występują one w odpowiedniej ilości. Zanim rozpoczniemy jakąkolwiek inwestycję związaną z energetyką, sprawdźmy jej faktyczną przydatność i starajmy się, aby przynosiła one rzeczywisty pożytek mieszkańcom naszego województwa.



Rafał Bał, Janusz Piechocki<sup>1</sup>

## Odnawialne źródła energii i możliwości ich praktycznego wykorzystania

### 1. Charakterystyka sektora energetycznego

Istotnym problemem określającym rozwój sektora energetycznego w Polsce i na świecie jest efektywne gospodarowanie nośnikami energii i środowiskiem naturalnym. U progu XXI wieku ważne jest rozwiązywanie problemu lokalnego zapotrzebowania na energię w aspekcie jego pokrycia ze źródeł kopalnych i odnawialnych. Planowanie inwestycji energetycznych jest związane z udokumentowanymi zasobami surowców energetycznych (tabela 1).

**Tabela 1. Udokumentowane zasoby kopalnych surowców energetycznych w Polsce**

Surowiec	Jednostka	Ilość zasobów [wydobycie roczne]	Wystarczalność [lata eksploatacji]
Węgiel kamienny	[mln Mg]	80	28
Węgiel brunatny	[mln Mg]	60	76
Ropa naftowa	[mln Mg]	0,8–1,0	24–37
Gaz ziemny	[mld m <sup>3</sup> ]	5	22

Źródło: [Ney 2003]

W strukturze energii pierwotnej dominują paliwa stałe, takie jak węgiel kamienny i brunatny oraz ropa naftowa i gaz ziemny. W Polsce dysponującej znacznymi zasobami paliw stałych, stanowiących niewątpliwie ważny, długookresowy czynnik bezpieczeństwa energetycznego kraju, znacznie trudniej jest utrzymać, a właściwie poprawić konkurencyjność gospodarki oraz zmniejszyć uciążliwy wpływ sektora energetycznego na środowisko przyrodnicze [Parczewski 2002]. Sporo winy za ocieplenie klimatu przypisuje się m.in. elektroenergetyce, ponieważ bazuje ona na spalaniu węgla, podczas którego wytwarza się dwutlenek węgla, wywołując efekt cieplarniany. W ostatnich latach spala się rocznie o wiele więcej ton surowców kopalnych niż kiedykolwiek w przeszłości. Dane dotyczące wydobycia energetycznych surowców kopalnych na świecie w ostatnich kilkudziesięciu latach przedstawiono w tabeli 2, a w kilku ostatnich latach w tabeli 3.

W 1950 roku łączne wydobycie surowców kopalnych było ponad 3 razy mniejsze niż obecnie. Niewielki wzrost nastąpił w latach sześćdziesiątych, większy „skok” odnotowano dopiero w 1973 roku (wydobycie około 1,5 razy mniejsze niż obecnie), co było spowodowane kryzysem paliwowym na świecie.

**Tabela 2. Poziom wydobycia węgla brunatnego, kamiennego i ropy naftowej na świecie w ostatnich kilkudziesięciu latach [mld ton]**

Rok Rodzaj paliwa	1950	1960	1973	1999	2000	2001
Węgiel brunatny	0,383	0,635	0,823	1,89	1,82	1,97
Węgiel kamienny	1,4	2,0	2,2	2,5	1,46	1,52
Ropa naftowa	0,523	1,054	2,50	3,318	3,019	2,960
<b>RAZEM</b>	<b>2,306</b>	<b>3,689</b>	<b>5,523</b>	<b>7,708</b>	<b>6,299</b>	<b>6,45</b>

Źródło: [Gajer 2002; GUS 2003]

<sup>1</sup> Dr inż. Rafał Bał, prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Elektrotechniki i Energetyki.

**Tabela 3. Poziom wydobycia węgla brunatnego, kamiennego, ropy naftowej i gazu ziemnego na świecie w latach 1995–2001[mld ton]**

Światowe wydobycie węgla (kamiennego i brunatnego)						
1995 rok	1996 rok	1997 rok	1998 rok	1999 rok	2000 rok	2001 rok
4,646	4,700	4,772	4,593	4,390	3,286	3,502
Światowe wydobycie ropy naftowej						
1995 rok	1996 rok	1997 rok	1998 rok	1999 rok	2000 rok	2001 rok
3,158	3,242	3,339	3,393	3,318	3,019	2,960
Światowe wydobycie gazu ziemnego						
1995 rok	1996 rok	1997 rok	1998 rok	1999 rok	2000 rok	2001 rok
1,624	1,675	1,677	1,694	1,735	1,586	1,497

Źródło: [Gajer 2002; GUS 2003]

W ostatnich latach poziom wydobycia surowców kopalnych kształtował się mniej więcej na stałym poziomie do 1999 roku. W latach 2000–2001 można zaobserwować gwałtowne zmniejszenie wydobycia węgla kamiennego i brunatnego przy jednoczesnym zmniejszaniu wydobycia gazu ziemnego i ropy naftowej. Ropa naftowa jest i w ciągu najbliższych lat pozostanie najważniejszym strategicznym paliwem. Kraje wysoko rozwinięte są silnie uzależnione od głównych producentów ropy naftowej, około 70% zasobów przypada na kraje arabskie. Zasoby ropy na świecie ulegają wyczerpaniu. Stosunek rezerw ropy naftowej na świecie do średniego zapotrzebowania przewidywanego do roku 2020 wynosi około 40 lat [Szargut, Ziębik 2000]. Stosunek rezerw gazu ziemnego do średniego zapotrzebowania na gaz przewidywanego do roku 2020 wynosi około 45 lat. Dotychczas 2/3 importu gazu ziemnego do krajów Europy Zachodniej pochodziło z byłego Związku Radzieckiego. Bliskość światowych złóż gazu w Rosji, obecnie i przyszłe powiązania infrastruktury gazowniczej z tym państwem, a także przyszłe powiązania gazociągów z Unią Europejską, stanowią w dużym stopniu zabezpieczenie energetyki w ten surowiec. Poważnym ograniczeniem w dostawach gazu ziemnego jest konieczność stworzenia infrastruktury transportowej. Transport skroplonego gazu za pomocą metanowców zwiększa mocno jego cenę. Poza tym, przeszkodą jest brak instalacji do skraplania gazu w źródłach gazu. Koszty skraplania i regazyfikacji stanowią około 40% ceny gazu.

Innym rozwiązaniem zastępującym gaz ziemny, którego złoża będą na wyczerpaniu jest zagospodarowanie olbrzymich ilości metanu uwalnianego z unikalnych utworów chemicznych klatratów (gazohydratów) zalegających dno oceaniczne. Jest to o tyle istotne, że w 1m<sup>3</sup> gazohydratu zawarte są 164 m<sup>3</sup> metanu, a obszar ich występowania związany jest z dnem oceanu światowego i niektórymi obszarami lądowymi w strefie okołobiegunowej [Pawłowski 2005]. Wynika z tego, że zamiast doprowadzać do niekontrolowanego procesu uwalniania metanu z gazohydratów, należałoby rozwijać technologie umożliwiające odzyskiwanie tego surowca, a następnie jego przetwarzanie.

W strukturze pozyskiwania energii pierwotnej dominuje tendencja zmniejszania zużycia paliw stałych. Zmniejszony udział węgla w pokrywaniu potrzeb energetycznych kraju wynika zarówno ze względów ekonomicznych, jak i barier ograniczających rozwój górnictwa węglowego, do których zalicza m. in. wzrost głębokości i temperatury, dużą zawartość gazów w nowych pokładach, ujemny wpływ zasolonych wód kopalnianych na środowisko. Według niektórych prognoz w latach 2010–2050 nastąpi wzrost zapotrzebowania na energię pierwotną. W konsekwencji tego wzrostu, globalna emisja dwutlenku węgla zwiększy się w tym okresie o około 95% [Molenda 2001a, b].

Uwarunkowania ekonomiczne, a zwłaszcza nakłady inwestycyjne oraz jednostkowe koszty produkcji energii wykazują, że obecnie najtańsze są źródła w oparciu o paliwa węglowe, ponieważ ich opłacalność (w stosunku do technologii gazowych) zależy między innymi od relacji ceny węgla do ceny gazu ziemnego.

Dotychczasowe wydobycie podstawowych nośników pierwotnych na świecie ma tendencję wzrostową, choć należy przewidywać, że wydobycie większości nośników będzie miało tendencję spadkową ze względu na wyczerpywanie się zasobów oraz wzrost kosztów wydobycia coraz trudniej dostępnych pokładów.

Zmiany, jakie obserwuje się w ostatnich kilkunastu latach w energetyce światowej, wyraźnie odzwierciedlają dążenie do bardziej racjonalnego i zrównoważonego rozwoju tego sektora gospodarki. Za najważniejsze uważa się ekologię, bezpieczeństwo energetyczne oraz klienta, a następnie działania wspierające rozwój nowoczesnych technologii wytwarzania energii, a w szczególności wzrost wykorzystania zasobów energii odnawialnej.

## 2. Odnawialne źródła energii

Zasoby energetyczne Ziemi można podzielić na dwie grupy nośników: nieodnawialne i odnawialne. Zasoby nieodnawialne nie uzupełniają się i ulegają wyczerpaniu, np: węgiel kamienny i brunatny, torf, ropa naftowa, gaz ziemny, paliwa jądrowe [Szafran 1997]. W art. 3 Ustawy – Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 roku (Dz. U. Nr 54, poz. 348) roku wyodrębniono dwie zasadnicze grupy nośników energetycznych:

- **niekonwencjonalne źródła energii** – nie wykorzystują w procesie przetwarzania spalania organicznych paliw kopalnych;
- **odnawialne źródła energii** – źródła wykorzystujące w procesie przetwarzania niezakumulowaną energię słoneczną w rozmaitych postaciach, w szczególności energię rzek, wiatru, biomasy, energię promieniowania słonecznego w bateriach słonecznych.

Ustawa – Prawo energetyczne, w tym również artykuł trzeci, uległa znowelizowaniu 24 lipca 2002 roku (Dz. U. Nr 135, poz. 1144). Zgodnie z tą wersją **odnawialne źródła energii** wykorzystują w procesie przetwarzania energię wiatru, promieniowania słonecznego, geotermalną, fal prądów i pływów morskich, spadku rzek oraz energię pozyskiwaną z biomasy, biogazu wysypiskowego, a także biogazu powstałego w procesach odprowadzenia lub oczyszczania ścieków, albo rozkładu składowych szczątek roślinnych i zwierzęcych.

Wiele kontrowersji budzi możliwość wykorzystania torfu jako nośnika energetycznego. Według Szafrana [1997] torf zaliczany jest wraz z węglem kamiennym i brunatnym do nośników energetycznych nieodnawialnych. Uważa się jednak, iż torf powinien być zużywany do celów nieenergetycznych, tzn. jako wysoko- składnikowy nawóz do wykorzystania w rolnictwie i ogrodnictwie. Zasoby torfu w Polsce są szacowane na około 1 mld t p. u. (1 t p. u. – tona paliwa umownego = 29, 3076 GJ), [Szargut, Ziębiak 2000]. Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. z 1995 Nr 16, poz. 78) w art. 1 reguluje zasady ochrony, rekultywacji i poprawienia wartości użytkowej torfowisk i oczek wodnych. Torfowisko jest jednym z typów bagien stałych, w którym następuje akumulacja substancji organicznej w postaci torfu. Warunkiem powstania pokładu torfu jest przewaga produkcji biomasy nad jej rozkładem, co zachodzi w warunkach ograniczonego dostępu tlenu, słabej aktywności mikrobiologicznej i w niskich temperaturach. Zazwyczaj torfowiska rozwijają się w miejscach obfitujących w wodę, natomiast centrum ich występowania stanowią obszary klimatu chłodnego i wilgotnego. Udział wilgoci w torfie świeżo wydobytym dochodzi do 90%, a w stanie powietrzno – suchym wynosi 25%. Wartość opałowa podsuszonego torfu mieści się w granicach od 11,3 MJ/kg do 15,9 MJ/kg. Uzasadnione jest zachowanie w stanie nienaruszonym nieużytków, np.: bagien, trzęsawisk, torfowisk wraz z ich florą i fauną w celu ochrony pełnej różnorodności przyrodniczej, m. in. poprzez uznanie ich za użytki ekologiczne.

## 3. Potencjał techniczny a możliwości wykorzystania zasobów energii odnawialnej

Energia odnawialna jest towarem takim, jak każda inna forma energii. Ma ona do odegrania poważną rolę w spełnieniu zapotrzebowania świata na energię i zmniejszeniu niebezpieczeństwa ocieplenia klimatu światowego. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii staje się w ostatnich latach coraz bardziej popularnym sposobem pozyskiwania energii. Niektóre państwa np. Dania, Austria widzą w ich stosowaniu szansę na dynamiczny rozwój gospodarki, możliwość rozwiązania wielu problemów społecznych (bezrobocie, rozwój terenów wiejskich) oraz skuteczny instrument ochrony środowiska. Niestety w Polsce odnawialne źródła energii odgrywają marginalną rolę [Karaczun, Kassenberg 2001].

Potencjał techniczny w Polsce jest zbliżony do potencjału krajów Unii Europejskiej, ale wykorzystanie jego jest różne. W krajach Unii Europejskiej jest on wykorzystywany w 16%, podczas gdy w Polsce szacuje się na 4% – 9%, i wynika głównie z energetycznego wykorzystania drewna i odpadów drzewnych [Sayigh 1998].

Istnieją znaczne rozbieżności w ocenie potencjału technicznego odnawialnych źródeł energii występujących w Polsce (tabela 4). W roku 2000 zgodnie z ekspertyzą Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej [EC BREC 2000] potencjał techniczny odnawialnych źródeł energii w Polsce wynosił 2514 PJ w skali roku, co stanowiło około 60% krajowego zapotrzebowania na energię pierwotną. Zimny [2001] szacuje potencjał techniczny Polski na 625 870 PJ w skali roku, gdzie dominującym źródłem odnawialnym jest energia geotermalna, która stanowi 625 000 PJ/rok. Wydaje się, że wartość ta jest przeszacowana, gdyż oparta jest na danych czysto teoretycznych, wynikających z działających basenów geotermalnych oraz istniejących, „zamrożonych” odwiertów. Inni badacze, np. Wiśniewski [1997, 2000], podają wartości bardziej realne i możliwe do uzyskania w praktyce.

Promieniowanie słoneczne z przedstawionych danych tabelarycznych jest źródłem energii o wysokim potencjale technicznym. Słońce od wielu lat jest postrzegane jako pewne i czyste źródło energii. W Polsce coraz częściej wykorzystuje się tę energię, zwłaszcza do ogrzewania ciepłej wody użytkowej. Jest to możliwe przy zastosowaniu kolektorów słonecznych [Chochowski 2003]. Dziedzinami gospodarki, w której kolektory słoneczne znajdują szerokie zastosowanie jest rolnictwo oraz gastronomia. Energia słoneczna charakteryzuje się dużym zapotrzebowaniem na niskotemperaturowe źródła energii do podgrzewania powietrza i wody zarówno w wielu technologiach, np. w suszarnictwie produktów rolniczych, produkcji ogrodniczej i zwierzęcej, przetwórstwie produktów rolniczych, jak i w gospodarstwach domowych. W gastronomii zastosowanie kolektorów umożliwia zminimalizowanie kosztów związanych z podgrzewaniem wody użytkowej do celów np. sanitarnych, co w okresie letnim nie jest bez znaczenia.

Źródło energii	Szacunkowa ilość energii [PJ/rok]						
	Strategia... [2000]	Zimny [2001a]					Gitowski [2002]
	Według:						
	Strategia redukcji emisji gazów cieplarnianych	Wiśniewski [1997]	Hauf [1996]	Wiśniewski [2000]	Zimny [2001b]	Sala [1993] Szargut [1990]	
<i>Biomasa</i>	128	895	810	895	407	174	
<i>Energia wodna</i>	50	43	30	43	43	18	
<i>Zasoby geotermalna</i>	100	1512	ok. 200	200	625 000	257	
<i>Energia wiatru</i>	4	36	45	36	140	8	
<i>Promieniowanie słoneczne</i>	55	1340	370	1340	280	53	
<b>Ogółem</b>	<b>337</b>	<b>3860</b>	<b>ok. 1414</b>	<b>2514</b>	<b>625 870</b>	<b>510</b>	
Całkowite zużycie energii pierwotnej w Polsce w 2001 roku wg GUS	<b>3925,2 PJ/ rok</b>						

Źródło: dane literaturowe i GUS-u

Obecnie jeszcze nie jest możliwe określenie potencjału energetycznego wykorzystania kolektorów słonecznych w Polsce. Według prognoz krajowych w 2030 roku potencjał energetyczny kolektorów w rolnictwie może wynosić około 60 PJ, w tym na potrzeby suszarnictwa 25,4 PJ, a na ogrzewanie wody użytkowej 34,4 PJ [Pabis 2002]. Przewidywania te wydają się nierealne do osiągnięcia, na co wskazuje bardzo słabe tempo rozwoju zarówno w zakresie stosowania kolektorów słonecznych w rolnictwie, jak i produkcji kolektorów.

Z danych przedstawionych w tabeli 4 wynika również, że jednym z najszybciej rozwijających się źródeł energii odnawialnej w Polsce jest biomasa. Pochodzenie biomasy może być różnorodne: poczynając od resztek surowców pozostających przy polowej produkcji roślinnej, przez odpady występujące w przemyśle rolno-spożywczym, gospodarstwach domowych, do odpadów z gospodarki komunalnej. Biomasa może również pochodzić z odpadów drzewnych w leśnictwie i z przemysłu celulozowo – papierniczego. Zastosowanie biomasy wydaje się korzystne zarówno z punktu widzenia zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 128 PJ/rok w Polsce, jak i efektywności ekonomicznej produkcji energii cieplnej. Produkcja energii z biomasy pozwala uzyskać przewagę konkurencyjną na rynku, efektywnie kreować politykę rozwoju wykorzystując łatwiejszy dostęp do proekologicznych funduszy wspierających procesy inwestycyjne w odnawialne źródła energii.

#### 4. Możliwości przetwarzania biomasy na cele energetyczne i kierunki rozwoju

Biomasa jest istotnym źródłem energii odnawialnej w Polsce i na świecie. Ponad 98% podaży energii ze źródeł energii odnawialnych w 2000 roku w Polsce pochodziło z biomasy [Wiśniewski 2001; Kowalik 2002]. Światowa produkcja biomasy w ciągu roku jest równoważna  $3 \cdot 10^{15}$  MJ, co jest wielkością ośmiokrotnie większą od światowego zużycia energii pochodzącej z pozostałych źródeł. Wynika stąd, że biomasa stanowi ogromny potencjał energetyczny, który powinien być wykorzystywany w większym stopniu niż obecnie. Aktualnie w ciągu roku zużywa się tylko około 7% światowej produkcji biomasy.

Biomasa to materiał pochodzenia:

- roślinnego (drewno, słoma, ścieki ligninowe, makulatura);
- zwierzęcego (komunalne osady ściekowe, obornik, gnojowica);

a także substancje przetworzone:

- biogaz z fermentacji metanowej gnojowicy, osadów ściekowych, odpadów wysypiskowych;
- bioetanol z fermentacji alkoholowej głównie ziemniaków i ziarna zbożowego;
- gaz pirolityczny ze zgazowania drewna lub osadów ściekowych [Kowalik 2003a].

Biomasa może być wykorzystywana na cele energetyczne w procesach:

- bezpośredniego spalania biopaliw stałych, np. drewna, słomy, osadów ściekowych;
- przetwarzania na paliwa ciekłe, np. estry oleju rzepakowego, alkohol;
- przetwarzania na paliwo gazowe, np. biogaz rolniczy, biogaz z oczyszczalni ścieków, gaz wysypiskowy, gaz drzewny.

W wyniku spalania biomasy zostaje ograniczona emisja gazów cieplarnianych – CO<sub>2</sub>, tlenków siarki i azotu do atmosfery, a popiół, który powstaje po zakończeniu procesu, może być wykorzystywany jako dodatkowy komponent nawozów organicznych i mineralnych.

Mimo korzystnych efektów ekologicznych wykorzystanie biomasy na cele energetyczne stwarza wiele problemów technicznych spowodowanych:

- szerokim przedziałem wilgotności, np. wilgotność drewna surowego 30-60%;
- małą gęstością biopaliw jako pochodnych biomasy w postaci nieprzetworzonej, utrudniających transport i magazynowanie (np. słoma, osady ściekowe, estry oleju rzepakowego, biogaz);
- dużą różnorodnością technologii przetwarzania na nośniki energii.

Do ważnych czynników warunkujących rozwój produkcji surowców odnawialnych z biomasy można zaliczyć: kończące się zasoby energetyczne pochodzenia mineralnego, emisję gazów, nadprodukcję żywności w krajach wysoko rozwiniętych i powiększającą się rezerwę gruntów rolnych, konieczność zapewnienia odpowiedniej i stabilnej bazy surowcowej, dostępność technologii użytkowania biomasy, atrakcyjność cen produktów energetycznych z biomasy [Żmuda 2003]. Nałożenie się na siebie wymienionych czynników daje szansę wykorzystania biomasy w celach energetycznych na większą skalę.

## 5. Wykorzystanie energetyczne biomasy w procesach bezpośredniego spalania

Najtrudniejszym zadaniem, jakie stoi dziś przed wytwórcami energii, zmierzającymi do spalania biomasy jest pozyskanie wymaganej ilości surowca odpowiedniej jakości. Istniejące zasoby biomasy energetycznej w Polsce, szacowane są na około 40 mln ton rocznie [Cieśliński 2005]. Do podstawowych rodzajów biomasy wykorzystywanej w formie stałej jako paliwa do bezpośredniego spalania należą: słoma, plantacje roślin uprawianych do celów energetycznych, drewno opałowe, w tym także produkty odpadowe przemysłu drzewnego i zrębki drewniane. Istnieje wiele metod termochemicznej konwersji biomasy. Najważniejszymi metodami, obecnie wykorzystywanymi i rozwijanymi, są: spalanie, współspalanie z węglem, gazem ziemnym, piroliza i zgazowywanie [Pickel 2002; Rodrigues i in. 2003; Kruczek i in. 2003; Piechoczek 2003]. Proces zgazowywania stanowi efektywną metodę produkcji paliw gazowych, które mogą być wykorzystywane w procesach syntezy chemicznej lub w układach energetycznych. Przemiana biomasy (jako paliwa stałego) w paliwa gazowe daje możliwość integracji reaktorów zgazowywania biomasy z układami turbin gazowo – parowych, a tym samym zwiększa sprawność przemiany poprzez wykorzystanie zarówno termicznej, jak i chemicznej energii wytwarzanego gazu jako paliwa dla układów energetycznych [Ścieżko, Chmielniak 2003].

O przydatności biopaliw stałych decyduje ich wartość opałowa (tabela 5), związana z kosztem uzyskania 1 GJ energii, a także cena rynkowa, często zależna, od koniunktury na rynkach zachodnich. Podstawowym wskaźnikiem ceny jest wartość opałowa związana z wilgotnością biomasy, która jest głównym problemem przy ocenie jej potencjału energetycznego.

Porównując właściwości energetyczne poszczególnych nośników energii z tabeli 5. wynika, że najwyższą wartość opałową ma drewno odpadowe, kora, zrębki leśne i wierzba. Spalanie odpadów drzewnych cechuje powstawanie mniejszej ilości pyłów lotnych oraz popiołu, gdyż przeciętne zawartości części niepalnych – popiołu w zrębkach drzewnych (0,5–3%) oraz w innych odpadach drzewnych są niższe niż w słomie (4%) oraz węglu (12%), [Guzek, Pisarek 2002].

**Tabela 5. Wartość opałowa różnych biopaliw stałych**

Nośnik energii	Wartość opałowa [MJ/ kg]
Słoma żółta	14,3
Słoma szara	15,2
Drewno odpadowe	16,0
Zrębki drzewne	10,4
Kora	18, 5 ÷ 20,0
Zrębki leśne	19,2 ÷ 20,0
Wierzba	18,6 ÷ 19,3

Źródło: [Gradziuk i in. 2002a; Guzek, Pisarek 2002]

Ze względów ekologicznych bardzo korzystne jest stosowanie paliw drzewnych. Wiąże się to jednak z większym wykorzystaniem ekosystemu leśnego w porównaniu z tradycyjną metodą wyřębu drewna do celów przemysłowych, ponieważ w ten sposób usuwa się znaczną część biomasy [Laurów 2002]. Ocenia się, iż w przemyśle drzewnym powstaje rocznie 7,5 mln m<sup>3</sup> drzewnych odpadów przemysłowych [Szostak, Ratajczyk 2003]. Na cele energetyczne aktualnie wykorzystuje się drewno opałowe (*S4*), drewno małowymiarowe (*M1*, *M2*), pozostałości zrębowe (*S3a*, *S3b* i *S11*), drewno średnio wymiarowe (*S2a* i *S2b*) oraz papierówkę (*S2*). W miarę rozwoju technologii energetycznego wykorzystania drewna coraz większego znaczenia nabiera wykorzystanie biopaliw rozdrobnionych – zrębków drzewnych, trocin oraz peletów [Wach, Kołacz 2003].

Pelety w porównaniu do innych form biopaliw stałych, np. zrębków, są paliwem wykazującym większą stabilność, zajmują mniej miejsca do składowania i wymagają mniej pracy przy utrzymaniu i konserwacji instalacji kotłowej, jednak z ekonomicznego punktu widzenia są droższe niż inne paliwa z biomasy. Jednostkowy koszt wytworzenia peletu drewnianego wynosi 285 zł/t [Panasiuk 2004; Grzybek 2005]. Największymi użytkownikami granulatu (pelet) w Europie są: Szwedzi – 400 tys/rok, Duńczycy – 800 tys/rok, Niemcy 200 tys/rok, Austriacy 180 tys/ton [Wach 2005; Oleszkiewicz 2005]. W tych krajach przez kilka lat opracowano technologie i procedury służące ocenie granulatu drzewnego. Wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej z odpadów roślinnych, jak podają Kotowski i Weber [2000], jest częściej stosowane w Niem-

czes niż w Polsce. Wynika to m.in. z polityki ekologicznej państwa. W samej Bawarii pracuje obecnie 14 000 kotłowni opalanych drewnem i aż 1200 opalanych słomą (w tym również rzepakową).

Corocznie na polskich polach produkuje się rocznie ok. 25 mln ton słomy, głównie zbożowej i rzepakowej, oraz siana, z czego ok. 10 mln ton można wykorzystać energetycznie [Aumiller 2003]. Słoma rzepakowa w porównaniu z węglem ma 30–40% jego wartości opałowej. W Niemczech do celów energetycznych wykorzystuje się ok. 2,7 mln ton słomy (nie tylko rzepakowej), głównie w postaci brykietów i dużych bel, dających w tej postaci najlepsze efekty energetyczne [Dybiec, Panasiuk 2002, 2003]. Według prognoz możliwe jest wykorzystanie ok. 5–7 mln ton słomy, co daje oszczędność 2–2,5 mln ton oleju opałowego. Słoma może być wykorzystywana jako ściółka, nawóz i pasza w chowie zwierząt. Zmiana technologii produkcji zwierzęcej (chów na kratkach) oraz znaczący spadek pogłowia zwierząt (bydła 54,1%, koni o 75,4% oraz owiec o 88,6%) i wzrost w strukturze zasiewów udziału zbóż i rzepaku spowodowały, że podaż przewyższa popyt. Od 1990 r. nadwyżki słomy przekroczyły 10 mln ton, a w latach 1995 – 2000 średnia roczna nadprodukcja słomy wynosiła 13 618 tys. ton [Grzybek i in. 2001].

Jedną z możliwości zagospodarowania nadwyżek słomy jest wykorzystanie jej w energetyce [Denisiuk, Piechocki 2000, 2001; Denisiuk 2002]. Słoma, w porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi nośnikami energii, jest dość uciążliwym materiałem energetycznym, ponieważ jest to materiał niejednorodny, ma niższą wartość energetyczną, szczególnie w odniesieniu do jednostki objętości. Pod względem energetycznym 1,5 tony słomy jest równoważne 1 tonie węgla kamiennego średniej jakości.

Inną formą zagospodarowania słomy jest jej peletowanie lub brykietowanie. Przykładem jest możliwość zagospodarowania słomy lnianej i konopnej, gdzie w wyniku przerobu otrzymuje się 25% włókna oraz 75% paździerzy, które stanowią na chwilę obecną bezwartościowy odpad [Mańkowski, Kołodziej 2005]. Wykorzystanie technologii brykietyzacji i peletyzacji paździerzy lnianych i konopnych pozwoli na zagospodarowanie surowców, jako pełnowartościowy odnawialny materiał energetyczny. Prowadzone są również badania nad brykietowaniem słomy z dodatkiem lepiszcza organicznego [Fiszer 2005]. Prowadzone badania wykazały, że słoma wymieszana z lepiszczem zmniejsza nakłady energetyczne ponoszone przy ich produkcji a ponadto powoduje zmiękczenie słomy w efekcie czego staje się bardziej podatne. Sprzyja to formowaniu różnych kształtów brykietów.

W dłuższym okresie, w miarę wyczerpywania się ogólnie dostępnych zasobów biomasy odpadowej, nastąpi intensywny rozwój upraw roślin energetycznych. Bioenergia pozyskiwana z szybko rosnących krzewiastych wierzby uprawianych na plantacjach polowych spotyka się z ogromnym zainteresowaniem ze strony wielu ośrodków naukowych w Europie, Stanach Zjednoczonych oraz w Polsce [Piechocki 2002; Larsson 2005a, b, c]. Szacuje się, że w Polsce ok. 1,8 mln ha gruntów (9,7% użytków rolnych) jest wyłączonych z rolniczego użytkowania – ziemia leży odłogiem [Szczukowski i in. 2000; Szczukowski, Tworowski 2001a]

Eksploatacja właściwie założonej plantacji wierzby energetycznej powinna trwać co najmniej 15–20 lat, z możliwością 5–8-krotnego pozyskiwania drewna, w ilości 10–15 ton suchej masy w przeliczeniu na 1 ha rocznie. Dobrym stanowiskiem pod plantację szybko rosnących gatunków wierzby krzewiastej są grunty użytkowe rolniczo wyższych klas bonitacyjnych (IIIa i IIIb), a także gleby aluwialne napływowe, mady, które mogą być okresowo nadmiernie wilgotne. Możliwe jest również zagospodarowanie gleb zanieczyszczonych przez przemysł, np. metalami ciężkimi [Szczukowski 2002; Dubas 2003a,b; Stolarski 2003a; Szczukowski, Tworowski 2003]. Wartość energetyczna 1 tony suchej masy drzewnej wynosi 4,5 MWh, co odpowiada wartości kalorycznej 1 tony niskiej jakości miału węglowego lub 500 litrom oleju opałowego. Z rozdrobnionej suchej biomasy wierzby można wyłaczać pelety, wykorzystywane do celów grzewczych [Szczukowski i in. 2001b; Stolarski 2003b; Kowalik 2003b]. W wyniku peletyzacji biomasy z wierzby następuje trzykrotne zwiększenie gęstości paliwa, 4,5-krotne zwiększenie koncentracji energii w jednostce objętości pelet w porównaniu do zrębków oraz zmniejszenie zawartości wody [Stolarski 2005]. Stosowanie takiej technologii jest powszechne w Austrii, Szwecji i Danii, gdzie zainteresowanie produkcją peletów i ich wykorzystaniem dla celów grzewczych jest coraz większe. Pelety importuje się do Europy nawet z Kanady. Przy tak silnie rozwijającym się europejskim rynku na pelety z biomasy, należy przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości wystąpi olbrzymie zapotrzebowanie na surowiec do produkcji tego paliwa w kraju.

Do upraw roślin energetycznych należą również szybko rosnące, trwałe rośliny trawiaste – wieloletnie, plonujące corocznie. Przykładem traw szybko rosnących jest grupa roślin charakteryzująca się typem fotosyntezy C<sub>4</sub>. Oznacza to przystosowanie się organów asymilacyjnych rośliny do wydajnego wiązania CO<sub>2</sub> w środowiskach kserofitycznych, o ograniczonej wilgotności, wysokiej temperaturze i silnym nasłonecznieniu. Jednym z przedstawicieli tego gatunku jest miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis giganteus*), uprawiany dla grubych, wypełnionych gąbczastym rdzeniem ździebeł, o wysokości 200–350 cm. Przeciętna wydajność kilkuletniej plantacji kształtuje się na poziomie 20 t/ha przy wilgotności 20%. Wartość opałowa takiego paliwa wynosi 14–17 MJ/kg [Majtkowski 2004, 2005]. W Niemczech ta roślina jest wykorzystywana do produkcji materiałów budowlanych i w przemyśle celulozowo-papierniczym. Do traw

typu C<sub>4</sub>, nadających się do uprawy w warunkach polskich, zaliczyć można także: miskant cukrowy (*Miscanthus sacchaliflorus*), spartina preriowa (*Spartina pectinata*), palczatka Gerarda (*Andropogon gerardii*), [Majtkowski 2003; Kościk i in. 2003].

W grupie roślin energetycznych są również trwałe rośliny dwuliścienne. Przykładem takiej rośliny jest ślaziowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Badania nad przydatnością tej rośliny w warunkach polskich trwają już kilkanaście lat i wyniki wskazują na przydatność tego gatunku do energetycznego wykorzystania [Borkowska, Styk 2002]. Wcześniejsze badania wskazywały na możliwość wykorzystania jej jako rośliny włóknodajnej, miododajnej, paszowej oraz w przemyśle celulozowo – papierniczym. Na wieloletnie plantacje energetyczne nadają się rośliny wytwarzające łodygi do 3 m wysokości, plon 25 t/ha, wartość energetyczna 15 MJ/kg. Zaletą tej rośliny jest możliwość uprawy na glebach IV – V klasy.

Do roślin dwuliściennych zalicza się również:

- topinambur (słonecznik bulwiasty), (*Helianthus tuberosus*); potencjał produkcyjny to 60 t/ha plon łodyg i 40 t/ha plon bulw. Bulwy mogą być również wykorzystane do produkcji bioetanolu powstającego w procesie hydrolizy lub do fermentacji metanowej; część nadziemną można wykorzystać w procesie bezpośredniego spalania lub do produkcji brykietów i peletów;
- rdest japoński (*Reynoutria japonica*) i rdest sachaliński (*Reynoutria sachalinensis*); w warunkach polskich rozpoczynają wegetację na przełomie kwietnia i maja; rosną bardzo szybko, osiągając wysokość 4m;
- sylfia (roźnik przerosnięty), (*Silphium perfoliatum*); stosowana przy rekultywacji terenów zdegradowanych ze względu na małe wymagania pokarmowe; pędy osiągają wysokość 2,5m; po 3 – 4 latach udatność plantacji około 20 t/ha [Majtkowski 2005];

Powszechne zainteresowanie roślinnymi paliwami, inaczej biopaliwami, wynika z kilku względów. Główne z nich to:

- odtwarzalność źródeł surowcowych;
- uaktywnienie gospodarcze rolnictwa prowadzące do znacznej redukcji bezrobocia na obszarach wiejskich;
- produkcyjne wykorzystanie ziem skażonych lub leżących odłogiem (w większości gorszych klas, czyli mało urodzajnych).

Uprawa roślin energetycznych na terenach wyłączonych z produkcji rolniczej nasuwa również pytania z zakresu ekologicznych aspektów degradacji środowiska przy uprawach monokulturowych na dużych obszarach. Według opracowania Harasimowicz-Hermann, Hermann [2005] czynnikiem decydującym o takich uprawach jest żyzność gleby. Oznacza to zawartość próchnicy na poziomie 1,5–1,8% czyli około 60–70 t/ha, zaś na glebach piaszczystych lekkich poniżej 1,5% tzn. < 45 t/ha. Zawartość próchnicy poniżej progu 45 t/ha uznaje się za pierwszy etap degradacji gleby użytkowanej rolniczo. Warunkiem uzyskania i utrzymania wysokiego poziomu żyzności i urodzajności gleby jest stałe dostarczanie materii organicznej pod postacią np. odwirowanych osadów ściekowych. Wykorzystanie energii z zasobów odnawialnych ma chronić środowisko, a właściwe dobranie technologii uprawy roślin energetycznych na gruntach rolniczych powinno uwzględniać również ochronę ich żyzności.

Odrębnym tematem bezpośredniego spalania biopaliw stałych jest zgazowywanie osadów ściekowych. Osady ściekowe Bień i Nowak [2005a] definiują jako złożoną organiczno-mineralną materia, wyodrębniona ze ścieków w trakcie ich oczyszczania. Sposób prowadzenia procesu zgazowywania zależy od: składu chemicznego masy palnej i substancji mineralnej, zawartości części lotnych, wilgotności, popiołu i jego składu. Jak wynika z badań Bienia i Nowaka [2005b] efektywność procesu zgazowywania jest wyższa od spalania konwencjonalnego, bowiem gaz można wykorzystać bezpośrednio do celów energetycznych. Wartość spalania jak podają badacze można podnieść wskutek zwiększania gęstości warstwy fluidalnej.

Unieszkodliwianie i zagospodarowanie osadów ściekowych oraz ochrona środowiska determinują potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie utylizacji produktu finalnego. Z przytoczonych zagadnień wynika, że niegdyś osad ściekowy uważany za zło konieczne staje się coraz bardziej źródłem „deficytowym”. Wynika to przede wszystkim z jego właściwości fizykochemicznych. Z jednej strony idealny nawóz pod rośliny energetyczne, a z drugiej strony surowiec do produkcji gazu pizolitycznego wykorzystywanego w energetyce zawodowej.

Energetyczne wykorzystanie biomasy znajduje coraz szersze poparcie, aczkolwiek nie należy uważać, że jest to panaceum na problemy z ograniczeniem emisji trujących substancji do atmosfery, gospodarka ściekową oraz ze zbytem produktów z naszego rolnictwa.

## 6. Wykorzystanie energetyczne biomasy w procesie przetwarzania na paliwa ciekłe

W krajach Unii Europejskiej i Polsce obserwuje się wzrost zainteresowania wykorzystaniem biopaliw płynnych. Uważa się, że biopaliwa są dobrym rozwiązaniem dla Polski, a zwłaszcza dla krajowego rolnictwa. Informacje o surowcach, metodach otrzymywania oraz możliwościach zastosowania biopaliw przedstawiono w tabeli 6.

**Etanol** (alkohol etylowy) powstaje w wyniku fermentacji alkoholowej cukrów (zboża, ziemniaki, kukurydza), a następnie procesów destylacji i rektyfikacji. Można go również otrzymać syntetycznie z etylenem. Jak podaje Żółtowski [2003], zastosowanie alkoholi jako materiału pędnego dla silników spalinowych jest przedmiotem badań już od kilkudziesięciu lat (np. w Szwecji pracują silniki zasilane wyłącznie etanolem). Ilość etanolu wyprodukowanego na świecie do celów paliwowych rośnie: we Francji produkcja wynosi ok. 188 tys ton, w Brazylii etanol odwodniony do celów paliwowych jest produkowany w ilości 4,6 mld litrów.

Tabela 6. Źródła biopaliw płynnych i ich zastosowanie

Biopaliwo	Roślina	Proces konwersji	Zastosowanie
Bioetanol	zboża, ziemniaki, pseudozboża i topinambur	hydroliza i fermentacja	dodatek do benzyn
	buraki cukrowe, trzcina cukrowa lub słodkie sorgo	fermentacja	
	uprawy energetyczne, słoma, <i>Miscantus</i> , rośliny trawiaste	obróbka wstępna, hydroliza i fermentacja	
Biometanol	uprawy energetyczne, <i>Miscantus</i>	gazyfikacja lub synteza metanolu	dodatek do benzyn
Olej roślinny	rzepak, słonecznik, soja	łoczenie	dodatek do benzyn
Biodiesel	rzepak, słonecznik, soja	estryfikacja	dodatek do ON
Bioolej	uprawy energetyczne, <i>Miscantus</i>	piroliza	substytut benzyny lub ON

Źródło: [Grzybek 2001b]

**Bioetanol** jest stosowany w benzynach jako jeden z dodatków podnoszących liczbę oktanową i poprawiających ekologiczne właściwości benzyny, szczególnie ołowiowej, podczas spalania w silnikach benzynowych [Heneman, Cervinka 2001].

**Metanol** można produkować z gazu naturalnego lub gazu powstałego w wyniku gazyfikacji biomasy. Bioenergia w postaci biometanolu jest jedynym nośnikiem energii, który może się stać paliwem czystych ekologicznie technologii napędu środków transportu. Metanol często uważa się za paliwo przyszłościowe, wykorzystywane w nowych typach ogniw paliwowych, wewnątrz których jest on przekształcany w wodór [Ciechanowicz 2001].

**Bioolej** jest paliwem neutralnym w stosunku do bilansu CO, a podczas jego spalania nie obserwuje się emisji SO<sub>2</sub>. Gęstość biooleju wynosi ok. 1,2 kg/dm<sup>3</sup>, wartość opałowa stanowi ok. 50–55% wartości opałowej oleju napędowego. Jego wartość opałowa wynosi 16–18 MJ/kg [Gradziuk i in. 2002b].

**Biodiesel** powstaje w wyniku estryfikacji nasion rzepaku i może stanowić dodatek do oleju napędowego. Rzepak może być uprawiany w Polsce na powierzchni ok. 2 mln ha, dlatego można go nazwać rośliną przyszłościową, stanowiącą m.in. produkt wyjściowy do wytwarzania metylowych/etylowych estrów rzepakowych. Zamojski [2003] podaje, że z 50 tys. ton rzepaku w skali roku można otrzymać ok. 600 ton oleju. Estry rzepakowe są naturalnym, odnawialnym paliwem do silników wysokoprężnych. Według Bauknehta [2002] z jednej tony nasion rzepaku otrzymuje się średnio 300 kg biodiesla. Średnie plony nasion rzepaku w Polsce w latach 1990–2001 wahały się od 1,6 do 2,4 t/ha. Można oczekiwać, że przy zwiększeniu powierzchni uprawy rzepaku o 100 tys ha i niskich plonach w ciągu 2–3 lat jest możliwe przeznaczenie ok. 250 tys ton rzepaku na produkcję biopaliwa. Ester metylowy wyprodukowany z tej ilości rzepaku stanowiłby wówczas ok. 1,3–4% krajowego zużycia oleju napędowego [Kuś 2002; Gradziuk 2002c]. Wieloletnie doświadczenia [Roszkowski 2003] wykazały, że pojazdy napędzane biopaliwem lub jego mieszkankami z mineralnym olejem napędowym znacznie mniej zanieczyszczają środowisko, ponieważ zawartość siarki w biodieslu jest dużo mniejsza niż w ropopochodnym oleju napędowym. W poszczególnych krajach przeestryfikowany olej rzepakowy jest nazywany: **ekodieslem, biodieslem, bionaftą, ekoestrem, epalem**.

## 7. Wykorzystanie energetyczne biomasy w procesie przetwarzania na paliwo gazowe

Najbardziej zaniedbaną dziedziną odnawialnych źródeł energii w Polsce jest pozyskiwanie biogazu z odpadów organicznych, szczególnie w gospodarstwach rolnych utrzymujących dużą ilość zwierząt, gdzie powstają ogromne ilości gnojówki, gnojowicy i obornika [Bal, Piechocki 2002]. Zanieczyszczenia pochodzące z produkcji zwierzęcej są dużym źródłem zagrożeń środowiska na terenach wiejskich [Mroczek 2001; Molenda 2001a, b]. Na ok. 2 mln polskich gospodarstw w 2001 roku zaledwie 10% posiadało obiekty przystosowane do przechowywania gnojówki, obornika i kiszzonek. W wyniku produkcji zwierzęcej rocznie powstaje ponad 140 mln ton odchodów [Dobkowski 2000]. Szkodliwe substancje, przenikając do gleb i cieków wodnych w pobliżu gospodarstw rolnych, powodują skażenie wód powierzchniowych. Jednym z najciekawszych sposobów neutralizacji tych substancji jest ich odgazowywanie. Uzyskuje się wtedy biogaz, którego spalanie dostarcza energię cieplną lub elektryczną oraz cenny kompost.

Jedną z technologii możliwych do wykorzystania w produkcji czystej energii jest beztlenowa fermentacja masy organicznej. Fermentacja metanowa jest procesem powszechnie występującym w przyrodzie, a jego wykorzystanie jest efektem dwu równolegle występujących problemów: zanieczyszczenia środowiska na skutek koncentracji produkcji w rolnictwie i potrzeby powrotu odpadowej materii do gleby w postaci nawozu organicznego [Eymontt 2002]. Pod koniec 2001 roku w Niemczech [Fischer, Krieg 2001a, b] pracowało 1650 biogazowni rolniczych, z mocą zainstalowaną 140 MW. Typowa wielkość reaktora wynosiła od 200 do 1200 m<sup>3</sup>.

Tradycyjne odpady rolnicze są używane jako nawóz, a niekiedy składowane na wysypiskach. Obydwie metody mogą powodować, i najczęściej powodują, zagrożenie dla środowiska. Największym jednak niebezpieczeństwem ze strony odpadów rolniczych jest zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego, co wynika z obecności w odpadach bakterii, wirusów, pasożytów i grzybów. Najlepszą metodą utylizacji odpadów rolniczych wydaje się więc fermentacja biomasy z jednoczesną produkcją energii.

Metan można również pozyskać bezpośrednio z wysypisk komunalnych jako wynik zachodzących tam technologicznych procesów fermentacji beztlenowej. Utylizacja gazu wysypiskowego jako mieszaniny gazów cieplarnianych: metanu – 50%, dwutlenku węgla – 33%, azotu – 16% i tlenu – 1%, służy przede wszystkim ochronie środowiska [Ott 2004]. W wyniku fermentacji beztlenowej substancje organiczne rozkładane są przez bakterie na metan i dwutlenek węgla. W czasie procesu fermentacji beztlenowej do 60% substancji organicznej jest zamienione w biogaz. Biogaz o dużej zawartości metanu > 40% może być wykorzystany do celów energetycznych lub w innych procesach technologicznych, np. szklarniach, pieczarkarniach, suszarniach zlokalizowanych wokół składowiska. Wybór możliwości zagospodarowania gazu składowiskowego jest zależny od tego czy mamy do czynienia z już istniejącym składowiskiem, czy też z będącym dopiero na etapie projektowania. Aby móc określić potencjał gazowy składowiska należy wykonać: obliczenia wskaźnikowe na podstawie ilości deponowanych odpadów, próbne odwierty i analizę ilościowo – jakościową biogazu oraz obliczenia modelowe [Czurejno 2005]. Oszacowanie potencjału gazowego składowiska pozwoli na wybór właściwej koncepcji już w fazie projektowania, co znacznie ułatwi hipotetyczne straty z tytułu niewykorzystania biogazu.

### Podsumowanie

W Polsce około 93,5% „zielonej” energii pochodzi obecnie z biomasy. Spośród jej wielu rodzajów drewno i jego odpady zajmują szczególną pozycję ze względu na ich powszechność, dostępność oraz zadawalające efekty energetyczne. Potencjał energetyczny biomasy według różnych badaczy, Kowalik [2003] – 15–20 mln Mg, Cieśliński [2005] – 40 mln Mg, jest olbrzymi, ale brakuje zdecydowanych działań, które zachęciłyby do produkcji i wykorzystania biomasy. W Szwecji przy poparciu organizacji rolniczych oraz ekonomicznego wsparcia państwa w ramach projektów rządowych realizowane są przedsięwzięcia z zakresu odnawialnych źródeł energii [Larsson 2005a]. Brak takich przedsięwzięć w Polsce determinują z jednej strony wysokie koszty instalacji grzewczych, problemy logistyczne, przygotowanie i magazynowanie biomasy, z drugiej strony niezbyt przejrzysta polityka w zakresie stosowania i produkcji biopaliw oraz urzędzeń do ich stosowania. Należy mieć jednak nadzieję, że znowelizowana Ustawa – Prawo energetyczne wyjaśni wiele wątpliwości związanych z potrzebą produkcji odnawialnych źródeł energii.



Stefan Szczukowski, Józef Tworkowski<sup>1</sup>

## Zmiany w produkcji i wykorzystaniu biomasy w Polsce

### Wstęp

Perspektywa wyczerpania się paliw kopalnych oraz obawy o stan środowiska naturalnego człowieka zwiększyły zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii i w konsekwencji doprowadziły do wzrostu ich wykorzystania w krajach należących do UE-15 przed 1 maja 2004 roku [Groscurth i in. 2000].

Zainteresowanie biomasą jako źródłem energii nastąpiło w krajach Wspólnoty Europejskiej w wyniku nadwyżki produkcji żywności i wycofaniu się części producentów rolnych z procesu wytwarzania pasz i surowców żywnościowych, możliwości produkcji na gruntach ornych paliwa odnawialnego o zerowym bilansie dwutlenku węgla i niższej emisji zanieczyszczeń powietrza w porównaniu ze spalaniem kopaliny oraz rozwoju nowoczesnych technologii umożliwiających osiągnięcie wyższej sprawności przemian energetycznych. Powyższe argumenty przekonały społeczeństwa w tych krajach o konieczności wprowadzenia biomasy jako paliwa częściowo zastępującego kopaliny w procesach energetycznych.

### 1. Regulacje prawne

Polska przystępując 1 maja 2004 roku do struktur UE-25 znowelizowała Ustawę – Prawo energetyczne (Dz. U. z 2004 r. Nr 29 i in.) oraz ustawę – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2004 r. Nr 91). Powyższe zmiany weszły w życie 1 stycznia 2005 roku, dostosowując je do dyrektywy 2001/77/WE z 27 września 2001 roku w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych oraz częściowo dyrektywy 2003/54/WE z 26 czerwca 2003 roku dotyczącej wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej. Powyższe zmiany ustaw oraz wydane stosowne dokumenty wykonawcze dają podstawy prawne do rozwoju rynku odnawialnych surowców energetycznych.

### 2. Tendencje zmian w produkcji i wykorzystaniu biomasy

W Polsce po akcesji do UE wyraźnie wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem biomasy do celów energetycznych. Biomasę stałą pozyskuje się z odpadów: leśnych, rolniczych, przemysłu drzewnego, zieleni miejskiej oraz niewielkie ilości z segregowanych organicznych odpadów komunalnych. W przyszłości uzupełnieniem bilansu podaży biomasy na rynku energetycznym może być jej pozyskiwanie z plantacji wieloletnich roślin: rodzimych gatunków wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) i aklimatyzowanych w Polsce: ślazuca pensylwańskiego (*Sida hermafrodita* Rusby) i miskanta (*Miscanthus* spp.).

Obecnie obserwuje się duże zainteresowanie tymi gatunkami w wielu krajach Europy i Stanach Zjednoczonych. El Bassam [1997] zalicza wymienione gatunki wytwarzające lignino-celulozową biomasę do grupy wysoko produktywnych roślin o potencjalnym plonie suchej masy  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Produkcja biomasy tych roślin i jej przetwarzanie stwarza możliwość wykorzystania gruntów rolniczych wyłączonych z produkcji surowców żywnościowych, odłogowanych oraz wadliwych, często o dużym potencjale produkcyjnym, ale okresowo nadmiernie wilgotnych lub zanieczyszczonych przez przemysł. Aktualnie w Polsce powierzchnie wieloletnich roślin energetycznych szacuje się na około 4 tys. ha w tym połowę areału stanowią plantacje wierzby energetycznej.

Zawistowski, Rańczak [2003] szacują, że w Polsce można określić potencjalną podaż biomasy z plantacji roślin energetycznych na około 50 mln ton o wartości energetycznej około 400 mln GJ, co jest równoważne energetycznie 20% węgla zużywanego aktualnie w krajowej energetyce ( $1\,900 \text{ mln GJ} \times 0,2 = 380 \text{ mln GJ}$ ). Pozyskanie takiej ilości biomasy wiązałoby się z przeznaczaniem na ten cel od 1,3 do 1,5 mln hektarów użytków rolnych. Bazą do zakładania potencjalnych plantacji roślin energetycznych mogłby być ciągle rosnący obszar odłogowanych użytków rolnych (ponad  $2 \text{ mln ha}^{-1}$ ), [GUS 2003] oraz część ekstenywnie wykorzystywanych użytków zielonych (około  $0,5 \text{ mln ha}^{-1}$ ).

<sup>1</sup> Prof. dr hab. Stefan Szczukowski, prof. dr hab. Józef Tworkowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa.

Biomasa wieloletnich roślin energetycznych pozyskana z plantacji polowych może być wykorzystana jako paliwo stałe: zrębki [Szczukowski i in. 1998, 2001], pelet – granulak [Stolarski i in. 2003]. Technologie produkcji paliw stałych z biomasy i wytwarzanie z nich energii cieplnej oraz w skojarzeniu energii cieplnej i elektrycznej są aktualnie handlowo dostępne na rynku [Szczukowski i in. 2001, Szczukowski i in. 2004], stwarza to możliwość ich szybkiego wdrożenia.

Ciechanowicz [2004], cytując najnowsze osiągnięcia nauki światowej twierdzi, że aktualnie powstaje szansa rozwoju obszarów wiejskich związana z uprawą wieloletnich roślin energetycznych, pozyskiwaniem biomasy i przetwarzaniem jej na paliwo węglowodorowe: metanol, co może stać się na początku przyszłej dekady tego wieku czynnikiem nie tylko rozwoju wsi, ale i całego kraju. W przeprowadzonej symulacji ekonomicznej wykazał on, że korzyści w postaci wartości sprzedaży z określonej powierzchni uprawy roślin wytwarzających lignino-celulozową biomasę o wydajności  $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  suchej masy i osiągalnej aktualnie sprawności jej przetwarzania do metanolu 40% oraz prognozowanej cenie metanolu  $1000 \text{ \$ USD} \cdot \text{t}^{-1}$  w relacji do energetycznego wykorzystania tej biomasy w odniesieniu do węgla kamiennego  $50 \text{ \$ USD} \cdot \text{t}^{-1}$  oraz w relacji do uprawy na tej samej powierzchni zbóż o wydajności  $5,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  przy cenie ziarna  $100 \text{ \$ USD} \cdot \text{t}^{-1}$  są jak  $20 : 2 : 1$  ( $10000 \text{ \$ USD} \cdot \text{ha}^{-1} : 1000 \text{ \$ USD} \cdot \text{ha}^{-1} : 500 \text{ \$ USD} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Z przytoczonych relacji wynika, że produkcja biomasy jako paliwa w odniesieniu do węgla jest 2-krotnie bardziej opłacalna niż uprawa zbóż. Produkcja paliw stałych z biomasy jest już aktualnie atrakcyjna. W perspektywie jednakże polskie rolnictwo potrzebuje produktu, na który byłby nieograniczony zbyt, pozwalający rozwiązać podstawowe problemy obszarów wiejskich: pogłębiający się brak rynku zbytu na produkcję rolniczą i bezrobocie na wsi. Tym produktem wydaje się być metanol wytwarzany z lignino-celulozowej biomasy, którego wartość sprzedaży z jednostki powierzchni plantacji może być 20-krotnie wyższa niż dochód ze sprzedaży ziarna zbóż.

Aktualnie w świecie tworzy się rynek na paliwa węglowodorowe pochodzenia biologicznego. W 1999 roku amerykańsko-kanadyjska firma Ballard powiadomiła, że istnieje rozwiązanie, które pozwoli potęgom motoryzacyjnym od Tokio po Stuttgart do Detroit stopniowo uwolnić się od pól naftowych objętych stowarzyszeniem OPEC [Geyer 2001]. Tym rozwiązaniem okazał się generator w postaci polimerowego ogniwa paliwowego zasilanego bezpośrednio metanolem, który jest sposobem na dostarczenie wodoru do ogniw. Ogniwa paliwowe dają 2-krotnie wyższą sprawność w porównaniu z silnikami wewnętrznego spalania i praktycznie zerową emisję zanieczyszczeń. Prognozy wskazują, że na rynku samochody osobowe wyposażone w ogniwa paliwowe dostępne będą już w handlu 2006–2008 roku [Iseberg i in. 2001]. Ponadto sygnalizuje się możliwości wykorzystania polimerowych ogniw paliwowych zasilanych metanolem jako generatorów energii w sprzęcie elektronicznym: przenośnych komputerach, telefonach komórkowych [Ciechanowicz 2001, Geyer 2001].

Metanol może być produkowany z gazu ziemnego, ale tylko metanol uzyskany w wyniku przetworzenia biomasy może być neutralny wobec efektu cieplarnianego. Doniesienia wskazują [Sethi i in. 1999, Suresh i in. 2001] na możliwość produkowania metanolu z biomasy lignino-celulozowej pozyskiwanej z plantacji polowych. Oznacza to, że metanol jako paliwo węglowodorowe staje się paliwem strategicznym w skali świata w sektorze transportu. Chodzi więc o to, aby Polska możliwie szybko na tym rynku mogła uczestniczyć.

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

O przydatności roślin do intensywnej uprawy na cele bioenergetyczne decydują:

- sprawność energetyczna uprawy – czyli stosunek energii zawartej w biomacie do energii potrzebnej do jej wytworzenia;
- rodzaj węglowodanów tworzących biomasę (lignino-celuloza lub skrobia) ze względu na różną sprawność procesu termochemicznego lub biologicznego jej przetwarzania.

Przeprowadzone badania wykazały, że wierzba krzewiasta, ślaziovec pensylwański i miskant dają bardzo wysoki współczynnik efektywności energetycznej, nawet kilkakrotnie wyższy niż u jednorocznych roślin rolniczych przeznaczonych na rynek żywnościowy (zboża, okopowe, oleiste). Wyjaśnia to, dlaczego naukowcy szwedzcy i amerykańscy i plantatorzy w wielu krajach do celów energetycznych preferują na plantacjach polowych uprawę wieloletnich roślin wytwarzających lignino-celulozową biomasę.

### 3. Plantacje energetyczne wierzby

Prace badawcze nad tym rodzimym gatunkiem w Polsce prowadzone są od ponad siedemdziesięciu lat, a autorzy artykułu prowadzą je już od kilkunastu lat [Szczukowski, Tworkowski 2001, Kisiel i in. 2004].

Wykazano, że plony suchej masy drewna wierzby w doświadczeniu zawarte były w przedziale od 11,0 do 26,4 t · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>. Najwyższy był on przy zbiorze roślin co 3 lata (średnio 21,6 t · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>), (tabela 1). Bardzo wysoka produktywność drewna wierzby oraz wysoka w nim zawartość celulozy (46–56%) sprawia, że rośliny te mogą być interesującym surowcem do produkcji metanolu. Dane cytowane przez Ciechanowicza [1997] wskazują, że z 2,6 tony suchego drewna można uzyskać 1 tonę metanolu, a sprawność termochemicznego procesu przetwarzania wynosi około 40%.

**Tabela 1. Plon suchej masy drewna *Salix spp.* oraz jego wartość kaloryczna**

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
Plon suchej masy drewna [t · ha <sup>-1</sup> · rok <sup>-1</sup> ]	14,9	16,1	21,6
Wartość kaloryczna drewna [MJ · kg <sup>-1</sup> s.m.]	18,55	19,25	19,56

Wartość kaloryczna drewna zbieranego co roku wynosiła 18,55 MJ · kg<sup>-1</sup> s.m., a co 3 lata 19,56 MJ · kg<sup>-1</sup> (tabela 1).

Nakłady energetyczne poniesione na założenie plantacji wierzby i zbiór roślin wyniosły 12,1 GJ · ha<sup>-1</sup> przy corocznym zbiorze, 18,6 GJ · ha<sup>-1</sup> przy zbiorze co 2 lata i 30,0 GJ · ha<sup>-1</sup> przy zbiorze pędów co 3 lata. Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wartości energetycznej uzyskanego plonu do sumarycznych nakładów energetycznych na uprawę, (m.in. nawozy, zbiór biomasy i transport) zawierała się w przedziale od 22,8 przy zbiorze roślin co roku do 42,1, gdy rośliny zbierano w cyklu 3-letnim (tabela 2).

**Tabela 2. Struktura nakładów energetycznych *Salix spp.* w różnych cyklach zbioru**

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co rok
Nakłady energii [GJ · ha <sup>-1</sup> ]	12,13	18,55	29,98
Plon suchej masy drewna [t · ha <sup>-1</sup> ]	14,9	32,1	64,6
Wartość energetyczna plonu [GJ · ha <sup>-1</sup> ]	276,4	617,9	1 263,5
Sprawność energetyczna uprawy <sup>a)</sup>	22,8	33,3	42,1

<sup>a)</sup> Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wartości energetycznej plonu do nakładów energii poniesionych na uprawę

Sprawność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej zbieranej w cyklach trzyletnich jest ponad dziesięciokrotnie wyższa niż przy uprawie rzepaku i ośmiokrotnie wyższa niż przy uprawie pszenżyta ozimego (tabela 3).

**Tabela 3. Porównanie sprawności energetycznej uprawy rzepaku, pszenżyta oraz wierzby krzewiastej**

Rodzaj danych	Rzepak	Pszenżyto	Wierzba zbiór co 3 lata (w przeliczeniu na rok)
Nakłady energii na uprawę [GJ · ha <sup>-1</sup> ]	20,05	16,34	9,99
Plon suchej masy nasion lub drewna [t · ha <sup>-1</sup> ]	2,70	4,50	21,53
Wartość kaloryczna [MJ · kg <sup>-1</sup> s.m.]	27,80	18,50	19,56
Wartość energetyczna plonu [GJ · ha <sup>-1</sup> ]	75,06	83,25	421,2
Sprawność energetyczna uprawy	3,74	5,09	42,16

Wyliczono na podstawie uzyskanych danych, że współczynnik efektywności energetycznej przy 40% sprawności przetwarzania drewna wierzbowego do metanolu wynosi 16,9, a pszenżyta do etanolu przy tej samej założonej sprawności (40%) wyniosła 2,1. Z literatury niemieckiej [Hartmann 1995] wynika, że sprawność energetyczna przetworzenia biomasy miskanta do metanolu wyniosła 19,6, a korzeni buraka cukrowego do etanolu 1,3.

## Podsumowanie

Po akcesji Polski do UE-25 ustanowiono podstawy prawne do wdrożenia nowej polityki rolnej, nastawionej na rozwój tak zwanego rolnictwa nieżywnościowego (ang. *non-food-production*), produkującego rośliny m.in. do energetycznego wykorzystania, uzupełniające produkcję żywności i pasz. 1 stycznia 2005 roku weszła w życie znowelizowana Ustawa – Prawo energetyczne, która zobowiązuje podmioty gospodarcze do zakupu energii elektrycznej i ciepła ze źródeł odnawialnych, co może stymulować szybki rozwój rynku biomasy.

Notuje się w kraju wzrost areалу plantacji połowych roślin energetycznych, aktualnie ok. 4 tys. ha (w tym wierzby wiciowej ok. 2 tys. ha), potencjalne możliwości oscylują ok. 1,5 mln ha.

Aktualnie na rynku są dostępne technologie umożliwiające wykorzystanie paliw z biomasy (zrębków i peletu) do wytwarzania w skojarzeniu energii elektrycznej i ciepła w energetyce zawodowej i ogrzewnictwie komunalnym.

W perspektywie 10 lat można stworzyć w kraju warunki do wytwarzania paliwa węglowodorowego – metanolu z biomasy lignino-celulozowej roślin energetycznych, który jest źródłem wodoru w ogniwach paliwowych, generatorach energii XXI wieku.

Andrzej Stanisław Zaman<sup>1</sup>

## Rośliny energetyczne przydatne do uprawy na terenie województwa podlaskiego

Rolnicy województwa podlaskiego produkujący do tej pory żywność i pasze, mają obecnie niepowtarzalną szansę stać się również producentami roślin energetycznych, ponieważ w energetyce zawodowej wzrasta znaczenie wykorzystywania biomasy poprzez jej współspalanie z węglem lub miałem. Coraz powszechniejsze stają się także wykorzystywanie nowoczesnych kotłów do spalania drewna w domkach jednorodzinnych oraz słomy w gospodarstwach rolnych. Tworzy się więc rynek biomasy, będącej odnawialnym i jednym z najtańszych źródeł energii. Rolnicy, którzy jako pierwsi zainwestują w uprawę roślin energetycznych, być może będą mieli szansę zawrzeć najatrakcyjniejsze kontrakty na dostawy biomasy wykorzystywanej do celów energetycznych.

Według Piotra Gradziuka z Instytutu Nauk Rolniczych w Zamościu, już w perspektywie kilku najbliższych lat podstawowego znaczenia energetycznego nabiorą biopaliwa stałe oparte na roślinach energetycznych, których uprawa obejmie znacznie większą powierzchnię (blisko 2,5 mln ha) niż zasiewów rzepaku na biopaliwa płynne (ok. 0,5 mln ha).

Podobnego zdania jest Piotr Kowalik z Politechniki Gdańskiej. Uważa on, że wypełnienie obowiązku zakupu energii ze źródeł odnawialnych zmusi przedsiębiorstwa energetyczne do zakupu blisko 15 mln ton biomasy już w 2010 roku. Co oznacza ta liczba? Rocznie zużywamy ok. 100 mln ton węgla, co odpowiada wartości energetycznej ok. 200 mln ton biomasy – w przybliżeniu jedna tona węgla równa się dwóm tonom biomasy. Zakładając, że dominujące znaczenie na rynku OZE będą miały biopaliwa stałe, to zastąpienie w 2010 roku 7,5 mln ton węgla (7,5% próg przyjęty w *Strategii* jako limit produkcji energii OZE) wymaga zebrania właśnie ok. 15 mln ton biomasy.

Skąd wziąć taką ilość biomasy? Na pewno nie można opierać się wyłącznie na pozyskiwaniu drewna z lasów i drzew rosnących przy drogach, ponieważ ich zapasy szybko się wyczerpią. Dlatego niezbędna stanie się uprawa roślin energetycznych na gruntach rolnych, odłogach i glebach marginalnych. W naszym kraju rolnicy będą mogli przeznaczyć na ten cel m.in. wierzbę, topole, topinambur, malwę pensylwańską, różę wielokwiatową i, będące jeszcze w trakcie badań, trawy wieloletnie, takie jak miskant olbrzymi.

Z przeprowadzonego szacunku produkcji słomy w województwie podlaskim wynika, że ma ono znaczne braki słomy w teoretycznym zapotrzebowaniu na paszę i ściółę. Nie istnieje więc możliwość rozwoju lokalnej energetyki w oparciu o spalanie słomy. Mimo to istnieją techniczne możliwości potraktowania ziarna żyta, owsa czy całych roślin zbożowych jako paliwa energetycznego. Przykładem mogą być tu doświadczenia z owsem energetycznym. Owies jest łatwy w spalaniu i jako surowiec opałowy jest tańszy od pelletsu. Wartość opałowa owsa wynosi 18,5 MJ/kg. Powstały w procesie spalania popiół może być wykorzystywany jako nawóz. Na ogrzanie jednego gospodarstwa domowego wystarcza 2 ha gruntu.

Spośród traw rodzimych ciekawą perspektywę stanowi energetyczne użytkowanie zbiorowisk szuwarowych, a w tym **manny wodnej i trzciny pospolitej** z naturalnych stanowisk. W naszych warunkach klimatycznych rodzime trawy łąkowe (**mozga trzcinowata, tymotka łąkowa, kostrzewa trzcinowata, kupkówka pospolita, stokłosa bezostna, rajgras wyniosły**) mogą produkować rocznie od 1,5 do 4,5 tony/ha celulozy, natomiast 40-letni bór sosnowy produkuje zaledwie około 1t/ha tej energetycznej substancji. Z tych powodów można podejmować rozsądne decyzje i korzystać z biomasy odłogowanych łąk lub plantacji traw na gruntach ornych, a plantacje z trawami introdukowanymi typu **miskanty, spartina, palczatka Gerarda** wprowadzać z ostrożnością i rozważą.

Gminy, jako jednostki administracyjne, zobowiązane są do poprawnego zagospodarowania podległej jej administracyjnie przestrzeni. Poprawne zagospodarowanie przestrzeni gospodarstwa rolnego i jego otoczenia jest jednym z ważniejszych zadań i działań przyczyniających się do ochrony środowiska i zharmonizowania krajobrazu.

Charakterystyczną cechą terenów wiejskich jest, znaczna w swoich rozmiarach, „produkcja” biomasy. Znaczenie biomasy może być rozpatrywane w kategoriach pozaekonomicznych, takich jak: kształtowanie krajobrazu, ochrona środowiska czy też zachowanie i utrzymanie lokalnej bioróżnorodności w otaczającej przyrodzie oraz w kategoriach ekonomicznych związanych z przedsięwzięciami gospodarczymi (energetyczne wykorzystanie drewna, uprawa roślin na potrzeby paliw płynnych, produkcja kompostu).

W naszym regionie do uprawy roślin energetycznych nadających się do wytwarzania energii cieplnej poprzez spalanie możemy zaliczyć: **wierzbę krzewiastą** (*salix viminalis*), **ślazowiec pensylwański** (*sida*

<sup>1</sup> Andrzej Stanisław Zaman, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

*hermaphroddita*), zwany również **malwą pensylwańską** lub „**sida**”, **topinambur** (*heliantus tuberosus*) zwany w gwarze ludowej „bulwą”, gdyż wytwarza podziemne bulwy przydatne do celów paszowych.

Plantacje energetyczne szybko rosnących wierzb krzewiastych mogą być zakładane na gruntach ornych lub wyłączonych z rolniczego użytkowania, na glebach o dużym potencjale produkcyjnym, ale wadliwych np. z powodu okresowego nadmiaru wody lub zanieczyszczenia gleby. Ocenia się, że szybko rosnące formy *Salix spp.* intensywnie uprawiane na plantacjach polowych mogą dać przyrosty lignino-celulozowej biomasy ponad dziesięciokrotnie wyższe niż w lesie naturalnym. Biomasa wierzb krzewiastych może być pozyskiwana w krótkich rotacjach (1, 2, 3 i 4-letnich) na tym samym podkładzie korzeniowym w ciągu 25 lat. Można przy tym łączyć jej funkcję energetyczną z wykorzystaniem plantacji do nawożenia ściekami, zagospodarowywaniem osadów pościekowych czy utrwalaniem stromych zboczy lub systemów melioracyjnych. Do uprawy wierzb najbardziej przydatnymi są gleby III, IV, V klasy bonitacyjnej. Rośliny reagują szczególnie wyraźnie na przebieg warunków atmosferycznych od połowy czerwca do końca sierpnia (w tym okresie przypada maksymalny przyrost masy roślinnej). Opady i umiarkowanie wysoka temperatura w tym okresie wpływają korzystnie na plony biomasy, susza natomiast może powodować spadek plonowania nawet o 50%. Susza jest szczególnie niebezpieczna w pierwszym roku uprawy w czasie ukorzeniania się zrzeszów. Ważne jest, aby plantacje wierzb zakładane były na użytkach rolnych dobrze uodnionych i odchwaszczonych. Optymalny poziom wód gruntowych przeznaczonych pod uprawę wierzby energetycznej to: 100–300 cm dla gleb piaszczystych i 160–190 cm dla gleb gliniastych. Wierzba nie znosi terenów pozostających przez okres dłuższy niż 2–3 tygodnie pod wodą po tym następuje zniszczenie plantacji.

Ślazier pensylwański został introdukowany do Polski w latach pięćdziesiątych XX wieku z Ameryki Północnej. Roślina dzięki zakładaniu pączków wzrostowych na korzeniach w strefie przyłodygowej corocznie odrasta, zwiększając liczbę łodyg od jednej, w pierwszym roku, do 20–30 w czwartym i następnych latach tworząc, dość silnie ulistniony krzew. Łodygi ślazier są okrągławe, w środku puste, o średnicy od 5 do 30 mm, zaś wysokość w końcu wegetacji może przekraczać 400 cm. Kwitnienie trwa około 6–8 tygodni i przypada na okres od lipca do września. Kwitnące rośliny są chętnie oblatywane przez pszczoły, trzmiele i inne owady.

Ślazier pensylwański nie ma specjalnych wymagań klimatycznych i glebowych. Udaje się nawet na glebach piaszczystych V klasy bonitacyjnej dostatecznie uwilgotnionych. Dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu jest to roślina odporna na okresowe susze i mroźne zimy. Ślazier może być rozmnażany zarówno generatywnie, jak i wegetatywnie przez różne części rośliny. Jesienią, po przymrozkach, ślazier gubi liście, a łodygi tracą wilgotność (zawartość suchej masy 63–77%). Zebrane w tym stanie nadają się do spalania, wytwarzania brykietów czy też peletów. Ze względu na niższą zawartość wody są bardziej cenne jako surowiec energetyczny niż wierzba.

Biorąc pod uwagę niewielki przyrost suchej masy drewna w 25-letnim lesie sosnowym wynoszący 3,9t/ha i ciepło spalania 17417 kJ/kg s.m., można wyliczyć, że z 1ha lasu uzyska się 67926 MJ ciepła. Z jednego ha plantacji ślazier, poczynając od drugiego roku uprawy, coroczna wydajność ciepła wyniesie 110753–257316 MJ w zależności od wysokości plonu i grubości łodyg. Uprawę ślazier, nawożenie, pielęgnację i zbiór biomasy prowadzi się tradycyjnymi metodami przy zastosowaniu standardowych maszyn rolniczych.

Inną rośliną przydatną do produkcji biomasy na terenie województwa podlaskiego może być słonecznik bulwiasty zwany topinamburem; należy on do rodziny astrowatych i jest blisko spokrewniony ze słonecznikiem zwyczajnym. Roślina osiąga wysokość od 2 do 4 metrów, a średnicę łodygi do 3 cm, jest rośliną dnia krótkiego. Jego wymagania klimatyczne są niewielkie, dobrze znosi zmienne warunki klimatyczne i niskie temperatury (do  $-50^{\circ}\text{C}$ ), jednak najkorzystniejsza dla tego gatunku jest pogoda ciepła i wilgotna. Topinambur obficie plonuje co najmniej dziesięć lat.

Topinambur może być wykorzystany do produkcji bioetanolu, a części nadziemne po wysuszeniu mogą być spalane lub też służyć do produkcji brykietów i peletów. Średni plon suchej masy waha się w granicach od 10 do 16 ton /ha. Na 1 ar uprawy potrzeba około 10 kg sadzeniaków. Jeden sadzeniak daje w plonie 50–80 bulw. Duża łatwość i niski koszt założenia plantacji topinamburu stwarzają szansę na rozpowszechnienie się tej uprawy.

W związku z tworzeniem rynku biopaliw jest szansa do powrotu uprawy rzepaku w naszym regionie. Rośliny energetyczne i ich uprawa stanowią jeden z elementów tworzącego się nowego rynku energii bioodnawialnej. Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych musi być starannie opracowane, aby nie stało się przyczyną degradacji środowiska. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na to, aby nakłady energii na uprawę roślin „energetycznych” były znacznie mniejsze od energii z nich uzyskiwanej.

Dużą inicjatywę powinny wykazać samorządy gminne i powiatowe sporządzając bilanse energetyczne i plany zaopatrzenia w energię oraz organizując mieszkańców (rolników) wokół rynku lokalnego bioenergii, by nie dopuścić do opanowania tych rynków przez obcych kontrahentów.

Dopiero po opracowaniu planów zaopatrzenia gmin w energię będzie można stwierdzić, jakie są potrzeby i możliwości uprawy roślin na cele energetyki odnawialnej.

Anna Edyta Gutowska<sup>1</sup>

## Biomasa – rośliny energetyczne

Obecnie każde środowisko naukowe i biznesowe promuje swoją własną koncepcję energetyki odnawialnej (wiatr, energia słoneczna, geotermalna, biomasa, biogaz itp.) przekonując o zaletach nośnika, który w danym momencie stanowi obiekt ich badań, bądź zainteresowań. Jednak najważniejszym polskim źródłem energii odnawialnej jest **biomasa**. Udział jej w strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii OZE przekracza 98%. Największą i najbardziej wartościową jej część może stanowić biomasa, pochodząca ze specjalnie uprawianych roślin zwanych energetycznymi. Potencjał plonotwórczy tych roślin waha się od kilkunastu do 25–30 t suchej masy z ha w ciągu roku i kilkakrotnie przewyższa plon słomy pozostającej po zbiorze zbóż czy rzepaku.

Argumentami przemawiającymi za energetycznym wykorzystaniem biomasy jest:

- nadprodukcja żywności,
- bezrobocie na wsi,
- konieczność ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>,
- możliwość tworzenia nowych miejsc pracy na wsi i w mieście,
- aktywizacja ekonomiczna lokalnych społeczności wiejskich,
- wyższe bezpieczeństwo energetyczne poprzez poszerzenie oferty producentów energii.

Podjęcie jednak decyzji o założeniu plantacji energetycznej wymaga uwzględnienia warunków siedliskowych, wymagań agrotechnicznych roślin, technologii zbioru i przechowywania biomasy, jakości surowca, technologii wykorzystania biomasy oraz opłacalności.

### 1. Rośliny drzewiaste szybkiej rotacji

*Salix viminalis* – wierzba wiciowa. Największą popularność zdobyła w krajach skandynawskich. W Polsce, gdzie wierzbę uprawia się na kilkuset ha, ilość ta – wg szacunków – będzie gwałtownie rosła, dzięki łatwości uprawy, osiągnięciom w hodowli (nowe, wydajniejsze odmiany), rozwojowi technologii pozyskiwania energii z biomasy, nieuchronności zmian w rolnictwie, związanej z integracją europejską oraz niższym kosztem wytwarzania 1 GJ energii w porównaniu do paliw kopalnych.

### 2. Trwałe rośliny dwuliścienne

Do najważniejszych bylin dwuliściennych uprawianych w Europie na cele energetyczne należą: *sida hermaphrodita*, *helianthus tuberosus*, *polygonum sachalinense*.

*Sida hermaphrodita* – ślazowiec pensylwański, znany również pod nazwą małwy pensylwańskiej, jest przedstawicielem rodziny ślazowatych. Pochodzi z Ameryki Północnej, gdzie rośnie w warunkach naturalnych. Gatunki z rodzaju *Sida* występują na pustynnych i półpustynnych obszarach Afryki, kontynentu australijskiego, Wyspach Zielonego Przylądka.

Do niedawna ślazowiec był gatunkiem nieznanym w naszym kraju. Został introdukowany do Polski w latach pięćdziesiątych XX wieku. Zainteresowanie ślazowcem pensylwańskim wynikało z chęci poszerzenia asortymentu gatunków roślin uprawnych. Charakterystyka biologiczna i morfologiczna tej rośliny dała podstawy do optymizmu pod względem wielostronnego jej wykorzystania. Pierwsze próby z aklimatyzacją i uprawą były bardzo zachęcające. Warunki glebowo-klimatyczne Polski gwarantowały dobry wzrost, rozwój i plonowanie. Stosunkowo szerokie badania przeprowadzone przez Styka i Borkowską (pracowników Akademii Rolniczej w Lublinie) określiły kierunki i możliwości wykorzystania ślazowca. Duża zawartość w zielonej masie związków białkowych (dochodząca do 30% w s.m.) przy korzystnym składzie aminokwasowym i wysokim plonie zielonki wskazała, iż może być cennym gatunkiem użytkowania pastewnego. Ważnym kierunkiem użytkowania ślazowca jest rekultywacja chemicznie zdegradowanych terenów, która wykorzystuje zdolność rośliny do pobierania i wynoszenia z podłoża metali ciężkich

<sup>1</sup> Dr inż. Anna Edyta Gutowska, Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Warszawie, Oddział Poświętne w Płońsku.

(Cd, Mn, Ni, Pb, Zn). W ostatnim jednak czasie dużym zainteresowaniem cieszy się kierunek wykorzystania ślazu w przemyśle celulozowo-papierniczym i energetycznym (tabela 1).

**Tabela 1. Ciepło spalania niektórych gatunków drzew i łodyg ślazu pensylwańskiego [kJ·kg<sup>-1</sup> s.m.]**

Gatunek		Ciepło spalania
Buk		18 042
Świerk		18 212
Sosna		17 417
Wierzba (wiklina)		16 711
Ślazowiec	łodygi cienkie	14 456
	łodygi grube	11 909

Ślazowiec pensylwański tworzy stosunkowo dużą biomasę (10–17 t s.m. z ha w zależności od sposobu rozmnażania i rodzaju podłoża) zbieraną corocznie przez kilkanaście lat z jednej plantacji. Zawartość suchej masy w łodygach ślazu może przekraczać 70%, zaś ciepło spalania cienkich łodyg jest zaledwie o 20% niższe niż drewna bukowego. Wysoka zawartość suchej masy (63–77%) w łodygach zbieranych zimą wskazuje na możliwość zastosowania ich do bezpośredniego spalania. Biorąc pod uwagę niewielki roczny przyrost suchej masy drewna w 25-letnim lesie sosnowym wynoszącym 3,9 t z ha i ciepło spalania 17 417 kJ·kg<sup>-1</sup>, można wyliczyć, że z 1 ha lasu uzyskuje 67 926 MJ ciepła. Z 1 ha plantacji ślazu, począwszy od drugiego roku uprawy, coroczna wydajność ciepła wyniesie od 110 753–257 316 MJ w zależności od wysokości plonu i grubości łodyg (grubość pędów można regulować stosując różne zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni).

Poza wymienionymi kierunkami użytkowania ślazu pewne znaczenie może mieć uprawa tego gatunku jako rośliny miododajnej o wydajności 110–143 kg miodu z ha, leczniczej (śluz), nasadzeń śródplonnych (remizy) dla dzikiej zwierzyny, przydrożnych pasów ochronnych.

Zbiór łodyg ślazu przeznaczonych na cele energetyczne, dla przemysłu celulozowo-papierniczego, budowlanego łączy się ze zbiorem na nasiona. Termin zbioru jest dość szeroki i uzależniony od warunków pogodowych, stanu gleby warunkującego użycie maszyn, przeznaczenia biomasy. Do zbioru przystępuje się po naturalnym zakończeniu wegetacji roślin (październik–listopad) lub po przymrozkach jesiennych. Zbierana w tym terminie biomasa odznacza się większą wilgotnością. Mniej wilgotne, a więc zawierające więcej suchej masy są łodygi zbierane zimą. Nawet przy bardzo opóźnionym terminie zbioru słabo osypujące się nasiona nie powodują większych strat w ich plonach. Użytkowanie plantacji ślazu pensylwańskiego na pozyskiwanie masy łodygowej może trwać 15–20 lat.

***Helianthus tuberosus*** – słonecznik bulwiasty, zwany topinamburem lub bulwą, należy do rodziny astrowatych. Jest blisko spokrewniony ze słonecznikiem zwyczajnym (*Helianthus annuus*). Topinambur jest rośliną wciąż mało znaną mimo iż jako roślina uprawna ma długą historię. Był uprawiany przez plemiona Indian w Ameryce Północnej jeszcze przed przybyciem Kolumba. W 1605 roku francuski podróżnik Samuel de Champlain przywiózł topinambur z Ameryki do Francji, a ponieważ w tym samym czasie do Francji zostali przywiezieni Indianie z plemienia Tupinamba – roślina została nazwana imieniem plemienia. W 1615 roku topinambur został nawet poświęcony przez papieża. Roślina ta stała się popularna i szybko znalazła zastosowanie w żywieniu człowieka. Topinambur uprawiany był w wielu krajach Europy i Azji, a w Ameryce Północnej wykorzystywano także rośliny ze stanu naturalnego, które często wręcz ratowały życie w okresie suszy, gdy zawiodły plony roślin uprawnych. Spożywany był w postaci surowej, gotowanej, pieczonej, aż w XVIII wieku wyparty został przez ziemniaka i wkrótce niesłusznie zapomniany. Przez wiele lat kojarzył się ludziom z biedą, choćby dlatego, że podczas II wojny światowej był uprawiany i spożywany w dużych ilościach. Do Polski topinambur sprowadzono w XIX wieku jako roślinę dekoracyjną i przez długi okres spełniał właśnie tę funkcję.

Roślina ta ze względu na duży potencjał plonowania, wszechstronną wartość użytkową biomasy, niskie wymagania glebowe oraz niewielkie nakłady na uprawę należy przypuszczać, że w przyszłości odegra ważną rolę w produkcji rolniczej i ochronie środowiska. Topinambur wymieniany jest jako jeden z gatunków nadających się do produkcji bioetanolu (bulwy). Natomiast zeschnięte na pniu części nadziemne, mogą służyć do bezpośredniego spalania, produkcji brykietów, czy też peletów. Świeża masa części nadziemnych, zbierana nawet kilkakrotnie w sezonie wegetacyjnym, może posłużyć jako surowiec do produkcji biogazu zarówno po przewiednięciu, jak i po zakiszeniu. Wydajność biogazu z 1 tony biomasy topinamburu oceniana jest na 480–590 m<sup>3</sup>.

Zaletą tego gatunku (zwłaszcza w przypadku stanowisk trudnych do uprawy, np. na stoku) jest możliwość samoodnawiania się plantacji, co eliminuje konieczność corocznych nasadzeń. Topinambur najczęściej uprawia się poza płodozmianem przez kilka lat na tym samym polu. Wieloletnia plantacja pozostawiona bez przerzedzania roślin i nawożenia mineralnego staje się jednak nieefektywna. Na żyznych glebach, przy dostatku wody, plony masy nadziemnej mogą dochodzić do 200 t z ha, a plon samych bulw do 90 t z ha.

Termin i częstotliwość zbioru topinamburu uzależnione są od celu uprawy (na bulwy lub zieloną masę). Jeśli podstawowym plonem są bulwy zbioru części nadziemnych dokonuje się najczęściej w październiku, gdyż wczesne koszenie zielonej masy (np. w czerwcu, lipcu) wpływa ujemnie na plon bulw. Zwykle zbioru bulw dokonuje się późną jesienią, przed nastaniem mrozów, można także wykorzystać okresy odwilży w zimowych miesiącach. Jeśli planujemy wiosenny termin kopania bulw, wówczas lodygi ścina się zimą w czasie mrozów, aby uniknąć ugniatania gleby z zimującymi w niej bulwami. Wiosenny zbiór powinien być przeprowadzony możliwie najwcześniej, kiedy tylko udaje się wjechać na pole maszynami, ponieważ bulwy kiełkują i ukorzeniają się bardzo wcześnie, jeszcze przed całkowitym obeschnięciem gleby. W przypadku uprawy na zieloną masę (w celach pastewnych lub np. do fermentacji na biogaz) części nadziemne można kosić w dwu, a nawet w trzech terminach: w czerwcu, sierpniu i listopadzie.

Topinambur często wysadzany jest przez leśników i koła łowieckie na polanach leśnych i obrzeżach pól uprawnych, gdzie stanowi tzw. poletka zaporowe dla zwierzyny leśnej. Szczególnie dziki chętniej wyjadają bulwy topinamburu, aniżeli ziemniaków, dzięki czemu nie czynią szkód w uprawach rolnych. Inną formą wykorzystania tego gatunku jest rekultywacja gruntów zdewastowanych przez przemysł i gospodarkę komunalną. Rośliny te pobierają znaczne ilości metali ciężkich ze skażonego podłoża i kumulują je w swojej biomase. Wysokie rośliny topinamburu mogą również stanowić doskonałą osłonę wysypisk śmieci, tras komunikacyjnych, zwałowisk pokopalnianych i komunalnych. Podnoszą aktywność mikrobiologiczną w glebie.

*Polygonum sachalinense* – rdest sachaliński. Roślina pochodząca z Azji Wschodniej. W warunkach polskich rozpoczyna wegetację dość późno, na przełomie kwietnia i maja. Roślina bardzo szybko rosnąca. Wegetację kończy wraz z nadejściem pierwszych przymrozków. Z uwagi na dużą dynamikę wzrostu oraz niewielkie wymagania glebowe, zasługuje na szersze zainteresowanie ze strony fizjologów roślin, genetyków i hodowców roślin celem wyhodowania odmian do celów specjalnych, także energetycznych.

### 3. Trawy wieloletnie

Do najbardziej wydajnych traw wieloletnich, które mogą stanowić cenne źródło energii odnawialnej zaliczamy gatunki introdukowane takie jak: spartina preriowa – *Spartina pectinata*, palczatka Gerarda – *Andropogon gerardi* oraz gatunki z rodzaju *Miscanthus* (*Miscanthus sinensis giganteus* – miskant olbrzymi, *Miscanthus sacchariflorus* – miskant cukrowy). W stanie naturalnym gatunki z rodzaju *Miscanthus* występują na terenach prawie całej Azji Południowo – Wschodniej oraz Azji Centralnej. Rośliny te nie są w Polsce jeszcze uprawiane na dużą skalę. Ze względu na dużą produkcję biomasy, wielostronność jej wykorzystania oraz niskie nakłady na prowadzenie plantacji można stwierdzić, że powierzchnia plantacji obsadzanych tymi gatunkami będzie wzrastać. Dzięki dużej zawartości celulozy gatunki te mogą być również wykorzystywane w przemyśle papierniczym, w budownictwie jako materiał izolacyjny i do wyrobu płyt wiórowych, a także w przemyśle chemicznym. Z racji mocnego systemu korzeniowego stosowane są jako rośliny przeciwozyjne, a ze względu na intensywne pobieranie z gleby metali ciężkich są przydatne w rekultywacji terenów zdegradowanych.

Średnie plony suchej masy siana z polskich łąk wynoszą ponad  $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a w dobrych warunkach  $10\text{--}15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Spośród traw introdukowanych najwyższe plony suchej masy mogą przynieść plantacje miskantów – około  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , natomiast mniejszych plonów można spodziewać się z plantacji spartiny preriowej i palczatki do  $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Omówione gatunki traw na cele energetyczne zbiera się zwykle jeden raz w roku. Biomasa powinna być zbierana takimi maszynami, które przygotowują surowiec opałowy do bezpośredniego podania do pieca. Najczęściej są to bele prostokątne lub bele wielkogabarytowe zwijane o wysokim stopniu zgniotu. Maksymalny plon miskantów uzyskuje się po zakończeniu wegetacji, lecz optymalny termin zbioru przypada na luty–marzec. Jednak, w okresie zimowym następuje obniżenie plonu suchej masy w wyniku utraty części liści przez roślinę. Jest to proces szczególnie widoczny podczas silnych wiatrów. Natomiast spartinę najlepiej zbierać w lutym lub marcu, ponieważ zbyt wczesny zbiór wymusza konieczność dosuszania biomasy (zasycha dopiero pod koniec listopada). Zaś palczatka Gerarda wcześniej kończy wegetację, dlatego można ją zbierać już jesienią. Służą do tego celu zwykle prasy zbierające.

W opracowaniach polskich i niemieckich przyjmuje się, że wartość opałowa 1 kg węgla kamiennego wynosi 25,0 MJ, zaś 1 kg słomy szarej lub biomasy z traw stanowi 60,8% tej wartości opałowej, czyli jest to 15,2 MJ. W przypadku zbioru plonów biomasy na poziomie 20 t z ha otrzymamy ekwiwalent zakupu 12 t węgla kamiennego. Biomasa w/w traw może być również wykorzystywana nie tylko do spalania, ale też w procesie fermentacji metanowej. Wydajność biometanu z 1 t suchej masy miskanta i spartiny oceniana jest na około 410 m<sup>3</sup>, co przy średnim plonie tych traw na poziomie około 20 t · ha<sup>-1</sup> daje 8200 m<sup>3</sup> · ha<sup>-1</sup> biometanu.

Plantacje energetyczne dają możliwość wykorzystania pod uprawę mało urodzajnych lub skażonych gleb, utylizacji osadów ściekowych, co stwarza szansę wdrażania alternatywnej produkcji rolnej na terenach zdegradowanych i niskoprodukcyjnych. Tereny rolnicze, które z uwagi na silne zanieczyszczenie gleby nie nadają się do uprawy roślin jadalnych, mogą być wykorzystywane do uprawy roślin przeznaczonych na cele energetyczne. Dodatkową zaletą upraw roślin energetycznych jest możliwość szerokiego wykorzystania ich produktów na inne cele przemysłowe.

Poprzez zakładanie i prowadzenie plantacji energetycznych można zwiększyć dochody rolnicze, zmniejszyć bezrobocie. Kwestie te mają szczególne znaczenie dla rejonów dotkniętych dużym bezrobociem, stwarzając dodatkową szansę dla osób zatrudnionych w rolnictwie w okresie, kiedy nie ma typowych rolniczych prac polowych. Zakładanie i prowadzenie upraw energetycznych na niewielkich powierzchniach może rozwiązać problem zaopatrzenia wsi w ciepło. Przykładowo, już 0,5 ha wierzby z odmian *Salix viminalis* var. *Gigantea* może zabezpieczyć w opał gospodarstwo rolne w ciągu całego roku.

Odnawialne źródła energii (a w szczególności biomasa) mogą stanowić istotny udział w bilansie energetycznym poszczególnych gmin czy nawet całych województw naszego kraju. Mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego regionu, a zwłaszcza do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej. Potencjalnie największym odbiorcą energii ze źródeł odnawialnych może być rolnictwo, a także mieszkalnictwo i komunikacja.

Józef Tworkowski, Stefan Szczukowski<sup>1</sup>

## Uprawa wierzby energetycznej

Udział energii ze źródeł odnawialnych w strukturze zużycia pierwotnych nośników w bilansie paliwo-energetycznym Polski ma wynosić 7,5% w 2010 roku oraz 14% w 2020 roku. Obecnie udział energii odnawialnej w ogólnym bilansie produkcji energii jest szacowany na 2,6%, oznacza to potrzebę trzykrotnego jej wzrostu w tym pięcioleciu. W strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii czołowe miejsce zajmuje biomasa. Udział biomasy stałej w wytwarzaniu energii odnawialnej w 2002 roku stanowił 90,5%. Biomasa stałą do celów energetycznych obecnie pozyskuje się z odpadów: leśnych, przemysłu drzewnego oraz z zieleni miejskiej. W najbliższej przyszłości uzupełnieniem bilansu podaży biomasy na rynku energetycznym może być jej pozyskiwanie z gruntów rolniczych z plantacji wieloletnich roślin energetycznych: wierzba krzewiasta (*Salix* spp.), ślaziovec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby), miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis giganteus*), topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) i inne. Spośród tej grupy roślin za najbardziej przydatne do uprawy i produkcji biomasy wydają się być rodzime gatunki szybko rosnącej wierzby krzewiastej. Od kilku lat w Polsce obserwowany jest wzrost zainteresowania uprawami energetycznymi wierzby krzewiastej. Zakładane są głównie plantacje mateczne, jak również pierwsze plantacje produkcyjne. Areal upraw wierzby krzewiastej z przeznaczeniem na cele energetyczne w warunkach Polski nie jest dokładnie określony. Szacuje się że powierzchnia upraw wierzby energetycznej w Polsce wynosi około 2 tys. ha. Należy zaznaczyć, że obecnie istotnym czynnikiem stymulującym rozwój arealu upraw roślin energetycznych w Polsce jest wprowadzenie od 2005 roku dopłat bezpośrednich do tego rodzaju produkcji. Największy areal upraw wierzby krzewiastej na cele energetyczne w Europie ma Szwecja (ok. 17 tys. ha). Należy zaznaczyć, że rząd Szwecji widząc potrzebę zwiększania udziału energii odnawialnej opartej o biomasa dotował zakładanie plantacji energetycznych.

Rząd Szwecji i Unia Europejska systemowo wspierają tego rodzaju uprawy.

### 1. Uprawa wierzby

Produkcja i pozyskiwanie biomasy drzewnej szybko rosnących wierzby krzewiastej na polowych plantacjach energetycznych jest nowym kierunkiem produkcji rolniczej. Wzrasta zainteresowanie tą nową działalnością rolniczą, określaną jako „agroenergetyka”. O sukcesie rolnika w uprawie wierzby decyduje między innymi plon biomasy z jednostki powierzchni, cena jednostkowa za wyprodukowany surowiec, a w konsekwencji zysk. Dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na czynniki, które będą o tym decydować. Potencjalny plantator może mieć wpływ przede wszystkim na wysokość plonu lignino-celulozowej biomasy wierzby zbieranej z jednostki powierzchni. Jednym z głównych elementów decydujących o wysokości przyszłych plonów biomasy jest wybór odpowiedniej odmiany lub klonu wierzby do nasadzeń oraz jakość somatyczna sadzonek. Kolejnym, bardzo istotnym warunkiem jest wybór stanowiska glebowego. Bardzo ważne jest również właściwie prowadzenie zabiegów agrotechnicznych na plantacji począwszy od przygotowania stanowiska, sadzenia, zabiegów pielęgnacyjnych i ochronnych oraz częstotliwość zbioru pędów. Uprawę wierzby energetycznej należy prowadzić w sposób zintegrowany tak jak inne uprawy rolnicze.

Wierzbę krzewiastą można uprawiać na różnych typach gleb pod warunkiem dobrego ich zaopatrzenia w wodę i składniki pokarmowe. Gleby o wyższym wskaźniku bonitacji (przydatności rolniczej) dają możliwość uzyskania wysokich plonów biomasy wierzby. Gleby aluwialne, napływowe są bardzo dobrym stanowiskiem do założenia plantacji wierzby energetycznej. Podobnie siedliska, które zwykle uważane są za nieodpowiednie dla większości upraw polowych (zboża, okopowe), ze względu na zbyt wysoki poziom wód gruntowych są przydatne do uprawy krzewów wierzby energetycznej. Nie nadają się jednak do tego celu gleby trwale zabagnione. Dobrym stanowiskiem są gleby użytkowane rolniczo (płuźnie) wyższych klas bonitacyjnych np. klasy III a i b, IV a i b. Suche, piaszczyste gleby (klasy VI) nie nadają się do wykorzystania pod uprawy energetyczne wierzby. Gleby piaszczyste V klasy wykazują pewien potencjał dla wzrostu i plonowania wierzby pod warunkiem, że charakteryzują się wysokim poziomem wody gruntowej lub będą nawadniane i wzbogacane nawozami mineralnymi lub organicznymi. W kraju w wielu regionach

<sup>1</sup> Prof. dr hab. Józef Tworkowski, prof. dr hab. Stefan Szczukowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa.

kraju występują znaczne obszary użytków zielonych, które obecnie są ekstensywnie wykorzystywane. Jedną z możliwości zagospodarowania części tych terenów może być ich przekształcenie w plantacje szybko rosnącej wierzby. Wierzba na glebach żyznych wytwarza dużą masę nadziemną, pędy dorastają w ciągu roku do 4 m wysokości, natomiast na glebach ubogich w materię organiczną, składniki pokarmowe i przy niedostatku wody, wysokość roślin i ich masa są znacznie zredukowane.

O powodzeniu uprawy wierzb krzewiastych na cele energetyczne decydują również właściwie prowadzone zabiegi agrotechniczne poczynając od przygotowania stanowiska poprzez kolejne lata wegetacji roślin. Przed założeniem dużej powierzchniowo plantacji należy właściwie ją rozplanować, tak aby możliwe było zmechanizowanie prac uprawowych (sadzenia, nawożenia, pielęgnacji, zbioru). Konieczne jest wydzielenie dróg technologicznych i miejsc na uwrocia sprzętu rolniczego. Zaleca się także wykonanie analiz glebowych, gdyż pozwoli to ustalić zasobność gleby i wielkość potrzebnego nawożenia mineralnego. Wierzba toleruje odczyn gleby od lekko kwaśnego do obojętnego – pH 5,5–7,0.

Gleba pod połową plantację wierzby energetycznej powinna być przygotowana tak jak pod inne rośliny rolnicze: zboża, oleiste czy okopowe. **Skuteczne zwalczanie chwastów to warunek decydujący o sukcesie w uprawie wierzby. Przygotowanie stanowiska po użytkach zielonych lub zachwaszczonych gruntach ornych pod przyszłą plantację powinno rozpocząć się latem w roku poprzedzającym sadzenie wierzby.** Należy skutecznie zwalczyć chwasty, szczególnie wieloletnie: perz (*Agropyron repens*), ostrożeń (*Cirsium arvense*), powój (*Convolvulus arvensis*) i inne. Najlepiej w pełni okresu wegetacji zastosować glifosat np. Roundup 360 SL w dawce 4–8 l/ha. Po kilku tygodniach należy rozdrobnić zniszczoną masę roślinną przy użyciu talerzówki, a następnie zorać (podorywka i bronowanie). Bardzo ważnym zabiegiem jest wykonanie zimowej orki na głębokość 35 cm. Zalecane jest również użycie głębosza, szczególnie na glebach użytkowanych rolniczo, w celu rozluźnienia zagęszczonych warstw gleby (podeszwy płuznej).

W pierwszym roku uprawy plantacja wierzby krzewiastej jest narażona na dużą konkurencję ze strony chwastów, dlatego zwalczanie ich w pierwszym roku wegetacji jest podstawowym zabiegiem. Nadmierne zachwaszczenie roślin wierzby na plantacji energetycznej w pierwszym roku wegetacji jest najczęstszą przyczyną niepowodzenia uprawy tego gatunku. Pozostawienie plantacji w stanie zachwaszczonym wpływa również ujemnie na produktywność roślin w kolejnych latach jej użytkowania. Po sadzeniu zrzesów (nieukorzenione 25 cm odcinki pędów), zanim zaczną rozwijać się pędy, 1–3 dni po sadzeniu, należy zastosować herbicydy doglebowe np.: Azotop 50 WP. Zabieg chemiczny ogranicza rozwój chwastów z nasion przez 6–8 tygodni. Po tym okresie może wystąpić zachwaszczenie wtórne, które warunkuje potrzebę zastosowania pielęgnacji mechanicznej. Bardzo ważne jest aby mechaniczne zwalczanie chwastów rozpocząć zanim chwasty rozwiją silny system korzeniowy. Najczęściej w okresie wegetacji oprócz zabiegu chemicznego wymagane jest dwu lub trzykrotne płytkie spulchnienie międzyrzędzi w celu ograniczenia liczby chwastów.

W dalszych latach użytkowania chwasty na dobrze prowadzonej plantacji szybko rosnących wierzb krzewiastych nie stanowią zagrożenia. Jeżeli w wyniku zaniedbań agrotechnicznych na polu wystąpią chwasty należy je wczesną wiosną zwalczać mechanicznie lub zastosować zabieg chemiczny. W okresie wegetacji roślin wierzby na chwasty jednoliścienne można stosować nalistne herbicydy selektywne np. Targa Super 5 EC.

Pierwszy rok uprawy traktowany jest jako faza wstępna. Należy zadbać o właściwy rozwój systemu korzeniowego i rozkrzewienie się roślin. W roku założenia plantacji na zasobnych stanowiskach można zrezygnować z nawożenia azotowego. Natomiast na słabszych należy zastosować dawkę startową azotu około 40 kg N/ha. Dawki fosforu i potasu powinny wynosić odpowiednio P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20 kg/ha i K<sub>2</sub>O 40 kg/ha. Przy ustalaniu dawek nawożenia mineralnego należy uwzględnić zasobność gleby. W drugim roku rośliny wierzby należy nawozić intensywnie (NPK 90:40:90 kg/ha). W tym czasie składniki pokarmowe pobierane z gleby są wykorzystywane przez rośliny do tworzenia licznych pędów, liści i korzeni. W trzecim i dalszych latach uprawy nawozy NPK należy zastosować w ilości odpowiednio 80:30:80 kg/ha. Po opadnięciu liści i uformowaniu się warstwy ściółki, zapotrzebowanie na nawożenie mineralne może być niższe, ponieważ część składników pokarmowych rośliny przyswajają z rozkładającej się biomasy liści. Wysokość nawożenia roślin należy dostosować do ilości składników pokarmowych wynoszonych z pola z plonem pędów.

Następnym bardzo istotnym czynnikiem warunkującym wysokość plonu biomasy jest wybór odpowiedniej odmiany lub klonu wierzby krzewiastej do nasadzeń. Do uprawy na plantacjach energetycznych zaleca się różne gatunki szybko rosnących wierzb krzewiastych: *Salix viminalis*, *S. amygdalina*, *S. dasyclados* etc. Obecnie najczęściej uprawianym gatunkiem na cele energetyczne jest *S. viminalis* i jego mieszańce.

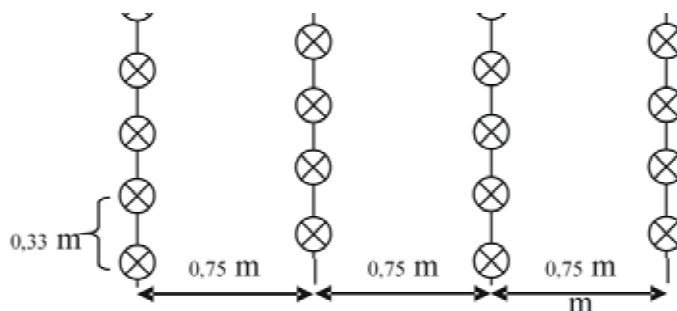
Klony wykorzystywane do zakładania plantacji energetycznych powinny charakteryzować się między innymi intensywnym wzrostem roślin, szybkim odrostem pędów po zbiorze, odpornością na choroby i szkodniki, dobrą mrozoodpornością, korzystną morfologią pędów, wysoką wartością kaloryczną drewna oraz powinny rozmnażać się wegetatywnie. Trzeba podkreślić, że zły wybór odmiany lub klonu może być przyczyną

uzyskania znacznie niższych plonów niż jest to oczekiwane, pomimo doboru odpowiedniego stanowiska i właściwie prowadzonych zabiegów agrotechnicznych. Decydując się na założenie plantacji wierzby energetycznej i zakup zrzesów należy znać źródło pochodzenia materiału oraz możliwości produkcyjne danego klonu czy odmiany w określonych warunkach glebowo-klimatycznych. Dlatego też dobrze jest wcześniej odwiedzić potencjalną plantację, z której ma pochodzić materiał rozmnożeniowy. Ponadto można skorzystać z doradztwa w zakresie doboru klonów czy odmian do nasadzeń ze strony osób zajmujących się tą tematyką profesjonalnie.

W Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego (UWM) w Olsztynie już od 1989 roku prowadzone są prace hodowlane i agrotechniczne nad wykorzystaniem wierzby do celów energetycznych. Badaniom poddano ponad 150 klonów *Salix* spp. Wyselekcjonowano spośród nich klony, które mogą być wykorzystane do zakładania połowych plantacji energetycznych. W 2003 roku pracownicy Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa UWM zgłosili do Księgi Ochrony wyłącznego prawa do odmiany w Centralnym Ośrodku Badania Odmian Roślin Uprawnych pierwsze trzy polskie odmiany wierzby energetycznej – START, SPRINT i TURBO. Aktualnie prowadzone są prace hodowlane, które mają na celu wyprowadzenie międzygatunkowych wysoko produktywnych klonów charakteryzujących się zwiększoną tolerancją na choroby i szkodniki, odpowiednio dostosowane do różnych siedlisk glebowych.

Gęstość sadzenia zrzesów uzależniona jest od rozstawu kół maszyn rolniczych, zwłaszcza ciągników i maszyn do pielęgnacji oraz zbioru roślin z plantacji. Ważnym czynnikiem są także cykle pozyskiwania biomasy – jednoroczny, dwu-, trzy- lub czteroletni. Zrzesy najlepiej wysadzać w pole wczesną wiosną ręcznie lub maszynowo równo z powierzchnią gleby. Po około 3 tygodniach pewna liczba posadzonych zrzesów może się nie przyjąć (nie wytwarza pędów). Sadzi się wówczas w te miejsca nowe zrzesy, dobrze przechowane.

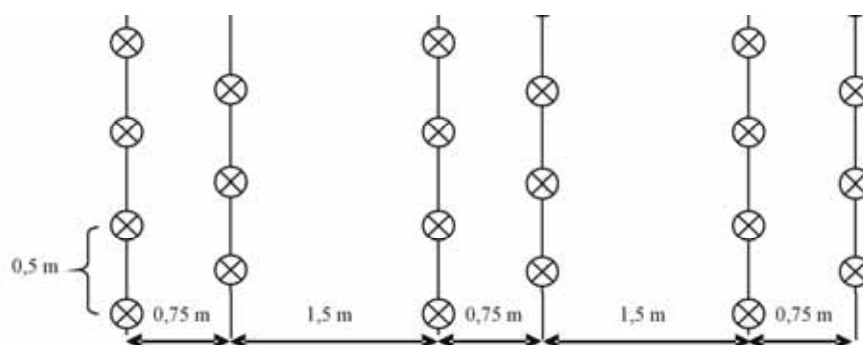
W warunkach Polski na plantacjach matecznych lub małych obszarowo plantacjach produkcyjnych sadi się 32 tys. sadzonek na hektar w rozstawie 0,75 m x 0,33 m (rysunek 1), (uwzględnia się drogi technologiczne).



**Rysunek 1. Sposób sadzenia zrzesów przy zagęszczeniu 32 tys. roślin/ha i zbiorze roślin w cyklach jednorocznych**

Przy takim zagęszczeniu roślin mogą być pozyskiwane pędy w cyklach jednorocznych do celów energetycznych na plantacjach o powierzchni do 5 ha. Umożliwia to wykorzystanie istniejących tam zasobów pracy oraz znajdującego się w gospodarstwie sprzętu rolniczego do zbioru pędów po jego niewielkich adaptacjach. Zbiór pędów wierzby w cyklach jednorocznych zapewnia rolnikowi stały, coroczny ekwiwalent za wyprodukowany surowiec energetyczny, poczynając od drugiego roku zbioru.

Na wielkoobszarowych towarowych plantacjach (powyżej 5 ha), zrzesy zaleca się sadić pasowo, w podwójnych rzędach. Odległość pomiędzy rzędami w pasie wynosi 0,75 m, a pomiędzy pasami 1,5 m. W rzędach zrzesy sadi się najczęściej co 0,5 m, daje to obsadę ok. 18–20 tys. roślin/ha. Pędy wierzby zbiera się w 3- lub 4-letnich cyklach.



**Rysunek 2. Sposób sadzenia zrzesów przy zagęszczeniu 18 tys. roślin/ha i zbiorze roślin w cyklach 3-, 4-letnich**

Pozyskiwanie biomasy drzewnej wierzb krzewiastych z polowych plantacji energetycznych może być prowadzone dwukierunkowo. Jednym ze sposobów jest jednoetapowy zbiór roślin przeprowadzany za pomocą specjalistycznych kombajnów. Obecnie najczęściej do jednoetapowego zbioru roślin wierzb w cyklach 3-letnich używa się kombajnów Claas Jaguar, ze zmodyfikowanym aparatem tnącym. Maszyna ta kosi pędy a następnie rozdrabnia je na zrębki (jest to proces analogiczny do zbioru np. kukurydzy na kisonkę). W ciągu jednej godziny pracy kombajnu można pozyskać około 30 ton zrębków. Następnie tak powstałe paliwo (zrębki) o wilgotności ok. 50%, trafia najczęściej bezpośrednio do obiektu energetycznego.

W innym wariantcie pędy wierzb mogą być zbierane dwuetapowo. W pierwszym etapie następuje koszenie całych pędów, za pomocą specjalistycznych maszyn samobieżnych lub napędzanych od wałka odbioru mocy ciągnika. Z małych obszarowo plantacji pędy mogą być koszone ręcznie przy użyciu tarczowych pił na wysięgnikach. Po skoszeniu pędy mogą być składowane w stertach i poddane naturalnemu procesowi suszenia. Następnie w drugim etapie podsuszone pędy są rozdrabniane na zrębki przy użyciu rębaków. Wydajność rębaków jest zróżnicowana i może zawierać się w przedziale od jednej do kilkunastu ton zrębków na godzinę pracy. W ten sposób można pozyskać paliwo (zrębki) o wilgotności poniżej 25%. Oczywiście na wybór sposobu pozyskiwania biomasy z plantacji wierzbowych będzie miało wpływ wiele czynników jak chociażby: technologia w jakiej wytwarzana będzie energia z biomasy, wielkość instalacji, areal z jakiego pozyskiwane będzie paliwo, rozmieszczenie przestrzenne plantacji oraz dostępność maszyn i urządzeń.

## 2. Plon suchej masy drewna wierzbowego i jego wartość kaloryczna

Plon suchej masy drewna wierzbowego z jednostki powierzchni plantacji produkcyjnej może być bardzo zróżnicowany. Wynosi on od kilku do kilkunastu ton suchej masy drewna z 1 ha/rok. Wysokość plonu biomasy jak już wspomniano zależy od: stanowiska glebowego, odmiany, agrotechniki oraz gęstości sadzenia i cyklu zbioru roślin. W badaniach własnych na intensywnie prowadzonej polowej plantacji wierzb krzewiastych na madzie ciężkiej wytworzonej z gliny ciężkiej pylastej, kompleks zbożowo pastewny mocny 8, kl. bonitacji III b, przy zbiorze roślin w cyklach jednorocznych uzyskano średnio 15 t suchej masy/ha/rok drewna. W miarę wydłużania cyklu zbioru do 2 i 3-letniego wzrastał on do 16 i 21 t suchej masy/ha/rok (tabela 1).

Zrębki otrzymane z wierzb krzewiastej miały kalorymetryczną wartość cieplną zawartą w przedziale od 18,6 do 19,6 MJ/kg suchej masy, w zależności od cyklu zbioru roślin (tabela 1). Wartość ta stanowi około 2/3 wartości kalorycznej średniej jakości węgla kamiennego. Cechą charakterystyczną drewna wierzbowego jest jego bardzo niska popielność. Zawartość popiołu po spaleniu drewna zmniejsza się wraz z opóźnianiem terminu zbioru pędów z około 1,9% do 1,3 %, odpowiednio w cyklu jednorocznym i trzy-letnim. Popiół ten może ponownie wrócić na plantacje energetyczne i być wykorzystany jako nawóz mineralny.

**Tabela 1. Plon suchej masy drewna wierzb krzewiastych jego wartość kaloryczna oraz zawartość popiołu**

Termin zbioru pędów	Plon suchej masy [t/ha/rok]	Wartość kaloryczna drewna [MJ/kg s.m.]	Zawartość popiołu [%]
Co rok	14,81	18,56	1,89
Co dwa lata	16,07	19,25	1,37
Co trzy lata	21,47	19,56	1,28
<b>Średnio</b>	<b>17,45</b>	<b>19,12</b>	<b>1,51</b>

W innym doświadczeniu własnym badano produktywność klonów *Salix viminalis*, *Salix viminalis* x *Salix purpurea* oraz *Salix americana* na dwóch różnych stanowiskach glebowych w jednorocznych cyklach zbioru pędów. Stwierdzono, że wierzba uprawiana na madzie średniej plonowała istotnie wyżej niż na madzie lekkiej, odpowiednio 13,81 t/ha i 5,43 t/ha suchej masy drewna (tabela 2). Na madzie średniej zdecydowanie najwyżej plonował klon z gatunku *Salix viminalis* (16,88 t/ha), natomiast słabiej plonowała *Salix americana* (11,14 t/ha). Uprawa tych klonów na słabszym stanowisku glebowym przy okresowym niedostatku wody wpłynęła na znaczne obniżenie plonów. Rośliny *Salix viminalis* plonowały 3-krotnie niżej niż na madzie lekkiej, natomiast u *Salix viminalis* x *Salix purpurea* oraz *Salix americana* dały 2-krotnie niższe plony. Spośród badanych klonów uprawianych na madzie lekkiej najwyższy plon suchej masy drewna dała krzyżówka *Salix viminalis* x *Salix purpurea* (6,35 t/ha). Można przypuszczać, że klony z gatunku *Salix purpurea* oraz ich krzyżówki międzygatunkowe mogą być bardziej przydatne do uprawy na słabszych stanowiskach glebowych niż np. *Salix viminalis*. Obecnie prowadzone są badania w tym zakresie.

**Tabela 2. Plon suchej masy drewna wierzb krzewiastych uzyskany na madzie średniej i madzie lekkiej w jednorocznym cyklu zbioru [t/ha]**

Klon	Mada średnia	Ma da lekka
<i>Salix viminalis</i>	16,88	5,28
<i>Salix viminalis</i> x <i>Salix purpurea</i>	13,43	6,35
<i>Salix americana</i>	11,14	4,67
Średnio	13,81	5,43

### 3. Opłacalność uprawy wierzb krzewiastych

Na podstawie danych z doświadczeń polowych prowadzonych przez pracowników Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przeprowadzono analizę kosztów założenia plantacji energetycznej wierzby krzewiastej oraz produkcji zrębków. Analizę przeprowadzono na podstawie różnicy między wszystkimi dochodami a kosztami własnymi. W obliczeniach nie uwzględniono zysku usługodawcy.

Zwrot kosztów inwestycji w uprawie wierzby na cele energetyczne nie jest możliwy po pierwszym roku. Może się on rozpocząć po dwóch, trzech lub czterech latach od momentu założenia plantacji, w zależności od przyjętego cyklu zbioru. Plon biomasy i jej cena to czynniki, które istotnie wpływają na zysk końcowy i opłacalność uprawy wierzby. W analizie założono, że zrębki wierzbowe będą sprzedawane w cenie 10 zł/GJ, co daje wartość ok. 80 zł za tonę świeżych „surowych” zrębków. Należy tutaj zaznaczyć, że w krajach Europy Zachodniej ceny energii zawartej w biomase są obecnie wyższe i wynoszą ok. 15 zł/GJ, co daje wartość około 120 zł za tonę świeżych zrębów przy wilgotności około 50%.

Większość kosztów założenia plantacji energetycznej wierzb krzewiastych związana jest z przygotowaniem stanowiska oraz z zakupem zręzków w pierwszym roku prowadzenia plantacji. Założono, że materiał sadzeniowy zostanie zakupiony w cenie 0,15 zł za 1 zręzek. Koszt założenia 1 hektarowej plantacji energetycznej wierzb krzewiastych, przy obsadzie 32 000 roślin/ha wyniósł 6951 zł (tabela 3). Koszt zakupu materiału sadzeniowego w analizowanym wariantcie stanowił 69% kosztów założenia plantacji wierzby krzewiastej. W pierwszym roku założenia plantacji ponosimy znaczne koszty, które są rozłożone na 24 lata jej eksploatacji. Zatem roczne obciążenie wynosi 290 zł.

**Tabela 3. Koszt złożenia na gruntach rolniczych plantacji wierzby krzewiastej przy obsadzie 32 tys. roślin/ha po kosztach własnych [zł/ha]<sup>a)</sup>**

Wyszczególnienie	[zł]
Oprysk (Roundup)	17
Wapnowanie	60
Wysiew nawozów (PK)	16
Orka przedzimowa	77
Bronowanie	23
Koszt zakupu sadzonek	4800
Wytyczenie znaków do sadzenia	16
Sadzenie ręczne	474
Oprysk (Azotop)	17
Pielenie mechaniczne (2x)	73
Zakup wapna i nawozów	346
Zakup środków ochrony roślin (Roundup i Azotop)	230
Ręczny zbiór roślin po zakończeniu pierwszego okresu wegetacji	716
Podatek rolny	85
<b>Razem</b>	<b>6951</b>
<b>Koszt przeliczony na rok użytkowania plantacji (1/24 Σ)</b>	<b>290</b>

<sup>a)</sup> koszty te mogą być różne dla poszczególnych gospodarstw, ze względu na inną założoną obsadę roślin/ha, jakość gleby, stopień zachwaszczenia stanowiska oraz inne czynniki

Koszty produkcji oraz opłacalność pozyskiwania pędów wierzby krzewiastej w trzech cyklach zbioru przedstawiono w tabeli 4. Przyjęto plony świeżej biomasy średnio: 29 t/ha przy zbiorze roślin co roku, 56 ton przy zbiorze co dwa lata, 91 t/ha przy zbiorze co trzy lata. Założono cenę 80 zł za 1 tonę zrębków wierzbowych o wilgotności 50%. Najniższe koszty produkcji 1 tony zrębków stwierdzono przy zbiorze roślin w cyklu trzyletnim (33 zł/tonę). Zysk z produkcji 1 tony zrębków wyniósł w tym wariantcie 47 zł.

Z punktu widzenia opłacalności produkcji najkorzystniejszej jest zbierać rośliny wierzby krzewiastej w cyklu trzyletnim. Zysk z ha w przeliczeniu na rok użytkowania wyniósł w badaniach własnych 1 423 zł. Gdy rośliny zbierano w cyklu jednorocznym zysk z ha wyniósł średnio 965 zł. Należy podkreślić, że jednoroczne pędy *Salix* spp. mogą być zbierane silosokombajnem sprzężonym z ciągnikiem lub snopowiązałkami do wikliny. Natomiast do zbioru roślin w cyklach dwu- i trzyletnich wymagany jest np. kombajn Claas Jaguar.

**Tabela 4. Opłacalność produkcji wierzby krzewiastej w trzech cyklach zbioru przy obsadzie 32 tys. roślin na 1 ha**

Wyszczególnienie	Zbiór w cyklach		
	jednorocznym	dwuletnim	trzyletnim
<b>Koszt produkcji [zł/ha]</b>	1355	1974	3011
Średnie plony biomasy [t/ha]	29	56	91
Koszt produkcji 1 tony świeżych zrębków [zł]	47	35	33
Cena za 1 tonę świeżych zrębków [zł]	80,00	80,00	80,00
Zysk z 1 tony [zł]	33	45	47
Zysk z 1 ha [zł]	965	2506	4269
<b>Zysk z 1 ha/rok [zł]</b>	<b>965</b>	<b>1253</b>	<b>1423</b>

Inny obraz ekonomiki uprawy wierzby ujawnia się przy założeniu, że zrębki wierzbowe będą wykorzystywane na własne potrzeby energetyczne w gospodarstwie jako substytut węgla kamiennego sortymentu miał (tabela 5).

**Tabela 5. Plon suchej masy drewna wierzbowego, energia brutto zawarta w drewnie oraz energia wyrażona w równoważniku energetycznym węgla kamiennego oraz przychód brutto**

Plon suchej masy drewna wierzbowego [t/ha/rok]	Energia brutto [GJ/ha/rok]	Energia wyrażona w równoważniku energetycznym węgla kamiennego (asortyment miał) [t/ha/rok]	Przychód brutto [zł/ha/rok]
5	90	4	920
10	180	8	1840
15	270	12	2760
20	360	16	3680
25	450	20	4600

Przy założeniu plonów suchego drewna wierzbowego od 5 do 25 t/ha/rok i wartości opałowej na poziomie 18 GJ/tonę wynika, że ekwiwalentnie możemy uzyskać równoważnik energetyczny od 4 do 16 ton miału węglowego z 1 ha w ciągu roku. W związku z powyższym przy cenie miału na poziomie 230 zł/tonę, przychód brutto z uprawy wierzby może wynosić od 920 zł/ha/rok przy plonie 5 t suchej masy drewna do 4600 zł/ha/rok przy plonie 25 t suchej masy. Na rynku są dostępne bezobsługowe kotły do spalania zrębków drzewnych o mocy od 15 do 50 kW dla indywidualnych inwestorów oraz o większej mocy dla ogrzewnictwa komunalnego.

Pozyskana biomasa z polowych upraw wierzby energetycznej może być wykorzystywana jako samostne paliwo w postaci zrębków w ogrzewnictwie indywidualnym lub lokalnych, komunalnych ciepłowniach do wytwarzania energii cieplnej. Oczywiście proces spalania musi być prowadzony w odpowiednich kotłach (wyposażonych w automatyczne podajniki paliwa) przystosowanych do efektywnego spalania biomasy powietrznie suchej bądź o wysokiej wilgotności. Istnieje również możliwość współspalania zrębków wierzbowych w mieszance z miałem węglowym w istniejących kotłach w energetyce zawodowej. Pozyskana biomasa wierzbową może być również uszlachetniana, przetwarzana do postaci brykietu lub peletu (granulatu drzewnego). W perspektywie 10–15 lat możliwe będzie wykorzystanie lignino-celulozowej biomasy do wytwarzania biometanolu, który w układzie ogniów paliwowych ma być strategicznym „paliwem węglowodorowym” w środkach transportu samochodowego.



Janusz Budny<sup>1</sup>

## Energetyczna i ekologiczna ocena biomasy drzewnej na tle paliw konwencjonalnych

Współczesna cywilizacja wymusza powiększające się zużycie różnych postaci energii, wśród nich szczególnie energii elektrycznej i ciepłej. Kryterium oceny energochłonności jest wartość liczbową jednostkowego wskaźnika zużycia energii na głowę mieszkańca w określonym czasie:

$$a_j = \frac{E}{\tau} = \frac{J}{rok} \quad (1)$$

gdzie :  $a_j$  – jednostkowy wskaźnik zużycia energii

$\tau$  – czas

J – džul, jednostka energii lub jej pochodna, np. MJ, GJ.

Szczególny wpływ na wartość liczbową  $a_j$  wywiera tzw. „metabolizm społeczny człowieka”, czyli wzrastające zużycie energii na potrzeby przemysłu, transportu, środków medialnych. W społeczeństwach opartych o gospodarkę prymitywną, człowiek zadowala się doprowadzeniem około 20 MJ energii dziennie, i to z pożywieniem, natomiast członek społeczności bardzo zindustrializowanej i zurbanizowanej zużywa nawet 1000 MJ dziennie! Najwyższym imperatywem, określającym potrzebę radykalnego obniżenia wartości  $a_j$  są możliwość fizycznego wyczerpania się paliw oraz ekologiczne skutki ich spalania. Toczy się spór, które z tych niebezpieczeństw wcześniej dotknie współczesną cywilizację.

Najistotniejsza część zużywanej przez ludzkość energii konwencjonalnych i odnawialnych wywodzi się z podstawowej przemiany energetycznej, którą jest spalanie paliw. Paliwa konwencjonalne to te, które zostały kiedyś zmagazynowane pod powierzchnią Ziemi i należą do nich węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, ropa naftowa i gaz ziemny. Paliwa odnawialne to te, które odnawiają się w przyrodzie pod wpływem promieniowania słonecznego i główną ich postacią jest biomasa czyli materia organiczna, wytwarzana przez rośliny w procesie fotosyntezy, pod wpływem energii słońca z dwutlenku węgla w obiegu przyrodniczym. Głównymi filarami tego obiegu są rośliny, przyswajające i gromadzące węgiel pierwiastkowy z dwutlenku węgla  $CO_2$  i wydzielające tlen i zwierzęta, które przyswajają tlen i dostarczają roślinom dwutlenek węgla. Biomasa jest podstawowym ogniwem w łańcuchu żywieniowym zwierząt i człowieka. Część jej może być pożytkowana na cele metabolizmu społecznego człowieka, np. spalana, ale powinno to się dziać w ujęciu rozwoju zrównoważonego, czyli takiego rozwoju naszej cywilizacji, który gwarantuje utrzymanie poziomu cywilizacyjnego, bez pogorszenia stanu środowiska, przy konkurencyjności gospodarki. Biomasa jest więc paliwem roślinnym, o relatywnie dużej wartości opałowej, a jej najpopularniejszym przedstawicielem w energetyce ciepłej jest drewno. Ponieważ biomasa jest ogniwem w łańcuchu żywieniowym zwierząt i człowieka, zdefiniowania wymaga ta jej część, która może być wykorzystywana w energetyce. Od pewnego czasu taką definicję proponuję, gdyż „zachłanni energetycy”, chcą spalać wszystko co wytworzy przyroda, bez wnikliwej oceny, czy dzieje się to w ujęciu rozwoju zrównoważonego. Klasycznym przykładem takiego postępowania, jest powiększające się spalanie ziarna zbóż, również w Polsce, podczas gdy znaczna część ludzkości głoduje, a nawet umiera z głodu.

Biomasa przeznaczana do celów energetycznych jest tkanką roślinną, o dużej zawartości suchej masy, dużym stopniu uwęglenia, a więc i dużym ciepłem spalania i wartości opałowej, poddawana uszlachetnieniu przed spalaniem, nie znajdująca się w łańcuchu żywieniowym człowieka i zwierząt gospodarczych, oraz nie nadająca się do zastosowania w intensyfikacji tego łańcucha.

W biomacie zaczyna się upatrywać panaceum na odsunięcie wymienionych wcześniej niebezpieczeństw, czyli możliwości fizycznego wyczerpania się paliw konwencjonalnych i wysoce niepożądanego oddziaływania procesów ich spalania na biosferę. Warto zatem dokonywać oceny energetycznej i ekologicznej biomasy, na tle paliw konwencjonalnych, aby prowadzić rozsądną politykę energetyczną.

Energetyczna ocena biomasy na tle paliw konwencjonalnych, może dotyczyć wielu ich właściwości, jednak za najniezbędniejsze należy uznać: wartość opałową, zawartość wilgoci, popiołu i części lotnych. Porównanie tych właściwości przedstawia tabela 1.

<sup>1</sup> Prof. dr hab. inż. Janusz Budny, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej oraz Gospodarki Energią.

**Tabela 1. Właściwości energetyczne niektórych paliw konwencjonalnych i biomasy (wartości uśrednione)**

Paliwo	Właściwość			
	Wartość opałowa [MJ/kg] [MJ/m <sup>3</sup> ]	Zawartość wilgoci [%]	Zawartość popiołu [%]	Zawartość części lotnych [%]
Gaz ziemny	35,8–39,3	–	–	100
Olej opałowy lekki	41	0,5	0,01–0,2	98–99
Węgiel kamienny	20–33	7–13	12–27	30–40
Węgiel brunatny	6–12	45–60	7–17	55–60
Drewno	4–18	15–55	0,5–1,5	70–80

Najistotniejsze różnice pomiędzy paliwami konwencjonalnymi stałymi, a zwłaszcza węglem kamiennym, a biomasą w postaci drewna stanowią: wartość opałowa i zawartość części lotnych. Stosunek wartości opałowej paliwa do jednostki masy lub objętości, czyli koncentracja energii w jednostce masy lub objętości paliwa, jest nazywany „gęstością energetyczną” i wyrażany wartością liczbową „współczynnika koncentracji energii”. Dla różnych postaci fizycznych drewna wartości liczbowe tego współczynnika podano w tabeli 2.

**Tabela 2. Współczynnik koncentracji energii różnych postaci fizycznych drewna**

Postać fizyczna drewna	Współczynnik koncentracji energii [MWh/m <sup>3</sup> ]
Polana	0,86–2,15
Wióry	0,86–1,29
Trociny	0,65–0,86
Zrębki	0,70–0,90
Brykiety	2,58–3,44

Źródło: [Dreszer i in. 2003]

Gęstość energetyczna biomasy jest bardzo zależna od jej postaci fizycznej. Wzmacnia ją bardzo proces uszlachetniania, którym jest np. brykietowanie, stąd w propozycji definicji biomasy do celów energetycznych, proces ten jest uwzględniony. Co prawda towarzyszy temu pewien nakład energii, ale zyskuje atrakcyjność energetyczna biomasy. Mała gęstość energetyczna biomasy powoduje określone kłopoty transportowe i konieczność użycia dużych powierzchni do składowania. Po uszlachetnieniu, biomasa staje się paliwem niewiele odbiegającym wartością opałową od gorszych sortymentów węgla kamiennego.

Kłopotliwą właściwością biomasy w procesie spalania jest, relatywnie duża, zawartość części lotnych w porównaniu z węglem kamiennym, co w istotny sposób komplikuje proces spalania. Dotyczy to zwłaszcza tzw. współspalania biomasy z węglem kamiennym, najpopularniejszym i relatywnie najtańszym współcześnie paliwem konwencjonalnym w Polsce.

Wadą drewna jest duża zawartość wilgoci tuż po ścięciu. Z tego powodu drewno wymaga uszlachetnienia, czyli podsuszenia. Może się to odbywać w warunkach naturalnych lub sztucznych. To ostatnie wymaga dodatkowych nakładów energii. W technologii uprawy wierzby krzewiastej zaleca się, pozostawienie plonu na polu i naturalne pozbycie się nadmiaru wilgoci. Z doświadczeń autora wynika, że świeżo pozyskana wierzba zawierała ponad 60% wilgoci, podobnie np. ślazier pensylwański, ale po kilkumiesięcznym pozostawieniu na polu, zawartość wilgoci w tego rodzaju biomacie obniżała się do około 20%. Energetyka odnawialna, szczególnie ciepłownictwo, powinna kupować biomasę na podstawie znajomości przynajmniej zawartości wilgoci i wartości opałowej. Tym bardziej, że ujemną cechą biomasy, rzutującą na jej wartość energetyczną, jest ogromne wręcz zróżnicowanie jej właściwości. Co gorzej, nie istnieją żadne normy dla tych właściwości oraz odwoławcze metody ich oznaczania. Inaczej rzecz się przedstawia w przypadku paliw konwencjonalnych, których właściwości są znormalizowane, a metody ich oznaczania dokładnie opisane. Handel biomasą między jej producentami a przedsiębiorstwami energetycznymi jest pod tym względem nieunormowany. W piśmiennictwie spotyka się niżej przedstawione wahania podstawowych właściwości energetycznych biomasy drzewnej [Zawistowski 2004a]:

- wartość opałowa GJ/Mg                      7,9–15,8;

- zawartość wilgoci % 12,0–50,2;
- zawartość popiołu % 0,7–15,1.

Podane wartości odnoszą się do stanu roboczego biomasy.

Brak jest również ściślejszego sprecyzowania postaci fizycznych biomasy drzewnej. Autor tego opracowania pobierał próbki biomasy drzewnej z placu zwałowego ciepłowni miejskiej, które nazywano jako: zrębki, trociny i kora, a które różniły się właściwościami (tabela 3).

**Tabela 3. Właściwości różnych postaci biomasy drzewnej**

Właściwość	Zrębki	Trociny	Kora
Zawartość wilgoci w stanie roboczym [%]	22–41	37–45	49
Wartość opałowa w stanie roboczym [MJ/kg]	9,2–12,6	9,2–10,0	7

Zgoła inaczej przedstawia się sprawa w odniesieniu do węgla kamiennego, gdzie unormowana jest sprawa nazewnictwa fizycznych postaci tego paliwa np. groszek, grysik, miał. Brak unormowania tego zagadnienia w odniesieniu do biomasy powoduje u przedsiębiorstw energetycznych niepewność, jaki towar kupią i tym samym zniechęca do energetycznego wykorzystania biomasy.

Drewno cechuje się relatywnie małą zawartością popiołu, w porównaniu z węglem kamiennym, który zależnie od zastosowanej technologii pozyskania tego paliwa, może zawierać sporo zanieczyszczeń mineralnych rzutujących na zawartość popiołu. Popiół uzyskiwany z biomasy może być pożytecznie użyty w podnoszeniu wartości technologicznej gleby.

Równie ważnym sposobem porównania biomasy z paliwami konwencjonalnymi jest ocena ekologiczna. Otóż ekologiczne aspekty spalania biomasy uchodzą za atrakcyjną przesłankę medialną i społeczną, na której wizerunek swój starają się kreować różni tzw. „działacze ekologiczni, społeczni i polityczni”. Atrakcyjność ekologiczna biomasy, na tle paliw konwencjonalnych, ma polegać na tym, że w procesie spalania emituje ona do środowiska mniej składników spalin odnoszonych do jednostki uzyskiwanej energii cieplnej. Czy tak trudno jest znaleźć w piśmiennictwie dokładną i wiarygodną informację?

Emisja składników spalin jest bardzo zależna od rodzaju biomasy i jeszcze bardziej od jej postaci fizycznej. Pokazywano mi obiekt, który nazywano „kotłownią ekologiczną”, w którym w kotłach wodnych, nieprzystosowanych konstrukcyjnie do tego celu, spalano nierozdrobnione kłody drewna wyciętego przy drogach. Wydobywające się z takiego spalania spaliny unosiły ze sobą całą listę składników szkodliwych dla biosfery. Spalanie biomasy drzewnej w kotłach nieprzystosowanych do tego konstrukcyjnie jest przyczyną nadmiernej emisji składników spalin, ze względu na dużą zawartość w niej wilgoci i części lotnych. Nieliczne źródła informują o tym. Kształtowanie się wskaźników emisji niektórych składników spalin powstających przy spalaniu węgla kamiennego i drewna przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4. Emisja składników spalin przy spalaniu węgla kamiennego sortymentu groszek i drewna kawałkowego (polan) w tradycyjnym kotle c.o.**

Emisja	Węgiel kamienny asortymentu groszek	Drewno kawałkowe (polana)
Tlenek węgla CO [g/GJ]	2400	2500
Tlenki azotu NO <sub>x</sub> [g/GJ]	30	50
Pył [g/GJ]	15	50
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) [mg/GJ]	105	500

Źródło: [Matuszek 2005]

Podane w tabeli 4 wskaźniki emisyjności można znacznie obniżyć w odniesieniu do biomasy stosując odpowiednią jej postać fizyczną, np. zamiast zrębków – pelety i nowoczesną konstrukcję kotłów.

Nadmierna euforia jaka towarzyszy biomase i określanie jej paliwem ekologicznym wymaga niekiedy znacznej nawet korekty. Pod tym względem, również paliwa konwencjonalne, można podzielić na mniej lub bardziej ekologiczne. Kryterium takiego podziału może być emisja dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> na jednostkę uzyskiwanej energii cieplnej. Ukazuje to tabela 5.

Tabela 5. Wartości jednostkowej emisji CO<sub>2</sub> przy spalaniu paliw konwencjonalnych (wartości uśrednione)

Paliwo	Emisja CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> /GJ]
Węgiel brunatny	101,20
Węgiel kamienny	94,60
Olej opałowy lekki	76,92
Gaz ziemny GZ-50	54,83

Przy spalaniu paliw konwencjonalnych oraz biomasy znaczne ograniczenie emisyjności można osiągnąć stosując właściwe rozwiązania konstrukcyjne, podnosząc tym samym sprawność urządzeń kotłowych.

Wyjaśnienia wymaga sprawa przypisywania biomase zerowej emisji dwutlenku węgla mówiąc, że spalanie biomasy odbywa się przy zamkniętym obiegu CO<sub>2</sub>. Uzasadnienie tego stwierdzenia jest takie, że przy spalaniu tkanki roślinnej dwutlenek węgla jest następnie wchłaniany przez inne rośliny i w ten sposób w przyrodzie obieg tego gazu zamyka się. Rozumowanie takie jest teoretyczne, w praktyce jest inaczej. Bezskrytyczne posługiwanie się takim stwierdzeniem, jest albo świadomym nadużyciem, albo dyletanckim niezrozumieniem istoty sprawy. Pozyskiwaniu i spalaniu biomasy, towarzyszy zużywanie konwencjonalnych, nieodnawialnych rodzajów energii, otrzymywanych z paliw konwencjonalnych. Takie paliwa traktowane jak olej napędowy czy benzyna, zużywane są do transportu biomasy. W piśmiennictwie znajdują się informacje, że przewożenie biomasy na odległości większe od 60-70 km niszczy ewentualny efekt ekologiczny jej spalania. Uszlachetnianie biomasy, zwłaszcza jej zrębkowanie czy peletowanie, wymaga dużych nakładów energii mechanicznej, otrzymywanej z energii elektrycznej, którą w Polsce uzyskuje się ze spalania bardzo nieekologicznych paliw (zwłaszcza węgla brunatnego), przy sprawności niewiele przekraczającej 30%! To wszystko powoduje, że teoretycznie zamknięty obieg dwutlenku węgla rozwiera się, a rozwarcie to może być znaczne i zależnie od długości łańcucha uszlachetniającego i logistycznego przekracza nawet 20%.

Dokonując energetycznej i ekologicznej oceny biomasy na tle paliw konwencjonalnych, nie sposób jest, nie zając stanowiska przynajmniej w dwu sprawach: kosztu uzyskiwanej jednostki ciepła i pewności dostaw.

Przy ocenie kosztu uzyskiwanej jednostki ciepła, trzeba operować dwoma pojęciami: kosztem eksploatacyjnym i kosztem inwestycyjnym.

Koszt eksploatacyjny, to koszt uzyskiwania użytecznej jednostki ciepła. Użyteczna jednostka ciepła, to taka, przy wytwarzaniu której uwzględnia się sprawność kotła, a więc ewentualne straty, jakie towarzyszą pracy kotłowni. Równanie do obliczenia tego kosztu powinno mieć następującą postać:

$$K_u = \frac{10^6}{Q_w \cdot \eta_k} \cdot c_p \quad (2)$$

gdzie:

$Q_w$  – jest wartością opałową paliwa, na ogół w stanie roboczym [kJ/kg lub kJ/m<sup>3</sup>],

$\eta_k$  – jest sprawnością kotła,

$c_p$  – cena jednostki masy lub objętości paliwa [zł/kg] lub [zł/m<sup>3</sup>], (w przypadku biomasy może to być metr przestrzenny).

Potocznie feruje się taką opinię, że biomasa stanowi tani surowiec energetyczny w porównaniu z paliwami konwencjonalnymi. Opinia ta ulega zmianie. Jak widać, podstawowymi parametrami decydującymi o koszcie wytworzenia użytecznej jednostki ciepła są wartość opałowa i cena jednostki masy lub objętości paliwa oraz sprawność kotła. Zamiast sprawności kotła, byłoby lepiej operować pojęciem sprawności całej instalacji wytwarzającej i doprowadzającej ciepło do odbiorników. Przy potocznym ferowaniu opinii o małym koszcie jednostki ciepła wytwarzanej przy spalaniu biomasy na ogół mało się wie, przy jakiej to było sprawności i jaka była wartość opałowa paliwa. Najczęściej te dwa parametry przyjmuje się orientacyjnie. Szczegółowa analiza ukazuje, że koszt wytworzenia użytecznej jednostki ciepła z biomasy drzewnej, zrównał się już z podobnym kosztem, jaki osiąga się przy spalaniu gorszych gatunków węgla kamiennego np. sortymentu miał. Ponieważ jednak walka o drewno i odpady z przemysłu drzewnego toczy się z innymi przemysłami, np. przemysłem papierniczym, płyt wiórowych i wielkimi przedsiębiorstwami energetycznymi, chcącymi osiągnąć reżimy UE w zakresie uzyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, koszt ten ulegać będzie szybko powiększeniu.

Koszt inwestycyjny, to koszt wybudowania instalacji spalającej biomasę. Obecnie koszt inwestycyjny nowoczesnej kotłowni do spalania biomasy jest wyższy niż kotłowni do spalania paliw konwencjonalnych.

Dostawy biomasy do przedsiębiorstw lub instalacji energetycznych w Polsce jest niewystarczające. Wykorzystanie w energetyce biomasy drzewnej pochodzącej z upraw leśnych lub przemysłu drzewnego opóźniło znacznie jej pozyskiwanie z intensywnej uprawy roślin energetycznych. Biomasy drzewnej już brakuje, a sięganie np. po słomę jest niezgodne z podaną tutaj definicją biomasy do celów energetycznych oraz stanowi poważne zagrożenie dla rolnictwa, które za pewien czas może gospodarować na glebie o znacznie obniżonej wartości technologicznej. Ekologiczne aspekty spalania biomasy dotyczą bowiem nie tylko powietrza, ale i gleby, o czym się zapomina [Harasimowicz-Hermann i Hermann 2005].

Pozbawione racjonalnych i sprawdzonych podstaw energetyczne gospodarowanie biomasą może być przyczyną wielu patologii. Warto więc przytoczyć opinię autora z Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, instytucji specjalizującej się w energetycznym wykorzystaniu biomasy: *Wysoka zawartość wilgoci w surowej biomacie (45–60% w zależności od terminu zbioru) wpływa negatywnie na efektywność procesu spalania. Niska wartość opałowa na jednostkę objętości skutkuje koniecznością operowania kilkakrotnie większymi objętościowo ilościami biomasy. Nieodpowiednie rozwiązania aparaturowe i technologiczne skutkują zwiększoną poważnie emisją szkodliwych substancji do atmosfery... w tym rakotwórczych, które mogą zniweczyć korzystny efekt ekologiczny wynikający z charakteru biomasy drzewnej* [Zawistowski 2004b s. 34].



Janusz Budny<sup>1</sup>

## Propozycja wzorca wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych

Wśród różnych źródeł energii odnawialnej, do których zalicza się m.in. energię promieniowania słonecznego, splywu wód i wiatru, najistotniejszą pozycję w Polsce stanowi biomasa, czyli tkanka roślinna, stanowiąca według różnego piśmiennictwa około 95% odnawialnych zasobów energetycznych [Ney 2004]. Naturalnym i historycznie pierwszym rodzajem biomasy, którą człowiek zaczął wykorzystywać do produkcji energii cieplnej jest drewno, a podstawową przemianą energetyczną jest jego spalanie.

Znacząca rola biomasy w metabolizmie fizjologicznym człowieka i zwierząt spowodowała konieczność zdefiniowania tej jej części, która bez szkody dla ludzi i zwierząt może być wykorzystana energetycznie, czyli spalana. Nie powinno bowiem dochodzić do konfliktu między gospodarką żywnością i gospodarką energią na tle wykorzystania biomasy do celów metabolizmu fizjologicznego i społecznego współczesnej cywilizacji. Na tym tle rodzą się już obecnie znamiona konfliktu globalnego, a nawet różnie ideologizowanego terroryzmu.

Pierwotnym źródłem biomasy był las. Przydatność drewna, jako tworzywa technologicznego i konstrukcyjnego, spowodowała, że powierzchnia upraw leśnych znacznie się zmniejszyła. Tymczasem znaczenie roślin, w tym szczególnie lasów w obiegu tlenu i węgla na naszej planecie jest niezastępowalne. W Polsce występuje zbyt optymistyczne, a nawet nieracjonalne i bezkrytyczne zwracanie się w stronę biomasy drzewnej pochodzenia leśnego i słomy jako podstawowych źródeł OZE. Obok biomasy występują bowiem inne źródła energii odnawialnej, które się lekceważą. Tymczasem słoma jest surowcem rolniczym, niezbędnym do produkcji obornika, a lasy mają inną, daleko ważniejszą do spełnienia funkcję, niż ich spalanie energetyczne. Tymczasem do zwiększonego zużycia odnawialnych rodzajów energii zmuszać będą nasz kraj przyczyny prawne, w tym przyjęte już przez nas, w momencie wstąpienia do UE, zobowiązanie do sprzedaży w 2010 roku co najmniej 7,5% energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych. A ile sprzedajemy obecnie? Być może 2%? Jak więc dojdziemy do owych 7,5% w ciągu 4–5 lat? Już teraz podnoszą się głosy w gremiach opiniotwórczych, a nawet decyzyjnych, że będzie to niemożliwe! Opinie taką formułuje się na podstawie analizy dokumentu *Polityka energetyczna Polski do roku 2025*. Ale i w innych dokumentach można dojrzeć próbę wręcz ośmieszenia idei poprawienia bezpieczeństwa energetycznego państwa poprzez szersze propagowanie źródeł alternatywnych, mówiąc, że pogląd taki jest *...mocno naiwny* [Stenogram 60 posiedzenia Senatu RP 2004]. W praktyce niewiele się czyni, aby to zobowiązanie wykonać. I co wtedy?

Traktat akcesyjny rodzi określone sankcje. Sankcje te będą najprawdopodobniej takie, że Polska będzie zmuszona dokupić brakującą ilość odnawialnych postaci energii z zewnątrz, czyli pogłębić swoje uzależnienie energetyczne, a więc osłabić swoje bezpieczeństwo energetyczne. Wszystko to brzmi groźnie, ale jest bardzo prawdopodobne. Ocenę pozycji Polski w postępowaniu na rzecz wykorzystania odnawialnych postaci energii przedstawia cytat z Raportu Światowego Funduszu na rzecz Przyrody: *Polska przyjęła narodową strategię produkcji energii odnawialnej i dostosowuje swoją politykę ekologiczną i energetyczną do polityki unijnej. ... jednak nie zmierza w kierunku ich osiągnięcia, ponieważ ani istniejące mechanizmy, ani proponowana Ustawa o energii odnawialnej nie wydają się być skuteczne...*

Osiągnięcie dużego udziału OZE w bilansie energetycznym w kraju o „mentalności węglowej”, nazywanym „prowincją węglową”, a który „stoi na węglu” jest rzeczywiście trudne. Z przyczyn fizycznych jest ono również niemożliwe, aby osiągnąć np. zapowiadany przez UE w 2050 roku poziom 60% energii uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych.

Na co nas więc stać i co powinniśmy czynić, aby osiągnąć wymagane standardy udziału OZE w bilansie energii pierwotnej naszego kraju?

**Głównym źródłem biomasy do celów energetycznych w Polsce powinny być intensywne uprawy rolnicze roślin energetycznych.** W Polsce funkcjonuje już pojęcie „roślin energetycznych”. Ich lista się wydłuża, staje się również obszerna ich bibliografia [*Rośliny...* 2003]. Wprowadza się nawet pojęcie „rolnictwa energetycznego” obok tradycyjnego rolnictwa żywnościowego. Wprowadzenie do powszechnego obiegu takiego pojęcia jest ważne z prawnego punktu widzenia.

<sup>1</sup> Prof. dr hab. inż. Janusz Budny, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej oraz Gospodarki Energią.

W energetyce ciepłowniczej, opartej na podstawowej przemianie energetycznej, którą jest spalanie, biomasę stanowi zdrewniała tkanka roślin energetycznych. Od roślin tych wymaga się spełnienia następujących podstawowych właściwości:

- niskie wymagania glebowe i klimatyczne w warunkach naszego kraju;
- duże przyrosty suchej masy w okresie wegetacyjnym;
- wysoka wartość opałowa w porównaniu z paliwami konwencjonalnymi;
- łatwa mechanizacja czynności agrotechnicznych związanych z zakładaniem plantacji, jej utrzymaniem w stanie intensywnej uprawy rolniczej i zbiorem plonu.

Roślinami, które w intensywnej uprawie rolniczej mogą sprostać tym wymaganiom w warunkach naszego kraju są:

- wierzba krzewiasta (*Salix*), zwana potocznie „wierzba krzewiasta”, występująca w wielu gatunkach np. *Salix viminalis*;
- ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*), niekiedy mylnie i niesłusznie nazywany „malwą pensylwańską”;
- trawa chińska (*Miscanthus sinensis*) zwana również potocznie „miskantem”.

W warunkach polskich najpopularniejszą rośliną wydaje się być wierzba krzewiasta, aczkolwiek również ślazowiec pensylwański posiada wiele zalet i jest w naszym kraju intensywnie promowany dzięki pracom lubelskiego środowiska naukowego [Borkowska 2004].

Ponieważ w Polsce zbyt wiele nieuzasadnionych nadziei przypisywano biomase drzewnej pochodzenia leśnego, intensywna uprawa rolnicza roślin energetycznych jest opóźniona. Celem właściwego zorganizowania systemu wykorzystania roślin energetycznych niezbędne są:

- promocja i doradztwo;
- prawodawstwo;
- rolnictwo energetyczne;
- uszlachetnianie biomasy i jej dystrybucja;
- energetyka.

Promocja powinna dotyczyć szerszego niż dotychczas przybliżania idei i zagadnień intensywnej uprawy roślin energetycznych, łącznie z ich agrotechniką i tzw. „opłacalnością” w porównaniu z roślinami rolnictwa żywnościowego. Wiele do wykonania mają środki medialne, w tym prasa, radio, telewizja. Ważną rolę mają takie formy, jak szkolenia, konferencje, publikacje, wydawnictwa książkowe i popularne broszury. Promocja powinna być działaniem ciągłym i efektywnie oddziałującym na adresatów. Ponieważ skierowana jest głównie do środowisk wiejskich, powinna być prezentowana językiem prostym i praktycznym. Doradztwo powinno być przedmiotem działań Ośrodków Doradztwa Rolniczego i organizacji rolniczych. Szczególnie Ośrodki Doradztwa Rolniczego powinny praktycznie uczyć zagadnień uprawy roślin energetycznych i nie oczekiwać z tej działalności profitów finansowych. Niestety, zdarza się, że nawet za udostępnienie sali, na prośbę zainteresowanych rolników, oczekują one na zapłatę.

W prawodawstwie polskim jest wiele problemów do rozwiązania. Przed przystąpieniem Polski do UE skonsultowałem ponad 300 rolników i podmiotów gospodarczych w zakresie uprawy wierzby krzewiastej, na skutek czego część z konsultowanych założyła plantacje maceczne i towarowe tej rośliny. Akcja promocyjna się rozwijała. Przyjmując na siebie ciężar 7,5%-owego udziału OZE w bilansie energetycznym kraju nie zwrócono uwagi, że polskie prawodawstwo nie sprzyja rolniczym intensywnym uprawom roślin energetycznych. Przede wszystkim Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług umieszcza wierzbę krzewiastą, jako wiklinę, w grupie *upraw leśnych*. Rolnicy uprawiający wierzbę krzewiastą nie mogą być zatem objęci dopłatami bezpośrednimi. Ponadto klasyfikacja leśna uprawy wierzby krzewiastej skutkuje brakiem odszkodowań za tzw. szkody łowieckie, które zwierzyna dzika czyni coraz większe w tych monokulturowych uprawach. Tymczasem monokulturowość upraw powoduje występowanie szkodników i chorób, na niszczenie których trzebałożyć nakłady finansowe, jeżeli chce się utrzymać uprawę w definicji „uprawy intensywnej”. Jakże, więc można zachęcać potencjalnych plantatorów, którzy mająłożyć nakłady finansowe na zakładanie i utrzymanie plantacji, nie otrzymując ze strony państwa pomocy prawnej?

W takiej sytuacji podstawowe w tym łańcuchu ogniwo, jakim jest rolnictwo energetyczne, nie rozwija się. A przecież bez jego rozwoju nie może być mowy o liczącym się udziale biomasy drzewnej pochodzącej z intensywnych upraw rolniczych roślin energetycznych w bilansie energetycznym kraju. Co gorsza, incydentalni w skali kraju wielkoobszarowi plantatorzy wierzby krzewiastej, a również pomniejsi plantatorzy, poszukują innych rynków zbytu, nie do energetyki.

Jak „na ironię” państwo łoży pieniądze na zakładanie i prowadzenie ekstensywnych upraw leśnych dokonywanych na gruntach byłych PGR-ów przez byłych pracowników tych przedsiębiorstw. Mają oni otrzymywać przez długi czas pieniądze za pielęgnację tych ekstensywnych upraw. A co będzie kryterium oceny, czy pielęgnacja była „właściwa”? Czy nie byłoby właściwiej zachęcić tych ludzi do intensywnej

uprawy rolniczej wierzby? Zachętą może być np. bezpłatne dostarczenie im sadzonek, objęcie opieką prawną plantacji w zakresie dopłat bezpośrednich i likwidacji szkód łowieckich. Takie plantacje, jako „lasy energetyczne” będące intensywnym źródłem tlenu spełniałyby jednocześnie funkcję energetyczną i ekologiczną o większej efektywności niż lasy.

Niektóre niekorzystne właściwości biomasy, jak np. wysoka zawartość wilgoci, niejednorodność i mała gęstość energetyczna powodują konieczność jej uszlachetnienia i utworzenia sieci dystrybucyjnej. Przedsiębiorstwa energetyczne nie będą przecież kupowały surowej postaci biomasy od rozlicznych plantatorów. Przetwórstwo uszlachetniające ma ją ujednolicić, poprawić jej gęstość energetyczną (czyli ilość energii zawartą w jednostce masy lub objętości), a sieć dystrybucyjna dostarczyć gdzie trzeba. Należy przy tym zauważyć, że transport biomasy na dalsze odległości, wymagający zastosowania paliw konwencjonalnych niweczy jej korzystny aspekt ekologiczny. Rozwiera się bowiem wówczas teoretycznie zamknięty obieg CO<sub>2</sub> w przyrodzie, który jest oceniany jako najważniejsza właściwość ekologiczna biomasy.

Najpopularniejszymi procesami uszlachetniającymi są zrębkowanie, a przede wszystkim znacznie poprawiające gęstość energetyczną peletowanie i brykietowanie. Przedsiębiorcy działający w ogniwie uszlachetnienia i dystrybucji biomasy dostrzegli już możliwość zarobkowania w tej dziedzinie. Niestety, brak surowców pochodzących z rolniczych upraw roślin energetycznych skierował ich w stronę odpadów drzewnych pochodzących z przemysłów drzewnych, głównie tartaczno, oraz drewna leśnego. Podjęli również próby peletowania i brykietowania słomy, surowca roślinnego do produkcji obornika, o podstawowym znaczeniu dla rolnictwa. Na tle wykorzystania odpadów drzewnych z przetwórstwa drewna rozwija się konflikt między energetyką i przemysłem płyt drzewnych. Wymienione tu niekorzystne zjawiska mogą być usunięte dzięki prowadzeniu intensywnej uprawy roślin energetycznych, głównie wierzby krzewiastej.

Energetyka jest zainteresowana spalaniem biomasy z uwagi na konieczność osiągnięcia owych 7,5% udziału OZE. Najważniejszą przeszkodą jest niepewność dostaw. Biomasa są zainteresowane duże przedsiębiorstwa energetyczne, np. elektrownia w Połańcu, które nie mogą się zadowolić dostawami paliwa z małych i oddalonych plantacji towarowych. Plantacje albo nie powstają, albo powstają zbyt powoli. Duże przedsiębiorstwa energetyczne same opracowują, i starają się zorganizować, własne zaplecze paliwowe pod postacią plantacji. Brakuje jednak przyjaznego dla biomasy prawodawstwa. Skoro wierzba jest zaliczona do upraw leśnych Agencja Nieruchomości Rolnych żąda kaucji od potencjalnych dzierżawców, która ma zabezpieczyć koszt ewentualnego karczowania i następnie rekultywacji gleby.

Wymienione tu okoliczności utrudniające towarową produkcję biomasy wskazują na pilną potrzebę podjęcia stosowanych działań. Występujące między początkującym rolnictwem energetycznym i energetyką zawodową zapóźnienia w wykorzystaniu upraw roślin energetycznych wymagają pilnej interwencji państwa. To ono powinno wspomagać swoją polityką rozwoju zrównoważonego, zapisanego w Konstytucji, następujące główne ogniwa systemu energetycznego wykorzystania roślin energetycznych:

- prowadzenie prac hodowlanych nad uzyskaniem roślin odpowiednich klimatycznie i glebowo oraz o pożądanym właściwościach energetycznych;
- zapewnienie uzyskiwania dla tych roślin certyfikatów Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Użytkowych;
- zakładanie i prowadzenie plantacji matecznych i towarowych w formule konkurencyjności, proces ten powinien odbywać się pod nadzorem, np. Ośrodków Doradztwa Rolniczego lub Izb Rolniczych, co zapewni rolnictwu energetycznemu kwalifikowane sadzonki lub nasiona (w przypadku ślązowca pensylwańskiego); wymienione tu instytucje wykazują na razie mizerne zainteresowanie tą sprawą;
- powstawanie przetwórci uszlachetniających biomasę do postaci fizycznych odpowiednich dla różnej konstrukcji kotłów;
- określenie wymogów normatywnych dla różnej postaci fizycznej biomasy i ustanowienie laboratorium odwoławczego;
- określenie wymogów normatywnych pod względem energetycznym i ekologicznym urządzeń energetycznych spalających biomasę, wytwarzanych w kraju i sprowadzanych z zagranicy;
- powołanie jednostki certyfikującej urządzenie do spalania biomasy pod względem energetycznym i ekologicznym.

Dotychczas zainteresowanie organów państwa i samorządów ogranicza się do uchwalania woluntarystycznych, a nie obligatoryjnych, „rezolucji”, „planów” czy „strategii rozwoju”. Energetyka coraz silniej „woła”, o biomasę, której produkcja w intensywnej uprawie rolniczej się opóźnia, gdyż rolnictwo energetyczne odczuwa brak wsparcia, a nawet stawianie przeszkód. Klasyczną biomasę, pochodzącą z rolniczych upraw roślin energetycznych, zastępuje się, czym się da i co da się spalić. Powoduje to szkody dla racjonalnej polityki leśnej, rolnej i niektórych gałęzi przemysłu np. produkcji płyt czy papiernictwa.

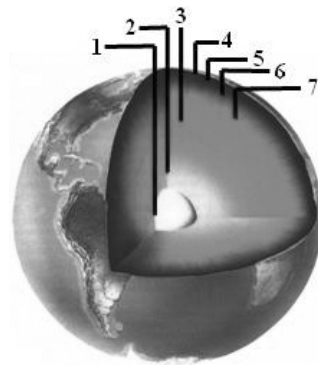


Maciej Neugebauer, Janusz Piechocki<sup>1</sup>

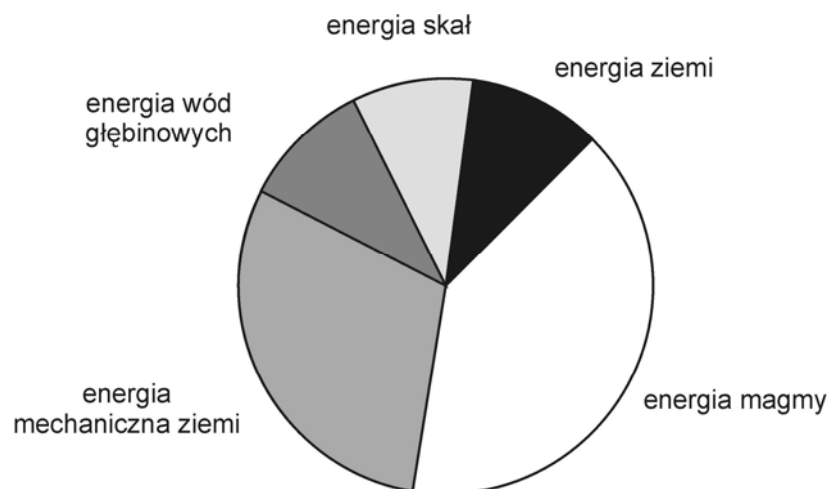
## Energia geotermiczna

### Wprowadzenie

Słowo geotermiczny pochodzi ze złożenia dwóch wyrazów: geo <gr. *gē* = ziemia> oraz termiczny <gr. *thermós* = ciepły, gorący> i oznacza ciepło pochodzące z wnętrza ziemi. Często jest również używany wyraz geotermalny, znaczący to samo, lecz złożony z wyrazu geo i terma <gr. *therm* (lm) = gorące źródła), [Słownik ... 1980]. Energia geotermalna/geotermiczna jest to energia pochodząca z wnętrza ziemi. Jej źródłem jest bardzo gorące jądro o grubości ok. 6900 km, składające się w części zewnętrznej z metali płynnych i stałej części wewnętrznej (rysunek 1). Podział energii ziemi na różne rodzaje energii obrazuje rysunek 2. Ciepło to przenika przez płaszcz (jest to nazwa kolejnej, od środka patrząc, warstwy ziemi, o grubości ok. 2850 km) do skorupy ziemskiej – której grubość waha się w zależności od budowy geologicznej i położenia geograficznego od 6 do 40 km. [Encyklopedia Ziemia ...1994].



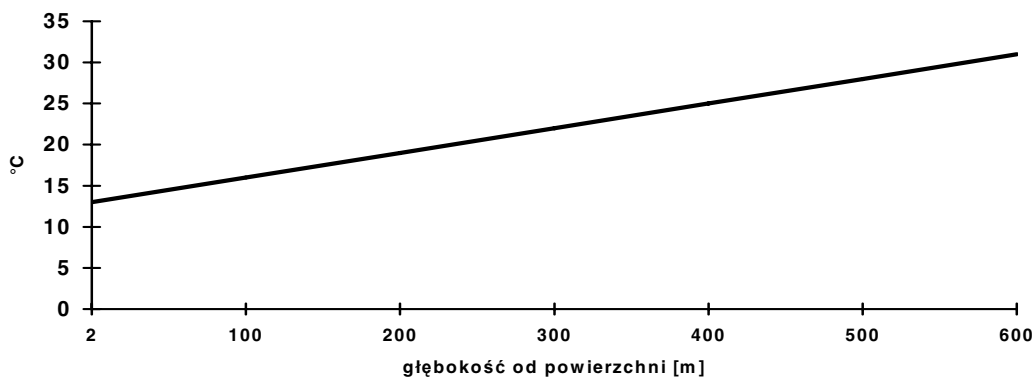
Rysunek 1. Przekrój Ziemi: 1 – jądro wewnętrzne (2370 km); 2 – jądro zewnętrzne (2100 km); 3 – płaszcz wewnętrzny (1900 km); 4 – płyta oceaniczna (6 km); 5 – płyta kontynentalna (skorupa ziemska) (30–35 km); 6 – płaszcz zewnętrzny (365 km); 7 – strefa przejściowa (600 km)



Rysunek 2. Podział energii Ziemi na różne rodzaje energii [%]

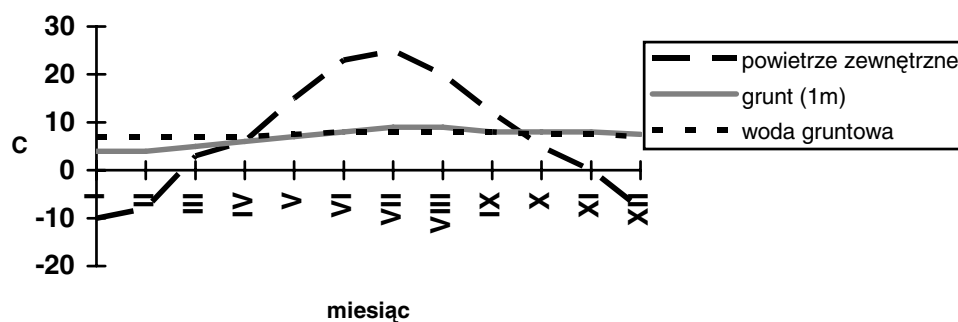
<sup>1</sup> Mgr inż. Maciej Neugebauer, prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Elektrotechniki i Elektroniki.

Pomiary temperatury Ziemi są możliwe do wykonania jedynie w cienkiej warstwie powierzchniowej, do głębokości ok. 6000 m, stanowiącej znikomą część promienia Ziemi. Na ich podstawie jednak można stwierdzić, że wraz ze wzrostem głębokości temperatura stopniowo wzrasta (rysunek 3). Ilościowo wzrost ten podawany jest w stopniach geotermicznych, tzn. w grubościach warstw, w których temperatura wzrasta o jeden stopień C (w  $m/1^{\circ}C$ ). Stopień geotermiczny nie zachowuje stałej wartości, zależy bowiem od budowy geologicznej skorupy ziemskiej na danym obszarze (jej składu chemicznego, grubości). Przykładowo w Europie wynosi przeciętnie  $33 m/1^{\circ}C$ , a np. w Ameryce ok.  $40 m/1^{\circ}C$ . Poza bezpośrednimi pomiarami temperatury dowodem wzrostu temperatury z głębokością w Ziemi są gorące źródła, tzw., gejzery, oraz wybuchy wulkanów. Te ostatnie stanowią bezpośredni dowód, że głębokie warstwy Ziemi mają temperaturę powyżej  $1000^{\circ}C$ . [Encyklopedia Przyrody ...1963].



Rysunek 3. Zmiany temperatury Ziemi w zależności od głębokości

Należy tutaj dodać, że temperatura powierzchni Ziemi (do grubości ok. 2m) zależy również od strefy klimatycznej, pory roku, rodzaju gruntu, np. zimą od strefy przemarzania gruntu (rysunek 4). Z wykresu tego widać, że temperatura gruntu 2–3m poniżej powierzchni ziemi wynosi ok.  $8^{\circ}C$  – i jest dużo niższa niż temperatura powietrza latem i dużo wyższa niż średnia temperatura powietrza w zimę. Jak do tej pory ludziom nie udało się ujarzmić energii wulkanów, źródła gorącej wody występują tylko w niektórych miejscach, lecz mają dużą energię, dają zatem możliwość ogrzewania całych osiedli czy miast, a energia termalna gruntu umożliwia ogrzanie mniejszych obiektów.



Rysunek 4. Zmiany średnich temperatury powietrza, gruntu – na głębokości 1 m oraz wody gruntowej

Energia geotermalna jest pochodną ciepła dopływającego z wnętrza Ziemi, ciepła generowanego w skorupie ziemskiej oraz docierającej do Ziemi energii słonecznej. Zasoby energetyczne Ziemi są wynikiem naturalnego rozkładu pierwiastków promieniotwórczych szeregu uranowego, aktynowego, torowego i potasowego zachodzącego w jej wnętrzu.

Gęstość strumienia energii przenikającej przez formacje skalne ku powierzchni Ziemi zależy od stopnia przewodnictwa podłoża i leżących wyżej formacji skalnych.

W przypadku Polski, największym przewodnictwem cieplnym charakteryzują się granity, sjenity i gabbro na podłożu krystalicznym oraz wapień jurajskie, wapień dewońskie i piaskowce kambryjskie na podłożu karpackim.

Podstawowym sposobem pozyskiwania energii geotermalnej jest odbiór ciepła z wód geotermalnych lub z suchych skał za pośrednictwem krążącego medium, którym jest zwykle woda. W istniejących obecnie warunkach technicznych pozyskiwania i wykorzystania złóż geotermalnych, najbardziej uzasadniona jest

eksploatacja wód, których temperatura jest wyższa niż 60°C, chociaż płytkie występowanie wód – do 1000 metrów, duża wydajność – ponad 200 m<sup>3</sup>/h, mała mineralizacja – do 3 g/dm<sup>3</sup> i korzystne warunki wydobywania wskazują również na celowość eksploatacji złóż geotermalnych, w których temperatura wody jest niższa niż 60°C.

Na terenie województwa podlaskiego zaznacza się wpływ dwóch okręgów geotermalnych. Na krańcach zachodnich jest to okręg grudziądzko-warszawski, natomiast na południu jest to okręg podlaski. W pozostałych częściach województwa nie występują żadne złoża geotermalne.

Okręg grudziądzko-warszawski zawiera wody geotermalne w zakresie temperatur od 25°C do 135°C, które występują w kilku mezozoicznych basenach geotermalnych. Na terenie województwa podlaskiego występują w tym okręgu wody o średnich wartościach temperatur i realnych możliwościach ich eksploatacji. Brak jednak szczegółowego rozeznania geologicznego, co powoduje trudności w podejmowaniu decyzji lokalizacyjnych ujęć wód geotermalnych.

Podobna sytuacja występuje w przypadku okręgu podlaskiego, który zawiera wody geotermalne w zakresie temperatur od 30°C do 120°C, chociaż sumaryczne zasoby ciepła możliwe tam do pozyskania są znacznie większe ze względu na większy obszar występowania tego okręgu na terenie województwa.

Zainteresowanie energią geotermalną jest coraz większe ze względu na możliwość pozyskiwania takiej energii w sposób ciągły, bez względu na porę dnia i roku oraz warunki klimatyczne.

W dalszej części artykułu będą stosowane konsekwentnie nazwy – energia geotermalna na oznaczenie energii pochodzącej z gorących źródeł oraz energia geotermiczna – na oznaczenie wykorzystania ciepła gruntu lub wód gruntowych/powierzchniowych, ale o normalnej temperaturze.

## 2. Energia geotermiczna

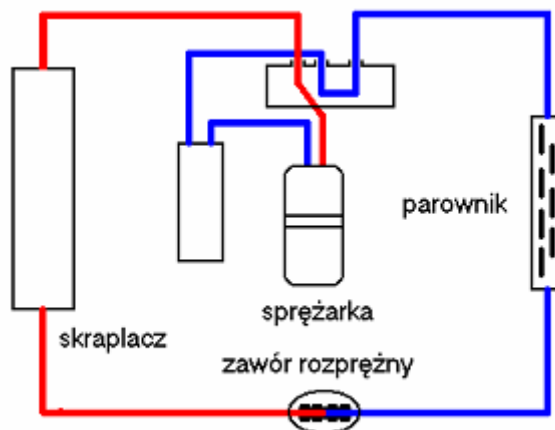
Energia może występować wokół nas w różnych postaciach jako: mechaniczna, elektryczna, chemiczna, świetlna oraz najpowszechniejsza w przyrodzie – cieplna. Energia nie może być wytworzona ani zniszczona – może jednak być przekształcana z jednej postaci w inną (np. w procesie spalania przekształca się energię chemiczną zawartą w paliwie w energię cieplną) lub transportowana z jednego miejsca w inne.

Koncepcja wykorzystania energii geotermicznej jest w gruncie rzeczy bardzo prosta. Wykorzystując pompy ciepła pobiera się ciepło z gruntu zimą, żeby nas ogrzać, a latem można odwrócić proces i oddawać ciepło do gruntu, aby chłodzić mieszkanie; ten drugi proces może być stosowany tylko w przypadku stosowania energii gruntu. Ponieważ temperatura gruntu kilka metrów w głąb powierzchni pozostaje stała, niezależna od pór roku, ok. 13°C – jest to dużo mniej niż temperatura powietrza latem i dużo więcej niż temperatura powietrza zimą. Aby jednak można było tą energią skorzystać, potrzebne jest urządzenie zwane pompą ciepła.

### 2.1. Pompy ciepła

Pompa ciepła jest urządzeniem, które absorbuje energię cieplną w jednym miejscu i przenosi ją do innego miejsca. Taki proces w myśl praw fizyki zachodzi samoistnie tylko w jednym kierunku – to jest od ciała cieplejszego do zimniejszego. Pompa ciepła umożliwia proces odwrotny, tzn. od ciała o niższej temperaturze do ciała o temperaturze wyższej, a o to przecież chodzi – temperatura gruntu w zimę na głębokości kilku metrów jest przecież i tak niższa niż temperatura panująca w pomieszczeniach mieszkalnych, które chce się ogrzewać energią z „wnętrza ziemi”.

Pompy ciepła nie produkują same energii, tak jak pompy wodne nie wytwarzają wody (analogicznie do których zostały nazwane pompami ciepła). Tak jak pompa wodna musi być zanurzona w wodzie, żeby mogła pompować wodę, tak i pompa ciepła musi mieć źródło ciepła, aby mogła pracować – przesyłając to ciepło do innego miejsca przy stosunkowo niskich kosztach. Najprostszą pompą ciepła, znaną wszystkim jest zwykła lodówka, która pobiera ciepło z jednego miejsca (zamrażalnik), ochładzając je lokalnie do poziomu uzależnionego od wydajności i sprawności, i oddaje je w innym miejscu (na zewnątrz). Rysunek 5 przedstawia ogólną zasadę działania jednego z możliwych i najczęściej stosowanego rozwiązania – pompy ciepła sprężarkowej. W parowniku czynnik roboczy paruje pobierając ciepło z otoczenia (tak jak pot na ludzkiej skórze parując ochładza jednocześnie ciało). Następnie w sprężarce jest sprężany do wysokiego ciśnienia (jego temperatura wzrasta – podobnie w pompce rowerowej w czasie pompowania, gdy sprężamy powietrze następuje nagrzewanie się pompki). Następnie czynnik roboczy oddaje ciepło w skraplaczu (jest to zgodne z prawami fizyki gdyż jego temperatura jest w tym momencie wyższa niż temperatura na zewnątrz skraplacza). Końcowym etapem cyklu jest przejście czynnika roboczego przez zawór rozprężny (z jednoczesnym obniżeniem ciśnienia i temperatury) do parownika i cykl rozpoczyna się od nowa.



Rysunek 5. Schemat działania pompy ciepła

Innymi możliwymi rozwiązaniami pomp ciepła są pompy absorpcyjne i pompy termoelektryczne, jednak w chwili obecnej są one stosunkowo rzadko stosowane.

Przykładem produkowanych przemysłowo pomp ciepła mogą być np. pompy firm: OCHSNER; IVT; EKONTECH; FHP i wiele innych [Materiały reklamowe].

Pompy ciepła nie emitują zanieczyszczeń do środowiska naturalnego, ponieważ ok. 70% energii jest pobierane ze środowiska, a reszta w postaci energii elektrycznej (jak zasilanie). Za stosowaniem tych urządzeń przemawia również rachunek ekonomiczny – fakt wykorzystania „darmowej” energii dostępnej w otaczającym nas środowisku, a potrzeba dostarczania energii cieplnej np. z kotła C.O., wyłącznie w najbardziej ekstremalnych warunkach, powoduje minimalizację kosztów eksploatacyjnych. Jednak ta sytuacja występuje przy pobieraniu ciepła z powietrza w temperaturach poniżej  $-2^{\circ}\text{C}$ . Koszty inwestycyjne systemów z wykorzystaniem pomp ciepła są porównywalne z kosztami innych systemów, opartych na wykorzystaniu energii z konwencjonalnych źródeł, jednak przy oszczędnościach na kosztach eksploatacyjnych po stosunkowo krótkim okresie uzyskuje się zwrot nakładów.

Zastosowanie pomp ciepła jest uzależnione od zasobów energii znajdujących się w otaczającym nas środowisku. Zastosowane źródła energii odnawialnej, powinny się charakteryzować:

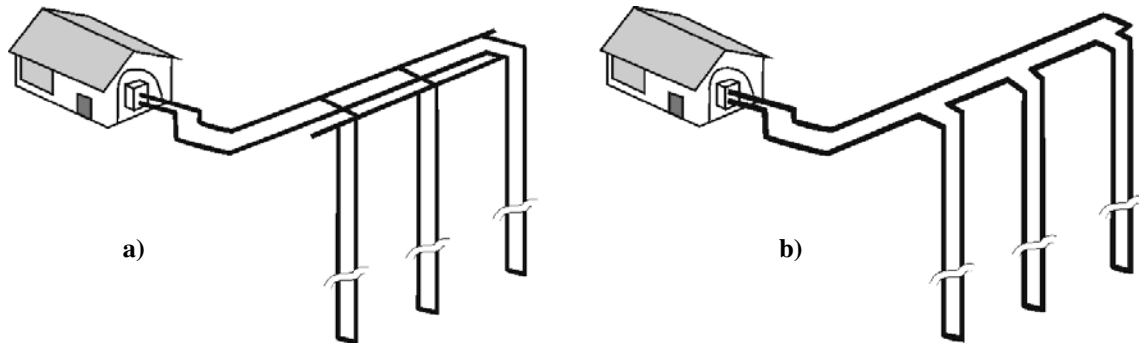
- możliwie wysoką i stałą temperaturą w okresie całorocznym;
- dużą pojemnością cieplną;
- łatwą dostępnością (niskie koszty inwestycyjne);
- małą agresywnością w stosunku do elementów instalacji (korozja).

Do źródeł energii odnawialnej, która może być wykorzystana przez pompy ciepła, należą:

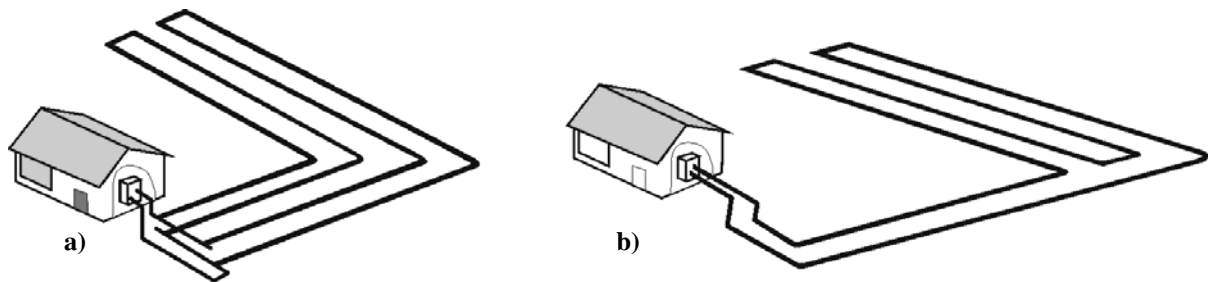
- powietrze zewnętrzne;
- grunt;
- woda gruntowa;
- wody powierzchniowe (jeziora, rzeki, stawy – wymagane uzgodnienie ze służbami ochrony środowiska).

## 2.2. Możliwości wykorzystania energii geotermicznej

Istnieje wiele różnych rozwiązań umożliwiających wykorzystanie energii geotermicznej. Do najczęściej stosowanych systemów wykorzystujących energię cieplną gruntu lub wód gruntowych należą systemy zamknięte, w których układ rur, zazwyczaj z tworzywa sztucznego, wypełniony wodą lub specjalnymi niezamarzającymi płynami tworzy zamkniętą pętlę, zakopaną w gruncie, połączoną z pompą ciepła i układem wydzielania ciepła w mieszkaniu; czynnik roboczy krąży w zamkniętym obiegu. W systemie tym można wyróżnić układ horyzontalny – z rurami ułożonymi poziomo, zajmującymi większą powierzchnię – tańszy w realizacji, o niższej jednak sprawności, nadający się do małych budynków mieszkalnych oraz układ wertykalny – stosowany w przypadku braku miejsca na układ horyzontalny, droższy w ułożeniu lecz bezpieczniejszy w eksploatacji – bardziej stabilna temperatura gruntu (rysunek 6 a i b).



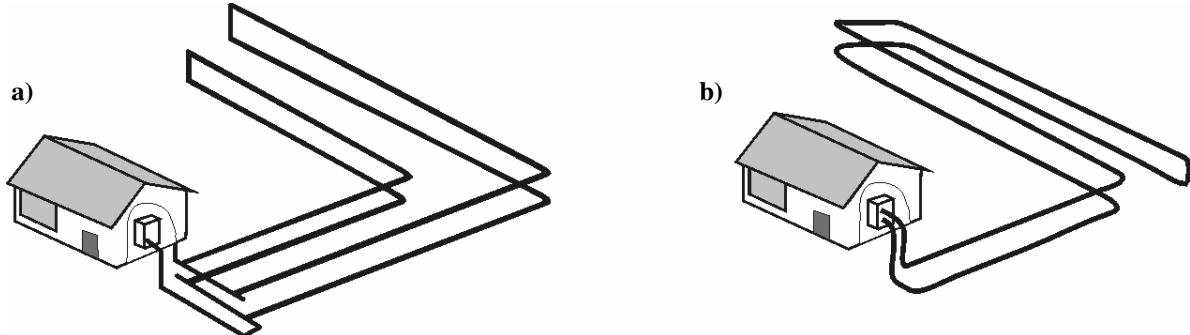
**Rysunek 6.**  
a) układ pionowy równoległy, b) układ pionowy szeregowy



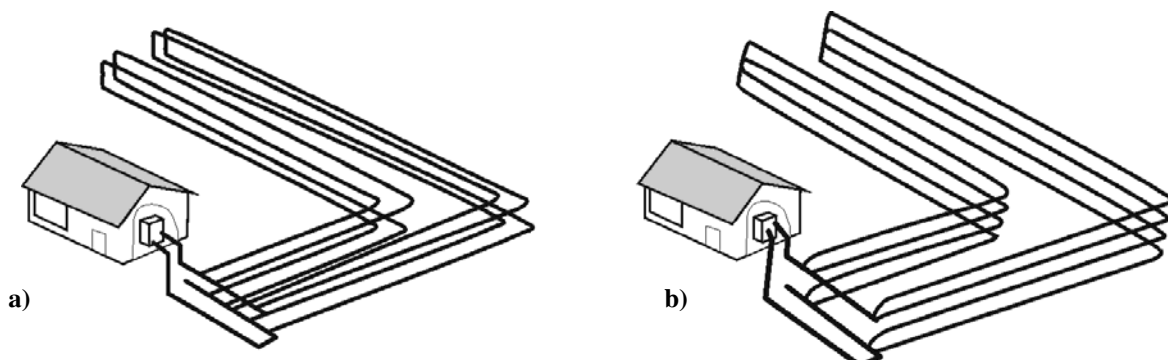
**Rysunek 7.**  
a) układ rur szeregowy, b) układ rur równoległy

Na rysunku 7 pokazane są dwa możliwe systemy ułożenia rur w systemie poziomym „jedna obok drugiej” – tzn. rury są ułożone poziomo w pętli. Maksymalna średnica rur wynosi  $\frac{3}{4}$ ” do 1”, długość pętli – 150 m.

Kolejną możliwością jest układ poziomy z rurami „jedna nad drugą” również w formie równoległej – (rysunek 8 a) jak i szeregowej – (rysunek 8 b). Daje on lepsze wykorzystanie powierzchni, lecz zmusza do wykonania głębszych rowów, ponieważ również górna rura musi znajdować się poniżej poziomu przemarzania gruntu – a odległość między rurami, zarówno w układzie „jedna obok drugiej” jak i „jedna nad drugą” powinna być większa niż 1,25 m.



**Rysunek 8.**  
a) układ równoległy, b) układ szeregowy



**Rysunek 9.** Układ czterech rur na rów w dwóch wariantach

W celu jeszcze lepszego wykorzystania ciepła gruntu stosuje się układy z czterema rurami na rów – rysunek 9 – w dwóch wariantach:

- układ zamknięty, w którym jednak pobierane jest ciepło wody z dna rzeki lub jeziora; tak jak na rysunku 6, lecz rury ułożone są na dnie rzeki lub jeziora.
- układ otwarty, w którym woda gruntowa lub woda ze źródła termalnego pobierana z ziemi przepływa przez pompę ciepła, oddając swoją energię, a następnie jest wylewana na zewnątrz; system ten wymaga jednak zarówno źródła wody gruntowej jak i zbiornika na wodę wykorzystaną; jeżeli zbiornikiem będzie jakiś zbiornik wody powierzchniowej, to pojawiają się wątpliwości natury ekologicznej, związane z lokalnym obniżeniem poziomu wód gruntowych i wzrostem zasolenie wód powierzchniowych – chyba, że wykorzystana woda będzie wtłaczana z powrotem w to samo miejsce z którego była pobrana.

Systemy z wykorzystaniem wód powierzchniowych wymagają blisko położonego zbiornika wodnego, w którym umieszczony jest wymiennik, przekazujący ciepło do pompy ciepła. W ten sposób wykorzystywana jest stała temperatura wody. W przeciwieństwie do systemów wykorzystujących ciepło z wód gruntowych, systemy te nie potrzebują kosztownych odwiertów.

Pompy ciepła znajdują zastosowanie w systemach:

- ogrzewania podłogowego;
- podgrzewania c.w.u.;
- klimatyzacji;
- podgrzewania wody basenowej [Materiały...].

### 3. Stan wykorzystania energii geotermalnej w Polsce

Poza małymi, prywatnymi użytkownikami energii geotermicznej, są w Polsce dwie firmy, które wykorzystują energię geotermalną na większą skalę. Jedną z nich jest Geotermia Pырzyce Sp. z o.o., która powstała 5 grudnia 1994 roku, a ciepłownia geotermalna została zrealizowana w roku 1997. W procesie technologicznym jest wykorzystana energia pochodząca z podziemnych wód termalnych oraz energia gazu ziemnego. Moc ciepłowni zaprojektowano na 55 MW. Obecnie energia cieplna dostarczana jest dla mieszkańców miasta i pyrzyckich zakładów. W miejsce 68 przestarzałych kotłowni węglowych powstały nowoczesne węzły cieplne, a proces dostaw jest w pełni zautomatyzowany. Energia cieplna pochodzi w 65% z podziemnych wód geotermalnych, których zasoby wystarczą na wiele lat! Gorąca woda o temperaturze ok. 62°C wydobywana jest z głębokości 1640–1680 m. Woda po przejściu przez baterię filtrów kierowana jest na wymiennik I stopnia, gdzie oddaje ciepło powracającej z miasta wodzie sieciowej. W celu lepszego wykorzystania entalpii wody geotermalnej, wodę kieruje się dalej do wymiennika II-go stopnia, gdzie następuje jej dalsze schłodzenie do temperatury 26°C. Schłodzenie wody geotermalnej do temperatury 26°C możliwe jest dzięki wcześniejszemu schłodzeniu części powrotnego strumienia wody sieciowej w parowniku absorpcyjnym pompy ciepła do temperatury 25°C. Po wyjściu z wymiennika woda geotermalna przechodzi przez baterię filtrów końcowych i zatłaczana jest z powrotem do tej samej warstwy geologicznej, z której została wydobyta.

Część strumienia wody sieciowej o temperaturze 40°C kierowana jest do skraplacza pompy ciepła, gdzie podgrzewa się do temperatury 78°C. W zależności od panującej temperatury zewnętrznej możemy ją skierować do miasta lub dalej podgrzewać do temperatury 95°C w wysokotemperaturowym wymienniku płaszczowo rurowym i do temperatury 100°C w szczytowym kotle niskotemperaturowym. Obieg wody w sieci zapewniają dwie pompy, połączone równolegle, wyposażone w przetwornice częstotliwości, umożliwiające przystosowanie przepływu czynnika grzewczego do potrzeb i prowadzenia ekonomicznej regulacji ilościowej w systemie.

Budynki zasilane są za pomocą niskotemperaturowej sieci ciepłowniczej o łącznej długości 14,6 km wykonanej w całości z rur preizolowanych. Woda sieciowa płynie do 65 wymiennikowych węzłów cieplnych, które zainstalowane zostały w miejscu starych kotłowni węglowych.

Węzły cieplne oparte są na płytowych wymiennikach ciepła, które pracują na potrzeby centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Każdy wymiennik posiada regulator temperatury zasilania c.o. i c.w.u., a wszystkie węzły o mocy powyżej 100 kW wyposażone są dodatkowo w automatykę pogodową. Parametry cieplne z węzłów średniej i dużej mocy (>100 kW) przesyłane są siecią sterowniczą do Centralnego Systemu sterowania, który nadzoruje pracę źródła ciepła [Ogrzewanie... 1998].

Drugim miejscem w Polsce, gdzie energia geotermalna jest wykorzystywana na większą skalę jest Podhale. Wody geotermalne występują na Podhalu w skałach Niecki Podhalańskiej, położonej pomiędzy Tatrami a Pienińskim Pasem Skałkowym. Główny zbiornik wodonośny eksploatowanych wód geotermal-

nych stanowią: wapienie numulitowe i zlepieńce eoceńskie, dolomity i wapienie triasowe oraz piaskowce jurajskie.

W 1994 roku utworzono Geotermię Podhalańską SA. Jako pierwsza do nowego systemu została przyłączona Bańska Niżna. Ogrzewana jest tam szkoła, kościół i 120 domów mieszkalnych. Docelowo 85% zapotrzebowania na ciepło na całym podhalu ma być pokrywane przez Geotermię. Do systemu zostaną podłączone dwa największe miasta – Nowy Targ i Zakopane, a także leżące pomiędzy nimi wsie.

Trwa budowa rurociągu, którym gorąca woda popłynie do Zakopanego. Miasto zaczęła już ogrzewać ciepłownia gazowa, która jest częścią systemu. Po dołączeniu rury będzie spełniała funkcje awaryjnego źródła energii, wykorzystywanego także jako dodatkowe zasilanie w szczytach poboru mocy.

Ciepłownia wraz z infrastrukturą to:

a. Budynek ciepłowni, w którym znajdują się wymienniki ciepła oraz pompy. W znajdującym się w ciepłowni wymienniku dochodzi do przekazania ciepła z obiegu pierwotnego (złoże – ciepłownia – złoże) do obiegu wtórnego (ciepłownia – budynki – ciepłownia).

b. Rurociąg budowany jest z tzw. rur preizolowanych, które gwarantują minimalne straty ciepła. Są to jakby dwie rury, stalowa wewnątrz i polietylenowa na zewnątrz, zaś przestrzeń między nimi wypełniona jest pianką poliuretanową. Całość skonstruowano w taki sposób, aby rura nie rozwarstwiała się pod wpływem temperatury. Rura ma średnicę 50 cm.

c. Węzły ciepłe biorące udział w dystrybucji wody do poszczególnych budynków.

d. Sieć teleinformatyczna łącząca czujniki regulujące pobieranie ciepła przez odbiorców z urządzeniami sterującymi ciepłownią. Obydwa obiegi pierwotny i wtórny, muszą być odpowiednio opomiarowane. Wyniki pomiarów są zbierane, przetwarzane w systemie komputerowym i na bieżąco – przez system automatyki przemysłowej – wykorzystywane do sterowania pracą instalacji. Służą także jako sygnalizacja ewentualnej awarii w pracy instalacji. Cały system pozwala ograniczyć koszty eksploatacji. Kiedy odbiorca przykręca kurek w cieplejsze dni wtedy oszczędza, ale aby i ciepłownia mogła zaoszczędzić, musi znać w danej chwili rzeczywiste zapotrzebowanie na moc cieplną.

Tańszą energię odbiorcy mogą wykorzystać pobierając ciepło zawarte w obiegu wtórnym, w wodzie powrotnej o niższej temperaturze 50–60°C. Ciepło zawarte w obiegu wtórnym powrotnym można wykorzystać do:

- ogrzewania podłogowego;
- ogrzewania basenów kąpielowych;
- ogrzewania szklarni;
- ogrzewania suszarni;
- ogrzewania stawów rybnych [Geotermia Podhale].

#### 4. Oddziaływanie na środowisko

Energia geotermalna jest energią ekologicznie czystą, co w czasach coraz większego zanieczyszczenia środowiska jest rzeczą bardzo istotną. Zanieczyszczenie środowiska naturalnego w skutek produkcji energii cieplnej metodami konwencjonalnymi jest rzeczą znaną. Dostrzegła to gmina Zakopane, gdzie zanieczyszczenie spowodowane produkcją ciepła jest bardzo duże i zainwestowała w Geotermię Podhalańską S.A. (jest jednym z 6 większych udziałowców).

Należy tutaj dodać, że układy produkujące ciepło z energii geotermalnej nie są w pełni samowystarczalne (chyba, że korzystają z wysokotemperaturowych źródeł) i wymagają uzupełnienia innymi źródłami ciepła, np. gazowym – jak w Geotermii Pyrzyce Sp. z o.o. Same pompy ciepła też wymagają zasilania energią, aby mogły pracować (np. elektryczną).

#### Podsumowanie

W naszym regionie znajdują się źródła geotermalne, jednak na głębokości, która na razie sprawia, że ich eksploatacja jest nieopłacalna. Jest to tzw. *Basen Kambryjski* obejmujący swoim zasięgiem północno-wschodni obszar Polski, okręg kaliningradzki oraz Litwę, Łotwę i Estonię [Sokołowski 1997]. Jednak wykorzystanie energii geotermalnej w chwili obecnej i tak jest możliwe przy pomocy systemów zamkniętych – pobierających ciepło z gruntu i pomp ciepła – szczególnie jako wspomaganie konwencjonalnych źródeł ciepła przy ogrzewaniu domków jednorodzinnych, gospodarstw rolnych. Każdy kW energii uzyskany z czystego źródła dzisiaj to czystsze powietrze i woda jutro, a w naszym regionie opierającym przecież swój rozwój na turystyce jest to szczególnie ważne.



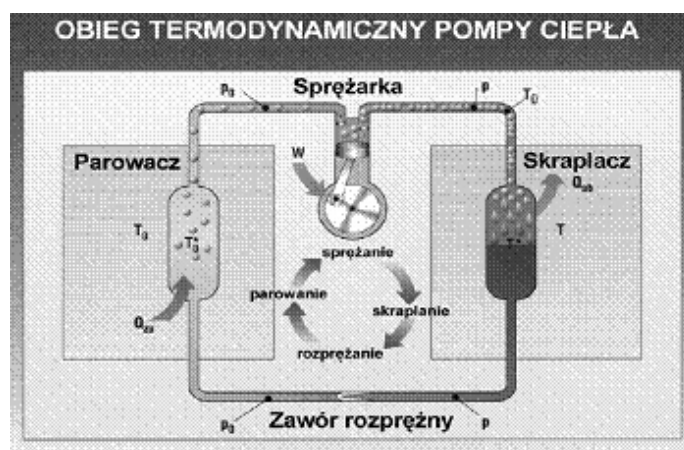
Stanisław Paniczko<sup>1</sup>

## Pompy ciepła

Pierwsze prace na temat możliwości wykorzystania pomp ciepła prowadził w połowie XIX wieku W. Thomson (Lord Kelvin). W 1928 roku zbudowano pierwszą instalację do ogrzewania domu opartą na amoniakalnym urządzeniu sprężarkowym. W latach trzydziestych zaczęły powstawać pompy ciepła w pełni sprawne technicznie i eksploatowane w sposób ciągły, najpierw w Stanach Zjednoczonych, potem w Europie. Pompa zainstalowana w 1938 roku w Zurychu miała moc 175 kW i ogrzewała ratusz. Kilka lat później w tym samym mieście pompa o mocy 7 MW ogrzewała gmachy politechniki. W połowie lat osiemdziesiątych w USA aż 30% nowo budowanych domów wyposażono w pompy ciepła. Urządzenia te stały się popularne w Japonii, Francji, Szwecji, Niemczech. Spadek cen ropy naftowej ograniczył gwałtowny rozwój pomp ciepła, ale jednocześnie wpłynął na doskonalenie ich wielkości, konstrukcji i sprawności. W Lund (Szwecja) uruchomiona w 1983 roku pompa o mocy 13 MW dostarcza ciepło do miejskiej sieci ciepłowniczej, pozwalając zaoszczędzić rocznie około 8 800 m<sup>3</sup> oleju opałowego. Uruchomiona w tym samym roku w Malmö pompa o mocy 40 MW wykorzystuje ciepło w zakładzie oczyszczania ścieków, dostarczając rocznie ponad 310 tys. MWh energii cieplnej do sieci miejskiej. 100 tysięcy mieszkań w Sztokholmie ogrzewa pompa ciepła o mocy 100 MW, czerpiąca energię z wód Bałtyku. Pozwala to zaoszczędzić 50–60 tys. m<sup>3</sup> ropy rocznie i zmniejszyć zanieczyszczenie środowiska.

Pompa ciepła działa w identyczny sposób jak lodówka, tylko na odwrotnej zasadzie. Lodówka „odbiera” ciepło z żywności i oddaje je do pomieszczenia za pomocą umieszczonych z tyłu urządzenia żeber płytowych. Pompa ciepła również „odbiera” ciepło z „zimnego otoczenia”. Następnie pompuje to ciepło na poziom temperaturowy, który wystarcza, aby ogrzać dom latem, zimą, w ciągu dnia i nocy. Nawet jeśli na zewnątrz jest bardzo zimno, pompa ciepła ciągle wydobywa z ziemi, wody lub powietrza tyle energii, ile potrzeba do ogrzania domu. Nieefektywne staje się wykorzystywanie pomp ciepła do zbyt wysokich temperatur na zasilaniu. Niskotemperaturowe systemy grzewcze, zarówno ogrzewanie podłogowe, jak i ściennie oraz specjalne grzejniki, są idealnymi odbiornikami energii dla pomp ciepła. Budynek będzie zaopatrzony w przyjemne i zdrowe ciepło. Ogrzewanie podłogowe w nowych lub ogrzewanie ściennie w starych budynkach wytwarza zdrowe ciepło, które jest bardzo podobne do ciepła pieca kaflowego. Urządzenia te poprawiają klimat w pomieszczeniu, co gwarantuje uczucie ciepła nawet przy niższych temperaturach.

Źródłem energii cieplnej dla pompy ciepła może być zarówno ośrodek naturalny: grunt, woda, powietrze, jak i ośrodek sztuczny: ciepłe wody technologiczne w przemyśle, ścieki komunalne, powietrze wentylacyjne z kopalni. Środowisko naturalne nie musi posiadać szczególnych cech, by móc wykorzystywać zawarte w nim ciepło. Przy projektowaniu pompy ciepła należy wybrać takie źródło, które zagwarantuje możliwie największy strumień ciepła do wykorzystania. Wiąże się to między innymi z przewodnictwem cieplnym ciał, pojemnością cieplną i stanem skupienia, np. woda omywająca rury o określonej powierzchni może oddać im znacznie więcej energii niż grunt, w którym znajduje się taka sama instalacja odbierająca ciepło. Obieg termodynamiczny pompy ciepła przedstawiono na rysunku 1.

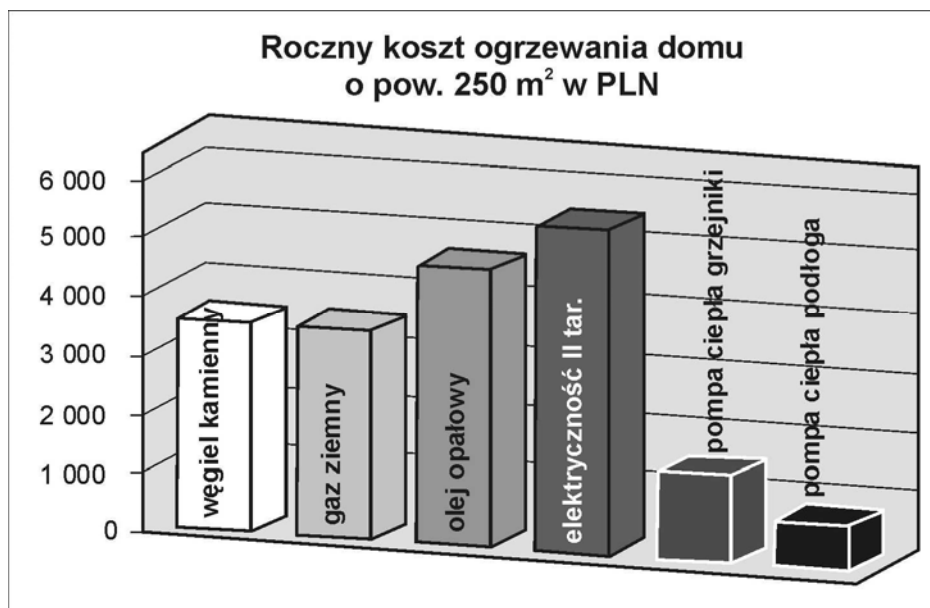


Rysunek 1. Zasada funkcjonowania pompy ciepła

<sup>1</sup> Mgr inż. Stanisław Paniczno, Firma HYDROP.

Pompa ciepła ma szereg zalet, ponieważ:

- dostarcza prawie darmową energię, pobierając ją z otoczenia;
- pozwala uniezależnić się od wzrostu cen paliw (gazu, oleju opałowego) spowodowanych na przykład wyczerpywaniem się złóż czy międzynarodowymi konfliktami gospodarczymi (rysunek 2.);
- jest wygodna i czysta – nie wymaga instalowania komina czy dodatkowego systemu wentylacji, nie wydziela zapachów; jest w pełni zautomatyzowana, nie potrzebuje konserwacji ani okresowych przeglądów;
- pracuje cicho – nie jest dokuczliwa dla otoczenia;
- jest bezpieczna dla środowiska – nie emituje sadzy ani spalin, nie zanieczyszcza otoczenia; układ grzewczy zasilany przez nią jest ekologiczny;
- jej sprawność jest stała w całym okresie eksploatacji.



Rysunek 2. Roczne koszty ogrzewania domu o powierzchni 250 m<sup>2</sup> [zł]

Na przykładzie programu komputerowego jednego ze znaczących producentów pomp ciepła na rynku Europejskim firmy Alpha-Innotec koszty eksploatacji pompy ciepła w skali roku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Koszty eksploatacji pompy

Rodzaj ogrzewania Koszty eksploatacji [zł]	Pompa ciepła	Ogrzewanie olejowe	Ogrzewanie gazowe
Suma roczna	<b>2375</b>	6404	3215
Koszty miesięczne	<b>198</b>	534	268

Dla poniższych parametrów dobrana pompę Alpha – InnoTec SW 140-I/SWC 140-I.

Powierzchnia domu	–	200 m <sup>2</sup> ,
Liczba osób	–	4,
Ogrzewanie podłogowe	–	35°C,
Pompa ciepła	–	solanka/woda (kolektor gruntowy, płaski),
Zapotrzebowanie na ciepło	–	12 kW.

Przeszkodą w jej instalowaniu są koszty inwestycyjne, które są o około 40% wyższe niż konwencjonalnych nośników energii. Niższe koszty eksploatacyjne niż przy ogrzewaniu olejowym i gazowym pozwalają na amortyzację kosztów inwestycyjnych w ciągu 6,5 roku.

Pompa ciepła staje się na rynku energetycznym coraz popularniejsza nie tylko z powodu niepodważalnych walorów ekologicznych, ale przede wszystkim ze względów ekonomicznych. Przedstawione wyżej wyliczenia, wyraźnie pokazują zalety finansowe wykorzystania pompy ciepła jako źródła energii. Potencjalny użytkownik ciepła staje się niezależny od zmian cenowych na rynku, może być pewny, że Ziemia





Jacek Bieranowski<sup>1</sup>

## Biodiesel – ekologiczne źródło energii odnawialnej

### Wstęp

W ostatnich latach rośnie zainteresowanie produkcją i wykorzystaniem biopaliw w Polsce i na świecie. Powody są następujące:

- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>) do atmosfery (pobrana przez rośliny z atmosfery ilość CO<sub>2</sub> jest zwracana w procesie spalania);
- wykorzystanie gruntów rolniczych odłogowanych, poprawienie efektywności ekonomicznej gospodarstw rolnych;
- zwiększenie liczby miejsc pracy.

Biopaliwa płynne przeznaczone do silników spalinowych produkowane są z różnych gatunków roślin oleistych i roślin o dużej zawartości skrobi (tabela 1).

Tabela 1. Źródła paliw płynnych, metody ich otrzymywania oraz możliwości zastosowania

Biopaliwo	Roślina	Proces konwersji	Zastosowanie
Bioetanol	Zboża, ziemniaki, pseudozboża, topinambur	Hydroliza i fermentacja	Dodatek do benzyny
	Buraki cukrowe, trzcina cukrowa lub słodkie sorgo	Fermentacja	
	Wierzba energetyczna, miskant, słoma, rośliny trawiaste	Obróbka wstępna, hydroliza fermentacja	
Biometanol	Wierzba energetyczna, miskant chiński, <i>Miscanthus</i>	Gazyfikacja lub synteza metanolu	
Olej roślinny	Rzepak, słonecznik, soja	–	
Biodiesel	Rzepak, słonecznik, soja	Estryfikacja	Dodatek do ON
Bioolej	Wierzba energetyczna, miskant	Pyroliza	Substytut ON lub benzyny

Źródło: [Grzybek 2002]

Biodiesel wyprodukowany z oleju rzepakowego (ester metylowy oleju rzepakowego) można stosować we wszystkich typach silników wysokoprężnych, bez zmian konstrukcyjnych. Może być spalany w postaci czystej, jak również w mieszankach z tradycyjnym ropopochodnym olejem napędowym. Paliwo to ulega rozkładowi biologicznemu, jest odnawialne i nietoksyczne. Technologia jego produkcji jest prosta, energooszczędna i bezpieczna. Substratem są nasiona rzepaku, z których wyłacza się olej. Pozostałości, czyli tzw. wytloczyny (makuch rzepakowy), ze względu na zawartość tłuszczu i białka mogą być wysokoenergetycznym składnikiem paszy dla zwierząt.

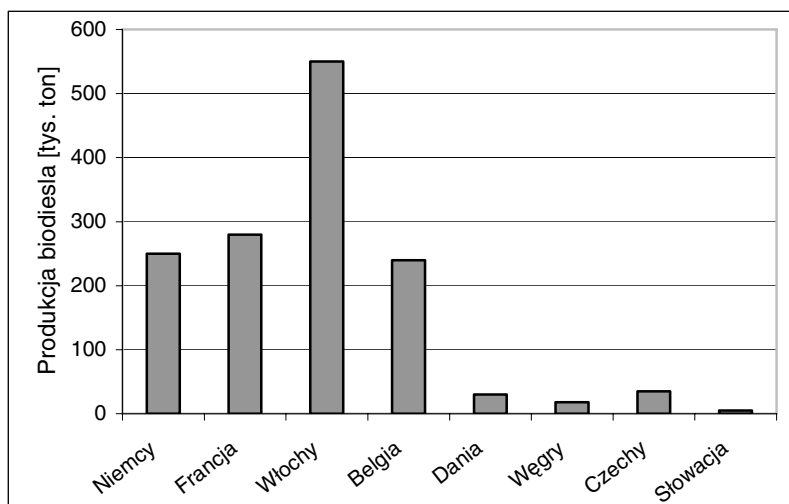
Z 1 hektara rzepaku uzyskuje się około 1 tony paliwa. Większe gospodarstwa rolne, gminy lub rejony rolnicze, w których część areалу (około 10%) przeznaczony jest na uprawę rzepaku, mogą uniezależnić się od zewnętrznych źródeł zaopatrzenia w paliwo. Powszechne stosowanie biopaliwa na wsi generuje wzrost produkcji pasz, możliwość zagospodarowania nieużytków i zmniejszenie bezrobocia. Na rzepak do produkcji biopaliwa można przeznaczyć skażone metalami ciężkimi gleby nie nadające się do produkcji na cele spożywcze, a wytloki wykorzystać jako nawóz. Słoma rzepakowa po przetworzeniu może znaleźć zastosowanie jako materiał budowlany (płyty paździerzowe) lub opały (brykiety).

Poziom produkcji biodiesla w Polsce jest obecnie marginalny w stosunku do zużycia paliw silnikowych. O niedostrzeganiu przez środowiska naukowe i gospodarcze szans związanych z produkcją biopaliw świadczy pominięcie tego zagadnienia w istotnym opracowaniu wykonanym przez EC BREC i IBMER w roku 2000 [EC BREC ... 2000].

<sup>1</sup> Dr hab. inż. Jacek Bieranowski, prof. UWM, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Elektrotechniki i Energetyki.

Szczegółowe badania jakościowe wyprodukowanego w PIMR Poznań paliwa rzepakowego, przeprowadzone przez Instytut Technologii Nafty w Krakowie wykazały pełną przydatność tego paliwa do napędu silników wysokoprężnych.

Produkcję biopaliw z roślin oleistych należy rozwijać przede wszystkim: Niemcy (250 tys. ton/rok), Francja (280 tys. ton/rok), Włochy (550 tys. ton/rok), Belgia (240 tys. ton/rok), Dania (30 tys. ton/rok), Węgry (18 tys. ton/rok), Czechy (35 tys. ton/rok), Słowacja (5 tys. ton/rok), (rysunek 1). Istotne dysproporcje między produkcją biodiesla w krajach dawnej UE i w krajach przyjętych w ostatnim czasie są widoczne na rysunku 1.



Rysunek 1. Produkcja biodiesla w krajach Unii Europejskiej

W przeciwieństwie do krajów UE produkcja biodiesla w Polsce nie jest dotowana przez państwo, a wręcz jest obciążona akcyzą od paliw silnikowych. Rząd nie popiera więc rozwoju produkcji biodiesla. Dlatego też produkcja i przetwórstwo rzepaku musi uwzględniać przede wszystkim uwarunkowania ekonomiczne.

## 1. Podstawowe definicje i właściwości biodiesla

Biodiesel jest to paliwo ciekłe do silników wysokoprężnych (Diesla) zawierające w 100% metylowe (lub etylowe) estry kwasów tłuszczowych. Paliwo to oznaczane jest symbolem B100 i jest produkowane z tłuszczów roślinnych lub zwierzęcych. Jest to ekologiczne, nietoksyczne i odnawialne paliwo o właściwościach takich samych lub prawie takich samych jak olej napędowy.

Biodiesel jest to paliwo ciekłe do silników wysokoprężnych (Diesla) zawierające biologiczny komponent w postaci metylowych (lub etylowych) estrów kwasów tłuszczowych. W tym znaczeniu, najczęściej stosowane są rodzaje o następujących oznaczeniach: B20 – 20% Biodiesla (estrów) i 80% oleju napędowego i B80 – 80% Biodiesla i 20% oleju napędowego lub mieszanki estrów i oleju napędowego w innych proporcjach.

W Polsce surowcem do produkcji biopaliwa ciekłego stosowanego w silnikach z zapłonem samoczynnym jest przede wszystkim rzepak. Biopaliwo rzepakowe ulega degradacji dwa razy szybciej niż ropopochodny olej napędowy, nie zawiera siarki ani węglowodorów aromatycznych. Obniżenie emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu produkcji i użytkowania paliwa oraz niska emisja węglowodorów, tlenku węgla i cząstek stałych przy spalaniu paliwa w silniku, to niewątpliwie źródła korzyści środowiskowych stosowania biodiesla.

W poszczególnych krajach stosuje się różne nazwy handlowe paliwa pochodzącego z rzepaku:

- Raps – Diesel, Biodiesel (Niemcy);
- Ekodiesel, Biodiesel (Austria);
- Diester (Francja);
- Bionafta, Ekonafta, Ekoester (Czechy i Słowacja);
- Ekopaliwo, Epal, Biodiesel, Ekol, Emkor, Ekor, Azona (Polska).

W olejach roślinnych obecne są kwasy tłuszczowe o stosunkowo dużej liczbie wiązań nienasyconych, co powoduje zmniejszenie odporności oksydacyjnej i termicznej olejów, jak również dużą lepkość (ok. 40 mm<sup>2</sup>/s w temp. 40°C), która może dodatkowo rosnąć w wyniku reakcji polimeryzacji składników o charakterze nienasyconym [Chwieduk, Karbowski 2001]. Utrudnia bezpośrednie wykorzystanie olejów roślin-

nych jako paliw silnikowych. Korzystne właściwości fizykochemiczne ma ester metylowy oleju rzepakowego (tabela 2).

**Tabela 2. Podstawowe właściwości estru metylowego w porównaniu z olejem rzepakowym i olejem napędowymi**

Parametr	Olej rzepakowy	Ester metylowy	Olej napędowy
Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ] przy 20°C	0,92	0,88	0,81–0,84
Lepkość kinematyczna [mm <sup>2</sup> /s] przy 20°C	76	6,9–8,2	2,8–5,9
Liczba cetanowa <sup>a)</sup>	34	56	50
Temperatura zapłonu [°C]	285	168	60
Temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa [°C]	20	-7/-12	0/-12 <sup>b)</sup>
Zawartość pierwiastków (około), [%]			
węgiel (C)		77,000	86,70
wodór (H)		12,500	12,00
siarka (S)		0,001	0,28
tlen (O)		10,000	0,90
Wartość opałowa [kJ/kg]	37 400	37 000–39 000	42 800
[kJ/dm <sup>3</sup> ]	34 400	33 200–34 320	35 950
Masa cząsteczkowa	883	296	120–320

<sup>a)</sup> – liczba cetanowa – jest wskaźnikiem zdolności oleju napędowego do samozapłonu i zależy od jego składu chemicznego,  
<sup>b)</sup> – olej napędowy ropopochodny letni DJ/olej napędowy przejściowy DP.

Źródło: [Chwieduk, Karbowski 2001]

Jak wynika z tabeli 2 olej rzepakowy wykazuje wyższą niż olej napędowy wartość liczby cetanowej, co istotnie wpływa na wysoką wartość biodiesla jako paliwa do silników wysokoprężnych.

**Liczba cetanowa** jest podstawową własnością olejów napędowych. Tak jak dla benzyn liczba oktanowa, tak liczba cetanowa jest wskaźnikiem zdolności oleju napędowego do samozapłonu i zależy od jego składu chemicznego [[http://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba\\_cetanowa](http://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba_cetanowa)].

Liczbę cetanową wyznacza się porównując czas zapłonu dla paliwa wzorcowego i analizowanego oleju napędowego, stosując do tego celu specjalne silniki wzorcowe. Paliwo wzorcowe to mieszanka cetanu (5-(1,2-dihydroksyetylo)-3,4-dihydroksy-5H-furan-2-on) – posiadającego bardzo krótki czas zapłonu i  $\alpha$ -metylo-naftalenu. Gdy analizowany olej napędowy posiada własności takie jak czysty cetan, ma on liczbę cetanową 100. Gdy posiada własności takie jak mieszanka 50:50 cetanu i  $\alpha$ -metylo-naftalenu, ma on liczbę cetanową równą 50.

Najbardziej korzystne w silnikach z zapłonem samoczynnym są liniowe węglowodory parafinowe, które spalają się równomiernie, a ich liczba cetanowa rośnie w granicach 70–110 wraz ze wzrostem wielkości cząsteczek węglowodoru. Rozgałęzione węglowodory parafinowe i nafteny są już mniej korzystne, a ich liczba cetanowa zawiera się w granicach 20–70. Najgorsze własności mają proste węglowodory aromatyczne, których liczba cetanowa waha się w granicach 0–60, natomiast dla wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (poza naftenami) wartość ta wynosi tylko ok. 20.

Na liczbę cetanową ma również wpływ skład frakcyjny oleju. Im lżejsze paliwo (mające niższą temperaturę wrzenia), tym mniejsza liczba cetanowa. Lekkich frakcji ropy naftowej nie można jednak całkowicie usuwać ze składu olejów napędowych, bo są one ważne przy uruchamianiu silnika.

W polskiej normie dla olejów napędowych ustalone jest minimum liczby cetanowej wynoszące 49, ponieważ badania eksploatacyjne silników Diesla wykazały, że paliwa o niższej liczbie znacznie obniżają ekonomikę jazdy. Natomiast wzrost liczby cetanowej powyżej 50 wydatnie poprawia własności eksploatacyjne paliwa, ułatwia rozruch silnika, spowalnia zanieczyszczenie dysz wtryskiwaczy, ogranicza czarne dymy w spalinach i obniża hałaśliwość silnika – ester metylowy (biodiesel) ma **liczbę cetanową na poziomie 56** (patrz tabela 2)

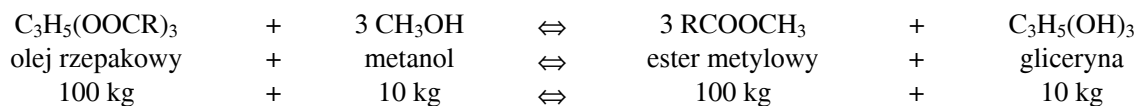
Biodiesel wykazuje w zastosowaniu do silników wysokoprężnych szereg zalet, z których najważniejsze to:

- emisje związków powstających przy spalaniu biodiesla nie wpływają negatywnie na zdrowie ludzi i zwierząt;
- biodiesel jest paliwem czystszy pod względem produktów spalania o prawie 75% w porównaniu z tradycyjnym olejem napędowym;

- stosowanie biodiesla znacząco zmniejsza w emitowanych spalinach ilość nie spalonych węglowodorów, tlenu węgla i cząstek stałych;
- stosując biodiesel eliminuje się emisję związków siarki do atmosfery (biodiesel nie zawiera siarki);
- biodiesel jest paliwem pochodzenia roślinnego i dlatego stosując go nie wprowadzamy dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) do atmosfery;
- wpływ produktów spalania biodiesla na tworzenie się dziury ozonowej jest o blisko 50% mniejszy niż dla tradycyjnego oleju napędowego;
- emisja tlenków azotu (NO<sub>x</sub>) jako produktów spalania biodiesla może wzrastać lub obniżać się ale można je zredukować do poziomu dużo niższego niż dla tradycyjnego oleju napędowego m.in. poprzez zmianę momentu wtrysku paliwa;
- spaliny biodiesla nie powodują podrażnienia spojówek oczu, nie mają odpychającego zapachu;
- biodiesel jest paliwem odnawialnym tzn. pochodzącym z surowców odnawialnych (roślinnych);
- biodiesel jest „bardziej biodegradowalny niż cukier i mniej toksyczny niż sól stołowa” [US National biodiesel Board];
- biodiesel można stosować w każdym silniku Diesla;
- biodiesel jest równie ekonomiczny pod względem wskaźnika zużycia paliwa jak olej napędowy;
- biodiesel ma lepsze właściwości smarne od olej napędowego przez co istotnie przedłuża trwałość i niezawodność silnika wysokoprężnego – zanotowano w Niemczech przebieg samochodu ciężarowego napędzanego wyłącznie biodieslem wynoszący 1,25 mln km;
- biodiesel ma wysoką liczbę cetanową, co poprawia osiągi silnika: 20% dodatek biodiesla do oleju napędowego (tzw. B20) podwyższa liczbę cetanową o 3 punkty;
- biodiesel może być mieszany z tradycyjnym olejem napędowym w dowolnej proporcji (1% dodatek biodiesla do oleju napędowego podnosi jego własności smarne o 65%).

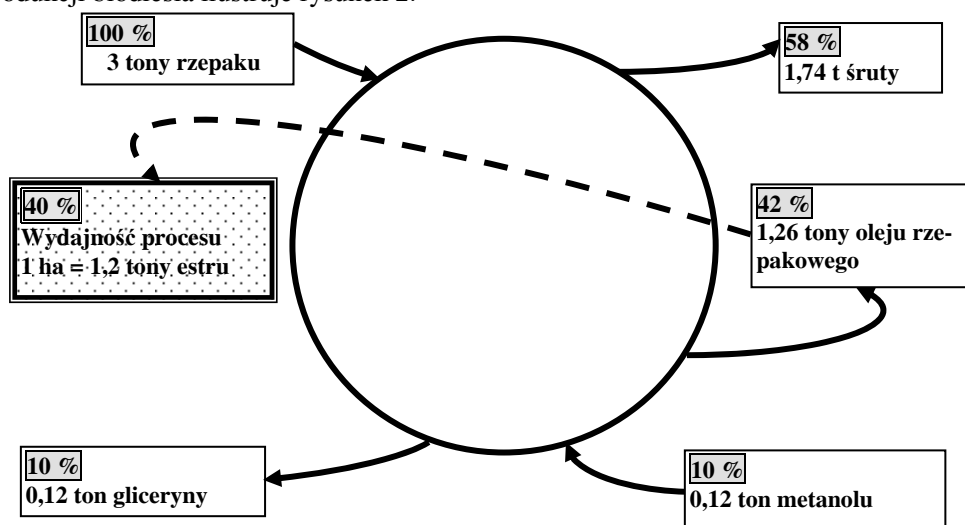
## 2. Podstawy teoretyczne technologii produkcji biodiesla

Podstawą produkcji biopaliwa z oleju rzepakowego jest reakcja podwójnej wymiany trójglicerydów i małowcząsteczkowych alkoholi alifatycznych (C<sub>1</sub>–C<sub>4</sub>, głównie metylowego) do estrów wyższych kwasów tłuszczowych i gliceryny wg reakcji transestryfikacji:



gdzie R – rodnik kwasu tłuszczowego

Cykl produkcji biodiesla ilustruje rysunek 2.



Rysunek 2. Cykl, wydajność i bilans masy procesu produkcji biodiesla

Z badań przeprowadzonych w Niemczech, Wielkiej Brytanii i Francji wynika, że w zależności od plonu rzepaku, wielkości zakładu przetwórczego, jednostka energii zaangażowanej w uprawę rzepaku i produkcję biopaliwa daje 2,5–3,0 jednostek energetycznych w biodieslu i produktach ubocznych.

### 3. Technologia produkcji biodiesla w małej skali

W procesie technologicznym przetwarzania rzepaku na paliwo rozróżnia się kilka etapów:

- wytłoczenie oleju;
- przygotowanie oleju do restryfikacji;
- przygotowanie mieszaniny katalitycznej;
- restryfikację;
- sedymentację;
- filtrację.

Podczas wytłaczania oleju powstaje produkt – wytłoki rzepakowe, które przeznacza się na paszę dla zwierząt. Podczas rozdzielania faz po sedymentacji powstaje biopaliwo i faza glicerynowa zawierająca około 45% gliceryny. Produkt ten może być sprzedany lub zagospodarowany w kompostowni na terenie gospodarstwa.

W małej skali wytwórnia (zbudowana w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu) działa w systemie okresowym (porcjowym). Budowę wytwórni przedstawiono na rysunku 3. Olej rzepakowy do restryfikacji doprowadzany jest do dolnego zbiornika reaktora (estryfikatora) (1) i ogrzewany.

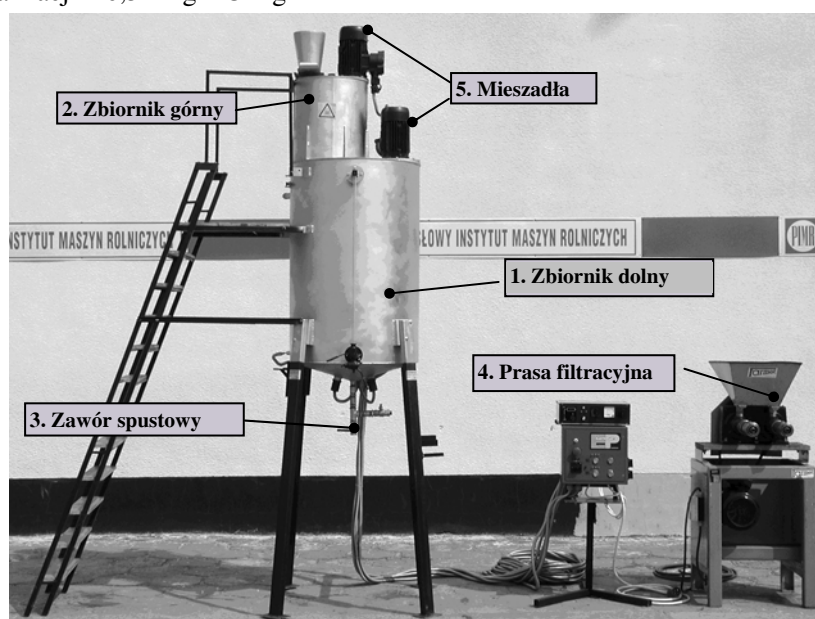
Przygotowanie mieszaniny katalitycznej odbywa się w górnym zbiorniku (2), do którego doprowadza się metanol i katalizator. Katalizator z metanolem jest mieszany (5). Tworzy się jednorodny roztwór katalizatora i metanolu. Restryfikację (właściwy proces przetwarzania oleju na paliwo) przeprowadza się po podgrzaniu oleju do wymaganej temperatury i całkowitym rozpuszczeniu katalizatora w metanolu.

Przez otwarcie zaworu spustowego górnego zbiornika (2) wprowadza się do oleju mieszaninę katalityczną. W trakcie trwania reakcji olej roślinny i metanol z katalizatorem są intensywnie mieszane (5) pod ciśnieniem atmosferycznym. Sedymentacja – grawitacyjny rozdział produktów reakcji – następuje po przerwaniu mieszania. Faza glicerynowa (produkt uboczny reakcji) osiada całkowicie w dolnej-stożkowej części zbiornika reaktora. Glicerynę odprowadza się przez otwarcie zaworu spustowego (3) w dnie stożkowej części zbiornika.

Ostatnim etapem procesu technologicznego jest filtracja. Proces filtracji realizuje się w prasie filtracyjnej (4) pracującej pod ciśnieniem.

Właściwości fizykochemiczne wytwarzanego tą metodą paliwa wykazały zgodność z wymaganiami austriackiej normy przedmiotowej ÖNORM C 1190, najważniejsze z nich to:

- gęstość w temp. 150°C – 0,885 g/cm<sup>3</sup>;
- temperatura zablokowania zimnego filtra paliwa – 20°C;
- lepkość kinematyczna w 200°C – 7,73 mm<sup>2</sup>/s;
- zawartość siarki – 18 mg/kg;
- liczba cetanowa – 48,2;
- liczba neutralizacji – 0,51 mg KOH/g.



Rysunek 3. Wytwórnia biopaliwa rzepakowego w małej skali (PIMR Poznań)

Biodiesel ma właściwości proekologiczne. Stosowanie tego paliwa pozwala na:

- obniżenie emisji związków siarki, praktycznie do zera;
- obniżenie zadymienia i zawartości cząstek stałych do 50–70%;
- obniżenie emisji tlenku węgla (CO) do 80–90%;
- obniżenie emisji węglodorów aromatycznych do 70–80%;
- obniżenie ilości emitowanego do atmosfery dwutlenku węgla o 2,0–2,5 kg/kg paliwa w porównaniu ze spalaniem 1 kg oleju napędowego, natomiast uwzględniając całkowity bilans związany ze wzrostem roślin bilans CO<sub>2</sub> jest równy 0;
- biodegradowalność, zastąpienie paliwa i smarów pochodzenia mineralnego produktami wytworzonymi z oleju rzepakowego powoduje biologiczny rozkład (biodegradację) wycieków w czasie 3 tygodni w 87,98% (dla oleju napędowego odpowiednio 15,25%).

Obecnie na rynku pojawiło się szereg producentów linii technologicznych do wytwarzania biodiesla. Dla przykładu firma BIO-TOP [<http://www.bio-top.pl/>] produkuje typoszereg urządzeń do wytwarzania biodiesla o różnicowanej wydajności (tabela 3).

Aktualnie w Polsce kilka firm podjęło produkcję urządzeń do uzyskiwania biopaliwa z nasion rzepaku w technologii na zimno. Koszt argorafinerii o wydajności kilkuset litrów biopaliwa na dobę (bez prasy do wyciskania oleju) wynosi 30–40 tys. złotych.

#### 4. Zastosowanie biodiesla w technice

Biodiesel już obecnie znajduje szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki. W dalszej części rozdziału przedstawiono wybrane przykłady zastosowań biodiesla.

Tabela 3. Charakterystyka urządzeń do produkcji biodiesla

Rodzaj urządzenia	Wydajność [l/dobę]	Rodzaj procesu	Rodzaj surowca <sup>a)</sup>	Czas realizacji [miesiące]	Certyfikat bezp. CE	Zgodność z normą EN-14214
<u>P400</u>	400	cykliczny	1,2,3	3,5	TAK	TAK
<u>P800</u>	800	cykliczny	1,2,3	2,5	TAK	TAK
<u>P4000</u>	4.000	cykliczny	1,2,3	2,5	TAK	TAK
<u>PPM 5</u>	17.000	ciągły	1,2,3	5	TAK	TAK
<u>PPM 8</u>	27.000	ciągły	1,2,3	5	TAK	TAK
<u>PPM 10</u>	34.000	ciągły	1,2,3	5	TAK	TAK
<u>PPM 20</u>	68.000	ciągły	1,2,3	5	TAK	TAK
<u>PPM 30</u>	102.000	ciągły	1,2,3	5	TAK	TAK

<sup>a)</sup> - Rodzaj surowca: 1 – oleje roślinne, 2 – tłuszcze zwierzęce, 3 – zużyte oleje roślinne

Źródło: [<http://www.bio-top.pl/>]

##### 1. Napęd motocykli

Japońska firma Kawasaki wyprodukowała model motocykla z silnikiem Diesla, zaprojektowany na potrzeby armii.

##### 2. Systemy grzewczo-prądotwórcze

Przykładem zastosowania Biodiesla w celach grzewczych jest budynek parlamentu Niemiec w Berlinie. Zainstalowano tam agregat kogeneracyjny, grzewczo-prądotwórczy (BHKW) o niezwykle niskim poziomie emisji tlenków azotu. Generator ma moc 1600 kW<sub>el</sub><sup>1</sup> a urządzenie grzewcze 1840 kW<sub>th</sub><sup>2</sup> energii cieplnej – umożliwiającej ogrzewanie budynku parlamentu w okresie zimowym.

Agregat grzewczo-prądotwórczy (CHP – combined heat and power unit) wytwarza energię ciepłą w sposób ciągły. Nadwyżka energii cieplnej w okresie letnim wykorzystywana jest do ogrzania wody, któ-

<sup>1</sup> 1 kW<sub>el</sub> – jeden kilowat energii elektrycznej

<sup>2</sup> 1 kW<sub>th</sub> – jeden kilowat energii cieplnej.

ra jest magazynowana w naturalnych zbiornikach poziomych (na głębokości 300) z której korzysta się w chłodne dni [[http://w3.siemens.de/newworld/PND/-PNDG/PND-GB/PNDGBC/pndgbc6\\_e.htm](http://w3.siemens.de/newworld/PND/-PNDG/PND-GB/PNDGBC/pndgbc6_e.htm)].

### 3. Transport kolejowy

Przykładem zastosowania biodiesla w transporcie kolejowym może być wykorzystywanie tego paliwa przez Sierrarailroad z USA w ramach pilotażowego projektu „Power Train – Locomotive Emissions Reduction Project”. Bezpośrednim celem jest zmniejszenie uciążliwych emisji z lokomotyw a pośrednio także wyjście naprzeciw problemom Kalifornii z zapewnieniem zaopatrzenia w energię.

Projekt zakłada roczne zużycie około 34 milionów litrów (7.5 mln galonów) paliwa biodiesel. Pomyślnie projekt spodziewają się, że przyspieszy on zbudowanie fabryki biodiesla w Kalifornii. Do tej pory paliwo to było dostarczane do Kalifornii koleją z Florydy [[http://www.sierrarailroad.com/powertrain/loc\\_emission.pdf](http://www.sierrarailroad.com/powertrain/loc_emission.pdf)].

Z kolei niemieckie przedsiębiorstwo transportu kolejowego „Prignitzer Eisenbahn” (PEG) jest jako jedne z pierwszych w Europie napędza eksploatowane przez siebie lokomotywy wyłącznie **czystym olejem roślinnym**. Firma operuje zarówno w transporcie towarowym jak i osobowym na terenie landów: Meklemburgii-Przedmorza, Brandenburgii oraz Nadrenii Westfalii [<http://www.prignitzer-eisenbahn.de/index.html>].

### 4. Biopaliw jako biokomponent paliwowy

Przyczyny dla których niektóre kraje decydują się na dodatek (w różnych proporcjach):

- konieczność stworzenia dużego rynku zbytu dla produktów rolnych, dla których potencjał produkcyjny (powierzchnia, zatrudnienie, kultura upraw itp.) jest nadmierny w stosunku do potrzeb produkcji na cele spożywcze,
- możliwość stosunkowo łatwego dostosowania istniejącej infrastruktury technicznej i logistycznej do istniejących i planowanych mocy produkcyjnych zakładów (tzw. estryfikatorni, zwykle o znacznej mocy wytwórczej – powyżej 30–40 tys. ton/rok).

### 5. Biopaliw jako komponent podnoszący liczbę cetanową paliwa

Biodiesel posiada wysoką liczbę cetanową (minimalna wartość w standardzie CEN wynosi 51), co poprawia pracę silnika: już 20% udział biodiesla w paliwie do silników wysokoprężnych, podnosi jego liczbę cetanową o 3 punkty.

### 6. Dodatek smarujący do silników diesla

Wielu producentów paliw decyduje się na dodawanie dodatków poprawiających smarność paliw. Testy przeprowadzone na paliwie biodiesel wykazały, że ma ono bardzo dobre właściwości smarujące i może być stosowane jako dodatek polepszający właściwości oleju napędowego [[http://www.chevron.com/prodserv/fuels/bulletin/diesel/L2\\_4\\_7\\_-rf.htm](http://www.chevron.com/prodserv/fuels/bulletin/diesel/L2_4_7_-rf.htm)].

### 7. Biodiesel w górnictwie

Zagrożenia związane z wdychaniem spalin zostały dobrze udokumentowane. Amerykański Narodowy Instytut Zdrowia i Bezpieczeństwa Pracy oraz Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) oceniły emisje cząstek stałych pochodzące z spalania oleju napędowego w silniku Diesla jako „potencjalnie” lub „prawdopodobnie” rakotwórcze. Takich cząstek nie emituje biodiesel.

W Wielkiej Brytanii operator kopalni węgla kamiennego „Brytyjski Węgiel” („British Coal”) z przeprowadził pozytywne testy urządzeń pracujących pod ziemią, które napędzane były paliwem biodiesel [[http://www.kghm.pl/wydarzenia/prasa/news.html?news\\_id=159](http://www.kghm.pl/wydarzenia/prasa/news.html?news_id=159)].

### 8. Biodiesel w rolnictwie. Poprawa ekonomiki gospodarstwa

W warunkach polskich na uprawę 1 ha gruntów ornych zużywa się średnio-rocznie 120 litrów oleju napędowego. Roczne zapotrzebowanie na paliwo do ciągników i maszyn w gospodarstwie o powierzchni 20 ha wynosi zatem 2400 litrów. Taką ilość paliwa można uzyskać przerabiając na biodiesel 8 ton nasion rzepaku. Przy plonie 2,5 t/ha samowystarczalność uzyskuje się przy posianiu rzepakiem około 3 ha gruntów ornych. Paliwo w gospodarstwie rolnym stanowi około 23% kosztów mechanizacji (wg IERiGŻ). Ograniczając zakup paliwa z zewnątrz można poprawić efektywność w gospodarstwach rolnych [<http://www.przysiek.pl/~agrobiznes/mechanizacja/biopaliwa.htm>].

### 9. Estry metylowe w przemyśle

Estry metylowe są ważnym surowcem w produkcji detergentów oraz specjalistycznych chemikaliów (tzw. *fine chemicals*). Najważniejszym produktem chemicznym w kategorii estrów tłuszczowych są estry

glicerolowe, stanowiąc około 40% światowej konsumpcji (inne produkty to estry sorbitanowe oraz ich oksyetylenowe pochodne, estry polioksyetylenoglikoli, i alkohole monowodorotlenowe).

Produkty te mają wiele zastosowań w przemyśle spożywczym, detergentowym, tworzyw sztucznych, płynów technologicznych (smarów), w przemyśle metalowym, farmaceutycznym, farb i lakierów, tekstylnym, rolnictwie i innych [Hreczuch i in. 2000].

#### 10. Transport wodny

Transport wodny (zarówno towarowy jaki i pasażerski obejmujący m.in. łodzie rekreacyjne i jachty), stanowi jeden z podstawowych rynków niszowych dla stosowania paliwa biodiesel. Z doświadczeń amerykańskich i niemieckich wynika, że w początkowym okresie obecności biodiesla na rynku, jego stosowanie w transporcie wodnym uzyskuje większą akceptację niż w przypadku transportu drogowego. Stosowanie biodiesla przyczynia się głównie do minimalizacji zagrożeń wywoływanych np. wyciekiem paliwa ropopochodnego do akwenów. Wynika to z podstawowej jego cechy użytkowej, jaką jest bardzo dobra biodegradowalność, zwłaszcza w środowiskach wodnych.

Zastosowanie biodiesla jest szerokie i zawsze korzystne dla środowiska naturalnego.

## 5. Perspektywy produkcji oleju rzepakowego w Polsce

Z roślin oleistych uprawianych w Polsce znaczenie gospodarcze mają rzepak ozimy, rzepak jary, gorczyca biała. Najważniejszą rośliną oleistą jest rzepak ozimy. Rzepak jest obecnie jedną z najcenniejszych roślin w zmianowaniu, mający dobroczynny wpływ na stan środowiska glebowego, jego głęboki, palowy system korzeniowy oddziałuje fitomelioracyjnie na glebę, rozluźnia ją. Długie korzenie pobierają składniki pokarmowe z głębszych warstw profilu glebowego, po ich mineralizacji są dostępne dla roślin uprawianych po rzepaku. Ma to duże znaczenie praktyczne przy obecnych cenach nawozów mineralnych. Duża masa łodyg, łuszczyn i korzeni wzbogaca glebę w materię organiczną, z której powstaje próchnica. Rzepak oczyszcza glebę z chorób podsuszkowych i dlatego jest bardzo dobrym przedplonem dla zbóż. Jest rośliną fitosanitarną. Rzepak jako jedna z nielicznych roślin nieokopowych dobrze wykorzystuje składniki pokarmowe zawarte w nawozach organicznych, tj. w oborniku, gnojowicy i gnojówce. Ze względu na intensywne kwitnienie jest jedną z najbardziej miododajnych roślin uprawnych.

Z nasion rzepaku uzyskuje się olej, który jest głównym tłuszczem roślinnym. Zawiera on różne kwasy tłuszczowe, które wpływają korzystnie na zdrowie ludzi i są wykorzystywane do napędu bioogrzewania. Obok oleju otrzymuje się makuch, który jest cenną paszą treściwą dla zwierząt. Średnio w 1 kg zawiera w zależności od rodzaju i odmiany 878-895 g suchej masy, w tym:

- białka ogólnego 369–342 g;
- białka strawnego 310–287 g;
- włókna 118–127 g;
- jednostek pokarmowych około 1,00.

Do uprawy z przeznaczeniem na olej nadają się wszystkie uprawiane odmiany rzepaku. Odmiany Górczyński i Skrzyszowicki ze względu na swoją mniejszą intensywność oraz niższe wymagania mogą być uprawiane na glebach słabszych, zdegradowanych i skażonych.

Wykorzystując wyciarki do produkcji oleju z roślin oleistych przyjmuje się, że można uzyskać 35% oleju i 65% śruty. Zakłada się, że 1 l oleju waży 0,84 kg. Szacunkowe możliwości produkcji biopaliwa z rzepaku przedstawiono w tabeli 4 [Wyniki ... 2001].

Można oczekiwać, że we wstępnym okresie, obejmującym około 2–3 lat przy zwiększeniu powierzchni uprawy rzepaku o 100 tys. ha i niskich plonach (na poziomie średniej z ostatniego 20-lecia), możliwe jest przeznaczenie około 250 tys. ton rzepaku na produkcję biopaliwa.

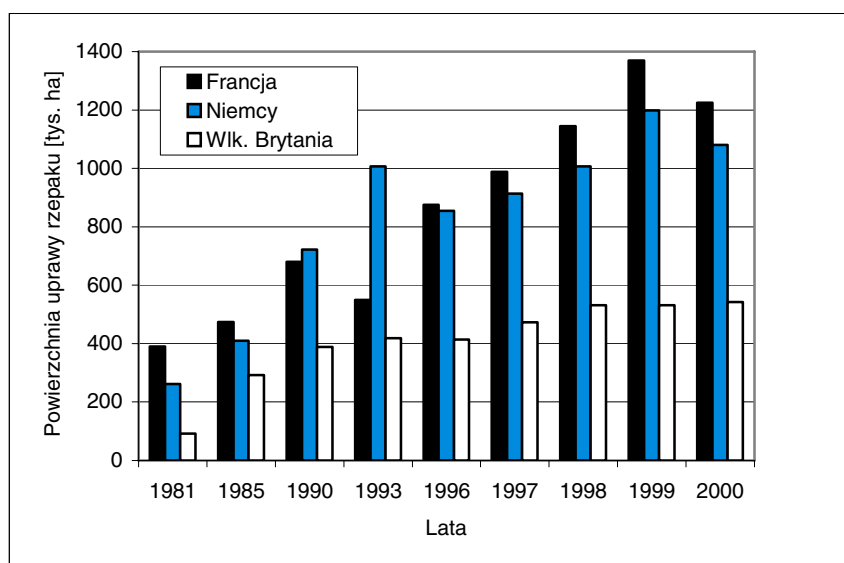
Tabela 4. Szacunkowe możliwości produkcji biodiesla z rzepaku w Polsce

Wyszczególnienie	Etap realizacji programu		
	wstępny	p ośredni	docelowy
Powierzchnia uprawy rzepaku [tys. ha]	550	750	1000
Plon rzepaku [t/ha]	2,2	2,5	3,0
Produkcja rzepaku [tys. ton]	1100	1875	3000
Rzepak na olej konsumpcyjny [tys. t]	850	850	850
Rzepak na biodiesel [tys. t]	250	1025	2150
Produkcja biodiesla (MER) [tys. ton]	83	342	750
MER w krajowym zużyciu oleju napędowego (2000 r.), [%]	1,37	5,62	12,36
Produkty dodatkowe:			
Gliceryna surowa [tys. ton]	13	51	105
Śruta rzepakowa [tys. ton]	150	630	1295

Źródło: [Wyniki... 2001]

Wyprodukowany z tej ilości rzepaku ester metylowy (MER) stanowiłby około 1,3–1,4% krajowego zużycia oleju napędowego. Wzrost powierzchni uprawy do około 1 mln ha oraz wzrost plonów do 2,5–3,0 t/ha (poziom plonów zbliżony do uzyskiwanego obecnie w UE), można produkcję rzepaku na cele energetyczne szacować na około 2,0 mln ton. Uzyskane wówczas Biopaliwo pokryłoby ponad 10% obecnego zużycia oleju napędowego w Polsce. Wariant docelowy możliwy jest do zrealizowania w okresie kilkunastu lat.

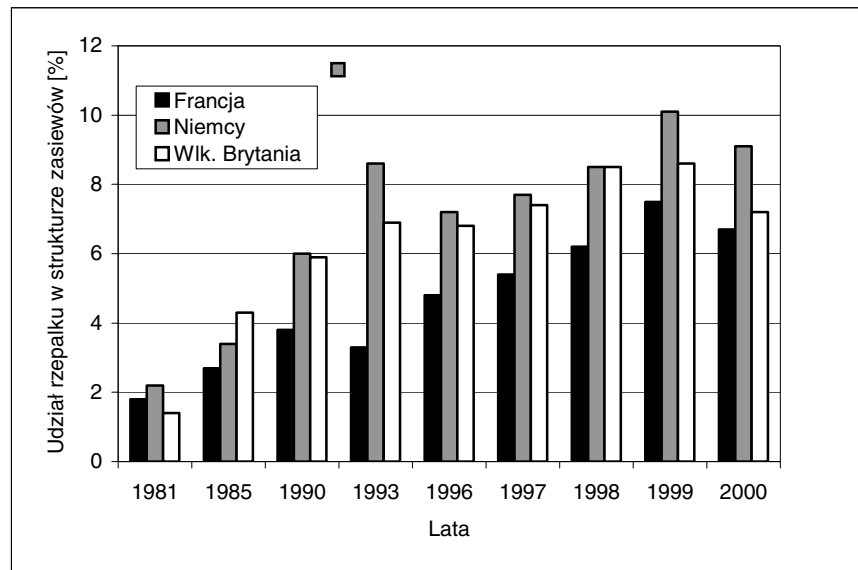
W latach 1981–2000 powierzchnia uprawy rzepaku w krajach UE wzrosła prawie 3-krotnie (rysunek 4).



Rysunek 4 Powierzchnia uprawy rzepaku w wybranych krajach UE w l. 1981–2000

Źródło: [Rzepak... 2002]

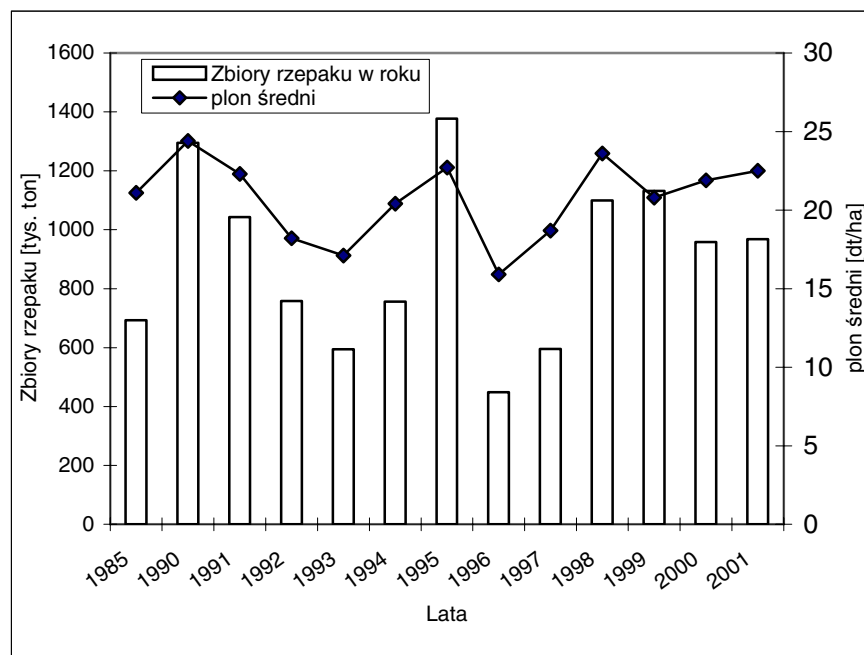
Udział tej rośliny w strukturze zasiewów zwiększył się w tym okresie z około 1,5 do 4,5% (rysunek 5). Szczególnie znaczący wzrost powierzchni uprawy rzepaku odnotowano w 3 krajach (Francja, Niemcy i W. Brytania), w których jego udział w strukturze zasiewów wzrósł w tym okresie z 1,5–2,0% do 7–10%. W krajach UE występuje również wyraźny wzrost plonów rzepaku w ostatnim okresie. Czynnikiem sprzyjającym uprawie rzepaku na biodiesel w UE jest możliwość jego wysiewu na gruntach objętych programem ugorowania, co zwiększa atrakcyjność ekonomiczną takiej produkcji, ponieważ rolnik obok zapłaty za wyprodukowany surowiec otrzymuje również premię za obowiązkowe ugorowanie gruntów.



**Rysunek 5. Udział procentowy w strukturze zasiewów w wybranych krajach UE**

Źródło: [Rzepak...2002]

Natomiast w Polsce nie można odnotować wyraźnego stałego wzrostu produkcji i plonu średniego rzepaku (rysunek 5.).



**Rysunek 6. Zbiory rzepaku i plon średni w Polsce w latach 1985–2001**

Źródło: [Rzepak... 2002]

## 6. Ekonomia produkcji biodiesla – przykładowy bilans kosztów

Bilans kosztów produkcji biodiesla wraz z przykładem dotyczącym małej wytwórni wiejskiej przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Bilans kosztów produkcji biodiesla

Lp.	Nazwa kosztów	Obliczenia	Jedn.	Wartość [zł]
<b>Ceny zakupu i surowców zbytu produktów odpadowych</b>				
1	Cena rzepaku	–	[zł/t]	800,00
2	Cena metanolu technicznego	1 litr metanolu – 1,20 zł brutto	[zł/t]	1 525,00
3	Cena katalizatora	–	[zł/kg]	3,30
4	Wytłoki	–	[zł/t]	600
5	Cena zbytu gliceryny <sup>a)</sup>	–	[zł/m <sup>3</sup> ]	1 000,00
<b>Nakłady inwestycyjne</b>				
6	Zakup wytwórni paliwa W-400	–	[zł]	30 000,00
7	Prasa do wyciskania oleju	–	[zł]	15 000
8	Zbiorniki oleju i rozdzielacze faz	–	[zł]	10 000
9	Adaptacja pomieszczeń (system wentylacji, orurowanie, magazyn trucizn, i in.)	–	[zł]	15 000
Razem nakłady inwestycyjne				70 000,00
<b>Koszty pozostałe</b>				
10	Koszt amortyzacji (czas amortyzacji 10 lat)	–	[zł/rok]	7 000,00
11	Koszt kredytu	$70\,000,00 \cdot 0,5 \cdot 4\% / (\text{rok} \cdot 100)$	[zł/rok]	1 400,00
12	Koszt napraw i przeglądów	$70\,000,00 \cdot 1,2 / 10 \text{ lat}$	[zł/rok]	8 400,00
13	Razem koszty pozostałe			16 800,00
<b>Koszt wyprodukowania 1 l paliwa (biodiesla)</b>				
<b>Nakłady</b>				
14	Ziarno – rzepak	$300 \text{ ton} \cdot 800 \text{ zł/t}$	[zł]	240 000,00
15	Katalizator	$1521 \text{ kg} \cdot 3,3 \text{ zł /kg}$	[zł]	5 019,00
16	Metanol	$13\,100 \text{ dm}^3 \cdot 1,2 \text{ zł/l}$	[zł]	15 720,00
17	Koszty energii elektrycznej	$300 \text{ t} \cdot 405 \text{ kWh/t} \cdot 0,2 \text{ zł/kWh}$	[zł]	24 300,00
18	Amortyzacja		[zł]	7 000,00
19	Oprocentowanie kapitału		[zł]	1 400,00
20	Koszty napraw		[zł]	8 400,00
21	Razem nakłady			<b>301 839,00</b>
<b>Dochody ze sprzedaży produktów ubocznych</b>				
22	Wytłoki	$230 \text{ t} \cdot 600 \text{ zł/t}$	[zł]	130 800,00
23	Gliceryna <sup>a)</sup>	$29,8 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ zł/m}^3$	[zł]	29 800,00
24	Razem dochody ze sprz. prod. ubocznych			<b>160 600,00</b>
25	<b>Koszt jednego l paliwa (biodiesla)</b>	$\frac{301\,839,00 - 160\,600,00}{84\,500 \text{ l wyprod. paliwa}}$	[zł/l]	<b>1,67</b>

<sup>a)</sup> – Cena zbytu 1000 l gliceryny oczyszczonej (farmakologicznej, kosmetycznej) wynosi około 4000 zł. Dla uproszczenia przyjęto, że cena zbytu fazy glicerynowej (gliceryny zanieczyszczonej) wynosi 25% wartości czystej, co daje kwotę zbytu 1000 zł/m<sup>3</sup>.

W powyższym przykładzie nie uwzględniono kosztów robocizny i podatku dochodowego. Założono, że wykonana praca jest pracą „dla siebie”. Wyznaczony koszt produkcji jednego litra biodiesla odnosi się

do wytwórni zainstalowanej w Chudopczycach. Koszt produkcji biopaliwa ciekłego w małej wiejskiej wytwórni bez uwzględnienia robocizny i opodatkowania wynosi 1,67 zł za litr (poziom cen z roku 2002).

Dla porównania średnia roczna cena oleju napędowego wyniosła w 2002 roku 2,60 zł. Zatem w przypadku zwolnienia z akcyzy biopaliwo mogłoby być konkurencyjne w stosunku do paliwa pochodzącego z przerobu ropy naftowej.

### Podsumowanie

Rozwój uprawy rzepaku w celu przetworzenia go na biopaliwo generuje następujące korzyści:

- aktywacja obszarów wiejskich w wyniku powstania nowych miejsc pracy; szacunki przeprowadzone w różnych krajach UE wskazują, że wyprodukowanie 1000 ton biopaliw ciekłych wymaga zatrudnienia około 11- 16 osób, z tego 30% bezpośrednio w rolnictwie, a nakłady robocizny są 50-krotnie większe niż przy wyrobie i wydobywaniu ropy naftowej; zastąpienie 1% paliw kopalnych biopaliwami stworzyłoby w ramach całej Wspólnoty od 45 tys. do 75 tys. nowych miejsc pracy, w większości na obszarach wiejskich;
- poprawa gospodarki płodozmianowej; w Polsce zbożami obsiewa się około 70% gruntów ornych; w gospodarstwach większych, w których głównie będzie uprawiany rzepak, udział zbóż w strukturze zasiewów jest zdecydowanie większy, często zbliżony do uprawy monokulturowej; uprawa rzepaku zwiększy różnorodność uprawianych roślin i spowoduje wzrost plonów zbóż;
- zwiększenie krajowych zasobów pasz białkowych, uniezależnienie się od wahań cen oraz poprawa salda w bilansie handlu zagranicznego surowcami pochodzenia rolniczego;
- stworzenie alternatywnego sposobu wykorzystania potencjału produkcyjnego rolnictwa i dodatkowego źródła dochodów rolniczych,
- ochrona środowiska przyrodniczego (ograniczenie emisji tlenków azotu i zamknięty obieg CO<sub>2</sub>);
- wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Przy obecnych cenach surowców koszt produkcji biodiesla wynosi 2,0–2,30 zł/l. Jednakże Polska jest jednym z trzech krajów w UE, w którym utrzymywana jest akcyza na paliwa odnawialne i wynosi ok. 1,30 zł/l. Minimalna cena zbytu wynosi 3,30–3,60 zł/l. W Polsce produkcja biodiesla osiąga poziom marginalny, a 80–90% wyprodukowanego paliwa jest eksportowane.

Rafał Bal, Janusz Piechocki<sup>1</sup>

## Rola odnawialnych źródeł energii w zaspokajaniu lokalnych potrzeb energetycznych

### Wstęp

Racjonalne gospodarowanie paliwami oraz potrzeba oszczędności energii, wynikająca ze zmieniających się warunków gospodarczych i obawa o stan środowiska naturalnego, spowodowała szerokie zainteresowanie energią odnawialną. Właściwe użytkowanie energii jest jednym z ważniejszych problemów ekologicznych, społecznych i gospodarczych. Paliwa kopalne takie jak: węgiel kamienny, brunatny, ropa naftowa i gaz ziemny uważane do tej pory za niewyczerpalne źródło energii, w środowisku naturalnym ulegają gwałtownemu wyczerpywaniu [Graczyński 2001].

Produkcja i wykorzystanie na obecnym etapie odnawialnych źródeł energii w żaden sposób nie jest w stanie zakłócić bilansu energetycznego kraju opartego w głównej mierze o pierwotne nośniki energii, wręcz przeciwnie, może w znaczący sposób ożywić rozwój gospodarczy w sektorach produkcyjnych. Ważnym argumentem jest to, aby rozwój odnawialnych źródeł energii, w tym produkcja biomasy, rozpoczął się nie tylko na szczeblu krajowym, ale przede wszystkim na szczeblu lokalnym. Obydwa kierunki działań powodują nie tylko zmniejszenie obciążenia środowiska naturalnego poprzez ograniczenie zużycia pierwotnych nośników, lecz także wykorzystanie produktów niebezpiecznych dla środowiska, produktów ubocznych rolnictwa, odpadów przetwórstwa rolno – spożywczego i zanieczyszczeń komunalnych [Lusawa 2002].

Odnawialne źródła energii są zaliczane do tzw. energii rozproszonej zaspokajającej przede wszystkim potrzeby społeczności lokalnych. Dotyczy to w szczególności terenów oddalonych od dużych instalacji energetycznych. Ten aspekt energetyki odnawialnej podkreśla wpływ władz lokalnych na stan rozwoju branży energetycznej. Amerykański analityk Amory Lovins jako pierwszy w 1976 roku, wprowadził pojęcie tzw. „miękkiej ścieżki energetycznej”. Oznaczało to, opieranie się w energetyce na lokalnych, rozproszonych źródłach odnawialnych i zdecentralizowanych systemach. Pogląd ten został uznany za całkowicie nieprzydatny. Ostatnie lata przyniosły jednak wiele zmian w energetyce komunalnej, powodując, że pogląd Lovinsa zaczął nabierać znaczenia.

### 1. Odnawialne źródła energii w lokalnym planowaniu energetycznym na poziomie gminy. Podstawy teoretyczne

Warunkiem uzyskania pozytywnego efektu wykorzystania zasobów odnawialnych źródeł energii jest przede wszystkim poważne potraktowanie planowania energetycznego na szczeblu gminy przez samorządy lokalne i tworzenie warunków w postaci przejrzystej polityki inwestycyjnej sprzyjającej podejmowaniu inicjatyw gospodarczych. Polska należy już do struktur europejskich i zarządzanie strategiczne nabiera szczególnego znaczenia, gdyż z jednej strony jest warunkiem, a z drugiej daje szansę na pozyskanie środków z zewnątrz. Aby to jednak mogło nastąpić, trzeba przekonać społeczność lokalną o celowości działań strategicznych oraz nauczyć miejscowe elity sporządzać, a następnie realizować dobre programy i projekty. Niestety nierzadkie są sytuacje, kiedy plan rozwoju strategicznego zostaje jedynie dokumentem [Pawelska – Skrzypek 1997]. Wiedza z zakresu planowania energetycznego dla wielu gmin w Polsce jest nadal zagadnieniem nie w pełni zrozumiałym. Problem ten jest o tyle skomplikowany, że wynika z braku ściśle określonego terminu rozpoczęcia i zakończenia planowania energetycznego oraz braku informacji o korzyściach wynikających z opracowania takich założeń przez gminę.

Podstawowym aktem prawnym, który określa pozycję energii odnawialnej w strukturze energetycznej Polski jest ustawa – Prawo energetyczne z 10 kwietnia 1997 r. oraz późniejsze zmiany do tej ustawy (Dz. U. Nr 54, poz. 348, Nr 133, poz. 885 z 1997 r; Dz. U. Nr 153, poz. 1504, Nr 203, poz. 1996 z 2003 r; Dz. U.

<sup>1</sup> dr inż. Rafał Bal, prof. dr hab. inż. Janusz Piechocki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Elektrotechniki i Energetyki.

Nr 29, poz. 257, Nr 34, poz. 293, Nr 91, poz. 875, Nr 96, poz. 959, Nr 173, poz. 1808 z 2004r; Dz. U. Nr 62, poz. 552 z 2005 r.). Ostatnia nowelizacja ustawy – Prawo energetyczne jest związana z implementacją dyrektyw 2001/77/WE z dnia 27 września 2001 r. w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych (Dz. Urz. We L 283 z 27. 10. 2001) oraz 2003/54/WE dotyczącej wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylającej, dyrektywę 96/92/WE (Dz. Urz. WE L 176 z 15.07.2003) i ma na celu dostosowanie prawa polskiego do prawa UE. Ważnym rozdziałem ustawy – Prawo Energetyczne są założenia polityki energetycznej państwa oraz planowanie energetyczne określające zakres udziału w całym przedsięwzięciu przedsiębiorstw energetycznych zajmujących się przesyłaniem i dystrybucją paliw gazowych, energii elektrycznej lub ciepła:

Art. 16. 1 ...Przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się przesyłaniem i dystrybucją paliw gazowych lub energii elektrycznej sporządzają dla obszaru swojego działania plany rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na paliwa gazowe lub energię elektryczną, uwzględniając miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego gminy... (Dz. U. Nr 54, poz. 348, pkt 1).

2. ...Plan, o którym mowa dotyczy przedsięwzięć w zakresie modernizacji, rozbudowy albo budowy sieci oraz ewentualnych nowych źródeł energii paliw gazowych lub energii elektrycznej, w tym również źródeł niekonwencjonalnych...

(Dz. U. Nr 54, poz. 348, pkt 2).

Dotychczas dla przedsiębiorstw zajmujących się przesyłaniem i dystrybucją, a w niektórych przypadkach nawet produkcją energii elektrycznej (w skojarzeniu) ten zapis pozostawał „martwy”. Dopiero nowelizacja ustawy – Prawo energetyczne (Dz. U. Nr 62, poz. 552 z 2005 r.) spowodowała, że koncepcja wspierania źródeł odnawialnych w prawie polskim oparta będzie zasadniczo na: *obowiązku zakupu tej energii przez przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się wytwarzaniem energii elektrycznej lub jej obrotem, jeśli sprzedają energię odbiorcom końcowym*. Wypełnienie tego obowiązku jest „mierzone” odpowiednią ilością posiadanych świadectw pochodzenia (Muras 2005). Zastępczą formą obejścia tego obowiązku będzie tzw. opłata zastępcza (Dz. U. Nr 62, poz. 552 art. 9a z 1 października 2005 r.), obliczana według formuły:

$$O_z = O_{zj} \times (E_o - E_u) \quad (1)$$

gdzie:

$O_z$  – opłata zastępcza w złotych,

$O_{zj}$  – jednostkowa opłata zastępcza wynosząca 240 złotych za 1 MWh,

$E_o$  – ilość energii elektrycznej, wyrażona w MW, wynikająca z obowiązku uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia,

$E_u$  – ilość energii elektrycznej, wyrażona w MW, wynikająca ze świadectw pochodzenia, które przedsiębiorstwo energetyczne przedstawiło do umorzenia w danym roku.

Wysokość opłaty zastępczej tak naprawdę stanowić będzie około 360 złotych za MWh w 2005 roku. Wynika to z uwzględnienia również ceny zakupu energii konwencjonalnej, którą przedsiębiorstwo i tak musi zakupić (240 złotych samej opłaty zastępczej i około 120 złotych ceny zakupu energii „czarnej”). W przypadku niewypełnienia powyższego obowiązku, będą nakładane kary, ponieważ w takim przypadku nie stymulowałyby rozwoju źródeł odnawialnych. Wysokość kary pieniężnej (Dz. U. Nr 62, poz. 552 art. 56 pkt.2a) nie może być niższa niż:

$$K_o = 1,3 \times (O_z - O_{zz}) \quad (2)$$

gdzie:

$K_o$  – minimalna wysokość kary pieniężnej [zł],

$O_z$  – opłata zastępcza [zł],

$O_{zz}$  – uiszczona opłata zastępcza [zł].

Ukształtowanie takiego systemu opłat zastępczych i kar powinna skutecznie zmusić przedsiębiorstwa energetyczne do poszukiwania i zakupu zielonej energii. Mają się one według Murasa [2005] przyczynić do wzrostu zainteresowania tego rodzaju energetyką przez potencjalnych inwestorów.

Należy również podkreślić, że w planowaniu energetycznym ważne zadania do wykonania mają również gminy (Dz. U. Nr 54, poz. 348):

Art. 18. 1. ...Do zadań własnych gminy w zakresie zaopatrzenia w energię elektryczną i ciepło należy planowanie i organizacja zaopatrzenia w ciepło na obszarze gminy....

Art. 19. 1. ... Zarząd gminy opracowuje projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, zwanej dalej projektem założeń...

2. ...Projekt założeń powinien określać:

1. ocenę stanu aktualnego i przewidywanych zmian zaopatrzenia na ciepło,
2. przedsięwzięcia racjonalizujące użytkowanie ciepła przez odbiorców i użytkowników,
3. możliwość wykorzystania istniejących nadwyżek i lokalnych zasobów energii z uwzględnieniem skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej oraz zagospodarowania ciepła odpadowego z instalacji przemysłowych.

Wymieniona ustawa obliguje również do analizy możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii jako lokalnych zasobów energii. Założenia do planów powinny uwzględniać specyfikę gminy, która jest określona w dwóch podstawowych dokumentach:

- studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy;
- miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

Studium umożliwia władzom gminy prowadzenie racjonalnej polityki w zakresie zagospodarowania przestrzennego [Oleszkiewicz 2001; Żurawski 2000; Śmiglewicz 2001b]. Polityka ta jest realizowana przez gminę przez opracowywanie i uchwalanie na tej podstawie miejscowych planów. Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, w przeciwieństwie do studium, jest przepisem gminnym, który sporządza się dla obszaru całej gminy, jej części lub zespołu gmin. Zawiera on informację dotyczącą obszarów inwestycyjnych, z uwzględnieniem rodzaju, intensywności i charakteru zabudowy. Oba dokumenty stanowią istotne narzędzie przy badaniu możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w gminie. Uproszczony model analizy dostępnych danych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zalecenia dla stosowania odnawialnych źródeł energii w gminie

Zagadnienie		Zalecenie	
I. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego			
Warunki naturalne	warunki wietrzne, odległość terenów odsonietych od zabudowań	-	potencjalna lokalizacja siłowni wiatrowych
Stan środowiska przyrodniczego	wysokie zanieczyszczenia powietrza od systemów energetycznych	obniżenie emisji ze spalania paliw kopalnych	zastosowanie biomasy lub biopaliw, kolektory słoneczne na potrzeby c.w.
	parki krajobrazowe, otuliny parków	zakaz budowy kotłowni konwencjonalnych	zastosowanie biomasy lub biopaliw, kolektory słoneczne na potrzeby c.w.
Ogólna sytuacja społeczno-gospodarcza	dane demograficzne, prognozy wzrostu liczby ludności w gminie, stan zaspokojenia potrzeb mieszkańców gminy	konieczność budowy nowych źródeł ciepła, obniżenie kosztów wytwarzania ciepła	OZE jako tańsze nośniki energii, np. biomasa.
Struktura przestrzenna gminy a. obszary zabudowane	budownictwo mieszkaniowe, usługowe, przemysłowe	eliminacja rozproszonych kotłowni węglowych	lokalizacja indywidualnych OZE w miejscach zabudowy rozproszonej i centralnych w zabudowie zwartej
	b. obszary zabytkowe	niszczenie struktury budowlanej na skutek zanieczyszczenia powietrza	lokalizacja OZE np. pompy ciepła
	c. obszary rolnicze i leśne	wielkość produkcji zbóż, trzody chlewnej	wykorzystanie potencjału energetycznego biogazu i biopaliw
	d. obszary wyłączone spod użytkowania rolniczego	odpady drzewne, wielkość obszarów wyłączonych	uprawa roślin energetycznych
Istniejąca infrastruktura techniczna	stan techniczny, wiek systemu ciepłowniczego i elektroenergetycznego	konieczność modernizacji systemów	modernizacja systemu z uwzględnieniem OZE
Czynniki stymulujące rozwój gminy	walory przyrodniczo-krajobrazowe	ochrona istniejących zasobów, eliminacja węgla	lokalizacja OZE w tych obszarach
Bariera rozwoju	degradacja środowiska – wysoki poziom zanieczyszczeń powietrza	obniżenie emisji z systemów ocieplanych	zastępowanie paliw konwencjonalnych.
Zagospodarowanie nieużytków przypromysłowych	-	plantacje roślin energetycznych	lokalizacja źródeł energii opalanych biomasą
Zalesianie gruntów porolnych	krajowy program zwiększania lesistości	zwiększenie ilości biomasy	lokalizacja źródeł energii opalanych biomasą
Aktywizacja gospodarcza	bezrobocie	nowe miejsca pracy	plantacje energetyczne, biopaliwa
Gospodarka odpadami	technologia utylizacji odpadów	wykorzystanie biogazu	elektrociepłownie biogazowe
Gospodarka	technologia oczyszczania ścieków	wykorzystanie biogazu	elektrociepłownie biogazowe

Źródło: [Grecka 2002]

Problematyka tak pomyślanej strategii regionalnej winna być zróżnicowana i dostosowana do charakteru konkretnego regionu. Według Humięckiego [2003] podstawowymi elementami tej strategii są:

- charakterystyka stanu rozpoznania zasobów odnawialnych źródeł energii na badanym obszarze regionu (np. badania terenowe);
- wstępny szacunek tych zasobów oraz ocena ich wykorzystania w świetle aktualnie dostępnych możliwości techniczno – ekonomicznych i społecznych, przy uwzględnieniu występujących w regionie uwarunkowań sprzyjających i ograniczających pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych;
- określenie regionalnej polityki realizacji krajowej strategii rozwoju energetyki odnawialnej i programów wykonawczych do tej strategii.

Badania terenowe dają lepsze rezultaty niż inne metody (reprezentacyjna, eksperymentalna, socjometryczna, panelowa) w procesie poznawania:

- stosunków społecznych zachodzących w danej społeczności np. mieszkańców wsi;
- przebiegu niektórych typów procesów społecznych;
- kształtowania się opinii w badanym środowisku;
- funkcjonowania określonego typu instytucji społecznych.

Metoda badań terenowych pozwala zgłębić mechanizm funkcjonowania badanego przedmiotu, skonstruować bardziej naturalny i szczegółowy obraz stosunków społecznych. Jest to osiągalne dzięki możliwości posłużenia się wieloma sposobami gromadzenia danych. Istnieje sposobność zastosowania w niej wszystkich odmian obserwacji, wywiadu i ankiety, wykorzystania dokumentów osobistych i różnego rodzaju typu danych statystycznych [Sołoma 2002].

Badania przeprowadzone metodą sondażu diagnostycznego z wykorzystaniem techniki wywiadu kwestionariuszowego (ankiety) w społeczności regionalnej mogą stanowić podstawę do sprecyzowania wniosków dotyczących nie tylko pojedynczego badanego przypadku, ale też do sformułowania twierdzeń ogólnych. Mówiąc o społeczności regionalnej mamy na myśli nie tylko pojedyncze osoby i rodziny, ale także funkcjonujące w ich obrębie organizacje, różne struktury społeczne i podmioty gospodarcze, to znaczy wszystkich, których dotyczy dany problem i bez których zaangażowania nie można go w pełni zrealizować [Derlatka, Lutek 2001]. Wdrażanie polityki rozwoju opracowanej przy udziale społecznym będzie uwzględniało wizję rozwoju popieranego przez mieszkańców. Dzięki temu będzie możliwe opracowanie optymalnej polityki rozwoju gminy, mającej poparcie lokalnej społeczności.

Zgodnie z regułami zarządzania strategicznego, zanim przystąpi się do identyfikacji celów, należy zdefiniować misję i wizję [Wojewodziec, Ziobro 2002]. Przez misję należy rozumieć nadrzędny, wiodący cel, który zapewni ekonomiczną stabilność i akceptowany poziom życia ogółu mieszkańców. Wizja strategiczna to spojrzenie w przyszłość. Wskazuje ona sytuację, w jakiej gmina pragnie się znaleźć w przyszłości.

Planowanie energetyczne na szczeblu lokalnym jest pojęciem stosunkowo nowym, samorządy nie mają zbyt dużego doświadczenia w realizacji tego typu przedsięwzięć. Największą barierą do ich opracowania jest brak zarówno fachowej wiedzy i umiejętności, jak i niezbędnych danych dotyczących składników bilansu energetycznego na poziomie lokalnym [Oniszk – Popławska i in. 2002; Kamrat 2001]. Planowanie zapotrzebowania w energię elektryczną, ciepło i gaz na poziomie lokalnym jest nie tylko ważne ze względów formalnych (wymóg prawa energetycznego w stosunku do gmin), ale stanowi ważny instrument działania w gminie lub powiecie. Pozwala, bowiem władzom lokalnym być rzeczywistym partnerem w stosunku do producentów, dystrybutorów i użytkowników energii, zwłaszcza ze źródeł odnawialnych [Kassenberg 2002].

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wzmacnia bezpieczeństwo energetyczne w skali lokalnej i przyczynia się do poprawy zaopatrzenia w energię na terenach o słabo rozwiniętej infrastrukturze energetycznej. Według niektórych autorów [Kassenberg 2002; Oniszk-Popławska 2002] poziom gminy, jako jednostki administracyjnej jest niewystarczający do efektywnego społecznie, ekologicznie i ekonomicznie zaplanowania sposobów zaopatrzenia w energię, zwłaszcza w energię ze źródeł odnawialnych. Powiat według autorów daje szersze możliwości działania niż pojedyncza gmina. Karski [2004] uważa, że powyższe stanowisko nie jest uzasadnione, ponieważ w myśl postanowień Konstytucji Rzeczypospolitej Polski (art. 164) określa, że podstawową jednostką samorządu terytorialnego jest właśnie gmina. Te zróżnicowane opinie, a także analiza wiedzy z zakresu tematu skłoniły autorów do przeanalizowania losowo wybranej gminy województwa warmińsko – mazurskiego.

## 2. Odnawialne źródła energii w lokalnym planowaniu energetycznym w wybranej gminie

Na potrzeby opracowania strategii wytwarzania odnawialnych nośników energetycznych w wybranej gminie województwa warmińsko – mazurskiego konieczne było wyjście poza oficjalne dane statystyczne i przeprowadzenie stosowanych badań ankietowych wśród 990 gospodarstw wybranej gminy. Na potrzeby opracowania wykorzystano tylko te dane, które w sposób bezpośredni lub pośredni scharakteryzują możliwości wytwarzania odnawialnych systemów energetycznych. Analizie poddano ocenę stanu aktualnego zapotrzebowania na nośniki energetyczne. Przy wyborze obszaru kierowano się dostępnością danych i możliwościami ich porównania na przestrzeni następnych 5 – 10 lat, niezależnie od zmian w granicach administracyjnych województwa.

Przeprowadzono wieloetapowe badania ankietowe przy wykorzystaniu techniki sondażu diagnostycznego. Zebrane informacje o strukturze gospodarstw w gminie podzielono na trzy zakresy:

- **pierwszy zakres** – ogólne dane o gospodarstwie:
  - dane osobowe pracujących w gospodarstwie,
  - forma organizacyjno – prawna gospodarstwa,
  - wyposażenie gospodarstwa w gaz, wodę, kanalizację,
  - powierzchnia gruntów: użytki zielone, rolne, lasy, nieużytki, dzierżawy,
  - kierunek produkcji w gospodarstwie,
  - składowanie odpadów zwierzęcych;
- **drugi zakres** – edukacja ekologiczna mieszkańców:
  - propagowanie w mediach informacji o alternatywnych źródłach energii,
  - znajomość odnawialnych źródeł energii,
  - znaczenie ekologiczne OZE,
  - możliwość wykorzystania w swoim gospodarstwie alternatywnych źródeł energii,
  - znajomość gospodarstw wykorzystujących alternatywne źródła energii,
  - propagowanie przez gminę wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
- **trzeci zakres** – struktura gospodarstwa domowego:
  - stan inwentarza w gospodarstwie,
  - sposób utylizacji odpadów,
  - zastosowanie środków higieny,
  - zapotrzebowanie w gospodarstwie na nośniki energetyczne: energię elektryczną, gaz, olej napędowy, olej opałowy, benzynę, drewno, węgiel, miał, koks, trociny,
  - współpraca z instytucjami społecznymi,
  - koszt funkcjonowania gospodarstwa,
  - możliwość współzawodnictwa na rynkach Unii Europejskiej.

Przy wyborze obszaru kierowano się dostępnością danych i możliwościami ich porównania na przestrzeni następnych 5–10 lat, niezależnie od zmian w granicach administracyjnych województwa. Dodatkowo badaniami ankietowymi objęto podmioty gospodarcze działające na badanym terenie, w tym: tartaki, nadleśnictwa, szkoły, lokale gastronomiczne, ферmy i ubojnie indyków. W zależności od zakładu, gdzie prowadzono badania, trzeci zakres rozszerzono, wprowadzając:

- podmioty zajmujące się produkcją leśną:
  - ogólna powierzchnia lasów według gatunków drzewostanu,
  - możliwość pozyskiwania drewna według asortymentu,
  - sposób prowadzenia produkcji zrębków w Nadleśnictwie;
- podmioty zajmujące się przerobem drewna:
  - stopień pozyskiwania drewna według asortymentu,
  - sposób utylizacji odpadów drzewnych, m.in. zrzynów, trocin.

Dla pozostałych podmiotów ankieta była podobna jak dla gospodarstw indywidualnych.

Dzięki szczegółowej analizie gminy uwzględniając takie elementy, jak: warunki przyrodnicze, charakterystyka demograficzna, rolnictwo, przedsiębiorczość, infrastrukturę techniczną i społeczną oraz wybrane elementy ochrony środowiska stwierdzono, że:

- a. W gminie znajduje się obecnie 993 ha gruntów czasowo wyłączonych z produkcji rolniczej. Daj to możliwości zagospodarowania tych użytków, przeznaczając je pod uprawę roślin energetycznych wytwarzających wysokie plony biomasy. Podstawowymi roślinami energetycznymi w gminie mogą być: rzepak, ziemniaki, żyto, topinambur, buraki cukrowe, wierzba energetyczna.

**Przykładowe obliczenie wyznaczania energii ( $E_w$ ) z produkcji wierzby energetycznej:**

Wartość energetyczną [ $E_w$ ] uzyskaną z produkcji wierzby energetycznej obliczono:

$$E_w = E_{w\_1} + E_{w\_3} \text{ [MJ]} \quad (1)$$

We wzorze (1) energię uzyskaną z wierzby energetycznej w cyklu jednorocznym ( $E_{w\_1}$ ) i cyklu trzyletnim ( $E_{w\_3}$ ), wyznaczono według wzorów:

$$P = W \cdot A \text{ [t]} \quad (4)$$

$$E_{w\_1} = P_{w\_1} \cdot Q_{i\_1} \text{ [MJ]} \quad (2)$$

$$E_{w\_3} = P_{w\_3} \cdot Q_{i\_3} \text{ [MJ]} \quad (3)$$

$$Q_{i\_1} = 18,63 \text{ [MJ/kg]}$$

$$Q_{i\_3} = 19,25 \text{ [MJ/kg]}$$

gdzie:

$P_{w\_1}$  – plon wierzby w cyklu jednorocznym [t],

$P_{w\_3}$  – plon wierzby w cyklu trzyletnim [t],

$Q_{i\_1}$  – wartość opałowa wierzby energetycznej w cyklu jednorocznym [MJ/kg],

$Q_{i\_3}$  – wartość opałowa wierzby energetycznej w cyklu trzyletnim [MJ/kg].

Wartości opałowe w cyklu jednorocznym ( $Q_{i\_1}$ ) i cyklu trzyletnim ( $Q_{i\_3}$ ) zaczerpnięto z literatury [Szczukowski i in. 2004]. Plon (P) możliwy do uzyskania przy uprawie wierzby energetycznej wyznaczono ze wzoru:

$$P = W \cdot A \text{ [t]} \quad (4)$$

gdzie:

W – wydajność [dt/ha],

A – areal dostępny pod uprawy roślin energetycznych [ha].

- b. W gminie znajdują się dwa gospodarstwa wyspecjalizowane w chowie trzody chlewnej, które podczas tuczu intensywnego produkują rocznie 239,86 t obornika i 974,1 t gnojowicy. Przyjmując jednostkową masę obornika  $0,6 \text{ t/m}^3$  oraz jednostkową masę gnojowicy  $1 \text{ t/m}^3$ , obliczono, że rocznie z pozyskanych ilości odchodów możemy otrzymać około  $23\,798,28 \text{ m}^3/\text{rok}$  biogazu o wartości energetycznej czystego metanu 443,36 GJ. Oprócz odchodów od trzody chlewnej, duży problem w gminie stanowią odchody indycze składowane na polach bez zadaszenia. Stanowi to zagrożenie dla wód powierzchniowych i gruntowych [Faruga, Jankowski 1996; Dobrzański 2004]. Roczna produkcja obornika w z ferm indyckich wynosi około 5 704,119 t. Indyckie odchody mogą być wykorzystywane jako nawóz (po fermentacji), pozwalają również na wyprodukowanie czystego, wysoko kalorycznego gazu w szczelnej instalacji fermentacyjnej. Wyprodukowany nieczyszczony biogaz ma wartość opałową użyteczną około  $23 \text{ MJ/m}^3$ , a  $1 \text{ m}^3$  biogazu odpowiada  $0,61 \text{ m}^3$  gazu ziemnego lub  $0,82 \text{ kg}$  węgla oraz  $0,620 \text{ Wh}$  energii elektrycznej [Dreszer i in. 2003]. W oparciu o wyniki badań ankietowych w gminie wyznaczono ilość obornika i gnojowicy z przemysłowych ferm tuczu indyków i trzody chlewnej. Ilość odchodów zwierzęcych powstająca w gminie wynosi odpowiednio około 5 900 t/rok obornika i około 974 t/rok gnojowicy. Rocznie z pozyskanej ilości odchodów można uzyskać około 1 585 399,  $13 \text{ m}^3$  biogazu, co odpowiada:
- 1300 tonom węgla kamiennego o średniej wartości energetycznej 25 MJ/kg,
  - około 982,9 kWh/rok energii elektrycznej.
- c. obecnie energia ze źródeł odnawialnych jest wykorzystywana dzięki trzem elektrowniom wodnym, które w roku 2004 wyprodukowały 1189 GJ, co stanowi 1,65% łącznej ilości zużytej energii w gminie.

Analiza możliwości wytwarzania odnawialnych źródeł energii w wybranej gminie wykazała, że największe szanse mają plantacje energetyczne oraz biogaz z odpadów zwierzęcych występujących na obszarach o dużej ilości gospodarstw rolnych, wyspecjalizowanych w produkcji zwierzęcej. Uzyskane wyniki mogą umożliwiać aktywne i racjonalne wsparcie rozwoju sektora energetyki odnawialnej w gminie.

Potrzeby energetyczne gminy stanowią obecnie około 178 150 GJ, natomiast potencjalne możliwości pokrycia tego zapotrzebowania ze źródeł odnawialnych wynoszą około 187 600 GJ energii. Implikuje to stwierdzenie, że istnieje możliwość samowystarczalności energetycznej (energetyka cieplna) gminy ze źródeł odnawialnych. Badania przeprowadzone w wybranej gminie potwierdziły opinie Karskiego [2004],

że poziom niektórych gmin w Polsce jest wystarczający do zaplanowania sposobów zaopatrzenia w energię, zwłaszcza w energię ze źródeł odnawialnych.

Racjonalne gospodarowanie energią na poziomie gminy Gietrzwałd jest szansą z jednej strony na wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł w bilansie energetycznym, z drugiej zaś na bardziej dynamiczny rozwój gospodarczy oraz poprawę warunków życia w gminie. Lokalna strategia ekoenergetyczna ma być przede wszystkim narzędziem ułatwiającym gminom samodzielne opracowanie planów energetycznych z uwzględnieniem lokalnych zasobów odnawialnych źródeł energii.

### **Podsumowanie**

Odnawialne źródła energii, ich produkcja i wykorzystanie, zwłaszcza w obliczu kolejnych kryzysów energetycznych, staje się ważnym tematem każdej gospodarki. Ze względu na małą gęstość wszystkich energii w jednostce objętości (powierzchni) nośnika, małą pewność dostaw, nadają się one do wykorzystania jedynie w lokalnych systemach energetycznych.

Zainteresowanie i wykorzystanie naturalnych zasobów i energii zasobów naturalnych wzrosło w naszym kraju znacznie w latach dziewięćdziesiątych. Jest to tendencja światowa i europejska. Odnawialne źródła energii także w Polsce są coraz bardziej popularne i uznawane za czynnik bezpieczeństwa narodowego w skali gminy czy województwa. Według oceny specjalistów, dzięki takim źródłom energii można zapewnić dostęp do niej na terenach o słabej infrastrukturze energetycznej, przede wszystkim na terenach rolniczych dotkniętych bezrobociem, a także rozwiązywać problemy ekologiczne przez uprawę roślin surowcowych przeznaczonych do produkcji biopaliw.

Przyszłość energetyki odnawialnej jest szansą na racjonalne wykorzystanie potencjału energetycznego kraju. Wzrost znaczenia energetyki rozproszonej przekłada się na wzrost bezpieczeństwa energetycznego Polski, co wynika z uniezależnienia się od innych surowców energetycznych, jak również wzrasta dywersyfikacja rodzajów źródeł i ich liczba.

## Literatura

- Aumiller A. 2003. *Czy biomasa przyczyni się do restrukturyzacji polskiej wsi*. „Czysta Energia” 6(22), s. 5.
- Bal R., Piechocki J. 2002. *Biogaz jako przykład biopaliwa pochodzenia rolniczego*. „Inżynieria Rolnicza” 7a(40), s. 171–176.
- Bauknecht e. 2002. *Biopaliwo z rzepaku*. Konferencja Naukowo Techniczna „Niekonwencjonalne źródła pozyskiwania energii”. Olsztyn 2002, s. 1–5.
- Bień J. D., Nowak W. 2005a. *Zgazowywanie osadów ściekowych cz. 1*. „Czysta Energia” 4(42), s. 30–31.
- Bień J. D., Nowak W. 2005b. *Zgazowywanie osadów ściekowych cz. 2*. „Czysta Energia” 5(45), s. 28–29.
- Borkowska H., Styk B. 2002. *Ślazier Pensylwański jako gatunek wielostronnego użytkowania*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Uprawy roślin energetycznych – prezentacja technologii, pokaz zbioru i sprzętu”. Lubiąż, s. 33–34.
- Borkowska H. 2004. *Ślazier (Sida hermaphrodita Rusby) jako roślina energetyczna*. Materiały Konferencji „Dni Ślazier 2004”. Bystra.
- Chwieduk D., Karbowski A. 2001. *Analiza możliwości stosowania biopaliw płynnych*. Krajowa Agencja Poszanowania Energii. Warszawa.
- Ciechanowicz W. 1997. *Energia, Środowisko i Ekonomia*. Polska Akademia Nauk, Instytut Badań Systemowych, Warszawa, s. 274.
- Ciechanowicz W. 2001. *Metanol zastąpi ropę naftową?* „Aura” 6, s. 4–7.
- Ciechanowicz W. 2004. *Rola polskiej nauki w zdobywaniu strategicznych rynków XXI wieku*. Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania. Warszawa. s. 320.
- Ciechanowicz W. 2000. *Technologie energii ery informatycznej cywilizacji*. „Aura” 11, s. 14–16.
- Cieśliński R. 2005. *Biomasa*. „Polskie Ciepło i Energia” 7(7), s. 36–38.
- Chochołowski A. 2003. *Wykorzystanie energii słonecznej za pośrednictwem kolektorów słonecznych*. SGGW. Warszawa.
- Czurejno M. 2005. *Możliwości zagospodarowania gazu składowiskowego. cz. 2*. „Czysta Energia” 6(46), s. 24–25.
- Denisiuk W., Piechocki J. 2000. *Energetyczne wykorzystanie słomy na przykładzie kotłowni w Zielonkach*. „Inżynieria Rolnicza” 8(19), s. 265–271.
- Denisiuk W., Piechocki J. 2001. *Wpływ parametrów jakościowych paliwa na wyniki energetyczne kotłowni opalanej słomą*. „Inżynieria Rolnicza” 9, s. 293–300.
- Denisiuk W. 2002. *Prawne, techniczne – technologiczne i ekonomiczne aspekty zastąpienia paliw kopalnych słomą*. Materiały Konferencyjne *Czy biomasa – odnawialne źródło energii – jest szansą dla polskiego rolnictwa w aspekcie integracji z UE*. Poświętne, s. 29–38.
- Derlatka S., Lutek S. 2001. *Strategia zrównoważonego rozwoju a społeczeństwo*. „Przegląd Komunalny” 5(116), s. 50–51.
- Dobkowski G. 2000. *Ochrona środowiska a przechowywanie odchodów zwierzęcych*. „Przegląd Komunalny” 3(102), s. 36–38.
- Dobrzański Z. 2004. *Zależności między nowoczesnymi systemami*. Wyd. AR. Wrocław.
- Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A. 2003. *Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie*. PTIR. Kraków – Lublin – Warszawa.
- Dreszerk. A., Michałek R., Roszkowski A. 2003. *Energia odnawialna możliwości jej pozyskania i wykorzystania w rolnictwie*. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Kraków.
- Dubas J. W. 2003a. *Uprawa wierzby na cele energetyki ciepłej*. „Czysta Energia” 1(17), s. 12–13.
- Dubas J. W. 2003b. *Plantacje wierzby energetycznej*. „Czysta Energia” 2(18), s. 11–12.
- Dybiec Cz., Panasiuk J. 2002. *Technologia wytwarzania słomianych brykietów*. „Czysta Energia” 7–8(11/12), s. 25.
- Dybiec Cz., Panasiuk J. 2003. *Brykietowanie słomy, słomę palić w piecu, nie na polu*. „Technika Rolnicza” 1, s. 22–23.
- EC BREC i IBMER. 2000. *Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*. Streszczenie pracy do konsultacji społecznej. Pracę wykonano na zamówienie Ministerstwa Środowiska. Warszawa.
- El Bassam N. 1997. *Renewable Energy*. „REU Technical Series” 46, s. 4–196.
- Encyklopedia Przyrody Techniki*. 1963. Wiedza Powszechna. Warszawa, s. 1194.
- Encyklopedia Ziemia*. 1994. Wyd. DELTA. Warszawa.
- Eymontt A. 2002. *Możliwości pozyskania biogazu z fermentacji odpadów zwierzęcych w biogazowniach rolniczych*. „Czysta Energia” 10(14), s. 32–34.
- Faruga A., Jankowski J. 1996. *Indyki: hodowla i użytkowanie*. PWRiL. Warszawa.
- Fiszer T., Krig A. T. 2001a. *Biogazownie rolnicze – przegląd sytuacji na Świecie*. Materiały Konferencyjne *Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku*. IBMER Warszawa, s. 363–366.

- Fiszler T., Krig A. T. 2001b. *Biogazownie rolnicze – przegląd sytuacji na Świecie*. Materiały Konferencyjne *Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku*. IBMER. Warszawa, s. 363–371.
- Fiszler A. 2005. *Prosto z pola*. „Aeroenergetyka” 2(12), s. 27.
- Gajer M. 2002. *Ocieplanie klimatu, przemysłowa emisja dwutlenku węgla i wulkany*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 8, s. 21–25.
- Geotermia Podhale. Materiały reklamowe. [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [www.geotermia.pl/index.php?lng=pl](http://www.geotermia.pl/index.php?lng=pl).
- Geyer B. 2001. *A fuel cell primer*. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, s. 3–11.
- Gitowski J. 2002. *Energia odnawialna – stan obecny w Polsce*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 5–6, s. 11–16.
- Główny Urząd Statystyczny 2003. *Kwartalnik Statystyki Międzynarodowej 2*. Warszawa, s. 70–73.
- Graczyński A. 2001. *Bilans energetyczny dla Polski*. „Ekopartner” 2, s. 18–19.
- Gradziuk P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. 2002a. *Biopaliwa*. Wyd. „Wieś Jutra”. Warszawa.
- Gradziuk P. 2002b. *Alternatywne wykorzystanie gruntów rolniczych – rośliny energetyczne*. Konferencja Naukowo Techniczna *Uprawy roślin energetycznych – prezentacja technologii, pokaz zbioru i sprzętu*. Lubiąż, s. 27–31.
- Gradziuk P. 2002c. *Rzepak jako surowiec do produkcji biopaliw w aspekcie odłogowania użytków rolnych*. Materiały Konferencyjne *Czy biomasa – odnawialne źródło energii – jest szansą dla polskiego rolnictwa w aspekcie integracji z UE*. Poświętne, s. 8–10.
- Grecka K. 2002. *Odnawialne źródła energii w planach energetycznych gmin*. „Czysta Energia” 1, s. 6–7.
- Grining S. 2001. *Zamieszanie w baku*. „Przegląd Techniczny” 15.
- Groscurth H.-M. i in. 2000. Total costs and benefits of biomass in selected regions of the European Union. „Energy” 25(11), s. 1081–1095.
- Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K. 2001a. *Słoma energetyczne paliwo*. Wyd. „Wieś Jutra”. Warszawa.
- Grzybek A. 2001b. *Biopaliwa płynne*. „Czysta Energia” 3, s. 23–24b.
- Grzybek A. 2005. *Wykorzystanie pelet jako paliwa*. „Czysta Energia” 6(46), s. 31–33
- Grzybek A. 2002. IBMER. Materiały konferencyjne. Kutno. 2002.
- Guzek K., Pisarek M. 2002. *Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne w Polsce*. „Czysta Energia” 2(6), s. 6–7.
- Harasimowicz-Hermann G., Hermann J. 2005. *Zachowanie żyzności gleby w uprawie wierzby (Salix) na cele energetyczne*. Materiały II Międzynarodowej Konferencji *Eco – Euro – Energia*. Bydgoszcz, s. 345.
- Hartmann H. 1995. *Biomasse im Vergleich zu den ubrigen Verfahren der erneuerbaren Energienutzung*. „Landtechnik” 50(1), s. 22–23.
- Hauf J. 1996. *Raport dla Banku Światowego*.
- Henemaan P., Cervinka J. 2001. *Energy crops and bioenergetics in the Czech Republic*. VIII Międzynarodowe Sympozjum *Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej*. IBMER Warszawa, s. 62–68.
- Hreczuch W., Mittelbach M., Holas J., Soucek J., Bekierz G. 2000. *Produkcja oraz ważniejsze kierunki przemysłowego wykorzystania estrów metylowych kwasów tłuszczowych*. „Przemysł Chemiczny” 79 (2000) 111.
- Humięcki M. 2003. *Wojewódzka strategia energetyki odnawialnej – ważne ogniwo w systemie planowania energetycznego*. „Czysta Energia” 5(21), s. 10–11.
- Iseberg G., R. Edinger, J. Ebner. 2001. *Renewable Energies for Climate Benign Fuel Production – Powering Fuel Cell Vehicles*. International Workshop on *Bioenergy for Rural Area Development*. Warsaw Palais Staszic, s. 31–33.
- Kamrat W. 2001. *Narzędzia informatyczne wspomagające procesy planowania energetycznego*. „Przegląd Komunalny” 2(113), s. 76–77.
- Karaczan Z. M., Kassenberg A. 2001. *Problem rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce*. Materiały Konferencyjne *Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku*. IBMER. Warszawa, s. 31–41.
- Karski L. 2004. *Odnawialne źródła energii na szczeblu samorządu terytorialnego – ujęcie kompetencyjne*. „Czysta Energia” 2(30), s. 10–11.
- Kassenberg A. 2002. *Samorządy lokalne a odnawialne źródła energii*. „Czysta Energia” 1, s. 9.
- Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworowski J. 2004. *Costs of bushy willow coppice production at a plantation established for production of energy*. „Economic Science” 7, s. 177–184.
- Kotowski W., Weber H. 2000. *Odpady roślinne źródłem energii*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 5, s. 19–22.
- Kowalik P. 2002. *Wykorzystanie biomasy jako surowca energetycznego*. „Czysta Energia” 10(14), s. 22–23a.
- Kowalik P. 2003a. *Wykorzystanie biomasy jako surowca energetycznego*. W: *Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy*. Zabrze–Kraków, s. 39–49.
- Kowalik P. 2003b. *Pelety z biomasy – paliwo przyszłości*. Kwartalnik Ogólnopolski „Agroenergetyka” 1(3), s. 36–37.
- Kosciak B., Kowalczyk-Jusko A., Kalita E., Kosciak K. 2003. *Topinambur dobry na wszystko*. Kwartalnik Ogólnopolski „Agroenergetyka” 1(3), s. 30–31.
- Kruczek H., Miller R., Tatarek A. 2003. *Spalanie i współspalanie biomasy – korzyści i zagrożenia*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 3, s. 13–19.

- Kuś J. 2002. *Możliwość zwiększenia arealu uprawy rzepaku ozimego w różnych rejonach Polski*. „Wieś Jutra” 8
- Kuś J. 2002. *Rzepak bez tajemnic*. Kwartalnik Ogólnopolski „Agroenergetyka” 1, s. 30–31.
- Larsson S. 2005a. *Kilka lat z wierzbą energetyczną w Szwecji*. „Czysta Energia” 1(39), s. 12–13.
- Larsson S. 2005b. *Wierzba energetyczna w Europie*. „Czysta Energia” 2(40), s. 14–15.
- Larsson S. 2005c. *Wierzba jako paliwo dla szwedzkich ciepłowni*. „Czysta Energia” 2(40), s. 14–15.
- Laurów Z. 2002. *Wybrane problemy wpływu pozyskiwania drewna na środowisko leśne*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Zeszyt 486, s. 115–121.
- Lusawa P. 2002. *Odnawialne źródła energii szansą dla wsi i rolnictwa*. Materiały Konferencyjne *Czy biomasa – odnawialne źródło energii jest szansą dla polskiego rolnictwa w aspekcie integracji z UE*. Poświętne, s. 8–10.
- Majtkowski W. 2003. *Rośliny energetyczne*. „Czysta Energia” 10(26), s. 33–34.
- Majtkowski W. 2004. *Biomasa szansą dla polskiego rolnictwa*. „Przegląd Ekologiczny” 1/2 (37/38), s. 16–20.
- Majtkowski W. 2005. *Roślinne ciepło*. „Polskie Ciepło i Energia” 7(7), s. 31–34.
- Mańkowski J., Kołodziej J. 2005. *Zagospodarowanie na cele energetyczne surowców odpadowych powstających w trakcie ekstrakcji włókna lnianego i konopnego*. II Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii „Eco – Euro – Energia”. Bydgoszcz, s. 305 – 308.
- Materiały reklamowe firm OCHSNER; IVT; EKONTECH; FHP i innych.
- Matuszek K. 2005. *W małych kotłowniach*. „Aeroenergetyka” 2, s. 20.
- Molenda J. 2001a. *Ograniczenie entropogeniczne emisji gazów cieplarnianych*. cz. 1. „Gaz Woda i Technika Sanitarna” 9, s. 311–315a.
- Molenda J. 2001b. *Ograniczenie entropogeniczne emisji gazów cieplarnianych*. cz. 2. „Gaz Woda i Technika Sanitarna” 10, s. 345–354.
- Muras Z. 2005. *Energetyka odnawialna na rynku lokalnym*. II Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii *Eco – Euro – Energia*. Bydgoszcz, s. 79–83
- Ney R. 2003. *Założenia strategii polskiej energetyki*. W: *Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy*. Zabrze–Kraków, s. 11–37.
- Ney R. 2004. *Uwarunkowania wykorzystania energii odnawialnej jako czynnika zrównoważonego rozwoju energetyki*. „Polityka energetyczna”, t. 7, z. 1, s. 5.
- Ogrzewanie energią geotermalną miasta Pырzyce*. 1998. „Instal” 10.
- Olejniki M. 2002. *Biopaliwo rzepakowe celem strategicznym polskiego rolnictwa*. „Wieś Jutra” 2, s.50–51.
- Oleszkiewicz J. 2005. *Nowe trendy w ciepłownictwie*. „Ekopartner” 4(162), s. 5–7.
- Oleszkiewicz J. 2001. *Planowanie energetyczne w gminie*. „Ekopartner” 10(120), s. 31.
- Oniszk–Popławska A., Rogulska M., Sokołowski G. 2002. *Planowanie energetyczne na szczeblu lokalnym*. „Czysta Energia” 9, s. 16–17.
- Ott Z. 2004. *Gospodarcza szansa*. „Przegląd Ekologiczny” 1/2(37/38), s. 12–15.
- Pabis J. 2002. *Możliwości wykorzystania energii słońca w rolnictwie, współdziałanie kolektorów słonecznych w systemie z innymi źródłami ciepła*. „Czysta Energia” 10(14), s. 27 – 29.
- Panasiuk P. 2004. *Brykiety czy pelety – próba porównania*. „Czysta Energia” 4(32), s. 16–17.
- Parczewski Z. 2002. *Efektywność energetyczna w świetle aktualizacji założeń polityki energetycznej Polski do 2005 roku*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 12, s. 2–9.
- Pawelska–Skrzypek G. 1997. *Planowanie strategiczne a demokratyzacja życia na wsi, strategia rozwoju gmin wiejskich*. SGGW. Warszawa.
- Pawłowski R. 2005. *Odnawialne źródła energii – kryteria wyboru i zasady współfinansowania przedsięwzięć*. II Międzynarodowa Konferencja Procesów Energii *Eco – Euro – Energia*. Bydgoszcz, s.125–126.
- Pickiel P. 2002. *Vergasung von Biomasse*. „Landtechnik Jg.“ 57 Nr 5, s. 258–259.
- Piechocki J. 2002. *Wykorzystanie biomasy puszczowych wierb u Polski*. „Zielonąją Energetiką” Nr 3 (7), s. 19–20.
- Piechocki J. 2003. *Zgazowywanie mokrej biomasy ligninocelulozowej w gazyfikatorze o mocy 500 kW*. W: *Ogniwa paliwowe i biomasa ligninocelulozowa szansą rozwoju wsi i miast*. Seria monografie. Warszawa, s. 241–244.
- Rejman K. 2002. *Śruta rzepakowa jako pasza*. „Wieś Jutra” 2.
- Rodrigues M., Walter A., Faaij A. 2003. *Co – firing of natural gas and Biomass gas in biomass integrated gasification/combined cycle systems*. „Energy” 28(11), s. 1115–1131.
- Roszkowski A. 2003 *Biopaliwa a ekologia, estry oleju rzepakowego*. „Technika Rolnicza” 4, s. 28–30.
- Roszkowski A. 2001. *Płynne paliwa roślinne – mrzonki rolników czy ogólna niemożliwość?* „Wieś Jutra” 9, s. 22–26.
- Rośliny energetyczne*. 2003. red. B. Kościk. Wyd. AR. Lublin.
- Rzepak ozimy*. 2002. Wyd. IHAR. Poznań.
- Sala A. 1993. *Zmniejszenie energochłonności*. Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego. Warszawa.
- Sayigh A. 1998. *Kierunki rozwoju wykorzystania energii odnawialnej*. Seminarium Międzynarodowe *Odnawialne źródła energii w strategii rozwoju zrównoważonego*. Warszawa, s. 1–11.

- Sethi P., Chaundry S., Unnash S. 1999. *Methanol production from biomass using the hynol process*. In: *Biomass – a growth opportunity in green energy and value-added products*. eds. P. Overend, E. Chornet, Pergamon, s. 833–836.
- Schimmoller B. 2002. *Rental power fills temporary power niche*, "Power Engineering" 7.
- Słownik wyrazów obcych*. 1980. red. J. Tokarski. PWN. Warszawa.
- Sokołowski J. 1997. *Prognozy rozwoju geoenergetyki w świecie, Europie i Polsce*. IV Konferencja Naukowo-Techniczna *Mała Energetyka – '97*. Zakopane Kościelisko.
- Sołoma L. 2002. *Metody i techniki badań socjologicznych*. UWM. Olsztyn.
- Stenogram 60 posiedzenia Senatu RP 2004.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J., Kisiel R. 2003. *Pelety z biomasy wierzby krzewiastej*. „Wieś Jutra” 9, s. 12–13.
- Stolarski M. 2003a. *Wykorzystanie wierzby do celów bioenergetycznych*. „Czysta Energia” 2(18), s. 14–15a.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J. 2003b. *Pelety z biomasy szybko rosnących wierzby krzewiastej*. „Czysta Energia” 6(22), s. 30–31.
- Stolarski M. 2005. *Pelety z biomasy wierzby i ślazu*. „Czysta Energia” 6(46), s. 36–37.
- Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J. 2002. *Produktywność klonów wierzby krzewiastej uprawianych na gruntach ornych w zależności od częstotliwości zbioru i gęstości sadzenia*. „Fragmenta Agronomii” 2, s. 39–51.
- Stolarski M. 2004. *Ekonomiczne aspekty produkcji peletu z surowców roślinnych*. Materiały z Konferencji „Pelety – czy nam się to opłaca, rok doświadczeń”. „Czysta Energia” 6, s. 32–33.
- Strategia rozwoju energetyki odnawialnej*. 2000. Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- Suresh B. Babu; Remick R.J. 2001. *Biomass gasification for fuel cells*. International Workshop on *Bioenergy for Rural Area Development*. Warsaw Palais Staszic, s. 17–31.
- Szargut J. 1990. *Zasoby energii geotermalnej w Polsce*. „Gospodarka Paliwami i Energią” 7.
- Szargut J., Ziębiak A. 2000. *Podstawy energetyki cieplnej*. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa.
- Szafran R. 1997. *Podstawy procesów energetycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa A., Piechocki J. 2000. *Willow biomass – a renewable source of energy*. 7<sup>th</sup> Polish-Danish Workshop on *Biomass for energy*. Starbienino, Poland, s. 165–169.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 2001a. *Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzby krzewiastej Salix sp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły*. „Postępy Nauk Rolniczych” 2, s. 29–38.
- Szczukowski S., Kisiel R., Tworkowski J., Stolarski M., Lenc K. 2001b. *Wytwarzanie energii cieplnej w zgazowywarce pirolitycznej z biomasy wierzby krzewiastej*. „Problemy Inżynierii Rolniczej” 4, s. 29–36.
- Szczukowski S. 2002. *Zalecenia agrotechniczne do zakładania plantacji polowych wierzby energetycznej*. Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego. Olsztyn, s. 3–7.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 2003. *Produkcja wieloletnich roślin energetycznych w regionie Warmii i Mazur – stan aktualny i perspektywy*. „Postępy Nauk Rolniczych” (3)303, s. 75–84.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J. 1998. *Możliwości wykorzystania biomasy Salix spp. pozyskiwanej z gruntów ornych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych*. „Postępy Nauk Rolniczych” 2, s. 53–63.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Piechocki J. 2001. *Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do wytwarzania energii*. „Postępy Nauk Rolniczych” 6, s. 87–96.
- Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J., Przyborowski J., Kisiel R. 2004. *Wykorzystanie biomasy wierzby krzewiastej do produkcji energii cieplnej*. „Problemy Inżynierii Rolniczej” 2, s. 31–40.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M. 2004. *Wierzba energetyczna*. Plantpress. Kraków.
- Szczukowski S., Tworkowski J. 2000. *Produktywność wierzby krzewiastej Salix sp. na glebie organicznej*. „Inżynieria Ekologiczna” 1, s. 138–144.
- Szostak A., Ratajczak E. 2003. *Zasoby odpadów drzewnych w Polsce*. „Czysta Energia” 6(22), s. 21–23.
- Ściażko M., Chmielniak T. M. 2003. *Zgazowywanie paliw stałych*. W: *Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy*. Kraków, s. 99–124.
- Śmiglewicz T. 2001. *Planowanie energetyczne w gminie*. „Przegląd Komunalny” 9(120), s. 68 – 69.
- Wach E., Kołacz I. 2003. *Możliwości produkcji i wykorzystanie granulatu drzewnego – analiza techniczno-ekonomiczna inwestycji*. „Czysta Energia” 6, s. 24–27.
- Wach E. 2005. *Właściwości granulatu drzewnego*. „Czysta energia” 6(46), s. 33–35.
- Wiśniewski G. 2001. *Dylematy wdrażania krajowej strategii rozwoju energii odnawialnej*. Materiały Konferencyjne *Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku*. IBMER. Warszawa, s. 42–49 .
- Wiśniewski G. 1997. *Raport dla polskiego Klubu Ekologicznego*. Warszawa. IBMER.
- Wiśniewski G. 2000. *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej*. Raport dla Ministerstwa Środowiska. IBMER/ECBREC. Warszawa.

- Wojewodziec T., Ziobro E. 2002. *Analiza metodyki sporządzania strategii rozwoju gmin na przykładzie województwa małopolskiego*. „Strategia rozwoju lokalnego”. SGGW. Warszawa.
- Wyniki rachunkowości rolnej gospodarstw indywidualnych 1998, 1999, 2000. Wyd. IERiGŻ. Warszawa.
- Zamojski H. 2003. *Efektywność produkcji biopaliw*. „Czysta Energia” 4, s. 22–23.
- Zawistowski J., Rańczak J. 2004. *Doświadczenia Instytutu Chemicznej Przeróbki węgla*. Zakopane, s. 23–31.
- Zawistowski J. 2004a. *Zmierzyć jakość*. „Aeroenergetyka” 2, s. 24.
- Zawistowski J. 2004b. *Atestacja kotłów na paliwa stałe – znak bezpieczeństwa*. „Aeroenergetyka” 3, s. 34.
- Zimny J. 2001a. *Polska samowystarczalna energetycznie?*. „Rynek Instalacji” 11, s. 61–64.
- Zimny J. 2001b. *Uwagi do rządowej Strategii rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce do roku 2010*.
- Żmuda K. 2003. *Pozyskiwanie energii z biomasy – perspektywy wykorzystania surowców rolnych do produkcji biopaliw*. „Czysta Energia” 10(26), s. 18–19.
- Żółtowski A. 2003. *Wpływ dodatku alkoholu etylowego do paliw silników o zapłonie iskrowym*. „Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej” 7, s. 11–13.
- Żurawski J. 2000. *Strategia energetyczna – kolejny niepotrzebny wydatek*. „Przegląd Komunalny” 12(111), s. 71.

[Dokumenty elektroniczne]. Tryby dostępu:

[http://www.sierrarailroad.com/powertrain/loc\\_emission.pdf](http://www.sierrarailroad.com/powertrain/loc_emission.pdf)

<http://biodiesel.pl>

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba\\_cetanowa](http://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba_cetanowa)

[http://w3.siemens.de/newworld/PND/PNDG/PNDGBC/PNDGBC/pndgbc6\\_e.htm](http://w3.siemens.de/newworld/PND/PNDG/PNDGBC/PNDGBC/pndgbc6_e.htm)

<http://www.bio-top.pl/>

[http://www.chevron.com/prodserv/fuels/bulletin/diesel/L2\\_4\\_7\\_rf.htm](http://www.chevron.com/prodserv/fuels/bulletin/diesel/L2_4_7_rf.htm)

<http://www.oceanairenvironmental.com/aboutbiodiesel/data3.html>

<http://www.prignitzer-eisenbahn.de/index.html>

<http://www.przysiek.pl/~agrobiznes/mechanizacja/biopaliwa.htm>

[http://www.kghm.pl/wydarzenia/prasa/news.html?news\\_id=159](http://www.kghm.pl/wydarzenia/prasa/news.html?news_id=159)



## Część 2

# Plan energetyczny województwa podlaskiego

*Barbara Smolińska, Małgorzata Smuczyńska,  
Bartosz Kulikowski, Janusz Piechocki, Piotr Szutkiewicz*





## 1. Podstawa opracowania

Niezbędnym warunkiem dynamicznego rozwoju gospodarczego i poprawy warunków życia ludności jest racjonalne i zrównoważone gospodarowanie posiadanymi zasobami energetycznymi przy wykorzystaniu jej lokalnych zasobów, co jest szansą wzrostu gospodarczego regionu i wzrostu wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

### 1.1. Podlaska Agencja Zarządzania Energią

Podlaska Agencja Zarządzania Energią (PAZE) została utworzona w drugim kwartale 2003 roku w ramach programu UE SAVE II na mocy kontraktu zawartego z Komisją Europejską jako efekt porozumienia Urzędu Marszałkowskiego Województwa Podlaskiego i Podlaskiej Fundacji Rozwoju Regionalnego. Jako partnerzy w tym projekcie występują także przedstawiciele władz regionalnych z krajów UE: koordynator projektu – Camara Municipal de Corvo (Portugalia) oraz Provincia Di Teramo (Włochy).

Podlaska Agencja Zarządzania Energią działa w ramach Podlaskiej Fundacji Rozwoju Regionalnego, a jej misję stanowi promocja racjonalnego, sprzyjającego ochronie środowiska wykorzystania energii oraz pomoc samorządom, małym i średnim przedsiębiorstwom w tym zakresie. Podlaska Agencja Zarządzania Energią prowadzi intensywne działania mające na celu popularyzację proekologicznych metod produkcji energetycznej, zwłaszcza w oparciu o źródła odnawialne oraz podejmuje prace zmierzające do rozpoznania możliwości, potrzeb i zasobów związanych z energetyką na terenie województwa podlaskiego.

Jednym z podstawowych zadań PAZE wynikających z kontraktu zawartego z Komisją Europejską – obok działań związanych z popularyzacją zagadnień związanych z OZE – jest opracowanie planu energetycznego województwa podlaskiego, dokumentu, który oprócz analizy obecnego stanu rozwoju energetyki zawierałby opis zasadniczych kierunków, w jakich powinna rozwijać się podlaska energetyka. Już na wstępie prac nad tym dokumentem okazało się, że istniejące dane na ten temat są niewystarczające z punktu widzenia potrzeb powstającego opracowania: brakuje rozeznania zarówno, co do ilości istniejących i planowanych do realizacji obiektów związanych z energetyką, stanu prac nad projektami założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe w poszczególnych gminach, nie istnieją także żadne opracowania, w tym naukowe, na temat surowców energetycznych – zwłaszcza w zakresie OZE występujących na obszarze objętym planem energetycznym. Z tego powodu prace nad powstaniem dokumentu musiały przebiegać dwuetapowo. W pierwszej kolejności na podstawie szczegółowych ankiet opracowanych we współpracy z Podlaskim Biurem Planowania Przestrzennego w Białymstoku, wysyłanych do samorządów lokalnych, firm i instytucji związanych z branżą energetyczną powstał bilans energetyczny województwa podlaskiego, w drugiej – *Plan energetyczny województwa podlaskiego*, w którym na podstawie informacji zebranych przez pracowników PAZE zawarto szczegółowy opis stanu, perspektyw i celów rozwoju energetyki Podlasia. Dokument ten oparto w większości na informacjach pozyskanych od firm i instytucji – zbadanie stanu wykorzystania OZE na poziomie gospodarstw domowych wymagałoby odrębnego opracowania znacznie wykraczającego stopniem szczegółowości poza ramy obecnego. Chodziło tu jednak o pokazanie zjawisk charakterystycznych dla całego województwa, a te w skali ogólnej są zbieżne ze zjawiskami zachodzącymi w skali mikro.

W tym miejscu warto wskazać na wysoce niepokojące zjawisko, jakim jest brak tzw. projektów energetycznych – podstawowych dokumentów określających politykę energetyczną samorządów (ponad 80% gmin z terenu województwa nie dysponuje takimi dokumentami), a także na element pozytywny, czyli dość wysoki, bo sięgający ponad 5%, bilans udziału energii wytworzonej w odnawialnych źródłach w ogólnym bilansie całego województwa, w czym znacznie województwo podlaskie wyprzedza pozostałe części Polski.

Należy również podkreślić, że za jedną z najbardziej istotnych korzyści wynikających z rozwoju odnawialnych źródeł energii – oprócz wymienianego często w różnych opracowaniach pozytywnego wpływu na środowisko naturalne – uznać należy skutki ekonomiczne. Zasoby pieniężne, które w sytuacji powszechnego korzystania z paliw tradycyjnych wypływają poza obszar gminy czy województwa, w przypadku stosowania surowców energetycznych wytwarzanych na miejscu pozostają w lokalnym obiegu, przyczyniając się do rozwoju gospodarczego danej społeczności, utrzymania dotychczasowych i tworzenia nowych miejsc pracy. W tym ujęciu rozwój odnawialnych źródeł energii może i powinien mieć kolosalne znaczenie dla rozwoju regionalnego województwa podlaskiego i pełnić ważną rolę w uzyskiwaniu niezależności energetycznej przez nasz kraj, zwłaszcza jeśli podobne procesy zaczną rozwijać się na terenie innych części Polski.

*Plan energetyczny województwa podlaskiego* jest pierwszym, pionierskim opracowaniem, w którym przedstawiono zagadnienia związane z faktycznym stanem rozwoju tej branży w województwie podlaskim. Mamy nadzieję, że będzie on traktowany nie jako dokument finalny, lecz jako punkt odniesienia i impuls dla dalszych prac związanych z rozwojem energetyki w naszym regionie, które wzbogacą nas, jego mieszkańców o nowe informacje, treści i przemyslenia.

## 1.2. Cele opracowania

Podstawowe cele opracowania *Planu energetycznego województwa podlaskiego* wynikają przede wszystkim ze *Strategii rozwoju województwa podlaskiego do 2020 roku*, przyjętej uchwałą Sejmiku Województwa Podlaskiego Nr XXXV/438/06 z dnia 30 stycznia 2006 r. oraz związanych z nią dokumentów. Cele te można zdefiniować następująco:

- ocena sytuacji energetycznej województwa podlaskiego;
- zidentyfikowanie barier ograniczających wykorzystanie potencjału odnawialnych źródeł energii w regionie;
- określenie potencjalnych możliwości rozwoju energetyki w regionie;
- wykonanie bilansu energetycznego województwa podlaskiego;
- wyznaczenie celów strategicznych planu energetycznego;
- określenie działań wspierających rozwój energetyki w województwie podlaskim.

Tak zdefiniowane cele opracowania programu energetycznego województwa podlaskiego stanowią podstawę *Planu ...* i pozwalają na kompleksowe i jednoznaczne jego przedstawienie.

## 1.3. Zakres opracowania

*Plan energetyczny województwa podlaskiego* określa stan istniejący oraz zakres działań niezbędnych do zaspokojenia potrzeb energetycznych wynikających z opracowanego bilansu energetycznego przy uwzględnieniu możliwości wykorzystania lokalnych nośników energetycznych, a przede wszystkim przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii i racjonalizacji zużycia konwencjonalnych nośników energii. Działania te uwzględniają aspekty ekologiczne pozyskiwania energii na terenie województwa podlaskiego i wynikają ze strategii rozwoju społeczno-gospodarczego województwa oraz są zgodne z przyjętymi w niej celami strategicznymi. Wynikają one także z obecnych i przewidywanych warunków technicznych, ekonomicznych i organizacyjnych przy uwzględnieniu istniejącej infrastruktury oraz poziomu technicznego.

W niniejszym opracowaniu przeanalizowano i przedstawiono aktualny stan energetyczny województwa podlaskiego oraz prognozę przewidywanych i postulowanych zmian w tym zakresie.

## 1.4. Uregulowania prawne

Treść niniejszego *Planu* została opracowana na podstawie obowiązujących w tym zakresie uregulowań prawnych na poziomie krajowym oraz wojewódzkim.

Dokumenty na poziomie krajowym:

- Ustawa Sejmowa – Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. wraz z późniejszymi zmianami jest bezsprzecznie fundamentalnym dokumentem regulującym zagadnienia energetyczne, w tym także dotyczące odnawialnych źródeł energii, w naszym kraju. Zawiera ona wszystkie definicje i uwarunkowania, na które powołują się autorzy innych uregulowań prawnych;
- *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej* uchwalona przez Sejm RP w sierpniu 2001 roku.
- *II Polityka ekologiczna państwa*, przyjęta przez Sejm w 2001 roku oraz *Polityka ekologiczna państwa na lata 2003–2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007–2010*, przyjęta przez Sejm 9 maja 2003 roku miały także istotny wpływ na treść tego dokumentu, szczególnie w zakresie dotyczącym polityki energetycznej odnoszącej się do odnawialnych źródeł energii;
- *Polityka energetyczna Polski do 2025 roku* jest najnowszym dokumentem przyjętym przez Radę Ministrów 22 grudnia 2004 roku, dotyczącym zagadnień energetycznych. Za najistotniejsze zasady polityki energetycznej uznano w nim harmonijne gospodarowanie energią, pełną integrację energetyki polskiej z europejską i światową, wypełnianie zobowiązań traktatowych, konkurencję rynkową (z administracyjną regulacją w pewnych obszarach) oraz wspomaganie rozwoju odnawialnych źródeł energii;

- Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 9 grudnia 2004 r., stanowiące akty wykonawcze do ustawy – Prawo energetyczne; jedno – w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii (Dz. U. Nr 267 poz. 2656), drugie – w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej wytwarzanej w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła (Dz.U. Nr 267 poz. 2657). Określa ono: zakres obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii, rodzaje, parametry techniczne i technologiczne źródeł odnawialnych wytwarzających energię elektryczną lub ciepło, wielkość udziału energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnych źródłach energii, których zakup przez przedsiębiorstwa energetyczne jest obowiązkowy;
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków udzielania pomocy publicznej na inwestycje służące redukcji emisji ze źródeł spalania paliw (Dz. U. Nr 98 poz. 996).

Dokumenty na poziomie regionalnym:

- *Strategia rozwoju województwa podlaskiego do 2020 roku;*
- *Założenia aktualizacji strategii rozwoju województwa podlaskiego;*
- *Program wojewódzki na lata 2003 – 2006 (województwo podlaskie);*
- *Program ochrony środowiska województwa podlaskiego na lata 2003–2006;*
- *Plan zagospodarowania przestrzennego województwa podlaskiego;*
- *Wojewódzki plan gospodarki odpadami (województwo podlaskie);*
- *Raport o stanie środowiska województwa podlaskiego;*
- *Prognoza oddziaływania na środowisko projektu planu zagospodarowania przestrzennego województwa podlaskiego;*
- *Inwentaryzacja zasobów odnawialnych źródeł energii w powiatach: augustowskim i sejneńskim.*



## 2. Metoda i dane wejściowe opracowania *Planu energetycznego województwa podlaskiego*

Podstawowym elementem planu energetycznego jest określenie wielkości zapotrzebowania na energię. Zasadniczym etapem planowania energetycznego jest określenie bieżącego i przyszłego zapotrzebowania na energię. Prawidłowe określenie potrzeb energetycznych pozwala na racjonalną gospodarkę zasobami energetycznymi nie tylko w skali lokalnej, lecz także na regionalnej.

Określenie potrzeb energetycznych w skali regionalnej jest zadaniem trudnym i skomplikowanym, tym bardziej, że brakuje opracowań pozwalających na ujednoczenie podejścia metodycznego w tym zakresie. W związku z tym, określenie potrzeb energetycznych możliwe jest do zrealizowania trzema sposobami, o różnym stopniu trudności i dokładności uzyskanych wyników:

- przeprowadzenie badań ankietowych lub audytów energetycznych o różnym zakresie i stopniu szczegółowości na rozpatrywanym terenie;
- określenie zapotrzebowania na energię przy wykorzystaniu jednostkowych wskaźników odniesionych np. do jednego mieszkańca, jednostki powierzchni czy kubatury, a przyjętych z ogólnie dostępnych danych statystycznych;
- przeprowadzenie badań ankietowych lub audytów energetycznych w tych przypadkach gdzie jest to możliwe do przeprowadzenia natomiast w pozostałych przypadkach określenie zapotrzebowania metodą wskaźnikową.

Przedstawione metody mają swoje zalety i wady. Niewątpliwie metoda ankietowa pozwala na uzyskanie dokładniejszych wyników, o ile uzyskane na jej podstawie dane są rzetelne. Jest ona jednak bardziej czasochłonna i kosztowna, dlatego jej realizacja na większą skalę napotyka na trudności, gdyż wiąże się z koniecznością dotarcia do wszystkich odbiorców energii albo założenie z góry pewnych ograniczeń. Często błędy tej metody wynikają z braku wiedzy u ankietowanych w zakresie tematyki energetycznej.

Metoda wskaźnikowa jest tańsza i szybsza, lecz obciążona większym błędem. W odniesieniu do dużych jednostek terytorialnych, przy braku możliwości przeprowadzenia szczegółowych badań jest ona bardzo przydatna.

Trzecia metoda – mieszana – łączy zalety obu tych metod i pozwala stosunkowo szybko, przy mniejszym nakładzie kosztów uzyskać wynik z satysfakcjonującą dokładnością.

Dane wejściowe do wykonania opracowania zgromadzone przez Podlaską Agencję Zarządzania Energią stanowią:

- ankiety ze wszystkich gmin województwa podlaskiego zawierające informacje na temat zadań związanych z energetyką zapisanych w dokumentacji gminy, informację – czy gmina posiada projekty założeń oraz planów zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe, ilość obiektów wykorzystujących odnawialne źródła energii, istniejące i planowane zasoby biomasy wykorzystywanej na cele energetyczne;
- wielkość produkcji energii cieplnej i elektrycznej w Elektrociepłowni Białystok S.A. w latach 2000–2004;
- wielkość produkcji energii elektrycznej w Zakładzie Energetycznym Białystok S.A. w latach 2000–2004;
- stan istniejący oraz perspektywy rozwoju gazyfikacji na terenie województwa podlaskiego;
- ilość drewna sprzedanego dla odbiorców na cele energetyczne;
- ilość istniejących i planowanych elektrowni wodnych na terenie województwa podlaskiego;
- zasoby leśne w województwie podlaskim, ilość produkowanych odpadów drzewnych;
- wykaz odnawialnych źródeł energii elektrycznej, przyłączonych do sieci ZEB S.A. na terenie województwa podlaskiego. Wykaz OZE, którym określono warunki przyłączenia. Wykaz planowanych odnawialnych źródeł energii, zgłaszanych do ZEB S.A. Wykaz Bloków Energetycznych planowanych do pracy w kogeneracji. Istniejąca sieć WN i stacje WN/SN na terenie ZEB S.A.;
- ilość biogazu wykorzystywanego na cele energetyczne;
- prognozy zużycia energii cieplnej, elektrycznej i gazu oraz liczby odbiorców w 2010 roku.

Zgromadzone dane zostały uzupełnione o dane statystyczne dostępne w opracowaniach Urzędów Statystycznych w zakresie niezbędnym do realizacji zadania.

Przy określeniu zasadniczych kierunków rozwoju energetyki na terenie województwa podlaskiego w *Planie energetycznym...* wykorzystano *Plan zagospodarowania przestrzennego województwa podlaskiego*.

## 3. Ogólna charakterystyka województwa

### 3.1. Ogólne informacje o województwie

Województwo podlaskie położone jest w północno – wschodniej Polsce. Zajmuje obszar 20180 km<sup>2</sup> (6,4% powierzchni kraju – 6 miejsce) i jest zamieszkane przez 1224 tys. mieszkańców. Ludność województwa stanowi 3,2% ludności Polski, co daje 14 miejsce w kraju. Ponad 700 tys. ludności, czyli 57,3% populacji, to mieszkańcy miast. Niski stopień urbanizacji regionu powoduje, że wskaźnik liczby ludności na 1 km<sup>2</sup> jest najniższy w kraju i wynosi 61 osób (średnia w Polsce – 124). Podlaskie sąsiaduje z trzema województwami: warmińsko-mazurskim, mazowieckim i lubelskim, a od wschodu graniczy z Białorusią i Litwą.

Województwo podlaskie podzielone jest na 14 powiatów, 3 miasta na prawach powiatu, 118 gmin oraz 3275 sołectw. Sieć osadniczą stanowi 36 miast i 3950 wsi. Stolicą województwa i największym miastem jest Białystok (283 tys. mieszkańców). Spośród pozostałych miast przeważają ośrodki małe (do 20 tys. mieszkańców), a tylko 2 miasta – Suwałki i Łomża – są miastami średniej wielkości liczącymi powyżej 60 tys. mieszkańców.

Struktura wiekowa ludności województwa podlaskiego nieznacznie tylko odbiega od średniej krajowej; wyższy jest tu odsetek ludności w wieku przedprodukcyjnym (województwo 27,8%, kraj 26,3%) i poprodukcyjnym (województwo 15,4%, kraj 14,2%).

Na przestrzeni ostatnich kilku lat zauważalne jest sukcesywne zmniejszanie się liczby ludności wiejskiej i starzenie się tej części populacji. Prowadzi to nie tylko do pogłębiania deformacji struktury demograficznej, ale również do wielu negatywnych zjawisk w sferze społecznej i ekonomicznej; zagraża to m.in. funkcjonowaniu gospodarstw rolnych oraz wywiera niekorzystny wpływ na tempo rozwoju gospodarczego i poziom życia ludności całego regionu.

Województwo podlaskie jest regionem o wielokulturowej i wielonarodowościowej specyfice. Pod względem etnicznym jest niewątpliwie najbardziej zróżnicowane spośród 16 województw. Obok Polaków mieszkają tu między innymi Białorusini, Litwini, Ukraińcy, Rosjanie, Tatarzy, Romowie, Żydzi. W regionie istnieją liczne obiekty zabytkowe, znaczące w historii i kulturze regionu, a także bogata kultura ludowa. Rozwój i ochrona dziedzictwa kulturowego stanowi ważny element w budowie tożsamości regionalnej.

Walory krajobrazowe i przyrodnicze podlaskiego oraz szereg zabytków stwarzają szerokie możliwości rozwoju turystyki i wypoczynku. Przemysł turystyczny w naszym regionie ma do spełnienia ważną rolę w aktywizacji gospodarczej. Turystyka jako dziedzina interdyscyplinarna może być traktowana jako jedna z lokomotyw rozwoju i źródło koniunktury dla innych branż produkcji i usług.

Podlaskie nie należy do regionów zasobnych w surowce mineralne. Występują tu głównie surowce mineralne stanowiące bazę na potrzeby budownictwa i przemysłu materiałów budowlanych: piaski, iły ceramiczne, żwiry, kruszywo, torfy i kreda oraz ruda żelaza, której złoża nie są eksploatowane – z uwagi na nieopłacalność jej wydobycia.

Województwo podlaskie to region o charakterze rolniczym. Rolnicza przestrzeń produkcyjna charakteryzuje się niską przeciętną jakością gleb i wysoką niestabilnością klimatu. W produkcji roślinnej przeważa, podobnie jak w kraju, uprawa roślin mało pracochłonnych, w tym głównie zbóż i ziemniaków. Rolnictwo prawie w całości związane jest z sektorem prywatnym (93% ogólnej liczby gospodarstw). Przeciętna powierzchnia gospodarstwa rolnego wynosi ok. 12 ha. Jest to wielkość stosunkowo wysoka w porównaniu do innych regionów kraju. Charakterystyczną cechą rolnictwa jest to, że na przeciętnego mieszkańca województwa przypada najwięcej użytków rolnych – 0,98 ha, tj. ponad dwa razy więcej niż w Polsce (0,48 ha). Czynniki obiektywne powodują, że wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, który uwzględnia jakość gleb, warunki klimatyczne (temperatura, opady), długość okresu wegetacji oraz ukształtowanie powierzchni, plasuje województwo na ostatnim miejscu w kraju.

W województwie podlaskim okres wegetacji jest średnio o 3–4 tygodnie krótszy niż np. w województwie opolskim. Do tak niekorzystnych warunków dostosowano kierunki rolniczej produkcji. W strukturze użytków rolnych bardzo mały jest udział sadów, które zajmują tylko 0,23% ogólnej powierzchni (mniejszy udział sadów ma tylko województwo warmińsko-mazurskie), duży jest natomiast udział łąk – 12,34% (większy ma tylko województwo małopolskie) i pastwisk – 7,62% (większy ma tylko województwo warmińsko-mazurskie). Znaczny udział użytków zielonych sprawia, że na obszarze województwa podlaskiego występują dobre warunki do chowu bydła mlecznego i mięsnego.

Struktura przemysłu województwa zdominowana jest przez produkcję i przetwórstwo artykułów spożywczych (przemysł mleczarski, mięsny, owocowo-warzywny, piwowarski, spirytusowy i młynarski).

Ważne znaczenie ma również produkcja maszyn i urządzeń, produkcja tkanin oraz drewna i wyrobów z drewna.

Okres transformacji przyniósł stały wzrost sektora prywatnego. Aktualnie w województwie podlaskim zarejestrowanych jest ponad 81,9 tys. podmiotów gospodarczych, z czego 79,3 tys. to jednostki prywatne. Wśród podmiotów prywatnych przeważa własność osób fizycznych – ponad 67,4 tys. podmiotów, które jako małe i średnie przedsiębiorstwa (MSP) tworzą określony potencjał rozwojowy regionu. Sektor MSP pozwala na wchłanianie części osób odchodzących z rolnictwa, co utrzymuje stosunkowo niski, jak na region typowo wiejski, poziom bezrobocia. Największy udział w strukturze powstawania dochodów gospodarki województwa mają usługi rynkowe (40,9%) oraz przemysł (21,8%). W usługach nierynkowych wytworzone było 18%, a w budownictwie 5,6%. Na rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo przypada 13,7% wytworzonej wartości dodanej brutto.

Warunkiem wzrostu aktywności i przyspieszenia rozwoju gospodarczego jest dostęp do nowych technologii i innowacji, dający szansę na podniesienie konkurencyjności. Innowacje wsparte inwestycjami w kapitał ludzki i wiedzę biznesową stworzą podstawy pomyślnego rozwoju dla małej i średniej przedsiębiorczości.

Województwo podlaskie charakteryzuje wysoki udział osób pracujących w rolnictwie (37,4%). Aktualnie struktura przygotowania zawodowego rolników jest niekorzystna. Ludność rolnicza posiadająca wykształcenie wyższe stanowi zaledwie 1,5%, wykształceniem średnim zawodowym legitymuje się ok. 11% a 63% to osoby z wykształceniem podstawowym i bez wykształcenia. Struktura taka nie sprzyja rozwojowi i racjonalizacji produkcji, przeobrażaniu i przystosowaniu gospodarstw rolnych do warunków gospodarki rynkowej, jak również utrudnia reorientację zawodową i podejmowanie nowych inicjatyw gospodarczych. W usługach rynkowych pracuje 12,9% (13 miejsce w kraju), w przemyśle i budownictwie 19,9% (15 miejsce w Polsce).

Podstawową sieć drogową w regionie stanowią: drogi krajowe o długości ponad 900 km, wojewódzkie – ponad 1100 km oraz powiatowe – ponad 7200 km. Przez teren województwa podlaskiego planowana jest trasa ekspresowa VIA BALTICA Warszawa – Białystok – Suwałki – Budzisko – Kaunas – Tallin – Helsinki, która należy do Transeuropejskich Sieci Transportowych. Z oceny rozmieszczenia dróg krajowych i wojewódzkich wynika, że podstawowe potrzeby wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi jednostkami osadniczymi są zaspokojone. Fatalny jest jednak stan techniczny dróg. Sieć drogowa modernizowana była w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych, a wiele odcinków pochodzi jeszcze z lat sześćdziesiątych.

Sieć kolejową na terenie województwa tworzy 845 km linii normalnotorowych, w większości jednotorowych, z tego zaledwie 235 km zelektryfikowanych. W przeliczeniu na 100 km<sup>2</sup> daje to wskaźnik gęstości 4,2 km (Polska – 7,1 km). Brak jest szybkiej kolei umożliwiającej skrócenie czasu dojazdu z głównych ośrodków miejskich regionu do Warszawy i innych aglomeracji.

Środowisko naturalne województwa podlaskiego należy do najmniej zanieczyszczonych w Polsce, jednakże dla zachowania jego unikatowych walorów przyrodniczych konieczne są znaczne inwestycje, zwłaszcza w zakresie małej infrastruktury ochrony środowiska. Stopień wyposażenia gospodarstw domowych w wodociągi i kanalizację należy do najniższych w kraju. Dotyczy to zwłaszcza wyposażenia w infrastrukturę techniczną obszarów wiejskich. Ponadto niski jest stopień zmeliorowania gruntów rolniczych. W początkowym stadium jest gazyfikacja, ale istniejąca sieć pozwala na jej dalszy rozwój.

Województwo podlaskie dysponuje stosunkowo dobrze rozwiniętą bazą szkolnictwa wyższego. Obok istniejących w Białymstoku szkół państwowych (Uniwersytet w Białymstoku, Akademia Medyczna, Politechnika Białostocka oraz filie Akademii Muzycznej i Akademii Teatralnej w Warszawie), funkcjonuje w województwie 8 uczelni niepaństwowych (w Białymstoku, Łomży, Suwałkach).

Województwo podlaskie charakteryzuje się zróżnicowaną rzeźbą terenu, niższą od średniej krajowej jakością rolniczej przestrzeni produkcyjnej, średnim poziomem lesistości i przeciętnie rozbudowaną siecią hydrograficzną. Główną rzeką jest Narew, która zasilana jest jednym większym dopływem – Biebrzą. Północna część województwa jest obszarem o dużej liczbie jezior.

Środowisko przyrodnicze zachowało duży stopień naturalności. Świadczy o tym największy w Europie kompleks bagien i puszczy nieprzekształconych przez działalność człowieka. Szczególną wartość przyrodniczą, historyczną i rekreacyjną stanowią 4 parki narodowe. Białowiecki Park Narodowy jest jedynym polskim obiektem o takim charakterze wpisanym na Listę Światowego Dziedzictwa Ludzkości. Jest też jednym z czterech w Polsce Rezerwatów Biosfery. Podobną wartość mają Wigierski Park Narodowy, Biebrzański Park Narodowy, Narwiański Park Narodowy. Ponadto są tu trzy parki krajobrazowe i kompleks Puszczy Augustowskiej. Całe województwo położone jest w obszarze funkcjonalnym Zielone Płuca Polski, obejmującym najczystsze ekologicznie i posiadające największe walory przyrodnicze tereny północno-wschodniej Polski.

Wykorzystanie powierzchni województwa kształtuje się następująco:

- 59,9% zajmują użytki rolne;
- 29,8% lasy;
- 3,0% nieużytki;
- 2,9% tereny komunikacyjne;
- 2,2% tereny osiedlowe;
- 1,8% wody.

Położenie całego województwa w obszarze funkcjonalnym Zielone Płuca Polski jest wyróżnieniem jego naturalnych cech i jednocześnie nakazem szczególnej troski o racjonalne jego wykorzystanie.

Ochroną prawną objęte jest 32,0% ogólnej powierzchni regionu. Znajduje się tu około 100 rezerwatów przyrody i prawie 2000 pomników przyrody.

Flora województwa liczy ponad 1000 gatunków roślin naczyniowych, ok. 280 gatunków mszaków i ponad 1000 gatunków grzybów. Z fauny gatunkami o szczególnym znaczeniu są żubr, bocian czarny, kor-moran.

W wyniku realizacji oczyszczalni ścieków zmniejsza się udział wód nieodpowiadających normaty-wom na korzyść ilości wód II i III klasy czystości, a z ogólnej ilości ścieków odprowadzanych do wód po-wierzchniowych lub do ziemi 95,5% podlega oczyszczeniu mechaniczno – biologicznemu.

Utrwalają się korzystne zjawiska i procesy świadczące o poprawie czystości powietrza. Notuje się wyraźny spadek stężeń średniorocznych dwutlenku azotu, dwutlenku siarki i pyłu zawieszonego. Efekty takie są możliwe dzięki restrukturyzacji lokalnych systemów grzewczych, modernizacji instalacji odpylają-cych, uruchamianiu instalacji odsiarczających, stosowaniu paliw alternatywnych.

Dominującym sposobem unieszkodliwiania odpadów jest ich składowanie. Prawie w całości zago-spodarowywane są jedynie zużyte oleje i smary. Pozostałe odpady składowane są na wysypiskach komu-nalnych, przemysłowych i wiejskich.

### 3.2. Plany rozwoju społeczno-gospodarczego województwa

Plany rozwoju społeczno-gospodarczego województwa podlaskiego zawarte są w kilku dokumentach, z których podstawowym jest *Strategia rozwoju województwa podlaskiego*, kluczowy dokument programo-wo określający zasady i kierunki długofalowej koncepcji rozwoju regionu. Formułując cele i priorytety, wskazuje dziedziny koncentracji wysiłku rozwojowego i pożądane tendencje zmian, które powinny być wspierane i promowane, aby uzyskać określony efekt. Osiągnięcie wyznaczonych celów możliwe będzie poprzez zaangażowanie wszystkich ważnych aktorów sceny regionalnej konsultujących prace nad *Strate-gią...* i będących głównymi beneficjentami jej wdrożenia.

## 4. Zaopatrzenie województwa w nośniki energetyczne

### 4.1. Infrastruktura energetyczna

#### 4.1.1. Sieci i obiekty elektroenergetyczne

Zaopatrzenie województwa w energię elektryczną opiera się na krajowym systemie sieci WN 400 kV we współpracy z systemem elektroenergetycznym Białorusi.

Zasilanie województwa w energię elektryczną z krajowego systemu elektroenergetycznego dokonywane jest linią WN 400 kV relacji Miłosna koło Warszawy – GPZ NAREW 400/110 kV koło Turośni Kościelnej oraz linią WN 220 kV Białoruś „Roś” – Białystok GPZ 1 i linią 220 kV Ostrołęka – Elk. Transformacja energii z w/w linii na napięcie 110 kV następuje w stacjach transformatorowo – rozdzielczych: z 400/110 kV w GPZ „NAREW” za pośrednictwem autotransformatora o mocy 330 MVA, z 220/110 kV w GPZ 1 Białystok za pośrednictwem autotransformatorów 2x160 MVA oraz z 220/110 kV w Elku za pośrednictwem autotransformatorów jw.

Z siecią energetyki zawodowej współpracują:

- Elektrociepłownia Białystok S.A. (o mocy zainstalowanej 155 MW);
- Cukrownia Łapy (o mocy zainstalowanej 12 MW).

W systemie elektroenergetycznym województwa mają także swój udział elektrownie wodne i fermy wiatrowe.

Ważnym elementem systemu elektroenergetycznego są stacje transformatorowo – rozdzielcze RPZ-ty WN/SN, zlokalizowane w: Białymstoku – 7, Suwałkach – 3, Łomży – 3, 18 w innych miastach województwa oraz 7 na obszarach gmin. Wyżej wymienione RPZ-ty są zasilane liniami WN 110 kV, które stanowią część współpracującej ze sobą sieci wewnątrzwojewódzkiej i krajowej.

Aktualne zużycie energii elektrycznej w województwie podlaskim wynosi, jak wynika z informacji przedstawionych przez ZEB S.A. – 2 215 GWh (zużycie w 2004 roku). Zakład Energetyczny Białystok S.A. przewiduje, że zużycie energii elektrycznej w 2010 roku wyniesie około 2 446 GWh, jednak do obliczeń bilansu energetycznego na ten rok przyjęto wzrost tego zużycia o 15%, podobnie jak w przypadku innych opracowań wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w perspektywie roku 2010. Według ekspertów z ZEB S. A. przewidywana liczba odbiorców energii elektrycznej w 2010 roku wyniesie 540 000.

#### 4.1.2. Sieci i instalacje gazownicze

Źródła zaopatrzenia województwa w gaz ziemny to:

- gazociąg wysokiego ciśnienia DN 500/250 Wołkowysk – Bobrowniki – Białystok – Wyszaków – Nieporęt – Rembelszczyzna koło Warszawy. Dostawy gazu z tego gazociągu realizowane są z dwóch kierunków: z kolektora tłocznego tłoczni Rembelszczyzna oraz z punktu rozliczeniowo – pomiarowego Bobrowniki – zlokalizowanego na granicy Polski i Białorusi;
- gazociąg północno – wschodniego układu gazu importowanego z Rosji DN 1000/700 Wysokoje – Hołowczyce – Rembelszczyzna. Z układu tego za pomocą gazociągu odgałęźnego DN 100 Mielnik – Siemiatycze, zasilani są odbiorcy w południowej części województwa.

System sieci gazownictwa ziemnego województwa zalicza się do najsłabiej rozwiniętych w kraju. Aktualnie zgazyfikowanych jest 18 gmin województwa podlaskiego. Zakład Gazowniczy w Białymstoku eksploatuje obecnie w województwie:

- 235,26 km gazociągów wysokiego ciśnienia i 16 stacji gazowych I<sup>o</sup>;
- 868,8 km gazociągów dystrybucyjnych średniego i niskiego ciśnienia oraz 25 stacji gazowych II<sup>o</sup>;
- 328,9 km przyłączy gazowych (20 644 sztuk).

Średnio w roku przybywa ok. 39 km gazociągów dystrybucyjnych, 360 sztuk przyłączy oraz 3 500 tys. odbiorców gazu. Siecią rozdzielczą, gaz ziemny wysokometanowy był dostarczany 75 981 odbiorcom w ilości 77,86 mln Nm<sup>3</sup>. Przewidywana liczba odbiorców w 2010 roku wyniesie 81 000, a zużycie gazu wysokometanowego powinno osiągnąć wartość 98,60 mln Nm<sup>3</sup>.

Obsługę odbiorców gazu oraz konserwację, remonty i naprawy awaryjne urządzeń gazowniczych zapewniają zaplecza techniczne w Białymstoku i Siemiatyczach. Z dostępnych danych wynika, że województwo podlaskie plasuje się na ostatnim miejscu w kraju pod względem ilości odbiorców i zużycia gazu przewodowego.

Zaopatrzenie w gaz płynny propan – butan jest stosowane na tych obszarach województwa, na których brak jest sieci gazu ziemnego przewodowego. W Suwałkach istnieje ponadto rozprężalnia gazu płynnego. Siecią gazową o długości 24 km rozprężony gaz rozprowadzany jest do 5 274 odbiorców na osiedlu „Północ II” w Suwałkach, bez perspektyw rozwoju tego lokalnego systemu.

#### 4.1.3. Sieci i instalacje ciepłownicze

Zaopatrzenie w energię ciepłą województwa realizowane jest przez źródła energetyki zawodowej, ciepłownie komunalne i spółdzielcze, elektrociepłownie przemysłowe, kotłownie zakładowe oraz rozproszone indywidualne źródła ciepła. Podstawowym paliwem wykorzystywanym w energetyce jest nadal miał węglowy, ale sukcesywnie wzrasta udział gazu przewodowego i oleju opałowego. Zwiększenie udziału gazu w ciepłownictwie wiąże się z rozwojem systemu gazownictwa przewodowego i relacją kosztu jednostkowego ogrzewania gazem ziemnym w stosunku do innych nośników energetycznych. W bardzo małym stopniu do celów ciepłowniczych wykorzystywana jest energia elektryczna, ale coraz większe zainteresowanie budzą odnawialne źródła energii (wody, wiatru i słońca).

Większe źródła ciepła energetyki zawodowej i komunalnej to:

- Elektrociepłownia Białystok S.A. o mocy dyspozycyjnej 520 MW, Ciepłownia „Zachód” Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. w Białymstoku o mocy dyspozycyjnej 138 MW;
- ciepłownia o mocy zainstalowanej 179 MW i znamionowej 133 MW w Łomży;
- 2 ciepłownie o łącznej mocy dyspozycyjnej 151,3 MW w Suwałkach;
- ciepłownia o mocy 50 MW w Augustowie;
- ciepłownia o mocy 43,6 MW w Grajewie;
- ciepłownia o mocy 44 MW w Zambrowie.

Większe kotłownie zakładowe w województwie podlaskim to:

- elektrociepłownia „Fasty” o mocy dyspozycyjnej 63,5 MW w Białymstoku;
- „PEPEES” S.A. o łącznej mocy 43,8 MW w Łomży;
- elektrociepłownia „Cukrowni” o mocy 129 MW i ZNTK o mocy 35 MW w Łapach;
- ciepłownia ZSB „Stolbud” o mocy 50 MW (50% na potrzeby miasta) w Sokółce;
- ciepłownia „Zakład Płyt Wiórowych” o mocy 36,2 MW w Grajewie;
- ciepłownia Z.P.O.W. o mocy 31,6 MW w Siemiatyczach.

Systemy ciepłownicze scentralizowane, komunalne lub spółdzielcze posiadają wszystkie miasta o statusie powiatowych oraz miasta: Łapy, Dąbrowa Białostocka, Czarna Białostocka, Wasilków, Choroszcz i Szczuczyn. Sieci ciepłownicze magistralne w większości to sieci stare, wykonane w technologii tradycyjnej, cechujące się złą izolacyjnością cieplną, wymagające sukcesywnej wymiany na ekonomiczniejsze w eksploatacji sieci preizolowane.

Zużycie energii cieplnej w obiektach zabudowy mieszkaniowej i produkcyjno-usługowej systematycznie zmniejsza się, co jest w szczególności wynikiem stosowania energooszczędnych technologii w przemyśle i mieszkalnictwie.

#### 4.1.4. Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, układy skojarzone

Równoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w tzw. układach skojarzonych odbywa się na terenie województwa podlaskiego w dwóch obiektach:

- Elektrociepłownia Białystok S.A. (o mocy zainstalowanej 155 MW);
- Cukrownia Łapy (o mocy zainstalowanej 12 MW).

Aktualna wielkość produkcji energii cieplnej w Elektrociepłowni Białystok S.A. wynosi 4 345 247 GJ, natomiast wielkość produkcji energii elektrycznej – 590 029 MWh.

Planowane jest uruchomienie (2007 rok) podobnych obiektów w Hajnówce o mocy 50 MW<sub>t</sub> i 7MW<sub>e</sub> oraz w Grajewie o mocy 25 MW.

## 4.2. Odnawialne źródła energii

Podlaska Agencja Zarządzania Energią działająca w ramach Podlaskiej Fundacji Rozwoju Regionalnego w Białymstoku przeprowadziła na terenie województwa podlaskiego szczegółowe badania mające na celu inwentaryzację istniejących i planowanych do realizacji obiektów wykorzystujących odnawialne źródła energii. Poniższa tabela zawiera wyniki tych badań i obejmuje dane dotyczące poziomu wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz plany rozwoju tej dziedziny energetyki w województwie podlaskim.

Dane zawarte w tabeli 1 stanowiły podstawę do sporządzenia bilansu energetycznego odnawialnych źródeł energii w województwie podlaskim, który jest częścią ogólnego bilansu energetycznego całego województwa w odniesieniu do stanu istniejącego aktualnie i planowanego w perspektywie roku 2010.

**Tabela 1. Istniejące i planowane obiekty wykorzystujące odnawialne źródła energii w województwie podlaskim**

MIEJSCOWOŚĆ POWIAT	ZREALIZOWANE	PLANOWANE
<b>ENERGIA WIATROWA</b>		
Augustów p. augustowski	–	Planowana budowa 2 turbin po 100 kW każda
Blenda p. suwalski	–	Mała Elektrownia Wiatrowa 2,25 MW
Krasnopol p. sejneński	–	Elektrownia Wiatrowa 24 MW
Okliny p. suwalski	–	Elektrownia Wiatrowa 0,5 MW
Poćkuny p. sejneński	–	Elektrownia Wiatrowa 1,2 MW
Potasznia p. suwalski	–	Utworzenie ferm wiatrowych 40 MW (od 14 do 17 elektrowni) wyposażonych w generatory o dużej mocy
gmina Przerośl: Morgi, Łanowicze Duże, Śmieciuchówka, Nowa Pawłówka, Pawłówka gmina Filipów p. suwalski	–	Planowana budowa fermy wiatrowej o mocy 28 MW (14 turbin o mocy 2 MW każda, o wysokości do 80 m)
Prudziszki p. suwalski	Mała Elektrownia Wiatrowa 10 kW	–
Rychtyn p. suwalski	Elektrownia Wiatrowa 750 kW	–
Okolice Sejn: Dusznica, Żegary, Marynowo p. sejneński	–	Planowana budowa 14 turbin wiatrowych o łącznej mocy 8 MW
Okolice Sokółki i Suwałk	–	Budowa turbin wiatrowych przez prywatnych inwestorów
Sztabiki p. sejneński	–	Elektrownia Wiatrowa 15 MW
Sztabiki p. sejneński	–	Elektrownia Wiatrowa 0,6 MW
Wizajny p. suwalski	6 turbin wiatrowych na Górze Rowelskiej – po 300 kW każda	–
<b>ENERGIA WODNA</b>		
Augustów rz. Netta, p. augustowski	Mała Elektrownia Wodna 120 kW (roczna produkcja 840 tys. kWh)	–
Bakałarzewo rz. Rospuda, p. suwalski	MEW 30 kW	–
Bobra Wielka p. sokólski	–	Planowana budowa hydroelektrowni na spiętrzeniu rzeki Biebrza

Brańsk p. bielski	-	Planowana elektrownia wodna 100 kW na lata 2007–2013
Ciechanowiec rz. Nurzec, p. wysokomazowiecki	MEW 110 kW	-
Dębowo Kanał Augustowski odnoga „Młynówka”, p. augustowski	MEW 60 kW	-
Klukowo rz. Nurzec, p. wysokomazowiecki	-	Elektrownia Wodna
Kuczyn rz. Nurzec, p. moniecki	MEW 60 kW	-
Kostrzy Podsejdkowieża rz. Nurzec, p. wysokomazowiecki	MEW 37 kW	-
Małe Raczki rz. Rospuda, p. suwalski	MEW 15 kW	-
Międzyrzecze rz. Sokołda, p. białostocki	MEW 30 kW	-
Nowa Łuka p. hajnowski	Zapora na zbiorniku Siemianówka – 2 turbiny po 83 kW każda	-
Rutka Tartak rz. Szeszupa, p. suwalski	Prądnica napędzana wodą 30 kW	-
Rygiel rz. Czarna Hańcza, p. augustowski	MEW 160 kW	-
<b>ENERGIA BIOMASY</b>		
Białousy p. sokólski	Kotłownia na biomasę (słoma, odpady drzewne) o mocy 45 MW	
Choroszcz p. białostocki	-	Planowana elektrociepłownia na biomasę
Ciechanowiec p. wysokomazowiecki	Kotłownia opalana drewnem – Muzeum Rolnictwa (2x120 kW)	-
Czarna Białostocka p. białostocki	Kotłownia na biomasę (zrębki drzewne) o mocy 14 MW	-
Dowspuda p. suwalski	Kotłownia opalana drewnem – Zespół Szkół Rolniczych (4x120 kW)	-
Drozdowo, p. łomżyński	Kocioł 70 kW w Muzeum Przyrody (na drewno opałowe, odpady tartaczne, brykiet drzewny)	-
Dubicze Cerkiewne, p. hajnowski	Kotłownia przy zakładach stolarskich opalana trocinami	-
Grajewo p. grajewski	-	Planowana budowa kotłowni w PECu opalana zrębkami drzewnymi
Hajnówka p. hajnowski	Kotłownia 40 MW, w tym 17,4 MW na odpady drzewne	
Hajnówka p. hajnowski		Planowana kotłownia na biomasę o mocy 50 MWt i 7 MWe
Jaminy p. augustowski	Kotłownia na drewno 80kW – Szkoła Podstawowa	-
Janów p. sokólski	Kotłownia na drewno 100 kW – Szkoła	-
	Kotłownia na drewno 2x50 kW – ZOZ	-
	Kotłownia na drewno 50 kW – budynek mieszkalny	-
	Kotłownia na drewno 50 kW – Urząd Gminy	-
Jasionówka p. moniecki	Kotłownia na trociny w stolarni 30 kW	-

Jaziewo p. augustowski	Kotłownia na drewno 110kW– Szkoła Podstawowa	–
Klejniki p. hajnowski	Kotłownia przy Szkole Podstawowej opalana węglem i drewnem	–
Kleszczele p. hajnowski	Kotłownia na odpady drzewne i trociny 1200 kW	–
Knyszyn p. moniecki	Kotłownia na odpady drzewne 400 kW w SPZOZ	–
Kolno p. koleński	–	Planowany obiekt wykorzystujący zrębki
Korycin p. sokólski	3 kotły po 30 kW i 1 kocioł 75 kW w budynkach Gminy	–
Krasne Folwarczne p. moniecki	Kotłownia na trociny 30 kW w budynku socjalno-biurowym	–
Krynki p. sokólski	Kotłownia na drewno 330+150 kW (Szkoła Podstawowa i Gimnazjum)	–
	Kotłownia na zrębki drzewne 60 kW (Gminny Ośrodek Kultury, Posterunek Policji)	–
	Kotłownia na drewno (dwa bloki mieszkalne przy Placu Jagiellońskim)	–
	Kotłownia na drewno posiada znaczna część gosp. indywidualnych	–
Łapy p. białostocki	Kotłownia na biomasa 4 MW w ZEC w Łapach	–
Michałowice p. białostocki	Kotłownia 175 kW w GCKSiR zasilająca budynek UG	–
gmina Milejczyce p. siemiatycki	Obiekty opalane biomasa-drewno lub biomasa i węglem	–
Mońki p. moniecki	–	Planowana budowa elektrociepłowni wykorzystującej biomasa i odpady komunalne
Narew p. hajnowski	2 kotłownie opalane biomasa	–
Nieckowo p. grajewski	Kocioł A2SD–500 (2 sztuki) 900 kW w Zespole Szkół	–
Nierośno p. sokólski	–	Planowana modernizacja kotłowni na kotłownię opalaną biomasa
Nowoberezowie p. hajnowski	–	Planowana kotłownia na biomasa
Postołowo p. hajnowski	Kotłownia na słomę – własność prywatna	–
Przytuły Las p. łomżyński	Kotłownia na drzewo – gosp. indywidualne	–
Radule p. białostocki	Kotłownia opalana zrębkami i odpadami drzewnymi	–
Różanystok p. sokólski	Kotłownia na biomasa o mocy 2 MW (2 kotły po 1 MW)	–
Sejny p. sejneński	1 kocioł 75 kW w Powiatowym Zarządzie Dróg, 1 kocioł 95 kW w Komendzie Powiatowej PSP, 1 kocioł 400 kW w Zespole Szkół Ogólnokształcących	–
Siemiatycze p. siemiatycki	–	Planowana budowa kotłowni komunalnej 13 MW
gmina Sokółka p. sokólski	Kotły na biomasa – osoby prywatne	–
Miasto Sokółka p. sokólski	Kotły na biomasa (wióry) 10 MW	–
Solistówka p. augustowski	Ferma kurza ogrzewana kotłem na trociny	–
Suchodolina p. sokólski	–	Planowana modernizacja kotłowni na kotłownię opalaną biomasa
Suwałki p. suwalski	Kotłownia opalana drewnem – Fabryka Mebli Forte (2x4,65 MW)	–
Szczuczyn p. grajewski	3 kotły Vigas po 80 kW – Zespół Szkół	–

Szepietowo p. wysokomazowiecki	–	Planowany obiekt wykorzystujący drewno opałowe
Sztabin p. augustowski	Kotłownia na drewno: Spółdzielnia Mieszkaniowa – 1,2MW, Urząd Gminy – 400kW, Ośrodek Zdrowia – 80kW	–
Tofiłowce p. hajnowski	Kotłownia przy zakładach stolarskich opalana trocinami	–
Trzcianne p. moniecki	41 kotłów opalanych biomasą w indywidualnych gospodarstwach domowych o łącznej mocy 1148 kW	–
Trzcianne p. moniecki	Kotły opalane biomasą w obiektach komunalnych o łącznej mocy 400 kW	–
Tykocin p. białostocki	2 kotłownie opalane zrębami i odpadami drzewnymi oraz objekty indywidualne na terenie gminy	–
Zwierzyniec Wielki p. sokólski	–	Planowana modernizacja kotłowni na kotłownię opalaną biomasę
teren Wigierskiego Parku Narodowego p. suwalski	Kotły na drewno w budynkach mieszkalnych – (4 szt. x 20 kW, 6 szt. x 25 kW)	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego p. suwalski	Kotły na drewno w osadach służbowych – (2 szt. x 18 kW, 3 szt. x 25 kW)	–
<b>ENERGIA GEOTERMALNA</b>		
Barłógów Kościelny p. augustowski	Pompa ciepła – osoba prywatna	–
Drohiczyn p. siemiatycki	Pompa ciepła – budynek Kurii Diecezjalnej – (2x70 kW)	–
Grajewo p. grajewski	Pompa ciepła (14 odwiertów) w Parafii Matki Bożej ogrzewająca kościół (ogrzewanie podłogowe) oraz kaplicę (ogrzewanie za pomocą grzejników)	–
Klukowo p. wysokomazowiecki	Pompa ciepła 14 kW i kotłownia olejowa 10 kW – Ośrodek Zdrowia	–
Lesznia p. białostocki	Pompa ciepła – własność prywatna	–
Łażnie (Supraśl) p. białostocki	Pompa ciepła – Dom Pomocy Społecznej	–
Łupianka Stara p. białostocki	Pionowa pompa ciepła – 150 kW	–
Mońki p. moniecki	2 pionowe pompy ciepła	–
Perlejewo p. siemiatycki	Pompa ciepła – obiekt publiczny	–
Uhowo p. białostocki	Pionowa pompa ciepła – 160 kW	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Mikołajewo p. suwalski	Pompa ciepła w leśniczówce – 18 kW	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Gawarzec p. suwalski	Pompa ciepła w leśniczówce – 18 kW	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Tartak p. suwalski	Pompa ciepła w wylęgarni ryb – 48 kW	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Krzywe p. suwalski	Pompa ciepła w budynku dyrekcji – 149 kW	–
<b>ENERGIA SŁOŃCA</b>		
Barłógów Kościelny p. augustowski	Kolektory słoneczne – osoba prywatna	–
Białowieża p. hajnowski	Kolektory słoneczne – osoby prywatne	–
Janów p. sokólski	Kolektory słoneczne – Szkoła	–
	Kolektory słoneczne – ZOZ	–

	Kolektory słoneczne – budynek mieszkalny	–
	Kolektory słoneczne – Urząd Gminy 26 sztuk – 55,78 m <sup>2</sup>	–
Klukowo p. moniecki	Kolektory słoneczne w gosp. indywidualnych	–
Leszczka Duża p. siemiatycki	Kolektor słoneczny – własność prywatna	–
Lesznia p. białostocki	Kolektory słoneczne – własność prywatna	–
Łomża p. łomżyński	Kolektory słoneczne – budynek Caritas	–
gmina Nowinka p. augustowski	Kolektor słoneczny – gosp. agroturystyczne Wójta	–
Sokoły p. wysokomazowiecki	–	Planowana budowa kolektorów słonecznych przy basenie Zespołu Szkół
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Gawarzec p. suwalski	Kolektory słoneczne o powierzchni 6 m <sup>2</sup> – leśniczówka	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Krzywe p. suwalski	Kolektory słoneczne o powierzchni 38 m <sup>2</sup> – budynek dyrekcji	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego – Maćkowa Ruda, Lipnik p. suwalski	Kolektory słoneczne	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego p. suwalski	W 2000 r. zainstalowano kolektory słoneczne o łącznej powierzchni 6 m <sup>2</sup> – osady służbowe z pokojami gościnnymi	–
teren Wigierskiego Parku Narodowego p. suwalski	W 2004 r. zainstalowano kolektory słoneczne o łącznej powierzchni 62 m <sup>2</sup> – osady służbowe	–

#### 4.2.1. Biomasa

W Rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia z dnia 30 maja 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku zakupu energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii (Dz. U. Nr 104 poz. 971) biomasa została zdefiniowana w sposób następujący: *biomasa to substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które podlegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej oraz przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także inne części odpadów, które podlegają biodegradacji.*

Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych jest postrzegane jako neutralne wobec efektu cieplarnianego, ponieważ rośliny w okresie wegetacji w procesie fotosyntezy pobierają taką samą ilość dwutlenku węgla, jaka wydziela się podczas ich spalania. Takiego bilansu nie zapewni nam wykorzystanie paliw kopalnych. Ponadto każda megawatogodzina (MWh) wyprodukowana przy wykorzystaniu węgla kamiennego czy brunatnego obciąża środowisko 15 kg dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>) i 7 kg tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), a także 150 kg popiołów lotnych. Natomiast w przypadku spalania biomasy następuje znaczący stopień redukcji nie tylko SO<sub>2</sub>, ale także zanieczyszczeń organicznych, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz lotnych związków organicznych.

W przypadku polowych plantacji roślin energetycznych istnieje potencjalna możliwość zagospodarowania stabilizowanych osadów ściekowych z lokalnych oczyszczalni ścieków. Mogą one posłużyć do nawożenia plantacji energetycznych, dzięki czemu następuje ich neutralizacja.

Innym aspektem o znaczeniu gospodarczym jest zagospodarowanie zwiększającej się ciągle powierzchni gruntów niewykorzystanych rolniczo. Szacuje się, że obecnie tereny niewykorzystane rolniczo w naszym kraju to blisko 2 mln ha. W województwie podlaskim jest to obszar około 68 tysięcy ha. W związku z tym przeznaczenie części tych terenów pod uprawy energetyczne stanowi racjonalną alternatywę w odniesieniu do tradycyjnej produkcji rolnej.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że upowszechnienie stosowania biomasy jako paliwa w energetyce pozwoli uniezależnić się częściowo od zagranicznych dostaw paliw kopalnych.

Wykorzystanie biomasy produkowanej na gruntach ornych do celów energetycznych stwarza szansę na zachowanie dotychczasowych i powstanie nowych miejsc pracy w rolnictwie, w sektorach produkujących urządzenia do zbioru, przetwarzania i energetycznego wykorzystania biomasy. Ocenia się,

że energetyka odnawialna może przynieść 5 razy więcej miejsc pracy niż sektor paliw kopalnych, a 15 razy więcej niż np. elektrownie jądrowe.

Powszechność wykorzystania biomasy produkowanej na gruntach rolniczych do celów energetycznych wpłynęłaby na rozwój infrastruktury wiejskiej i wzrost poczucia wartości wśród rolników i ludzi związanych z całym sektorem rolniczo-energetycznym.

W wielu opracowaniach wykazuje się, że wytwarzanie energii cieplnej z biomasy jest tańsze niż produkcja energii w oparciu o kopaliny. Dlatego też wykorzystanie biomasy do celów energetycznych w kraju jest coraz powszechniejsze. Na obszarach wiejskich modernizuje się liczne lokalne ciepłownie, aktualnie opalane węglem i przystosowuje się je do efektywnego, wysokosprawnego spalania zrębków, granulatu drzewnego lub słomy. Ponadto należy zauważyć, że w związku z ograniczonymi zasobami paliw konwencjonalnych spodziewany jest stały wzrost cen kopaliny, co w przyszłości jeszcze bardziej uatrakcyjni odnawialne źródła energii.

Ważnym argumentem przemawiającym za energetycznym wykorzystaniem biomasy jest zamknięcie obiegu pieniądza na obszarze gminy czy powiatu. Każda złotówka wydana na olej opałowy czy gaz ziemny wypływa bowiem najczęściej poza teren gminy, a bardzo często też poza teren kraju. Jeżeli natomiast w miejsce wspomnianego oleju, gazu zakupiona zostanie biomasa, to każda złotówka trafia najczęściej do rolnika produkującego biomasę czy też do lokalnych firm. Podmioty te z kolei mają środki na inwestycje i rozwój oraz mogą zatrudnić nowych pracowników. Taki obrót spraw powinien w efekcie końcowym wpłynąć korzystnie na rozwój lokalnej infrastruktury w branży rolniczo-energetycznej gmin wiejskich.

Wyżej wymienione aspekty przemawiające za wzrostem wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biomasy, znajdują coraz szersze poparcie w aktach prawnych zarówno w Polsce, jak i wielu krajach europejskich.

W większości krajowych opracowań dotyczących odnawialnych źródeł energii, biomasa jest przedstawiana jako odnawialne źródło energii charakteryzujące się największym potencjałem energetycznym, a jego znaczenie w bilansie energetycznym kraju będzie ciągle rosło, dlatego specjaliści uważają, że polityka energetyczna naszego kraju w zakresie odnawialnych źródeł energii powinna opierać się o wykorzystanie biomasy.

Podobne wnioski należy wyciągnąć także w zakresie energetycznego wykorzystania biomasy, szczególnie na terenie województwa podlaskiego, które ze względu na lokalne uwarunkowania jest pod tym względem wyraźnie uprzywilejowane. Znalazło to wyraz w wielu dotychczasowych dokumentach, m.in. *Strategii rozwoju województwa podlaskiego* oraz *Programie ochrony środowiska województwa podlaskiego*.

Największy udział wśród odnawialnych źródeł energii w województwie podlaskim, jak należało przypuszczać, ma biomasa. Jak wynika z przeprowadzonych badań ankietowych, łączna moc obiektów wykorzystujących do celów energetycznych biomasę pod różnymi postaciami wynosi aktualnie 141,10 MW.

Do największych należą:

- kotłownia w Białousach, w powiecie sokólskim o mocy 45 MW;
- kotłownia w Czarnej Białostockiej, w powiecie białostockim o mocy 14 MW;
- kotłownia w Hajnówce o mocy 40 MW;
- kotłownia w Sokółce o mocy 10 MW;
- kotłownia w Fabryce Mebli „Forte” w Suwałkach o mocy 2 x 4,65 MW.

Większość z nich zasilana jest drewnem opałowym i różnymi odpadami drzewnymi. Niektóre zasilane są zrębkami drzewnymi, słomą i brykietami produkowanymi z biomasy. Dodać do tego należy znaczną ilość urządzeń grzewczych opalanych biomasą, a zlokalizowanych w gospodarstwach rolnych i domkach jednorodzinnych. Zużycie biomasy w tych obiektach ujęte jest w ogólnym bilansie energetycznym województwa. Coraz więcej uwagi poświęca się lignino-celulozowej biomasie z plantacji roślin energetycznych.

Istnieją także obiekty, w których występuje współspalanie nośników konwencjonalnych (węgla) i odnawialnych (biomasy w postaci zrębków). Ze względu na niską sprawność takich układów nie będą one rozwijane. Przyszłościowy i potencjalnie najbardziej przystosowany do warunków technicznych, ekonomicznych i społecznych kierunek wykorzystania odnawialnych źródeł energii w warunkach województwa podlaskiego powinien polegać na współspalaniu węgla z uszlachetnioną energetycznie biomasą (biokarbon).

Ze względu na znaczenie w ogólnym bilansie energetycznym, określono potencjał energetyczny tych składników biomasy, które w województwie podlaskim mają lub mogą mieć istotny udział. Należą do nich:

- słoma;
- uprawy energetyczne;
- biogaz;
- drewno opałowe i odpady drzewne.

### Słoma

Produkcja słomy zależy od areалу upraw oraz plonu ziarna. Biorąc pod uwagę te wartości oraz wskaźniki można wyznaczyć produkcję słomy na rozpatrywanym obszarze. Dotychczas stosowane wskaźniki są w świetle najnowszych badań znacznie zawyżone. Nowe technologie zbioru oraz nowe odmiany charakteryzujące się krótkim źdźbłem, ale za to dużą odpornością na wylęganie sprawiają, że ilość słomy, jaką pozyskujemy z uprawy zbóż jest niższa niż dotychczas przyjmowano do obliczeń potencjału energetycznego. W niniejszym opracowaniu uwzględniono, przy obliczaniu potencjału energetycznego, najnowsze wskaźniki przedstawione w tabeli 2.

Po uwzględnieniu obszaru upraw zbożowych wynoszących 499 598 ha oraz wielkości zbioru zbóż w województwie podlaskim wynoszącej 12 126 676 dt i przyjęciu do obliczeń przedstawionych w tabeli 2. wskaźników można stwierdzić, że potencjał słomy i odpadów produkcji rolniczej możliwy do energetycznego wykorzystania wynosi prawie 400 000 ton, co daje teoretyczny potencjał wynoszący 5 995 TJ energii w ciągu roku.

Aktualne zużycie słomy i odpadów z produkcji rolniczej na potrzeby energetyczne w województwie wynosi 34 TJ.

**Tabela 2. Wskaźniki pozyskania słomy w zależności od plonu ziarna i areалу upraw**

	ZBOŻA OZIME				ZBOŻA JARE			RZEPAK
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	pszenica	jęczmień	owies	
Stosunek plonu słomy do zbioru ziarna	0,88	1,104	1,37	0,78	0,92	0,74	1,05	1,0
Stosunek plonu słomy do zbioru ziarna	0,46	–	0,89	0,52	0,48	0,50	–	0,78
Zbiór słomy w stosunku do areálu upraw [t/ha] (zakres zmian)	2,2–6,2	2,95–6,10	2,6 – 6,8	2,25–3,90	2,8–4,4	1,95–5,00	3,6–5,5	1,8–4,0
Zbiór słomy w stosunku do areálu upraw [t/ha] (wartość średnia)	4,4	4,9	5,1	3,0	3,6	3,6	4,4	2,2
Zbiór słomy w stosunku do areálu upraw [t/ha] (wartość średnia)	2,3	–	3,3	2,0	1,9	2,4	–	1,7

Źródło: [Grzybek i in. 2001; Denisiuk 2003]

### Uprawy energetyczne

Powierzchnia upraw energetycznych występujących aktualnie na terenie województwa podlaskiego jest niewielka. Uprawia się głównie wierzbę energetyczną *Salix Sp.* Początkowy, szybki rozwój tych plantacji został w 2004 roku zahamowany przez brak dopłat bezpośrednich do tego typu upraw. Obecnie sytuacja ta uległa zmianie i widać wyraźny wzrost zainteresowania zakładaniem plantacji energetycznych.

Prognozy upraw energetycznych na terenie województwa podlaskiego opracowane przez Polskie Towarzystwo Biomasy przewidują obecnie ich systematyczny wzrost, lecz są one zbyt ostrożne i wymagają weryfikacji w najbliższym czasie. Prognoza ta przewiduje, że w województwie w 2006 roku uprawianych będzie 3 000 ha wierzby, 5 000 ha ślazuca i 3 000 ha trawy i miskanta, a w 2009 roku odpowiednio

5 000 ha, 7 000 ha i 5 000 ha. Dotychczasowy rozwój tych upraw na terenie województwa wskazuje, że przewidywane areale upraw nie zostaną osiągnięte.

Nowoczesne technologie polegają na uszlachetnianiu biomasy i otrzymaniu tzw. biokarbonsu. Biokarbon jest produktem odgazowania biomasy roślinnej w taki sposób, aby otrzymać materiał o wysokiej wartości opałowej (ok. 28–32 MJ/kg). Pozwala to na opłacalny transport tak otrzymanego paliwa na większe odległości. Jest to ogromna szansa dla rolnictwa na dodatkowe dochody oraz możliwość likwidacji bezrobocia.

Prognozy powierzchni upraw energetycznych, opracowane przez IBMER, mogą być w świetle powyższych informacji bardzo prawdopodobne, a nawet przy uwzględnieniu potencjału produkcyjnego znacznie zaniżone. Można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że potencjał energetyczny możliwy do uzyskania z plantacji energetycznych wynosi, zgodnie z przewidywaniami IBMER, nie mniej niż 17 940 TJ.

Aktualne zużycie energii pochodzące z plantacji energetycznych wynosi w województwie około 55 TJ, a prognozy do roku 2010 wskazują na dalszy dynamiczny wzrost. Przewiduje się, że w 2010 roku plantacje energetyczne pozwolą na uzyskanie 2 698 TJ energii rocznie.

Występuje pewne ryzyko związane z zakładaniem plantacji roślin energetycznych, które wynika z wprowadzania do naszej strefy klimatycznej do uprawy nowych gatunków pochodzących z innych krajów. Do czasu zakończenia szczegółowych badań nad konkretnymi gatunkami i określenia ich inwazyjności oraz ryzyka środowiskowego ich uprawy, zakładanie plantacji obcych gatunków jest niewskazane.

### **Drewno opałowe i odpady drzewne**

Drewno do celów opałowych pozyskiwane jest z planowej gospodarki leśnej, wycinki drzew rosnących przy drogach oraz z odpadów drzewnych pochodzących z produkcji leśnej oraz przetwórstwa drzewnego. Aktualnie uzyskiwane jest z produkcji leśnej około 175 tysięcy m<sup>3</sup> drewna opałowego i około 93 000 ton odpadów drzewnych, co odpowiada wartości energetycznej 2 968 TJ. Ocenia się, że wielkość aktualnego potencjału, możliwego do uzyskania z tych źródeł, stanowi 3 650 TJ energii. Prognozy przewidują utrzymanie ilości pozyskiwanego drewna opałowego z produkcji leśnej na zbliżonym poziomie, co pozwala założyć przewidywane zużycie energii w roku 2010 na 3 000 TJ.

### **Biogaz**

Potencjalne możliwości pozyskiwania biogazu na terenie województwa podlaskiego występują w oczyszczalniach ścieków komunalnych z fermentacji metanowej osadów pościekowych oraz z wysypisk odpadów komunalnych. Instalacje takie występują obecnie w oczyszczalniach ścieków w Białymstoku, Suwałkach i Łomży. Możliwe jest także pozyskiwanie biogazu na wysypiskach odpadów komunalnych w Białymstoku, Michałowie, Drohiczyń i Dąbrowie Białostockiej. Łączna ilość odzyskiwanego metanu w istniejących instalacjach biogazowych wynosi około 5 314 000 m<sup>3</sup> rocznie. Jest to równowartość 124 TJ energii przy aktualnym potencjale wynoszącym około 400 TJ.

W przypadku biogazu wytwarzanego z osadów pościekowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych znaczna jego część jest wykorzystywana do utrzymania odpowiednich warunków termicznych w instalacjach biogazowych.

### **Biopaliwa**

Potencjał energetyczny biopaliw wynosi według aktualnych szacunków równowartość 1 836 TJ, lecz aktualnie nie jest on wykorzystywany w żadnym stopniu. Przewiduje się, że w najbliższej przyszłości produkcja biopaliw w postaci estrów oleju rzepakowego (biodiesel) w województwie będzie się odbywała w oparciu o grupy rolników, produkujących biopaliwa na własne potrzeby w ilości około 36 TJ.

#### **4.2.2. Energia słoneczna**

Energia słoneczna jest wykorzystywana w małym stopniu. Dystrybucja promieniowania słonecznego na obszarze Polski jest bardzo nierównomierna. Około 80% całkowitego rocznego nasłonecznienia przypada na 6 miesięcy wiosenno-letnich. Najważniejszymi parametrami określającymi potencjał teoretyczny i praktyczny tej energii są:

- natężenie (wartość chwilowa) promieniowania słonecznego;
- usłonecznienie – czas, w którym widoczna jest tarcza słoneczna (umownie jest to czas wyrażony w godzinach o natężeniu promieniowania słonecznego > 200 W/m<sup>2</sup>).

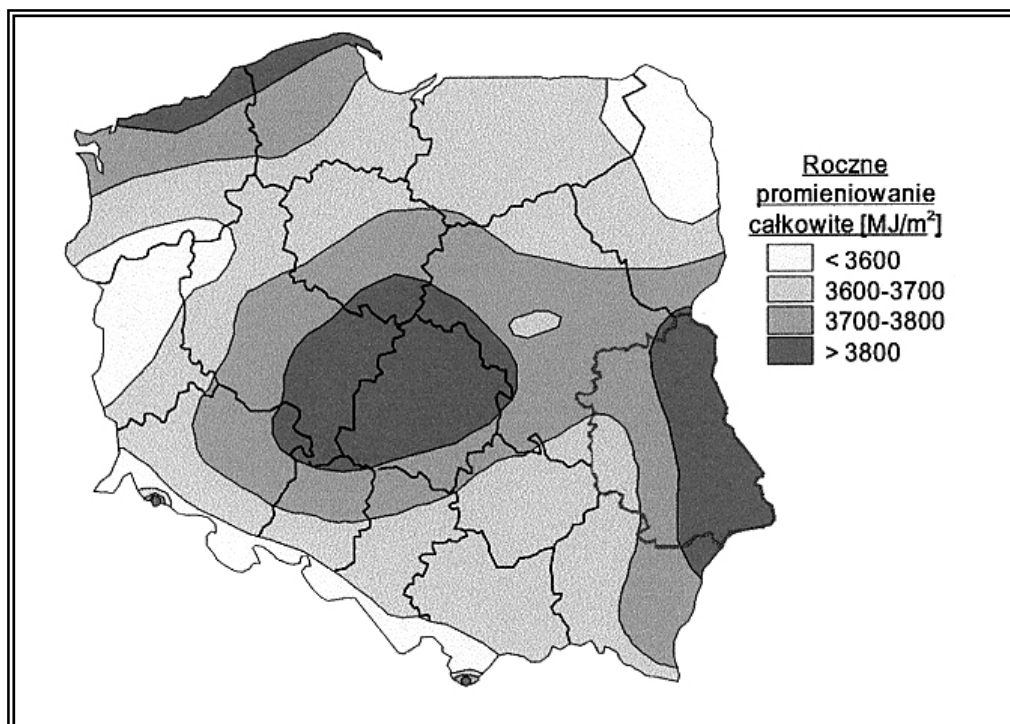
Suma usłonecznienia rzeczywistego w województwie podlaskim kształtuje się na poziomie 1500–1600 godzin i wbrew obiegowym sądom jest dość wysoka. Warunki usłonecznienia województwa na tle kraju i wielkości rocznego promieniowania całkowitego oraz potencjał energii słonecznej w województwie prezentują rysunki 1 i 2.

Dopływ energii słonecznej do powierzchni ziemi w Polsce jest dosyć zróżnicowany. W kraju wyodrębniono 4 rejonów różniące się nasileniem nasłonecznienia. Ze względu na potencjalną energię użyteczną województwo podlaskie znajduje się w rejonie trzecim, gdzie roczne sumy promieniowania słonecznego układają się na poziomie 900–950 kWh/m<sup>2</sup>. Jest to wielkość charakterystyczna dla większości obszaru naszego kraju.

W zasadzie roczne promieniowanie całkowite na obszarze całego województwa podlaskiego mieści się w przedziale 3600–3800 MJ/m<sup>2</sup>. Na północy województwa nie przekracza ono, co prawda wartości 3600 MJ/m<sup>2</sup>, natomiast na południu województwa jest ono większe niż 3800 MJ/m<sup>2</sup> (rys. 2.). Do obliczeń przyjęto wartość 3650 MJ/m<sup>2</sup>. Powierzchnia województwa wynosi 20 180 km<sup>2</sup>, w związku z tym roczne zasoby energii słonecznej w naszym województwie kształtują się na poziomie 73 600 000 TJ.

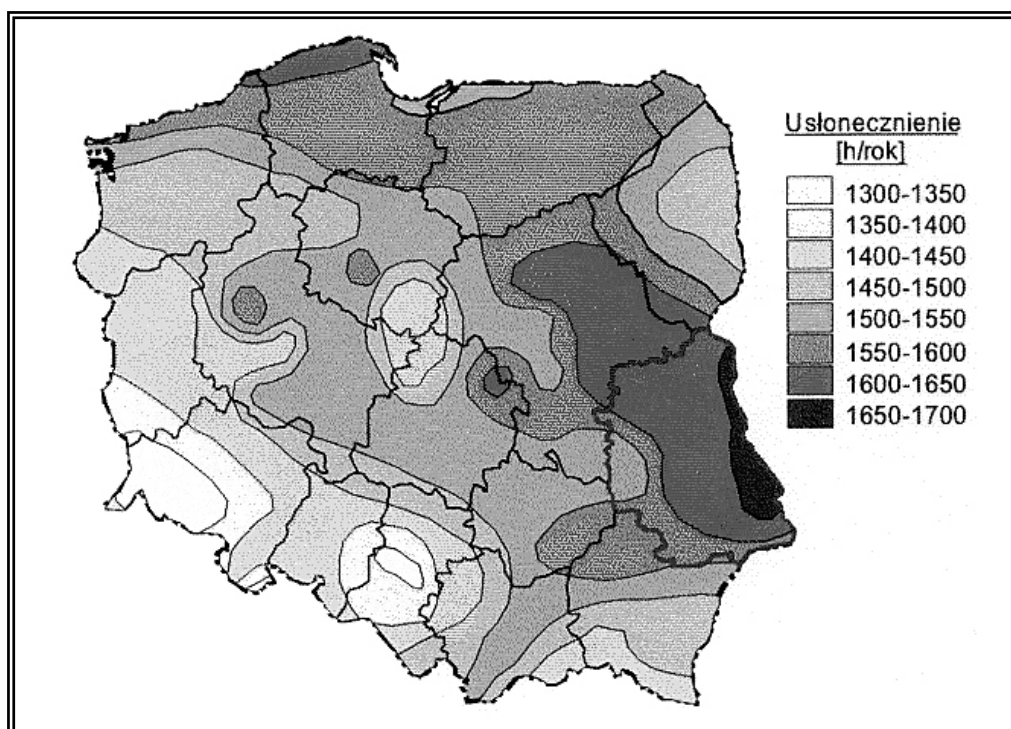
Ze względów technicznych pod instalowanie kolektorów słonecznych mogą być przeznaczone powierzchnie dachów i tereny bezpośrednio przyległe do budynków. Według danych GUS o zagospodarowaniu przestrzennym takie powierzchnie zajmują około 0,5% całkowitej powierzchni, oraz biorąc pod uwagę, że końcowa sprawność przetwarzania i wykorzystania energii słonecznej przy obecnie istniejących technologiach w skali rocznej nie przekracza 30% dla instalacji fototermicznej (ze względu na niską sprawność i wysoką cenę instalacje fotowoltaiczne na razie nie są brane pod uwagę) potencjał techniczny energii słonecznej w województwie podlaskim wynosi około 121 230 TJ.

Na całym obszarze województwa panują zbliżone warunki solarne dla pozyskania energii. W związku z tym zaleca się wykorzystywanie energii słonecznej, zwłaszcza w sezonie letnim, do podgrzewania ciepłej wody użytkowej, w suszarnictwie i podgrzewania wody w basenach kąpielowych. Całorocznie energia słoneczna może być wykorzystywana tylko w układach skojarzonych. Na terenach województwa, gdzie panują gorsze warunki solarne występują lepsze warunki wiatrowe, dlatego należy rozważyć możliwość wzajemnego uzupełniania się tych źródeł energii.



**Rysunek 1. Roczne promieniowanie całkowite w Polsce**

Źródło: [Bogdańska 1997]



Rysunek 2. Średnie roczne sumy usłonecznienia w Polsce

Źródło: [Tymiński 1997]

Na obszarze województwa podlaskiego energię słoneczną wykorzystuje się głównie do podgrzewania wody użytkowej i zasilania oznakowania drogowego za pomocą modułów fotowoltaicznych. Istnieje też kilka instalacji wykorzystujących energię słoneczną do suszenia płodów rolnych. Tylko w roku 2004 zainstalowano układy kolektorów słonecznych do podgrzewania wody użytkowej o powierzchni prawie 200 m<sup>2</sup>.

Największe instalacje kolektorów słonecznych powstały w następujących obiektach:

- Urząd Gminy w Janowie, powiat sokólski – posiada 26 jednostek o łącznej powierzchni 55,78 m<sup>2</sup>;
- Dyrekcja Wigierskiego Parku Narodowego w Krzywem w powiecie suwalskim – posiada kolektory o łącznej powierzchni 38 m<sup>2</sup>;
- Osady służbowe na terenie Wigierskiego Parku Narodowego – posiadają kolektory o łącznej powierzchni 62 m<sup>2</sup>.

Wykorzystanie kolektorów słonecznych dla uzyskiwania ciepłej wody użytkowej oraz energii cieplej dla ogrzewania pomieszczeń staje się w województwie podlaskim coraz bardziej powszechne. Oprócz dużych instalacji o powierzchni kilkuset czy kilkudziesięciu metrów kwadratowych na terenie województwa powstało kilkadziesiąt mniejszych o powierzchni od kilku do kilkunastu metrów kwadratowych w domkach jednorodzinnych, gospodarstwach rolnych i agroturystycznych oraz domach wielorodzinnych. W chwili obecnej na terenie województwa znajdują się instalacje kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni około 760 m<sup>2</sup> pozwalające uzyskać 0,75 TJ energii w ciągu roku.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe tempo przyrostu powierzchni instalacji słonecznych wśród drobnych inwestorów indywidualnych w ciągu roku oraz plany działań instytucjonalnych można przyjąć, że łączna powierzchnia kolektorów słonecznych w roku 2010 wyniesie około 4000 m<sup>2</sup>, co pozwoli uzyskać 4 TJ energii.

#### 4.2.3. Energia wiatru

Energia wiatru jako energia przemieszczania się mas powietrza na skutek zróżnicowanego rozkładu ciśnienia atmosferycznego na powierzchni Ziemi wynikającego z nierównomiernego jej nagrzania przez Słońce. Z 1 km<sup>2</sup> powierzchni ziemi, przy prędkości wiatru 4 – 5 m/s, co uznawane jest jako warunki mało sprzyjające, uzyskuje się moc w granicach 0,25–0,75 MW, co daje w skali roku 0,5–1,6 GWh energii.

Poważnym mankamentem wiatru jako źródła energii jest jednak duża zmienność dobową i tygodniową pozyskiwania energii, a także możliwość występowania w pewnych okresach całkowitego braku wiatru. Średnia prędkość wiatru w bardzo istotny sposób wpływa na możliwości otrzymywania energii, po-

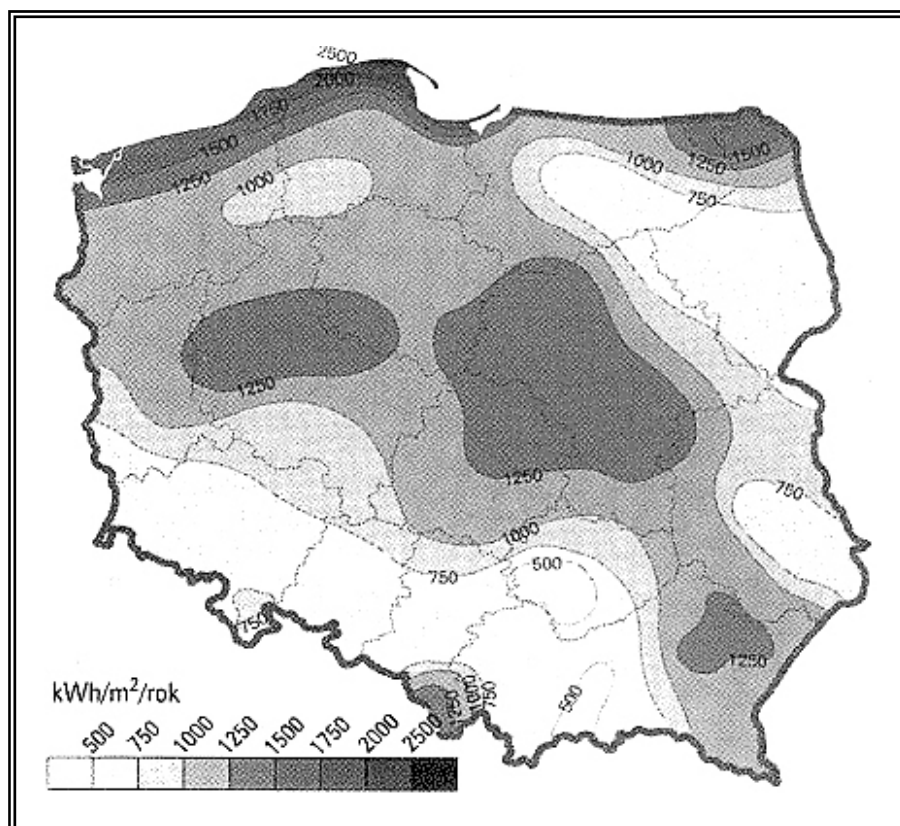
nieważ moc siłowni wiatrowej zależy od prędkości wiatru w trzeciej potęgze. Przyjmuje się, że eksploatacja siłowni wiatrowej jest opłacalna, gdy potencjał energetyczny wynosi, co najmniej 1 MWh/m<sup>2</sup>-rok. W przypadku województwa podlaskiego, w jego północnej części warunki te są znacznie korzystniejsze (do 1,5 MWh/m<sup>2</sup>-rok). Niestety, w południowej i centralnej części województwa, na powierzchni obejmującej ponad połowę obszaru województwa podlaskiego warunki wiatrowe są niekorzystne, a potencjał energetyczny jest tam znacznie niższy od wartości przyjmowanej jako opłacalna dla siłowni wiatrowych.

Plany budowy siłowni wiatrowych dużej mocy na terenie województwa podlaskiego zakładają ich lokalizację na terenach o sprzyjających warunkach wiatrowych, dlatego obecnie budowane są one w powiecie suwalskim i sejneńskim.

Jak wynika z przeprowadzonych badań ankietowych, aktualnie na terenie województwa podlaskiego istnieją trzy obiekty wykorzystujące energię wiatru do produkcji energii elektrycznej. Wszystkie znajdują się w powiecie suwalskim. Największy z nich zlokalizowany w Wiżajnach, na Górze Rowelskiej wyposażony jest w sześć turbin wiatrowych o mocy 300 kW każda. Elektrownia wiatrowa o mocy 750 kW znajduje się także w Rychtynie, a mała elektrownia wiatrowa o mocy 10 kW znajduje się w Prudyszczkach. Całkowita ilość energii możliwa do uzyskania w tych obiektach wynosi 24,72 TJ w stosunku rocznym. Potencjalne możliwości rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce i województwie podlaskim przedstawia rysunek 3.

Planowane jest wybudowanie na terenie województwa podlaskiego siłowni wiatrowych o łącznej mocy 91,75 MW, co przy uwzględnieniu siłowni już istniejących umożliwi uzyskanie 1182,10 TJ energii elektrycznej w ciągu roku. Największe obiekty mają powstać w Krasnopolu, w powiecie sejneńskim – 24 MW i w Sztabikach, także w powiecie sejneńskim – 15 MW. W całym powiecie suwalskim przewiduje się budowę siłowni wiatrowych o łącznej mocy około 43 MW.

Lokalizacje takie są w pełni uzasadnione warunkami wiatrowymi panującymi w północnej części województwa podlaskiego. Należy przypuszczać, że w dalszej perspektywie produkcja energii elektrycznej z siłowni wiatrowych będzie jeszcze wzrastać. Istotne ograniczenie stanowi stan rozwoju sieci przesyłowych zapewniających odbiór tej energii.



**Rysunek 3. Zasoby energii wiatru w Polsce**

Źródło: [Lorenc 2001]

#### 4.2.4. Energia wody

Zasoby energetyczne wód na terenie Polski są stosunkowo skromne w porównaniu z innymi krajami europejskimi. Podobnie jest w przypadku województwa podlaskiego, tym bardziej, że na jego terenie nie ma dużych cieków wodnych o znaczącym potencjale energetycznym.

Często uważa się, że budowa ujęć wodnych ze zbiornikami retencyjnymi jest korzystniejsza dla poprawy warunków wodnych na danym terenie, niż z punktu widzenia wykorzystania energetycznego tych obiektów.

Energetyka wodna jest na terenie województwa podlaskiego reprezentowana przez 11 obiektów o łącznej mocy 818 kW produkujących w ciągu roku 20,64 TJ energii elektrycznej. Największe z nich znajdują się w miejscowości Rygol na rzece Czarna Hańcza w powiecie augustowskim – 160 kW, w Nowej Łuce na Siemianówce w powiecie hajnowskim – 166 kW i w Augustowie na rzece Netta – 120 kW. Przewiduje się, że w najbliższych latach moc elektrowni wodnych na terenie województwa wzrośnie do 918 kW, a produkcja energii elektrycznej wyniesie 23,16 TJ.

Charakter województwa podlaskiego i istniejące warunki nie sprzyjają budowie elektrowni wodnych, dlatego ich udział w ogólnej produkcji energii z odnawialnych źródeł nie będzie miał istotnego znaczenia.

#### 4.2.5. Energia geotermalna

Energia geotermalna jest pochodną ciepła dopływającego z wnętrza Ziemi, ciepła generowanego w skorupie ziemskiej oraz docierającej do Ziemi energii słonecznej. Zasoby energetyczne Ziemi są wynikiem naturalnego rozkładu pierwiastków promieniotwórczych szeregu uranowego, aktynowego, torowego i potasowego zachodzącego w jej wnętrzu.

Gęstość strumienia energii przenikającej przez formacje skalne ku powierzchni Ziemi zależy od stopnia przewodnictwa podłoża i leżących wyżej formacji skalnych.

W przypadku Polski, największym przewodnictwem cieplnym charakteryzują się granity, sjenity i gabbro na podłożu krystalicznym oraz wapienie jurajskie, wapienie dewońskie i piaskowce kambryjskie na podłożu karpackim.

Podstawowym sposobem pozyskiwania energii geotermalnej jest odbiór ciepła z wód geotermalnych lub z suchych skał za pośrednictwem krążącego medium, którym jest zwykle woda.

W istniejących obecnie warunkach technicznych pozyskiwania i wykorzystania złóż geotermalnych, najbardziej uzasadniona jest eksploatacja wód, których temperatura jest wyższa niż 60°C, chociaż płytkie występowanie wód – do 1000 metrów, duża wydajność – ponad 200 m<sup>3</sup>/h, mała mineralizacja – do 3 g/dm<sup>3</sup> i korzystne warunki wydobywania wskazują również na celowość eksploatacji złóż geotermalnych, w których temperatura wody jest niższa niż 60°C.

Na terenie województwa podlaskiego zaznaczają się wpływy dwóch okręgów geotermalnych. Na zachodzie jest to okręg grudziądzko-warszawski, a na południu okręg podlaski. Na terenie większej części województwa nie występują żadne złoża geotermalne.

Okręg grudziądzko-warszawski zawiera wody geotermalne w zakresie temperatur od 25°C do 135°C, które występują w kilku mezozoicznych basenach geotermalnych. Na terenie województwa podlaskiego występują wody o niskich wartościach temperatur. Brak jednak szczegółowego rozeznania geologicznego, co powoduje trudności w podejmowaniu decyzji lokalizacyjnych ujęć wód geotermalnych.

Podobna sytuacja występuje w przypadku okręgu podlaskiego, który zawiera wody geotermalne w zakresie temperatur od 30°C do 120°C.

Zainteresowanie energią geotermalną jest coraz większe ze względu na możliwość pozyskiwania taniej energii w sposób ciągły, bez względu na porę dnia i roku oraz warunki klimatyczne.

Głębokość zalegania wód geotermalnych, w województwie podlaskim wynosi od 1800 do 2200 m, co powoduje, że nakłady inwestycyjne, jakie należy ponieść na ich eksploatację są bardzo wysokie. Na mniejszych głębokościach występują wody geotermalne niskotemperaturowe, których wykorzystanie do celów grzewczych wymaga użycia dodatkowych źródeł energii. Zasoby energii geotermalnej w Polsce przedstawiono na rysunku 4.

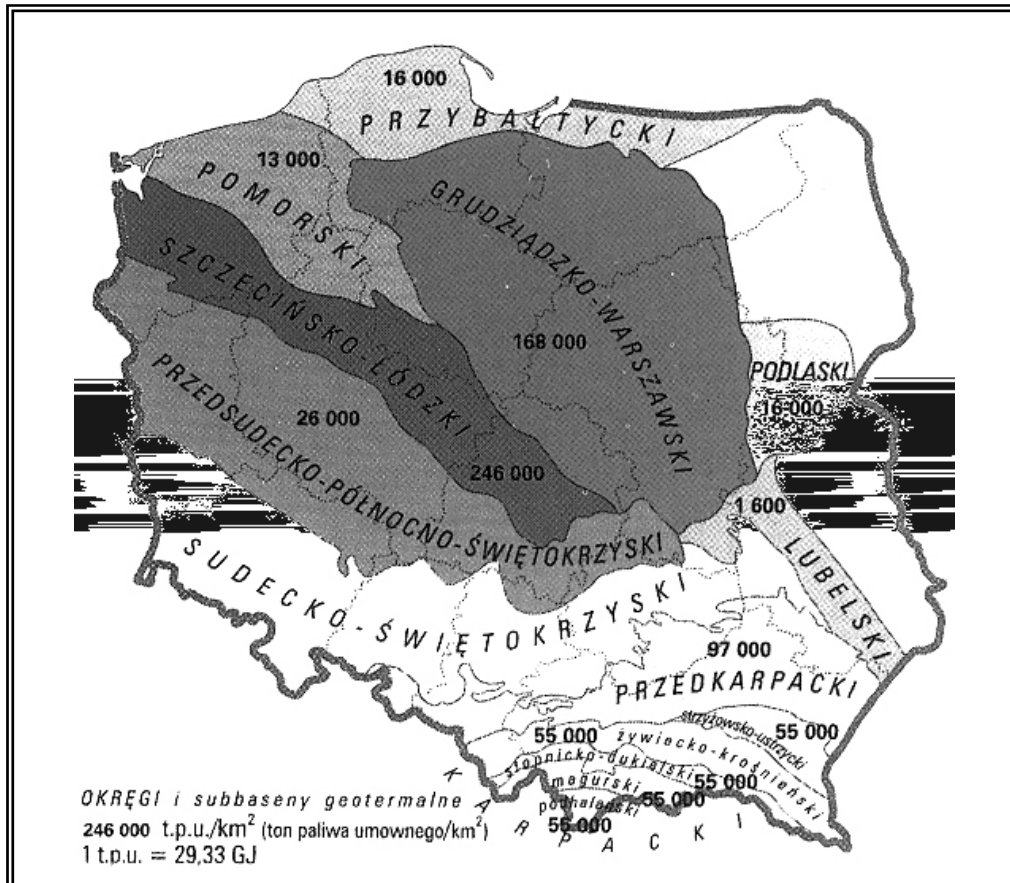
Do tej pory energia geotermalna w województwie podlaskim nie jest wykorzystywana, jednak istnieje coraz większe zainteresowanie jej pozyskaniem. Na obecnym etapie energię cieplną z gruntu wykorzystuje się w przypadku zasilania niskotemperaturowego pomp ciepła.

Pompy ciepła są to urządzenia wykorzystujące ciepło niskotemperaturowe i odpadowe do ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz klimatyzacji. Jako źródła energii (tzw. źródło dolne) pompa ciepła może wykorzystywać między innymi:

- powietrze atmosferyczne;
- wodę (powierzchniowa i podziemna);

- glebę (pionowe i poziome gruntowe wymienniki ciepła);
- słońce (kolektory słoneczne).

oraz tzw. ciepło odpadowe z procesów technologicznych, zawarte np. w ściekach, gazach zużytych (np. spaliny), wodzie powrotnej w systemach ciepłowniczych. Aktualnie źródłem ciepła niskotemperaturowego w pompach ciepła eksploatowanych w województwie podlaskim jest ciepło pochodzące z gruntu.



Rysunek 4. Zasoby energii geotermalne w Polsce

Źródło: [Ney i in. 1992]

Warunkiem pozyskania ciepła niskotemperaturowego potrzebnego do odparowania czynnika roboczego w parowadzu pompy jest duża pojemność cieplna oraz możliwie wysoka i stała temperatura źródła. W naszym województwie w przeważającej większości temperatury źródeł naturalnych zależne są od pór roku, natomiast źródła sztuczne posiadają stałą temperaturę, wynikającą z procesu technologicznego.

Ze względu na to, że siłą napędową procesów termodynamicznych w pompie ciepła jest różnica temperatur między nośnikiem ciepła a czynnikiem roboczym, zasoby surowcowe dla tych systemów są praktycznie nieograniczone. Bardzo poważnym ograniczeniem w stosowaniu tego typu rozwiązań są wysokie koszty inwestycyjne urządzeń (m.in. duże zasobniki buforowe) oraz instalacji (np. wymienników gruntowych).

Na terenie województwa podlaskiego pracuje już kilkadziesiąt instalacji pomp ciepła, którymi ogrzewane są budynki jednorodzinne oraz budynki użyteczności publicznej (np. Kuria Diecezjalna w Drohiczynie, kościół w Grajewie).

Największe instalacje pomp ciepła znajdują się w następujących miejscowościach:

- Drohiczyn – budynek Kurii Diecezjalnej – moc 140 kW;
- Łupianka Stara w powiecie białostockim – moc 150 kW;
- Uhowo w powiecie białostockim – moc 160 kW;
- Krzywe, na terenie Wigierskiego Parku Narodowego – moc 149 kW.

W ostatnich dwudziestu latach nastąpił znaczny rozwój konstrukcji różnych systemów pomp ciepła, dostarczanych jako kompaktowe, gotowe do pracy urządzenia, wymagające tylko podłączenia dolnego źródła ciepła i instalacji odbiorczych, oraz zasilania w energię napędową (głównie elektryczną).

Wysoki koszt inwestycyjny związany z instalacją pompy ciepła i związany z tym dość długi okres amortyzacji rekompensowany jest niskim kosztem eksploatacji w porównaniu z innymi źródłami ciepła. Takie rozwiązanie powinno zainteresować inwestorów, zwłaszcza w zabudowie rozproszonej (ogrzewanie termodynamiczne i przygotowania ciepłej wody użytkowej), a także w rolnictwie (suszarnie, szklarnie).

Instalacje pomp ciepła rozwijają się głównie w domkach jednorodzinnych i aktualnie jest ich w województwie podlaskim kilkadziesiąt.

Całkowita moc wszystkich instalacji pomp ciepła w województwie podlaskim wynosi obecnie około 5,2 MW dając w ciągu roku 0,18 TJ energii.

Przewiduje się, że ilość pomp ciepła w małych i średnich instalacjach grzewczych znacznie wzrośnie. Można przypuszczać, że łączna moc wszystkich pomp ciepła zainstalowanych w województwie podlaskim wyniesie w 2010 roku około 30 MW dając około 1 TJ energii w ciągu roku.

#### **4.2.6. Energia odpadowa**

Energia odpadowa nie stanowi elementu bilansu energetycznego województwa. Energia ta powstaje jako wynik przemian energetycznych bilansowanych już nośników energii i nie ma w związku z tym bezpośredniego wpływu na globalne zużycie energii. Wykorzystanie energii odpadowej wpływa jednak na energochłonność procesów produkcyjnych i może w ten sposób spowodować obniżenie zużycia pierwotnych nośników energii lub wpłynąć na zwiększenie produkcji.

## 5. Bilans energetyczny województwa podlaskiego

Opracowanie planu energetycznego dla województwa podlaskiego wymaga określenia bieżących i przyszłych potrzeb energetycznych w zakładanym horyzoncie czasowym, z uwzględnieniem w tym działaniu odnawialnych źródeł energii. Zadanie to można zrealizować poprzez sporządzenie bilansu energetycznego obejmującego rozpatrywany region i horyzont czasowy, uwzględniającego wszystkie wykorzystywane obecnie źródła energii oraz zakładany w programie poziom wykorzystania odnawialnych źródeł energii w stosunku do przewidywanych potrzeb energetycznych. Prawdłowo wykonany bilans energetyczny pozwala na rzeczywistą identyfikację obecnych i przyszłych, do roku 2010, potrzeb energetycznych dla województwa podlaskiego.

W niniejszym opracowaniu skorzystano z metody mieszanej. Aktualne potrzeby energetyczne zostały wyznaczone z bilansu energetycznego, do którego dane wejściowe pochodziły z przeprowadzonych na terenie województwa badań ankietowych uzupełnionych danymi statystycznymi i naukowymi. W podobny sposób wyznaczono przewidywane potrzeby energetyczne i zakładane działania wynikające z konieczności racjonalizacji zużycia energii we wszystkich jej postaciach i pochodzącej ze wszystkich źródeł oraz planów inwestycyjnych w zakresie wykorzystania energii także ze źródeł odnawialnych. Potencjał energetyczny odnawialnych źródeł energii w województwie podlaskim został określony na podstawie obliczeń wskaźnikowych oraz danych statystycznych i naukowych.

Badania ankietowe przeprowadzone były na poziomie gmin województwa i dlatego nie umożliwiały bezpośredniego dotarcia do wszystkich odbiorców energii. Okazało się także, że metoda ta miała ograniczoną skuteczność. W wielu przypadkach, przypuszczalnie ze względu na brak wiedzy w zakresie tematyki energetycznej u ankietowanych, informacje zawarte w ankietach były niepełne lub w niektórych dziedzinach, brakowało ich zupełnie.

Jak wynika z badań ankietowych znaczna część gmin nie realizuje ustawowego obowiązku sporządzania planów energetycznych z wykorzystaniem lokalnych, w tym także odnawialnych źródeł energii. Tylko cztery gminy województwa posiadają aktualnie komplet wymaganych dokumentów – *Projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe* oraz *Projekt planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe*, 13 gmin posiada wyłącznie *Projekt założeń do ...*, a 13 gmin aktualnie planuje opracowanie dokumentacji. Pozostałe gminy nie podjęły dotychczas prac w tym kierunku.

Badaniami objęto także podmioty gospodarcze zajmujące się profesjonalnie dystrybucją różnego rodzaju nośników energetycznych (energii elektrycznej, gazu). Wyniki tych ankiet stanowią bardzo rzetelny materiał wyjściowy do obliczeń. Są to m.in. materiały z Zakładu Energetycznego, Elektrociepłowni, Zakładu Gazowniczego, Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych.

Bilans energetyczny województwa jest identyfikacją i wyznaczeniem wartości wszystkich składników systemu energetycznego mających wpływ na poziom produkcji i zużycia energii dowolnego rodzaju, a przede wszystkim energii cieplnej i elektrycznej wyrażonych w TJ/rok.

Celem sporządzonego bilansu energetycznego systemu jest analiza struktury zużycia i możliwości zaspokojenia potrzeb społecznych na energię cieplną i elektryczną w chwili obecnej. W szczególności istotne jest wyznaczenie procentowego udziału poszczególnych źródeł energii pierwotnej i odnawialnej w zużyciu ogółem.

Systemem energetycznym jest zbiór wszystkich komponentów, które wytwarzają lub zużywają energię cieplną i elektryczną na danym obszarze oraz powiązania (relacje) między tymi komponentami, a także otoczenie systemu energetycznego. Komponentami systemu są producenci i odbiorcy energii indywidualni, państwowi i inni, kotłownie wykorzystujące nośniki energii pierwotnej i odnawialnej zaopatrujące wielu odbiorców, źródła energii rozproszonej, elektrownie i elektrociepłownie wykorzystujące nośniki energii pierwotnej jak i odnawialnej, inne źródła energii. W zależności od celu działania systemu energetycznego komponentami mogą być również producenci i dostawcy paliw (olej napędowy, etyliny, gaz ziemny) oraz konsumenci paliw.

Relacje, które można wyróżnić w tym systemie są różnorodne: zaopatrzenie w paliwa, wzajemne uzupełnianie zapotrzebowania na energię i inne.

Zużycie konwencjonalnych źródeł energii w województwie zostało obliczone na podstawie danych statystycznych i wskaźnikowych. Łączne zużycie odnawialnych źródeł energii wynosi aktualnie w województwie podlaskim 3 327 TJ rocznie (tabela 4).

**Tabela 3. Potencjał energetyczny województwa podlaskiego oraz aktualne i przewidywane zużycie składników biomasy w 2010 roku**

SKŁADNIK BIOMASY	POTENCJAŁ ENERGETYCZNY WOJEWÓDZTWA	AKTUALNE ZUŻYCIE ENERGII	PRZEWIDYWANE ZUŻYCIE ENERGII W 2010 ROKU
	[TJ]	[TJ]	[TJ]
Słoma i odpady rolnicze	5 995	34	80
Drewno i odpady drzewne	3 650	2 968	3 000
Plantacje energetyczne	17 940	55	2 698
Biogaz	400	124	186
Biopaliwa	1 836	0	36
<b>Razem</b>	<b>29 821</b>	<b>3 181</b>	<b>6 000</b>

**Tabela 4. Potencjał energetyczny województwa podlaskiego oraz aktualne i przewidywane zużycie odnawialnych źródeł energii w 2010 roku**

ODNAWIALNE ŹRÓDŁO ENERGII	POTENCJAŁ ENERGETYCZNY WOJEWÓDZTWA	AKTUALNE ZUŻYCIE ENERGII	PRZEWIDYWANE ZUŻYCIE ENERGII W 2010 ROKU
	[TJ]	[TJ]	[TJ]
Energia słoneczna	121 230	0,75	4,00
Energia wiatru	79 560	24,72	1 182,00
Hydroenergetyka	360	20,64	23,00
Energia geotermalna	1 600 000	0,00	0,00
Biomasa	43 138	3 181,00	6 000,00
Pompy ciepła	300 000	0,18	1,00
<b>Razem</b>	<b>2 144 288</b>	<b>3 327,29</b>	<b>7 210,00</b>

Przewiduje się, że łączne zużycie odnawialnych źródeł energii w 2010 roku powinno wynosić 7210 TJ. Przy założeniach zawartych w strategiach rozwoju energetyki, że zużycie konwencjonalnych źródeł energii nie powinno wzrosnąć więcej niż o 3% (przy równoczesnej zmianie struktury tego zużycia poprzez zmniejszenia zużycia węgla kamiennego na rzecz innych źródeł konwencjonalnych) spowoduje, że udział odnawialnych źródeł energii w zużyciu energii ogółem powinien przekroczyć 10%, a zatem osiągnąć założone cele strategiczne.

**Tabela 5. Zestawienie składników bilansu zużycia nośników energii w województwie podlaskim w roku 2003 i prognoza na rok 2010**

NAZWA NOŚNIKA	ZUŻYCIE NOŚNIKA				
	jm.	Rok 2003		Prognoza na rok 2010	
		[Ilość]	[%]	[Ilość]	[%]
Węgiel kamienny	[TJ]	26 750	42,07	23 000	33,10
Gaz przewodowy	[TJ]	3 792	5,96	4 420	6,36
Gaz ciekły	[TJ]	4 501	7,08	5 000	7,20
Olej opałowy lekki i ciężki	[TJ]	4 326	6,80	4 500	6,48
Paliwa samochodowe – benzyny i olej napędowy	[TJ]	13 098	20,60	16 400	23,60
Energia elektryczna	[TJ]	7 794	12,26	8 960	12,89
Energia odnawialna	[TJ]	3 327	5,23	7 210	10,37
<b>Razem</b>	<b>[TJ]</b>	<b>63 588</b>	<b>100,00</b>	<b>69 490</b>	<b>100,00</b>

Jak wynika z tabeli 5, największa wartość energii używanej w województwie pochodzi z węgla kamiennego (42,07%). Istotną pozycję w bilansie stanowią również paliwa silnikowe (20,60%). Zaskakująco

wysoka jest wartość zużycia energii odnawialnej – 5,23%, w której jednak aż 95,61% zużycia stanowi biomasa. Fakt ten można wyjaśnić formułując następujące przesłanki dla województwa podlaskiego:

- jest to region słabo uprzemysłowiony, co implikuje niewielkie zużycie energii w ogóle;
- jest to region rolniczy mający stosunkowo dużo obszarów zalesionych;
- cechuje się niską siłą nabywczą ludności.

Te przesłanki determinują popyt na energię tanią i łatwo dostępną, jaką jest szeroko pojęta biomasa. Pozytywny z punktu widzenia istniejących przepisów prawnych i tendencji w Europie, wysoki poziom zużycia nośników energii odnawialnej przysłania fakt, że struktura zużycia tych nośników nie jest zadowalająca.

Jednakże uzyskane dane wskazują, że województwo podlaskie jest pod tym względem w korzystnej sytuacji. Nałożony bowiem ustawowo obowiązek zwiększania udziału energetyki odnawialnej w bilansie energetycznym będzie osiągnięty w roku 2010 tylko w oparciu o już podejmowane przedsięwzięcia i wyniesie 10,37%.

Najbardziej istotny wzrost nastąpi przy zastosowaniu tzw. technologii zaawansowanych, tj. w produkcji prądu w elektrowniach wiatrowych z 24,72 TJ obecnie do 1182 TJ w roku 2010.

## 6. Potencjalne możliwości rozwoju energetyki województwa podlaskiego

Aktualizacja *Koncepcji polityki przestrzennego zagospodarowania kraju* przyjętej 17 listopada 2000 roku przez Sejm Rzeczypospolitej Polskiej a ogłoszonej w obwieszczeniu Prezesa Rady Ministrów z dnia 26 lipca 2001 r. (MP. Nr 26, poz. 432) powinna rozważyć i uwzględnić następujące zmiany dotyczące obszaru województwa podlaskiego:

W zakresie sieci elektroenergetycznych wysokich napięć – 400 kV należy przeprowadzić:

- korektę przebiegu istniejącej linii WN 400 kV Miłosna (koło Warszawy) – stacja 400/110 kV NAREW w rejonie miasta Białegostoku;
- korektę przebiegu projektowanej linii WN 400 kV na odcinku stacja 400/110 kV w Ełku z omińnięciem od zachodu i północy obszaru Biebrzańskiego Parku Narodowego oraz odcinka – stacja 400/110 kV w Ełku – Suwałki – wg ustaleń programu rządowego;
- projektowaną linię WN 400 kV na odcinku stacja 400/110 kV NAREW – Białoruś (elektrownia ROŚ) po trasie istniejącej linii WN 220 kV z obejściem od południowego – wschodu miasta Białegostoku, zgodnie z przyszłymi zamierzeniami Polskich Sieci Energetycznych S.A.

W zakresie magistralnych sieci gazowych wysokiego ciśnienia należy przeprowadzić:

- korektę projektowanego gazociągu wysokiego ciśnienia DN 500, poprzez jego wyprowadzenie z tłoczni w Zambrowie na Systemie Gazociągów Tranzytowych S.G.T. „JAMAŁ” i przeprowadzenie go w rejon Raczek (k. Suwałk) z omińnięciem po stronie północnej Biebrzańskiego Parku Narodowego, zgodnie z planem rozwoju Przedsiębiorstwa Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. do roku 2020;
- gazociąg wysokiego ciśnienia DN 1000 w relacji Białoruś (Iwacewicze) – Augustów – Raczki – Obwód Kaliningradzki (Rosja), jako alternatywne do w/w gazociągu – z Tłoczni w Zambrowie zasilania w gaz północnych obszarów województwa podlaskiego i warmińsko – mazurskiego.

Celem rozwoju infrastruktury energetycznej województwa podlaskiego należy podjąć następujące działania:

- zwiększanie pewności zasilania województwa i międzynarodowej wymiany nadwyżek energii elektrycznej poprzez dwustronne powiązania z Krajowym Systemem Energetycznym (KSE) oraz systemami energetycznymi Litwy i Białorusi;
- dostosowanie systemu elektroenergetycznego do potrzeb rozwoju sieci osadniczej województwa w zakresie niezawodności i wysokiej jakości dostaw energii poprzez jego modernizację, w tym racjonalną konfigurację;
- zwiększanie możliwości zasilania województwa w gaz ziemny, w szczególności poprzez racjonalne wykorzystanie istniejących i budowę nowych gazociągów magistralnych wysokiego ciśnienia;
- rozwój energetyki odnawialnej w dostosowaniu do wymogów Unii Europejskiej, w tym zwłaszcza wykorzystanie wiatru i biomasy;
- unikanie potencjalnych i likwidacja istniejących kolizji między infrastrukturą energetyczną a zainwestowaniem, środowiskiem przyrodniczym i układami własnościowymi gruntów;
- racjonalne wykorzystanie przestrzeni w rozbudowie systemu elektroenergetycznego, gazowniczego, naftociągów i telekomunikacyjnego, w tym:
  - koncentracja liniowych urządzeń tych systemów w istniejących i projektowanych korytarzach infrastruktury technicznej,
  - zmniejszanie zajętości terenów w wyniku zastosowania najnowszych rozwiązań technicznych,
  - racjonalizacja odległości między sieciami infrastruktury energetycznej a zabudową;
- racjonalne wykorzystanie istniejącej infrastruktury energetycznej, w szczególności poprzez:
  - zapewnienie zwartości terenów budowlanych,
  - koncentrację procesów realizacyjnych w obszarach względnie łatwych do obsłużenia istniejącą infrastrukturą energetyczną.

### 6.1. Założenia do Planu energetycznego województwa podlaskiego wynikające ze Strategii rozwoju województwa podlaskiego

W Strategii rozwoju województwa podlaskiego sformułowano siedem celów strategicznych. Cele te są sobie równe pod względem wagi i znaczenia w opracowanej Strategii....

#### Cel strategiczny 1

Podniesienie atrakcyjności inwestycyjnej województwa

#### Cel strategiczny 2

Rozwój zasobów ludzkich zgodnie z potrzebami rynku pracy

#### Cel strategiczny 3

Podniesienie konkurencyjności podlaskich firm w aspekcie krajowym i międzynarodowym

#### Cel strategiczny 4

Ochrona środowiska naturalnego

#### Cel strategiczny 5

Rozwój turystyki z wykorzystaniem walorów przyrodniczych i dziedzictwa kulturowego

#### Cel strategiczny 6

Wykorzystanie przygranicznego i transgranicznego położenia województwa

#### Cel strategiczny 7

Rozwój rolnictwa i tworzenie warunków wielofunkcyjnego rozwoju wsi

Z tak zdefiniowanych celów strategicznych rozwoju społeczno-gospodarczego województwa dla programu energetycznego wynikają następujące założenia:

- dostosowanie do potrzeb i właściwe rozmieszczenie sieci nośników energii;
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń przemysłowych;
- ograniczenie uciążliwości emisji do powietrza ze źródeł rozproszonych;
- preferowanie ogrzewania przyjaznego środowisku;
- wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii;
- preferowanie transportu przyjaznego środowisku;
- modernizacja i rozbudowa sieci gazowej;
- modernizacja istniejącej sieci przesyłowej najwyższych napięć;
- budowa linii przesyłowych 220 kV i 400 kV;
- zachęcanie gospodarstw do podejmowania alternatywnej działalności;
- wspomaganie wielofunkcyjnego rozwoju terenów wiejskich na rzecz pozarolniczych kierunków działalności gospodarczej i tworzenia alternatywnych źródeł dochodów dla ludności wiejskiej;
- ograniczenie uciążliwości emisji do powietrza ze źródeł rozproszonych;
- realizacja rozwiniętego systemu małej retencji.

W ujęciu szczegółowym *Strategia rozwoju województwa podlaskiego* wymienia następujące rodzaje działań priorytetowych z zakresu rozwoju systemów energetycznych:

- dostosowanie systemu elektroenergetycznego do potrzeb rozwoju województwa i standardów jakościowych poprzez:
  - zapewnienie dwustronnego zasilania GPZ 400/110 kV "NAREW" na napięciu 400 kV z sieci krajowej,
  - budowę RPZ-ów WN/SN wraz z liniami zasilającymi oraz modernizację istniejących urządzeń systemu WN,
  - przebudowę i rozbudowę sieci SN i NN na obszarze całego województwa;
- zwiększenie możliwości wymiany międzynarodowej nadwyżek energii elektrycznej i bezpieczeństwa systemu krajowego poprzez budowę powiązań na napięciu 400 kV z Litwą i Białorusią;
- tworzenie warunków do wykorzystania istniejących na obszarze województwa źródeł energii odnawialnej;
- tworzenie warunków do:
  - lepszego wykorzystania istniejących gazociągów magistralnych w/c w centralnej i południowej części województwa poprzez rozbudowę sieci gazowniczych rozdzielczych,

- budowy gazociągów magistralnych i sieci rozdzielczej w północnej i zachodniej części województwa,
- alternatywnego zasilania gazowego (Łomża, Grajewo, Augustów, Suwałki);
- wspieranie rozwoju systemów ciepłowniczych w dostosowaniu do potrzeb rozwoju zagospodarowania i standardów ochrony środowiska, w tym:
  - budowy nowych źródeł ciepła i modernizacji istniejących urządzeń technicznych, które ograniczą emisję zanieczyszczeń,
  - rozbudowy sieci przesyłowych i urządzeń ciepłowniczych w oparciu o najnowsze technologie i rozwiązania techniczne,
  - racjonalnego wykorzystania energii w tym, m.in. przedsięwzięć termomodernizacyjnych,
  - wykorzystania wód geotermalnych / energii geotermalnej.

W celu uzyskania udziału energii z odnawialnych zasobów energetycznych, do co najmniej 7,5% w 2010 roku wymienia się następujące działania:

- opracowanie wojewódzkiego programu rozwoju energetyki odnawialnej;
- opracowanie powiatowych programów wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
- podjęcie działań promocyjnych i doradztwa związanego z wdrażaniem pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł;
- uruchomienie na terenie województwa systemu logistyki produkcji i dystrybucji biopaliw;
- budowa instalacji umożliwiających wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

W Polsce stosowanie systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii jest na razie w wielu przypadkach nieuzasadnione ekonomicznie. Wieloletnia tradycja stosowania węgla jako głównego paliwa energetycznego, stosowane w przeszłości dotacje do energetyki i niskie ceny tradycyjnych nośników energii znacznie utrudniały wprowadzenie energii ze źródeł odnawialnych. Barię trudną do przezwyciężenia są wysokie nakłady inwestycyjne. Uwzględniając aspekt ekonomiczny, trzeba wziąć pod uwagę, że wyższa cena energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych przy ich lokalnym wykorzystaniu, może być przynajmniej częściowo pomniejszona o koszty przesyłu. Tym niemniej w szeregu przypadków należy liczyć się z kosztami rezerwowania dostaw energii z systemu elektroenergetycznego i/lub gazowniczego.

#### **Kierunki rozwoju systemów infrastruktury elektroenergetycznej są następujące:**

- 1) Poprawa bezpieczeństwa pracy krajowego systemu energetycznego w północno – wschodnim obszarze, w stanach normalnych i awaryjnych oraz umożliwienie uczestnictwa w europejskim rynku energii w obszarze bałtyckim wymagać będzie realizacji układu przesyłowego (zadanie rządowe Polskich Sieci Energetycznych do 2010 roku), w tym:
  - linii jednorowej WN 400 kV GPZ „Narew” – GPZ Elk;
  - linii jednorowej WN 400 kV GPZ „Elk” – GPZ Mątki Olsztyn;
  - linii dwutorowej WN 400 kV GPZ „Elk” – Alytus (Litwa).
  - Budowa tego układu poprawi również ekonomikę wykorzystania elektrowni OSTROŁĘKA i umożliwi zmniejszenie strat przesyłowych. Pozwoli to także, przy odpowiednim skoordynowaniu prac, na bezpieczne przeprowadzenie modernizacji i przebudowy sieci 220 kV w tym rejonie.
- 2) Rozwój współpracy energetycznej z Białorusią wymagać będzie:
  - budowy linii 400 kV GPZ „Narew” – Białoruś – częściowo po trasie istniejącej linii WN 220 kV Roś – GPZ 1 Białystok (zadanie PSE po 2010 roku);
  - dostosowania do nowych warunków pracy GPZ 1 Białystok i GPZ „Narew”.
  - Celowość i koszty realizacji połączenia 400 kV z Białorusią uzależnione będą od wyboru wariantu przyszłej współpracy i warunków technicznych uruchomienia połączeń z systemami wschodnich sąsiadów.
- 3) Dostosowanie do wymogów europejskich istniejących urządzeń systemu wymagać będzie wg Planu rozwoju ZEB S.A.:
  - modernizacji stacji GPZ 1 Białystok;
  - rozbudowy stacji GPZ „Narew”.

- 4) Poprawa pracy systemu na napięciu 110 kV w niektórych częściach województwa podlaskiego wymagać będzie wg Planu rozwoju Zakładu Energetycznego Białystok inwestycji na obszarach województw sąsiednich, w tym:
- potrzeby części północnej – budowy w województwie warmińsko – mazurskim powiązań 110 kV w relacji Węgorzewo – Giżycko, Mikołajki – Orzysz, Orzysz – Ełk, Ełk – Szczuczyn – Stawiski – Łomża i Ełk – Olecko – Suwałki oraz rozbudowy RPZ-ów w Węgorzewie, Giżycku i Gołdapi;
  - potrzeby części zachodniej budowy w województwie mazowieckim linii 110 kV RPZ Ostrołęka – Kolno – Ełk (na odcinku Ostrołęka – Nowogród);
  - potrzeby części południowej – budowy w województwie mazowieckim linii 110 kV relacji Siedlce – Siemiatycze.
- 5) Dostosowanie systemu elektroenergetycznego na napięciu 110 kV do potrzeb obecnych i wynikających z rozwoju województwa z zachowaniem normatywnych standardów jakościowych i ilościowych wg Zakładu Energetycznego Białystok S.A. wymagać będzie:
- w najbliższych 15 latach (w etapie):
    - zapewnienia odpowiedniej ilości i jakości energii elektrycznej w intensywnie rozwijającej się zachodniej części aglomeracji białostockiej poprzez budowę RPZ 6 Białystok wraz z linią zasilającą WN 110 kV napowietrzną (w I etapie z linii GPZ „Narew” – GPZ 1 Białystok),
    - zapewnienia wystarczającej ilości mocy dla Specjalnej Suwalskiej Strefy Ekonomicznej w Suwałkach poprzez budowę stacji RPZ 110/20 kV wraz z linią zasilającą WN 110 kV w I etapie – jako „wcięcie” do linii GPZ Suwałki – RPZ Augustów, a w II etapie RPZ „Strefa” – RPZ „Hańcza” Suwałki,
    - zapewnienia prawidłowej pracy stacji „Polanka” w Czarnej Białostockiej poprzez budowę linii WN 110 kV relacji RPZ Wasilków – RPZ „Polanka” Czarna Białostocka,
    - wzmocnienia układu zasilającego aglomerację białostocką poprzez budowę wyjść liniowych 110 kV z GPZ „Narew” w kierunku RPZ „Przemysłowy” – RPZ 5 Białystok – GPZ 1 Białystok i w kierunku RPZ 8 Białystok – RPZ Fasty – GPZ 1 Białystok,
    - zapewnienia prawidłowej pracy systemu nie tylko w m. Augustów, ale umożliwienia tworzenia nowego pierścienia energetycznego na odc. Augustów – Białystok (ważnego z punktu widzenia potrzeb PKP) poprzez budowę linii WN 110 kV RPZ Augustów,
    - zapewnienia możliwości wprowadzenia do systemu elektroenergetycznego ZEB – energii elektrycznej, wytwarzanej w farmach wiatrowych:
      - na obszarze gm. Wizajny poprzez budowę linii WN 110 kV – RPZ „Hańcza” Suwałki – RS Wizajny, a w II etapie budowę RPO Wizajny,
      - na obszarze gm. Suwałki (Potasznia) poprzez budowę linii WN 110 kV (wcięcie do istniejącej linii WN 110 kV „Hańcza” – Filipów wraz z RPO Potasznia),
    - poprawy stanu technicznego istniejącego systemu elektroenergetycznego poprzez modernizację:
      - 4 stacji RPZ w: Augustowie, Wysokiem Mazowieckiem, Fastach Białystok i Lewkowie,
      - 3 rozdzielni sieciowych RS w: Szczuczynie, Suwałkach, Wizajnach i Stawiskach,
      - 17 odcinków linii WN 110 kV na obszarze całego województwa, tj.: Knyszyn – Mońki, Ełk 1 – Grajewo 2, GPZ 1 Białystok – Czarna Białostocka, Czarna Białostocka – Sokółka, Sokółka – Dąbrowa B., Dąbrowa Białostocka – Augustów, Ostrołęka poprzez Nowogród – Łomża 2 – Łomża 1, „Hańcza” Suwałki – Olecko, „Reja” Suwałki – Suwałki, „Hańcza” Suwałki – Sejny, „Narew” – Bielsk Podlaski, Bielsk Podlaski – Adamowo, Adamowo – Siemiatycze, Siemiatycze – Siedlce, Bielsk Podlaski – Hajnówka, Hajnówka – Stare Lewkowo, Zambrów – Wysokie Mazowieckie;
  - w przedziale czasowym 25–30 lat (docelowo):
    - zapewnienia niezawodności zasilania, odpowiedniej ilości i jakości mocy i energii elektrycznej na potrzeby sieci osadniczej województwa poprzez tworzenie nowych pierścieni na napięciu 110 kV. Dotyczyć to będzie budowy 10-ciu RPZ 110/15 kV wraz z liniami zasilającymi w: Szczuczynie, Stawiskach, Piątnicy, Brańsku, Czeremsze, Bielsku Podlaskim, Choroszczy i Aglomeracji Białostockiej („Przemysłowy”, „Olmonty” i „Wyżyny”),

- zapewnienia odpowiedniej ilości i jakości mocy i energii elektrycznej na potrzeby PKP poprzez budowę 10-ciu RPZ 110/15 kV wraz z liniami zasilającymi, tj.: Augustów 2, Nurzec Stacja, Sztabin, Sidra, Raczki, Suchowola, Sokoły, Zambrów, Śniadowo, Zimnochy.
- Urządzenia te będą niezbędne w przypadku elektryfikacji szlaków kolejowych. Obecnie trudny jest do przewidzenia zakres i czas realizacji wymienionych urządzeń.

- 6) Racionalne wykorzystanie źródeł energii elektrycznej, węzłów rozdzielczych i linii przesyłowych WN, SN i NN poprzez:
- utrzymanie w dobrym stanie technicznym wszystkich istniejących urządzeń elektroenergetycznych;
  - rozbudowę sieci rozdzielczych SN i linii NN.

Kierunki rozwoju systemów infrastruktury gazowniczej polegające na rozbudowie systemów infrastruktury gazowniczej i zaktualizowaniu koncepcji gazyfikacji województwa, w tym:

- 1) Rozbudowa systemu gazowniczego w/c wg *Długoterminowego planu rozwoju do roku 2020* Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A., w środkowej i południowej części województwa podlaskiego w oparciu o istniejące gazociągi w/c:
- Bobrowniki – Białystok – Zambrów – Wyszków – Rembelszczyzna z odgałęzieniem do Łomży – budowa gazociągów w/c do zasilania miast i gmin:
    - w I etapie (2001 – 2005): Wasilków, Czarna Białostocka, Gródek, EC Białystok, Hajnówka, Czyże, Orla, Dubicze Cerkiewne, Boćki, Bielsk Podlaski,
    - w II etapie (2006 – 2010): Krynki, Michałowo, Narew, Choroszcz, Tykocin, Rutki, Kobylin Borzymy, Zawady, Kołaki Kościelne, Kulesze Kościelne,
    - w III etapie (2011 – 2020): Ciechanowiec, Klukowo, Nowe Piekuty, Łomża, Szepietowo, Śniadowo, Miastkowo, Nowogród, Szumowo, Czyżew Osada,
    - wariantowego zasilania m. Sokółki projektowanym gazociągiem Czarna Białostocka – Sokółka;
  - zwiększenie możliwości zasilania z istniejącego gazociągu w/c Bobrowniki – Białystok poprzez połączenie z SGT „Jamał” w Kondratkach – odcinkiem gazociągu w/c Kondratki – Bobrowniki;
  - Wysokoje – Hołowczyce – Rembelszczyzna do zasilania gmin:
    - w I etapie: Siemiatycze, Drohiczyn,
    - w II etapie: Nurzec stacja, Dziadkowice, Grodzisk.
- 2) Rozbudowa systemu gazowniczego w/c w zachodniej i północnej części województwa w oparciu o wariantowe zasilanie:
- z Systemu Gazociągów Tranzytowych „Jamał” z tłoczni w Zambrowie:
    - wg PGNiG miast i gmin: Stawiski, Kolno, Suwałki, Augustów, Lipsk, Raczki, Przerośl, Nowinka, Sztabin, Jeleniewo, Grabowo, Szczuczyn i Piątница,
    - wg PBPP do pozostałych miast i gmin tej części województwa, które nie zostały ujęte w planach PGNiG do 2020 r. a przyjętych w „Studium programowym możliwości rozwoju gazyfikacji woj. białostockiego, łomżyńskiego i suwalskiego” wykonanym przez GAZOPROJEKT Wrocław w 1995 roku;
  - z projektowanego gazociągu tranzytowego DN 1000/800 Białoruś – z tłoczni Iwacewicze ~ 190 km od granicy polsko – białoruskiej – Obwód Kaliningradzki, przebiegającego przez obszar województwa podlaskiego, trasę: Lipszczany – Lipsk – Augustów – Gołdap, miast i gmin.
- Oba warianty pozwalają zasiląć wszystkie miasta i gminy w zachodniej i północnej części województwa, po dostosowaniu średnic gazociągów do wyboru poszczególnych rozwiązań.
- Ze względu na trudny do określenia czas i sposób rozbudowy systemu w tej części województwa zakłada się ponadto alternatywne zasilanie miast Grajewo, Goniądz i Mońki.
- 3) Ewentualna (w perspektywie) budowa połączenia transgranicznego z litewskim systemem gazowniczym (Suwałki – Mariampol – Alytus).
- 4) Uwzględnienie bilansu zużycia i dostaw gazu na potrzeby województwa podlaskiego w krajowej regulacji nierównomierności poboru gazu (podziemne magazyny gazu).
- 5) Budowa drugiego gazociągu (obok zrealizowanego) w korytarzu Systemu Gazociągów Tranzytowych „Jamał”.

**Kierunki rozwoju infrastruktury systemów ciepłowniczych:**

- 1) Dostosowanie systemów ciepłowniczych do potrzeb przekształceń i rozwoju zagospodarowania przestrzennego w warunkach konkurencji rynkowej nośników energetycznych poprzez:
  - dywersyfikację sposobów zaopatrzenia w energię ciepłą w największych jednostkach osadniczych, z uwzględnieniem maksymalnego wykorzystania potencjału istniejących systemów, w tym z wykorzystaniem sposobów wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w tzw. układach skojarzonych;
  - dostosowanie źródeł ciepła do przewidywanego zapotrzebowania i wybór najefektywniejszych technologii wytwarzania uwzględniających aspekty ekologiczne;
  - odchodzenie od budowy źródeł o dużej mocy na rzecz mniejszych źródeł ciepła lokalizowanych bliżej odbiorców, w celu zmniejszenia strat przesyłowych i bieżącego dostosowania produkcji do potrzeb odbiorców.
- 2) Poprawa sprawności technicznej i efektywności ekonomicznej funkcjonowania systemów poprzez:
  - zmniejszenie strat ciepłych w istniejących sieciach i urządzeniach;
  - wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych i technologicznych w istniejących sieciach i węzłach ciepłych minimalizujących koszty eksploatacji i ułatwiających obsługę.
- 3) Ekologizacja systemów ciepłowniczych poprzez:
  - zmniejszenie uciążliwości istniejących urządzeń systemów ciepłowniczych w zakresie technologii spalania i emisji spalin, przy zastosowaniu urządzeń oczyszczających, a także kontroli i restrykcji w stosunku do emiterów ponadnormatywnych zanieczyszczeń;
  - wprowadzenie na szerszą skalę proekologicznych nośników energetycznych, takich jak gaz, olej opałowy;
  - zmniejszanie zużycia energii ciepłej przez odbiorców (np. termorenowacja budynków).

Rozwój energetyki odnawialnej poprzez:

- opracowanie regionalnej strategii i programu rozwoju energetyki odnawialnej, obejmujących wszystkie potencjalne źródła energii odnawialnej występujące na obszarze województwa;
- wdrażanie technologii energetycznych w oparciu o źródła odnawialne w założeniach i planach zaopatrzenia w energię poszczególnych miast i gmin województwa;
- wykorzystywanie istniejących na obszarze województwa źródeł energii odnawialnej, tj.: biomasy (drewno, zrębki, słoma), biogazu (gnojowica, wysypiska śmieci), energii wiatrowej, wodnej, słonecznej oraz ciepła z głębi ziemi;
- wykorzystanie ciepła – produktu ubocznego z tłoczni w Zambrowie i Kondratkach Systemu Gazociągów Tranzytowych „Jamał”.

**6.2. Cele Planu energetycznego województwa podlaskiego**

Zgodnie z przedstawionymi na wstępie uregulowaniami prawnymi, udział energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii w sprzedaży energii elektrycznej ogółem powinien wynosić:

- 2004 – 2,85%;
- 2005 – 3,1%;
- 2006 – 3,6%;
- 2010 – 7,5%.

Występuje jednak istotny problem różnicy w definiowaniu udziału energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii w prawie polskim i w prawie unijnym (dyrektywa 2001/77/WE). Określony w Polsce obowiązek zakupu energii elektrycznej pochodzącej z OZE odnoszony jest do sprzedaży energii elektrycznej do odbiorców końcowych. Wspomniana dyrektywa definiuje pojęcie zużycia energii elektrycznej jako wielkość krajowej produkcji powiększonej o import i pomniejszonej o eksport energii elektrycznej. Różnica między tymi dwoma sposobami obliczania wynika ze zużycia energii na pokrycie potrzeb własnych przedsiębiorstw energetycznych, strat technicznych oraz handlowych przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej. Wynika stąd, że mimo zapisu w obu dokumentach wartości 7,5% przypisanej do 2010

roku, dotychczasowy obowiązek zakupu jest zaniżony o około 1,5% w stosunku do wymogów Traktatu Akcesyjnego.

Dla zniwelowania tej różnicy podwyższono wymagany udział energii elektrycznej począwszy od 2006 roku z 3,7% (zamiast 3,6%) do 9% w 2010 roku (zamiast 7,5%).

Cele planu energetycznego województwa podlaskiego wynikają z analizy potrzeb oraz możliwości i można je zdefiniować w następujący sposób:

### **Cel 1. – Racjonalne użytkowanie energii**

W sytuacji kurczenia się zasobów naturalnych, pogarszającej się dostępności surowców oraz rosnących kosztów ich pozyskania, coraz większego znaczenia nabiera zmniejszenie zużycia energii w procesach produkcyjnych, rolnictwie i bytowaniu człowieka.

Wobec tego, konieczne staje się zmniejszenie zużycia energii na jednostkę produktu, jednostkową wartość usługi, statystycznego konsumenta, bez pogarszania standardu życia ludności i perspektyw rozwojowych gospodarki.

Zgodnie z II *Polityką ekologiczną państwa* do 2010 roku zakłada się ograniczenie zużycia energii o 50% w stosunku do 1990 roku i 25% w stosunku do 2000 roku (w przeliczeniu na jednostkę produkcji, wartość produkcji lub PKB).

Działania:

- zmniejszenie energochłonności gospodarki poprzez stosowanie energooszczędnych technologii (również z wykorzystaniem kryteriów BAT);
- zmniejszenie strat energii w systemach przesyłowych (energetycznych, ciepłych),
- poprawa parametrów termoizolacyjnych budynków;
- działania edukacyjne i informacyjne skierowane do społeczności lokalnych odnoszące się do racjonalnego użytkowania energii.

### **Cel 2. – Udział energii odnawialnej w ogólnym bilansie energii pierwotnej na poziomie, co najmniej 9% w 2010 roku**

Wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych jest jednym z istotnych komponentów zrównoważonego rozwoju, przynoszącego wymierne efekty ekologiczno-energetyczne. Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie paliwowo-energetycznym powinien przyczyniać się do poprawy efektywności wykorzystania i oszczędzania zasobów energetycznych oraz do poprawy stanu środowiska. Ten rodzaj działań może przyczynić się do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa energetycznego, stworzenia nowych miejsc pracy.

Działania:

- podjęcie działań promocyjnych i doradztwa związanego z wdrażaniem pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł dla potencjalnych inwestorów;
- opracowanie powiatowych programów wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
- wprowadzenie problematyki energii odnawialnej do gminnych planów zagospodarowania przestrzennego;
- działania edukacyjne i informacyjne skierowane do społeczności lokalnych odnoszące się do wykorzystania lokalnych, a przede wszystkim odnawialnych źródeł energii;
- prowadzenie programów badawczych i demonstracyjnych mających na celu wdrażanie nowych technik i technologii;
- uruchomienie na terenie województwa systemu logistyki produkcji i dystrybucji biopaliw;
- uprawa roślin energetycznych, w tym wierzby energetycznej;
- budowa instalacji:
  - wykorzystujących energię słoneczną,
  - wykorzystujących energię wiatrową,
  - wykorzystujących potencjał hydroenergetyczny rzek,
  - pozyskujących biogaz powstający podczas procesów gazowych w oczyszczalni ścieków i składowisku odpadów,
  - wykorzystujących biomasę na cele energetyczne,

- wykorzystujących energii niskotemperaturowej, zawartej w gruntach i wodach,
- produkujących biopaliwa ciekłe, np. instalacje rafinacji (uszlachetniania) oleju rzepakowego,
- wykorzystujących ciepło ze spalania odpadów,
- wykorzystujących ciepło odpadowe np. z instalacji chłodniczych,
- produkujących uszlachetnione biopaliwa stałe (biokarbon).

### **Cel 3. – Czyste powietrze**

Głównymi źródłami emisji zanieczyszczeń do powietrza w województwie są procesy energetycznego spalania paliw, przy nadal niewielkim udziale paliw ekologicznych. Największym źródłem zanieczyszczeń do powietrza na terenie województwa są kotłownie.

Problem, związany z działalnością gminnych, osiedlowych i zakładowych kotłowni oraz palenisk domowych, dotyczy w szczególności sezonu zimowego. Obiekty te powodują okresowe zwiększanie się głównie stężeń pyłu zawieszonego, a także dwutlenku siarki, których głównym źródłem (do 60%) jest spalanie paliw w celach grzewczych. Problemem pozostają wysokie stosunkowo wartości pyłu, których główne źródło stanowią małe, lokalne kotłownie, nie posiadające urządzeń odpylających (filtrów), nadal opalane węglem kamiennym.

Działania:

- likwidacja lokalnych kotłowni o dużej emisji poprzez rozbudowę sieci ciepłowniczej;
- zamiana kotłowni węglowych na mniej obciążające atmosferę;
- instalowanie wysokosprawnych urządzeń ciepłowniczych i budowa nowoczesnych sieci ciepłowniczych, zastosowanie automatyki;
- instalowanie urządzeń ochrony powietrza;
- dalsza gazyfikacja województwa;
- zaostrzenie kontroli prawidłowości eksploatacji urządzeń energetycznych;
- opracowanie gminnych planów zaopatrzenia w energię, z uwzględnieniem jej odnawialnych źródeł.

## 7. Wskaźniki realizacji *Planu energetycznego województwa podlaskiego*

Głównym koordynatorem realizacji planu energetycznego województwa podlaskiego może być Podlaska Agencja Zarządzania Energią we współpracy z samorządem województwa podlaskiego, który jest zobligowany do wykonywania działań o charakterze wojewódzkim w zakresie zapewnienia lokalnego bezpieczeństwa energetycznego oraz ochrony środowiska. Realizacja tego programu będzie wymagała współdziałania z Urzędem Wojewódzkim i służbami podległymi wojewodzie, samorządami powiatowymi i gminnymi, jednostkami gospodarczymi i społecznymi oraz jednostkami naukowymi, badawczymi i edukacyjnymi, a także pozarządowymi organizacjami ekologicznymi.

Podlaskiej Agencji Zarządzania Energią należałoby także powierzyć wdrożenie programu oraz okresową ocenę jego realizacji, która powinna zawierać:

- kontrolę wykonania zadań, określonych w harmonogramie realizacji programu;
- ocenę realizacji celów i działań określonych w programie, opartą na wskaźnikach charakteryzujących stan środowiska przeprowadzaną co 2 lata;
- przedstawienie wniosków co do kierunków niezbędnych zmian i nowych rozwiązań.

Przy nowelizacji programu powinny być wykorzystane wyniki przeprowadzonych ocen realizacji niniejszego programu oraz uwzględnione nowe uwarunkowania zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne.

## 8. Uwagi końcowe

Odnawialne źródła energii mogą mieć znaczący udział w bilansach energetycznych poszczególnych gmin i powiatów województwa podlaskiego i w związku z tym należy stosownie do odpowiednich zapisów prawnych przygotować programy rozwoju oparte na bilansach poszczególnych odnawialnych źródeł energii na danym terenie.

Działania wynikające z tego *Planu...* powinny być realizowane w oparciu o cele strategiczne służące także do opracowania zadań szczegółowych. **Jednym z celów strategicznych jest stworzenie odpowiednich warunków i podjęcie stosownych działań celem szerokiego wykorzystania potencjału energii odnawialnej na terenie województwa podlaskiego.**

Realizacja tak sformułowanego celu strategicznego wymaga podjęcia następujących działań:

- określenia lokalnego potencjału poszczególnych nośników energii odnawialnej;
- określenia możliwości ich zagospodarowania;
- określenia technologii umożliwiających ich optymalne wykorzystanie;
- zwiększenia udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w bilansie energetycznym województwa.

### Przewidywane efekty wdrożenia Planu:

- ekologiczne:
  - obniżenie poziomu zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery przez budowę instalacji wytwarzających i wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych,
  - ochrona przyrody na terenie województwa,
  - likwidacja emisji gazów z wysypisk komunalnych i oczyszczalni ścieków,
  - poprawa stosunków wodnych spowodowana wykorzystaniem urządzeń piętrzących małych elektrowni wodnych,
  - zwiększenie atrakcyjności województwa;
- gospodarcze:
  - rozwój różnorodnych form działalności gospodarczej związanych z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii,
  - tworzenie możliwości wykorzystania terenów rolniczych do produkcji roślinnych surowców energetycznych,
  - wykorzystanie pod uprawy energetyczne terenów nienadających się do prowadzenia tradycyjnej produkcji rolniczej,
  - rozszerzenie bazy turystycznej województwa;
- społeczne:
  - tworzenie nowych miejsc pracy.

## Aneks

### do Planu energetycznego województwa podlaskiego

#### Zadania związane z realizacją celów Planu energetycznego województwa podlaskiego

- **Zadania zawarte w programie krajowym służące realizacji ponadlokalnych celów publicznych – budowa krajowego układu przesyłowego:**

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNA REALIZACJA
1.	linia WN 400 kV dwutorowa GPZ Ełk – gr. Państwa z Litwą (kierunek ALYTUS)	gm. Bakalarzewo, Suwałki, Szypliszki, Puńsk, Sejny, m. Suwałki	2005–2010
2.	linia WN 400 kV jednotorowa GPZ „NAREW” – GPZ Ełk	gm. Suraż, Łapy, Poświętne, Sokoly, Wysokie Mazowieckie, Kobylin Borzymy, Zawady, Wizna, Jedwabne, Przytuły, Radziłów, Wąsosz, Szczuczyn, Grajewo	2005–2010

- **Potencjalne zadania programów rządowych zawarte w kierunkach zagospodarowania przestrzennego, wynikające z planów rozwoju Polskich Sieci Energetycznych S.A. – budowa krajowego układu przesyłowego:**

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNA REALIZACJA
1.	linia WN 400 kV dwutorowa GPZ „NAREW” – gr. Państwa z Białorusią (częściowo po trasie istn. Linii WN 220 kV ROŚ	gm. Gródek, Michałowo, Supraśl, Zabłudów, Juchnowiec, Turośń Kościelna	po 2010
2.	rozbudowa stacji GPZ "NAREW"	gm. Turośń Kościelna	2005–2010

- Potencjalne zadania kierunków rozwoju systemu WN, wynikające z planów rozwoju Zakładu Energetycznego Białystok S.A. – krótkoterminowych i perspektywicznych
- Budowa napowietrznych linii WN 110 kV tj.:

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNA REALIZACJA
1.	zasilanie RPZ-6 Białystok	m. Białystok, gm. Choroszcz	do 2003 r.
2.	włączenie RPZ „SSE” do linii WN 110 kV GPZ Suwałki – RPZ Augustów	m. Suwałki, gm. Suwałki	do 2003 r.
3.	RPZ „SSE” – RPZ „Hańcza” Suwałki	gm. Suwałki i m. Suwałki	2015 r.
4.	RPZ Wasilków – RPZ „Polanka” Czarna Białostocka	gm. Wasilków, m. i gm. Czarna Białostocka	do 2015 r.
5.	drugostronne włączenie RPZ GRAJEWO 1 do linii Grajewo – Osowiec	m. i gm. Grajewo	do 2015 r.
6.	GPZ Elk – RPZ "Hańcza" Suwałki	m. Suwałki, gm. Suwałki, Bakalarzewo	do 2015 r.
7.	wyprowadzenie linii – pierścien m. Białystok z GPZ „NAREW” pomiędzy GPZ „NAREW” RPZ „Przemysłowy” Białystok, RPZ 5 B-stok – GPZ 1 B-stok i GPZ „NAREW” – RPZ 8 B-stok – RPZ FASTY – GPZ 1 Białystok	gm. Turośń Kościelna, m. Białystok	do 2015 r.
8.	RPZ Augustów 1 – RPZ Augustów 2	m. Augustów	do 2015 r.
9.	RPO Potasznia – do linii RPZ Hańcza – RPZ Filipów	gm. Suwałki	do 2015 r.
10.	RPZ „Hańcza” Suwałki – RPZ Wizajny	m. Suwałki, gm. Jeleniewo, Suwałki, Wizajny	do 2015 r.
11.	GPZ – 1 Elk – RPZ Szczuczyn	gm. Szczuczyn	do 2025–30, zadania uszeregowane wg priorytetów
12.	RPZ Szczuczyn – RPZ Stawiski	gm. Szczuczyn, Grabowo	jw.
13.	RPZ Stawiski – RPZ Piątnica	gm. Stawiski, Piątnica	jw.
14.	RPZ Piątnica – GPZ 1 Łomża	gm. Piątnica, Łomża, m. Łomża	jw.
15.	RPZ Hajnówka – RPZ Czeremcha	m. Hajnówka, gm. Hajnówka, Czeremcha, Dubicze Cerkiewne	jw.
16.	RPZ Czeremcha – do linii 110 kV kier. Adamowo	gm. Czeremcha, Milejczyce, Kleszczele	jw.
17.	RPZ Siemiatycze – RPZ Nurzec Stacja	gm. Nurzec Stacja, Siemiatycze, m. Siemiatycze	jw.
18.	RPZ Siemiatycze – kier. Siedlce	gm. Drohiczyn, Siemiatycze, m. Siemiatycze	jw.
19.	RPZ Nurzec Stacja – do linii kier. Bielsk Podlaski	gm. Nurzec Stacja, Milejczyce	jw.
20.	RPZ Augustów 2 – RPZ Sztabin	gm. Augustów, Sztabin, m. Augustów	jw.
21.	RPZ Sztabin – RPZ Sidra	gm. Sztabin, Dąbrowa Białostocka, Sidra	jw.
22.	RPZ Sidra – RPZ „Polanka” Czarna Białostocka	gm. Sidra, Sokółka, Czarna Białostocka	jw.
23.	RPZ Sokoły – GPZ „NAREW”	gm. Turośń Kościelna, Suraż, Łapy, Sokoły	jw.
24.	GPZ Łomża 1 – RPZ Śniadowo	m. Łomża, gm. Łomża, Śniadowo	jw.
25.	GPZ Śniadowo – RPZ Zambrów	gm. Śniadowo, Zambrów, miasto Zambrów	jw.
26.	RPZ Zambrów PKP – RPZ Sokoły	gm. Zambrów, Kołaki Kościelne, Kulesze K., Sokoły	jw.
27.	GPZ „NAREW” – RPZ Choroszcz	gm. Turośń Kościelna, Choroszcz	jw.
28.	RPZ Choroszcz – RPZ 6 Białystok	gm. Choroszcz, miasto Białystok	jw.
29.	GPZ „NAREW” – RPZ Zimnochy	gm. Turośń Kośc., Suraż	jw.
30.	RPZ Zimnochy – RPZ Brańsk	gm. Suraż, Wyszki, Brańsk, miasto Brańsk	jw.
31.	RPZ Brańsk – RPZ Ciechanowiec	m. Brańsk, gm. Brańsk, Rudka, Ciechanowiec	jw.
32.	GPZ Ostrołęka – RPZ Kolno	gm. Miastkowo, Nowogród	jw.
33.	Wprowadzenie linii 110 kV do RPZ Ciechanowiec i RPZ Wysokie Mazowieckie	m. Ciechanowiec, Wysokie Mazowieckie	jw.
34.	„Wcięcie” do istn. Linii RPZ Bielsk Podl. 1 – RPZ Hajnówka do zasilania RPZ Bielsk Podlaski 2	gm. Bielsk Podlaski	jw.

- **Modernizacja istniejących linii WN 110 kV napowietrznych**

1.	RPZ Knyszyn – RPZ Mońki	m. Knyszyn, Mońki, gm. Knyszyn, Mońki,	2002–2025
2.	RPZ Ełk 1 – RPZ Grajewo 2	miasto i gmina Grajewo	zadania wg priorytetów
3.	GPZ 1 Białystok – RPZ Czarna Białostocka	m. Białystok, gm. Wasilków, Czarna Białostocka	jw.
4.	RPZ Czarna Białostocka – RPZ Sokółka	gm. Czarna Białostocka, Sokółka, m. Sokółka	jw.
5.	RPZ Sokółka – RPZ Dąbrowa Białostocka	m. Sokółka, gm. Sokółka, Sidra, Dąbrowa Białostocka	jw.
6.	RPZ Dąbrowa Białostocka – RPZ Augustów	gm. Dąbrowa Białostocka, Suchowola, Augustów, Sztabin, m. Augustów, m. Dąbrowa Białostocka	jw.
7.	GPZ Ostrołęka (przez Nowogród) – RPZ Łomża 2 – GPZ Łomża 1	gm. Miastkowo, Nowogród, Łomża, m. Łomża	jw.
8.	RPZ „Hańcza” Suwałki – RPZ Olecko	m. Suwałki, gm. Suwałki, Bakalarzewo	jw.
9.	RPZ „Reja” Suwałki – GPZ Suwałki	m. Suwałki	jw.
10.	RPZ „Hańcza” Suwałki – RPZ Sejny	m. Suwałki, gm. Suwałki, Krasnopol, Sejny, m. Sejny	jw.
11.	GPZ „NAREW” – RPZ Bielsk Podlaski 1	gm. Turośń Kościelna, Juchnowiec, Bielsk Podlaski, m. Bielsk Podlaski	jw.
12.	RPZ Bielsk Podlaski 1 – RPZ Adamowo	m. Bielsk Podlaski, gm. Bielsk Podlaski, Boćki, Milejczyce, Nurzec Stacja, Mielnik	jw.
13.	RPZ Adamowo – RPZ Siemiatycze	gm. Mielnik, Siemiatycze m. Siemiatycze	jw.
14.	RPZ Siemiatycze – RPZ Siedlce	m. Siemiatycze, gm. Siemiatycze, Drohiczyn	jw.
15.	RPZ Bielsk Podlaski – RPZ Hajnówka	m. Hajnówka, Bielsk Podlaski, gm. Hajnówka, Bielsk Podlaski, Czyże	jw.
16.	RPZ Hajnówka – RPZ Lewkowo	m. Hajnówka, gm. Hajnówka, Narewka	jw.
17.	RPZ Zambrów – RPZ Wysokie Mazowieckie	m. Zambrów, gm. Zambrów, Wysokie Mazowieckie, m. Wysokie Mazowieckie	jw.

- Budowa stacji transformatorowo-rozdzielczych**

1.	RPZ Ciechanowiec (przebudowa stacji 30/15 kV na 110/15 kV)	m. Ciechanowiec	do 2003
2.	RPZ 6 Białystok 110/15 kV (w I etapie zasil. linią WN 110 kV „NAREW” – GPZ 1 Białystok)	m. Białystok	do 2003
3.	RPZ „Strefa” Suwałki 110/20 kV	m. Suwałki	do 2003
4.	RPO „Potasznia” 20/110 kV	gm. Suwałki	2005
5.	RPZ „Wyżyny” Białystok 110/15 kV	m. Białystok	2004–2025 zadania uszeregowane wg priorytetów
6.	RPZ „Olmonty” 110/15 kV	gm. Juchnowiec	
7.	RPZ Augustów 2 (PKP) 110/15 kV	m. Augustów	jw.
8.	RPO Wizajny 20/110 kV	gm. Wizajny	jw.
9.	RPZ Szczuczyn (w I etapie rozd. sieciowa 15/15 kV)	gm. Szczuczyn	jw.
10.	RPZ Bielsk Podlaski 2 110/15 kV	m. Bielsk Podlaski	jw.
11.	RPZ Stawiski 110/15 kV	gm. Stawiski	jw.
12.	RPZ Piątnica 110/15 kV	gm. Piątnica	jw.
13.	RPZ Czeremcha 110/15 kV	gm. Czeremcha	jw.
14.	RPZ Nurzec Stacja 110/15 kV (PKP)	gm. Nurzec Stacja	jw.
15.	RPZ Sztabin 110/15 kV (PKP)	gm. Sztabin	jw.
16.	RPZ Sidra 110/15 kV (PKP)	gm. Sidra	jw.
17.	RPZ Raczki 110/20 kV (PKP)	gm. Raczki	jw.
18.	RPZ Suchowola 110/15 kV (PKP)	gm. Suchowola	jw.
19.	RPZ Sokoły 110/15 kV (PKP)	gm. Sokoły	jw.
20.	RPZ Zambrów 110/15 kV (PKP)	gm. Zambrów	jw.
21.	RPZ Śniadowo 110/15 kV (PKP)	gm. Śniadowo	jw.
22.	RPZ Zimnochy 110/15 kV (PKP)	gm. Suraż	jw.
23.	RPZ Choroszcz 110/15 kV	gm. Choroszcz	jw.
24.	RPZ Brańsk 110/15 kV	m. Brańsk	jw.
25.	RPZ Przemysłowy 110/15 kV	gm. Juchnowiec	jw.

- Modernizacja stacji transformatorowo-rozdzielczych i rozdzielni sieciowych**

1.	RPZ Augustów 110/15 kV	m. Augustów	2003
2.	RPZ "FASTY" Białystok 110/15/6 kV	m. Białystok	2003
3.	RPZ Lewkowo 110/15 kV	gm. Narewka	2003
4.	RS 15 kV Stawiski	gm. Stawiski	2003
5.	GPZ 1 Białystok 220/110/15 kV	m. Białystok	2004
6.	RPZ 110/20 kV Filipów	gm. Filipów	2004
7.	RPZ 110/15 kV Grajewo	m. Grajewo	2004
8.	RPZ Wysokie Mazowieckie 110 /15 kV	m. Wysokie Mazowieckie	2006
9.	RS 20 kV Wizajny	gm. Wizajny	do 2015
10.	RS 15 kV Szczuczyn	gm. Szczuczyn	do 2015

- **Infrastruktura gazownicza**
- **Potencjalne zadania programów rządowych zawarte w koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju i długoterminowych planach rozwoju Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A.**

Budowa gazociągów wysokiego ciśnienia:

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNY TERMIN
1.	Zambrów – Łomża – Stawiski – Szczuczyn – Prostki – Raczki DN 500	gm. Zambrów, Łomża, Piątnica, Stawiski, Grabowo, Szczuczyn, Raczki	2006–2010

- **Potencjalne zadanie programów rządowych wynikające z długoterminowych planów rozwoju PGNiG S.A.**

Budowa gazociągu tranzytowego BIAŁORUŚ – ROSJA (obwód Kaliningradzki) – zasilanie alternatywne dla zachodnich i północnych obszarów województwa.

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNY TERMIN
1.	łocznia Iwacewicz (Białoruś) – Lipszczany – Lipsk – Augustów – Raczki DN 1000	gm. Lipsk, Sztabin, Augustów, Raczki	x
2.	Augustów – Raczki – Gołdap DN 800	gm. Augustów, Raczki	x

- **Potencjalne zadania kierunków rozwoju systemu gazowniczego wysokiego ciśnienia, wynikające z planów rozwoju Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. – krótko i długoterminowych**

Budowa gazociągów w/c wraz ze stacjami redukcyjno-pomiarowymi pierwszego stopnia.

L.P.	NAZWA ZADANIA	OBSZAR REALIZACJI	ORIENTACYJNY TERMIN
1.	Wyszki – Bielsk Podlaski – Hajnówka DN 200	gm. Wyszki, Bielsk Podlaski, Orla, Czyże, Hajnówka m. Bielsk Podlaski	2003–2005
2.	Podłączenie EC Białystok DN 250	gm. Supraśl, m. Białystok	jw.
3.	Kondratki – Bobrowniki DN 350	gm. Michałowo, Gródek	jw.
4.	Wasilków – Czarna Białostocka DN 150	gm. Wasilków, Czarna Białostocka	jw.
5.	Bielsk Podlaski – Boćki DN 150	gm. Bielsk Podlaski, Boćki, m. Bielsk Podlaski	jw.
6.	odgałęzienie od gazociągu Bielsk Podlaski – Hajnówka w kierunku Orli DN 100	gm. Bielsk Podlaski, Orla	jw.
7.	Orla – Dubicze Cerkiewne DN 100	gm. Orla, Dubicze Cerkiewne	2003–2005
8.	tl. Hołowczyce (woj. mazowieckie) – Drohiczyn DN 150	gm. Siemiatycze, Drohiczyn	jw.
9.	od istn. kier. Drohiczyn – Nurzec Stacja DN 150	gm. Drohiczyn, Siemiatycze, Nurzec Stacja	2006–2010
10.	Siemiatycze – Leszczka – Dziadkowie DN 150	gm. Siemiatycze, Dziadkowie	jw.
11.	Siemiatycze – Grodzisk DN 100	gm. Siemiatycze, Grodzisk	jw.
12.	Wyszki – Brańsk DN 100	gm. Wyszki, Brańsk	jw.
13.	Turośń Kościelna – Choroszcz – Tykocin DN 150	gm. Turośń Kościelna, Choroszcz, Tykocin	jw.
14.	Bobrowniki – Krynki – Szudziałowo DN 100	gm. Gródek, Krynki, Szudziałowo	jw.
15.	od istn. Bobrowniki – Białystok w kier. Gródek – Michałowo DN 150	gm. Gródek, Michałowo	jw.
16.	Michałowo – Narew DN 100	gm. Michałowo, Narew	jw.
17.	od istn. Białystok – Zambrów – Kołaki Kościelne DN 100	gm. Kołaki Kościelne	jw.
18.	Wysokie Mazowieckie – z odgał. Kobylin Borzymy i Rutki DN 100	gm. Rutki, Zawady, Kobylin Borzymy, Kulesze Kość	jw.
19.	podłączenie gaz. Nieporęt – Białystok z SGT w tłoczni Zambrów DN 300	gm. Zambrów	2011–2020
20.	Raczki – Suwałki DN 200	gm. Raczki, Suwałki, m. Suwałki	jw.
21.	Łomża 1 – Łomża 2 DN 150	gm. Łomża, m. Łomża	jw.
22.	Łomża – Śniadowo DN 150, 100	gm. Łomża, Śniadowo	jw.
23.	Łomża – Nowogród DN 150, 100 z odgał. w kier. Miastkowo DN 100	gm. Łomża, Nowogród, Miastkowo	jw.
24.	Stawiski – Kolno DN 150	gm. Stawiski, Kolno	jw.
25.	Raczki – Augustów – Lipsk DN 400	gm. Raczki, Augustów, Sztabin, Lipsk	jw.
26.	Raczki – Goldap DN 400/250	gm. Raczki, Bakalarzewo, Filipów	jw.
27.	Wysokie Mazowieckie – Ciechanowiec – Perlejewo z odgał. do Czyżewa Osady DN 150/100	gm. Wysokie Maz. Szepietowo, Czyżew Osada, Klukowo, Ciechanowiec, Perlejewo,	jw.
28.	Odgałęzienie od istn. gazociągu Białystok – Rembelszczyzna do gm. Nowe Piekuty DN 100	gm. Nowe Piekuty	j.w.

- **Potencjalne zadania kierunków rozwoju systemu gazociągów w/c wynikające z Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Podlaskiego**

Budowa gazociągów wysokiego ciśnienia wraz ze stacjami redukcyjno-pomiarowymi I stopnia

1.	Suwałki – Nowinka	gm. Suwałki, Nowinka, m. Suwałki	po 2010
2.	Suwałki – Jeleniewo – Krasnopol – Sejny	m. Suwałki, gm. Suwałki, Jeleniewo, Szypliszki, Krasnopol, Sejny	jw.
3.	Sejny – Giby – Płaska	gm. Sejny, Giby, Płaska	jw.
4.	od gaz. w/c Jeleniewo – Krasnopol – Szypliszki – Rutka Tartak – Wizajny z odgał. do Puńska	gm. Szypliszki, Rutka Tartak, Wizajny	jw.
5.	od gaz. w/c Raczki – Gołdap – Bakalarzewo – Filipów	gm. Olecko, Bakalarzewo, Filipów	jw.
6.	od gaz. w/c Lipsk – Augustów – Bargłów Kościelny – Rajgród	gm. Augustów, Bargłów Kościelny, Rajgród, m. Rajgród	jw.
7.	Lipsk – Dąbrowa Białostocka – Suchowola – Jaświły – Mońki – Trzcianne	gm. Lipsk, Dąbrowa Białostocka, Suchowola, Jaświły, Mońki, Trzcianne	jw.
8.	Jaświły – Goniądz	gm. Jaświły, Goniądz	jw.
9.	Jaświły – Korycin – Jasionówka	gm. Jaświły, Korycin, Jasionówka	jw.
10.	Jaświły – Knyszyn	gm. Jaświły, Knyszyn	jw.
11.	Dąbrowa Białostocka – Sidra – Sokółka z odgałęzieniami w kier. Nowy Dwór, Kuźnica, Janów	gm. Dąbrowa Białostocka, Sidra, Sokółka, Nowy Dwór, kuźnica, Janów	jw.
12.	odgałęzienie od gaz. w/c Zambrów – Raczki w kier. Jedwabne – Wizna, Grabowo – Radziłów, Wąsosz, Mały Płock	gm. Stawiski, Jedwabne, Wizna, Grabowo, Radziłów, Wąsosz, Mały Płock	jw.
13.	odgałęzienie od gaz. w/c Bielsk Podlaski – Hajnówka w kier. Narew – Dubicze Cerkiewne – Kleszczele	gm. Czyże, Narew, Dubicze Cerkiewne, Kleszczele	jw.
14.	Kolno – Turośl	gm. Kolno, Turośl, m. Kolno	jw.
15.	Czarna Białostocka – Sokółka (zasilanie wariantowe)	gm. Czarna Białostocka, Sokółka	jw.
16.	Grajewo – Mońki z odgał. do Goniądza (zasilanie wariantowe)	gm. Mońki, Goniądz, Grajewo	jw.
17.	Wysokie Mazowieckie – Perlejewo DN 150 z odgałęzieniem – Czyżew Osada	gm. Wysokie Mazowieckie, Szepietowo, Ciecchanowiec, Perlejewo, Czyżew Osada, Klukowo	jw.

## Literatura

- Bogdańska B. 1997. *Energia odnawialna w Polsce. Mapa ścienna*. IMiGW. Warszawa.
- Denisiuk W. 2003. *Techniczne i ekologiczne aspekty wykorzystania słomy na cele grzewcze*. UWM. Olsztyn.
- Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K. 2001. *Słoma – energetyczne paliwo*. Wyd. Wieś Jutra. Warszawa.
- Lorenc H. 2001. *Klimat Polski 2000 - fakty i niepewności*. IMiGW. Warszawa.
- Ney R., Sokołowski J. 1992. *Energia geotermalna*. IGSMiE PAN. Kraków. W: *Energia odnawialna. Polska. Zasoby i wykorzystanie*. Wydawnictwo GEA. Warszawa. 2001.
- Tymiński J. 1997. *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w Polsce do 2030 r. Aspekt energetyczny i ekologiczny*. IBMER. Warszawa.