**Witold Niemiec**
**Feliks Stachowicz**
**Mariusz Szewczyk**
**Tomasz Trzepieciński**
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

# WYBRANE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W WOJEWÓDZTWIE PODKARPACKIM

**Abstrakt**

Wyczerpywanie się zasobów surowców naturalnych służących do produkcji energii oraz wzrost jej zapotrzebowania prowadzi do poszukiwania alternatywnych źródeł energii. Przedstawiono krótką charakterystykę oraz wybrane możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w województwie podkarpackim. Położenie geograficzne oraz warunki społeczno-gospodarcze Podkarpacia sprawiają, że województwo podkarpackie posiada duży potencjał energetyczny w zakresie produkcji biomasy i wykorzystania energii wiatru oraz wody. W odniesieniu do produkcji biomasy określono prace prowadzone przez pracowników Politechniki Rzeszowskiej, których zadaniem jest rozwój technologii zakładania plantacji roślin energetycznych, pozyskania plonu i jego obróbki z wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych, bazując na specjalistycznych maszynach zaprojektowanych i zastrzeżonych patentami oraz wzorami użytkowymi.

**Słowa kluczowe:** biomasa, odnawialne źródła energii, wierzba energetyczna, zbiór biomasy

# SELECTED POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE PODKARPACKIE PROVINCE

**Abstract**

Running out of natural resources used for production of energy and increasing of its requirement lead to searching for alternative energy sources. The short characteristic and selected possibilities of utilization of renewable energy sources in the Podkarpacie Province have been presented. Geographical position and social--economic conditions in the Podkarpacie Region cause that the Podkarpacie Province has a large energetic potential in the scope of biomass production and utilizing of wind and water energy. Concerning biomass production the works investigated by researchers from Rzeszow University of Technology have been defined. The operating range of works is the development of technology of establishing the energetic plant plantations, the crop logging and their processing utilizing municipal sludge based on designed and patented special machines.

**Keywords:** biomass, renewable energy resources, energetic willow, biomass harvest

## 1. Wprowadzenie

Światowy wzrost zapotrzebowania na energię związany z postępem technologicznym, rosnącą energochłonnością gospodarek oraz zwiększającą się liczbą ludności prowadzi do poszukiwania nowych źródeł energii. Czynnikiem, który intensyfikuje działania zmierzające do zwiększenia udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii (OZE), w całkowitym bilansie energetycznym jest wyczerpywanie się zasobów kopalnych surowców energetycznych, w szczególności ropy naftowej oraz gazu ziemnego. Tymczasem gospodarki krajów Unii Europejskiej (UE) oparte są na energii wytwarzanej z surowców kopalnych, które ponadto w znacznej części są importowane, a zależność UE od importu surowców energetycznych dodatkowo cały czas narasta. Według Federal Institute for Geosciences and Natural Resources w Hanowerze zasoby ropy naftowej wyczerpią się za 42 lata, a światowe zapotrzebowanie na energię w ciągu najbliższych 20 lat wzrośnie o około 45%[1].

Polityka energetyczna UE zapewniająca bezpieczeństwo energetyczne państwom członkowskim oraz uwarunkowania klimatyczne doprowadziły do przyjęcia przez UE strategicznych dyrektyw wyznaczających kierunki rozwoju OZE. Dyrektywa w sprawie promowania i stosowania energii ze źródeł odnawialnych[2] zobowiązuje kraje członkowskie UE do zwiększenia udziału OZE w bilansie energetycznym energii do 20% w roku 2020. Dla Polski zobowiązania ilościowe dotyczą 15% udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnym bilansie energetycznym do roku 2020.

Istotnym czynnikiem wpływającym na zwiększenie udziału OZE, szczególnie w sektorze motoryzacyjnym jest zaostrzenie wymogów prawnych UE dotyczących emisji dwutlenku węgla przez samochody osobowe. W dłuższej perspektywie postęp w budowie silników i napędów będzie niewystarczający, aby zapewnić zredukowanie emisji $CO_2$ do założonego poziomu. Dalsze zmniejszenie emisji będzie możliwe przez stosowanie ekologicznych biopaliw oraz rozwój silników napędowych zasilanych biopaliwami wyższych niż pierwsza generacji. Celem w zakresie rozwoju wykorzystania OZE zawartym w polityce energetycznej Polski do 2030 r.[3] jest uzyskanie minimum 10% udziału biopaliw w transporcie do roku 2020.

Realizowana polityka gospodarowania energią ze wrastającym udziałem OZE, dobrze wpisuje się w potrzeby i możliwości zaopatrzenia w ciepło gospodarstw indywidualnych oddalonych od możliwości zaopatrywania się w energię ze zbiorczych źródeł, jak to ma miejsce np. w miastach. Zdaniem autorów pod określeniem kompleksowe wykorzystanie OZE w gospodarstwach małoobszarowych należy rozumieć sytuacje występujące w konkretnych przypadkach w terenie, w warunkach sprzyjających do uzyskania różnych postaci energii z kilku źródeł zaliczanych do OZE, np. biomasy, słońca, wody, wiatru, energii termicznej otoczenia, wyjątkowo – zasobów geotermalnych lub gazu wyprodukowanego w procesie fermentacji metanowej biomasy. Politechnika

---

1 *New Energy Realities – WEO Calls for Global Energy Revolution Despire Economic Crisis, International Energy Agency* (http://www.iea.org), dostęp z dnia 26.05.2012.

2 *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE* (http://eur-lex.europa.eu), dostęp z dnia 26.05.2012.

3 *Uchwała nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 roku Polityka energetyczna Polski do 2030 roku* (http://www.mg.gov.pl), dostęp z dnia 26.05.2012.

Rzeszowska od kilku lat prezentuje rozwiązania konstrukcyjne środków technicznych do produkcji i przerobu biomasy zdrewniałych części roślin oraz wykorzystania niebezpiecznych odpadów (komunalne osady ściekowe) jako nawozu na zakładanych plantacjach roślin energetycznych.

## 2. Wybrane możliwości pozyskiwania energii

Z punktu widzenia możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w województwie podkarpackim najciekawszy jest przypadek wynikający z przyczyn lokalizacyjnych lub założeń ekologicznych braku dostępu do tradycyjnych nośników energii bezpośredniej, w szczególności sieciowych. Prowadzić to może do konieczności zapewnienia samowystarczalności energetycznej tak pod względem dostaw energii elektrycznej, jak i energii cieplnej. Rozważania nad przydatnością poszczególnych rodzajów energii odnawialnej rozpocząć można od źródeł odnawialnych mających postać niskotemperaturowej energii termicznej. Niestety, zarówno energia geotermalna, jak i energia termiczna otoczenia charakteryzują się niską lub zerową wartością egzergii, co dyskwalifikuje je jako potencjalne źródło energii pierwotnej dla technologii produkujących energię elektryczną czy to w kogeneracji czy bez.

Energia termiczna otoczenia pobierana z gruntu, wód powierzchniowych lub gruntowych i powietrza charakteryzuje się praktycznie zerową wartością egzergii. Może być wykorzystana jedynie jako pomocnicze źródło energii cieplnej, która przy wykorzystaniu pomp ciepła napędzanych dostarczoną przez inne urządzenia energią mechaniczną lub wysokotemperaturową energią termiczną, zostanie przetworzona w niskotemperaturową energię cieplną wykorzystywaną w systemach centralnego ogrzewania i instalacjach ciepłej wody użytkowej. Podstawą systemu musi być jednak wysokoegzergetyczne źródło energii odnawialnej oraz urządzenie przetwarzające energię zeń pochodzącą w energię elektryczną.

Energia geotermalna może być oczywiście wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej, ale jej źródło musi posiadać odpowiednio wysoką temperaturę, a w konsekwencji egzergię na tyle wysoką, aby sprawność wytwarzania energii elektrycznej osiągała sensowne wartości. Pojęcie „sensowne wartości" oznacza, że za minimalną wartość temperatury źródła geotermalnego, przy której może ono posłużyć do zasilania elektrowni geotermalnej, przyjmowane są przez różnych autorów temperatury z zakresu od 120 do 180°C. Na terenie Podkarpacia oraz całej Polski, temperatura złóż osiąga wartość wyższą od 120°C znacznie poniżej 3 km[4, 5], co ze względów ekonomicznych praktycznie uniemożliwia powstanie tego typu instalacji.

Ponadto wykorzystywanie energii geotermalnej w tak małej skali jest nieuzasadnione ekonomicznie. Na terenie województwa podkarpackiego zlokalizowano kilkanaście obszarów występowania wód geotermalnych oraz określono 32 lokalizacje perspektywiczne, w których temperatura wody wynosi około 100°C. Największe zasoby wód geotermalnych o minimalnej mocy technicznej powyżej 5 MW występują w rejonie

[4] W. Niemiec, *Nowe maszyny do utylizacji osadów ściekowych i innych odpadów organicznych w uprawach roślin energetycznych*, „Ekologia i Technika", 2007, Vol. XV, nr 5, s. 168–172.

[5] W. Niemiec, J. Zamorska, *Zarys technologii zagospodarowania niebezpiecznych odpadów organicznych*, „Ekologia i Technika", 2006, Vol. XIV, nr 6, s. 224–228.

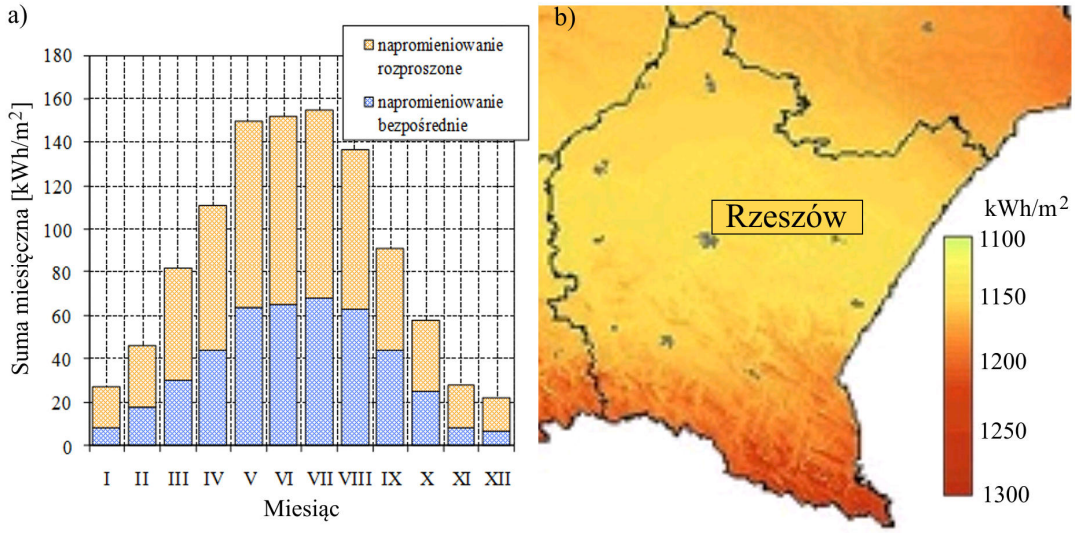
Domaradza, Niebylca, Wiśniowej oraz Strzyżowa[6]. Z kolei największym potencjałem w kolejności malejącej mocy technicznej cechują się okolice Jastrząbki – Pilzna, Partyni – Brzezówki i Przemyśla – Tuligłów. Według stanu na rok 2012 województwo podkarpackie nie posiada instalacji wykorzystującej wody geotermalne do celów energetycznych. Prowadzonych jest jednak szereg działań mających na celu budowę instalacji geotermalnych do celów rekreacyjnych, zdrowotnych (Iwonicz Zdrój, Krosno, Rzeszów) oraz do celów grzewczych (gmina Żołynia).

Równie powszechnym i nieograniczonym dostępem jak w przypadku energii termicznej otoczenia, a znacznie większym niż w przypadku energii geotermalnej, charakteryzuje się energia promieniowania słonecznego i energia wiatru. Obie energie w przypadku wykorzystywania do produkcji energii elektrycznej charakteryzują się jednak niewielką dyspozycyjnością zarówno w sensie dostępności energii w wymaganej ilości i postaci, jak i w sensie wykorzystania zainstalowanej mocy, zatem wymagają układu akumulacyjnego o znacznej pojemności. Zmienność dostępności promieniowania słonecznego jest co prawda bardziej przewidywalna, ale jak pokazano na ryc. 1 charakteryzuje się znacznymi wartościami zarówno w cyklu dziennym, jak i sezonowym. Niestety, systemy realizujące wysokotemperaturową konwersję fototermiczną promieniowania słonecznego w celu jej przetworzenia na energię elektryczną, które charakteryzują się już dyspozycyjnością podobną jak w układach opartych na nośnikach energii chemicznej, nie mogą zostać zastosowane na terenie Podkarpacia ze względu na występujące tutaj niekorzystne właściwości promieniowania słonecznego. Aby stosowanie tego typu technologii było opłacalne, konieczna jest prawie dwukrotnie większa wartość nasłonecznienia w promieniowaniu bezpośrednim od występującego na terenie województwa podkarpackiego, całkowitego nasłonecznienia, w którym na dodatek udział promieniowania bezpośredniego wynosi zaledwie około 42%[7] (ryc. 1).

[6] *Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego* (http://www.baza-oze.pl/), dostęp z dnia 26.05.2012.

[7] *Baza Danych…*, op. cit.

Ryc. 1. Nasłonecznienie – warunki średnie dla Podkarpacia: sumy miesięczne promieniowania w rozbiciu na promieniowanie bezpośrednie i rozproszone (a) oraz średnioroczne sumy nasłonecznienia (b)




*Źródło: Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego*

Teren Podkarpacia charakteryzuje się niewielkim zróżnicowaniem rocznych sum nasłonecznienia, od wartości minimalnej równej 1020 kWh/m$^2$ w dolinie górnego Sanu do wartości 1080 kWh/m$^2$ w Beskidzie Niskim. Roczne sumy nasłonecznienia w województwie podkarpackim przekraczają 1000 kWh/m$^2$, co sprawia, że pod względem warunków solarnych podkarpackie ma jedne z najlepszych warunków w Polsce i ustępuje jedynie obszarowi środkowego Pomorza. Jednakże bardzo niska dyspozycyjność energii promieniowania słonecznego w równym stopniu, jak w przypadku produkcji energii elektrycznej, praktycznie uniemożliwia wykorzystywanie energii promieniowania słonecznego jako jedynego źródła energii cieplnej. Powierzchnia zainstalowanych kolektorów solarnych wykorzystywanych do produkcji energii cieplnej w województwie podkarpackim wynosi ponad 3000 m$^2$, z największym udziałem systemów o powierzchni do 10 m$^2$ wykorzystywanych do ogrzewania wody w gospodarstwach indywidualnych.

Zdecydowanie lepsze właściwości posiada energia cieków wodnych. Można ją bowiem z dużą sprawnością i w stosunkowo małych urządzeniach przetwarzać na energię elektryczną. Konieczne jest jedynie, aby warunki hydrologiczne zapewniały, że w okresach minimalnego przepływu wody ilość energii niesionej przez ciek wodny będzie wystarczająca. Problem z powszechnym stosowaniem takiego rozwiązania polega na tym, że w stosunkowo suchym i nizinnym kraju niewiele gospodarstw posiada dostęp do odpowiedniego cieku i warunki do jego spiętrzenia, a większość terenów, na których w sposób najbardziej ekonomiczny można by tę technologię stosować, podlegają jakiejś formie ochrony przyrodniczej. W województwie podkarpackim zlokalizowanych jest kilkanaście elektrowni wodnych m.in. w Klimkówce, Krempnej, Myczkowcach, Radawie, Sieniawie, Wilczej Woli, Żołyni oraz Solinie, z największą elektrownią szczytowo-pompową w Polsce. Praktycznie cała moc hydroenergetyki (ponad 98%) na Podkarpaciu skupiona jest w Zespole Elektrowni Wodnych Solina-Myczkowce. Roczna produkcja

energii z elektrowni wodnych została oszacowana na poziomie 245 GWh, ale większość z tej liczby wynika z pracy ZEW Solina-Myczkowce w trybie szczytowo-pompowym. Na dopływie naturalnym produkcja energii elektrycznej wynosi zaledwie około 105 GWh, w tym 96 GWh w ZEW Solina-Myczkowce. Udział elektrowni wodnych w zaspokajaniu popytu Podkarpacia na energię elektryczną wynosi około 2%. Wykorzystanie wszystkich zasobów technicznych Podkarpacia mogłoby zwiększyć produkcję energii elektrycznej zaledwie trzykrotnie, a więc do niewiele ponad 5% zapotrzebowania.

W przypadku energii wiatrowej zmienność, zarówno dzienna, jak i sezonowa sprawia, że wartości dostępnej energii są mniejsze. Szacuje się, że 20% terenu województwa podkarpackiego posiada dobre warunki do instalacji ferm wiatrowych[8], a szczególnie korzystne warunki wiatrowe występują w okolicach Dukli, Dębicy, Rymanowa oraz Rzeszowa. Do największych ferm wiatrowych na Podkarpaciu należy zaliczyć instalację w Orzechowcach – Hnatkowicach o mocy 12 MW, Łękach Dukielskich (10 MW), Sieniawie (0,6 MW), Wróbliku Szlacheckim (0,3 MW), Chwałkowicach (0,3 MW) oraz Pielgrzymce (0,15 MW).

Trudności z dostępnością źródła energii są zdecydowanie mniejsze w przypadku energii biomasy. Cały obszar Polski posiada warunki do produkcji biomasy, a zatem każde gospodarstwo posiadające dostateczny areał może zapewnić sobie niezbędną ilość energii w postaci energii chemicznej zgromadzonej w biomasie.

Ryc. 2. Potencjał teoretyczny drewna z przeznaczeniem na cele energetyczne w nadleśnictwach w woj. podkarpackim w 2006 roku

*Źródło: Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego*

[8] *Baza Danych…*, op. cit.

Pierwszym etapem przetworzenia energii chemicznej jest, analogicznie jak w przypadku nieodnawialnych paliw chemicznych, proces spalania przekształcający ją w wysokotemperaturową energię termiczną. Może ona być bezpośrednio wykorzystywana w tej postaci, ale dzięki wysokiej egzergii może zostać również z zadawalającą sprawnością przekształcona w energię elektryczną, umożliwiając kogeneracyjne wytwarzanie energii elektrycznej i termicznej. Takie rozwiązanie jest możliwe, ponieważ biomasa, jak zdecydowana większość nośników energii chemicznej, ma bardzo dobre właściwości magazynowania, co gwarantuje wysoką dyspozycyjność układów energetycznych opartych na biomasie. Rozwój sektora biomasy w Polsce zintensyfikowany jest przez przyjęty 9 lipca 2009 r. przez Ministerstwo Gospodarki program Innowacyjna Energetyka – Rolnictwo Energetyczne, wymuszający do roku 2020 powstanie w każdej gminie biogazowi wykorzystującej różne postaci biomasy (drewna, słomy, siana). Realizacja tego programu przyczyni się do wypełnienia zobowiązań międzynarodowych wynikających z dyrektywy Parlamentu Europejskiego w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.

Największe techniczne zasoby drewna, które może być wykorzystane do celów energetycznych występuje w powiecie bieszczadzkim (170 TJ), lubaczowskim, sanockim (po 130 TJ), leskim (120 TJ) oraz przemyskim (100 TJ). Łączny potencjał techniczny drewna z przeznaczeniem na cele energetyczne dla województwa podkarpackiego to 400 000 $m^3$ (1400 TJ). Potencjał techniczny słomy i siana na Podkarpaciu wynosi odpowiednio 111 tys. i 80 tys. ton z największym potencjałem siana w Rzeszowie (43 tys. ton), natomiast słomy w powiecie jarosławskim (22 tys. ton)[9].

Podstawą wykorzystania jakiegokolwiek źródła energii jest jego dostępność. W przypadku niektórych technologii biomasowych można się oprzeć na jej źródłach naturalnych lub odpadach produkcyjnych. Nie wszystkie jednak technologie tolerują każdą postać biomasy, a niezbyt duża, w porównaniu z innymi technologiami pozyskiwania energii promieniowania słonecznego, sprawność fotosyntezy, powoduje konieczność zakładania specjalistycznych plantacji roślin energetycznych. Do najwydajniejszych roślin energetycznych, które są uprawiane na specjalistycznych plantacjach w województwie podkarpackim, należy miskant olbrzymi, ślazowiec pensylwański oraz wierzba wiciowa. Terenem uprawowym są odłogi, ugory oraz łąki trwałe i pastwiska nieużytkowane. Na ryc. 3 przedstawiono potencjał biomasy pozyskiwanej z roślin energetycznych uprawianych na odłogach i ugorach. Łączny potencjał techniczny biomasy stałej pozyskiwanej z roślin energetycznych w województwie podkarpackim wynosi ponad 210 tys. ton (prawie 3600 TJ). Największym potencjałem technicznym biomasy odznacza się powiat rzeszowski (20 tys. ton oraz powiat krośnieński i sanocki (po około 12 tys. ton)[10]. Jedną z najefektywniejszych metod wykorzystania biomasy jest otrzymywanie ciepła z jej spalania ze zgazowaniem. Otrzymany gaz syntezowy można wykorzystać do produkcji energii elektrycznej w generatorach tłokowych lub turbinach gazowych. Do kogeneracyjnego wykorzystania biomasy stosować można nie tylko zgazowanie czy pirolizę – rozkład biomasy w określonej temperaturze i atmosferze gazowej, ale również układy kogeneracyjnego wykorzystania biomasy innego typu.

[9] *Baza Danych…*, op. cit.
[10] *Baza Danych…*, op. cit.

Ryc. 3. Potencjał teoretyczny biomasy do pozyskania z roślin energetycznych uprawianych na odłogach i ugorach (c) w województwie podkarpackim

*Źródło: Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego*

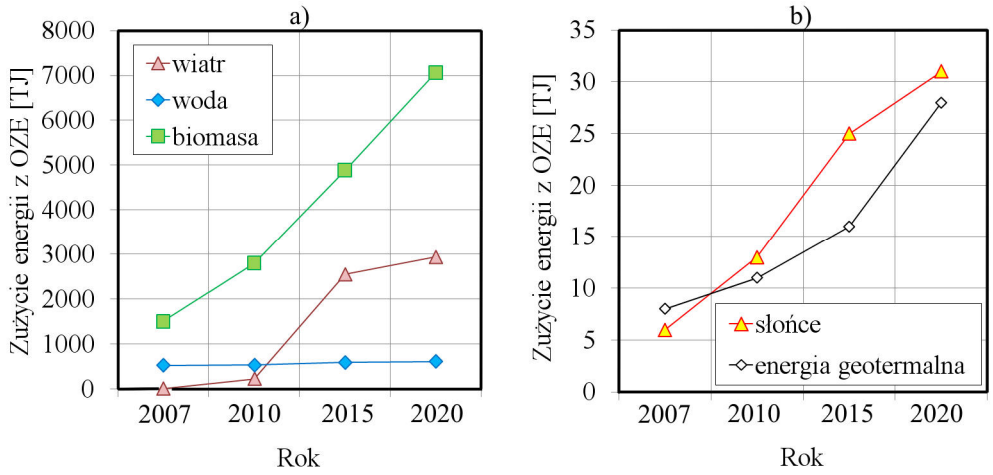
W procesie wytwarzania biogazu stosowanego do celów energetycznych mogą zostać wykorzystane: odchody zwierzęce, gnojownica, odpady komunalne, odpady przemysłowo-spożywcze, frakcja organiczna na wysypiskach oraz biomasa. Spośród wszystkich nośników energii odnawialnej biogaz jest w najmniejszym stopniu wykorzystywany w województwie podkarpackim, chociaż jego potencjał teoretyczny wynosi 16 mln $m^3$. Największe biogazownie znajdują się w Rzeszowie (MPWiK Sp. z o.o.) – 1900 tys. $m^3$/rok, Zakrzowie (PGK Sp. z o.o. w Tarnobrzegu) – 1800 tys. $m^3$/rok, Jaśle (MPGK Sp. z o.o.) – 6000 tys. $m^3$/rok, Krośnie (MPGK Sp. z o.o.) – 840 tys. $m^3$/rok.

Z technologii kogeneracyjnego wykorzystywania energii biomasy, które mogłyby spełnić wymagania rozważanej klasy zastosowań, takich jak: fermentacja beztlenowa i spalanie biogazu w silniku spalania wewnętrznego, rozkład termiczny i wykorzystanie gazu syntezowego do napędu silnika wewnętrznego lub zewnętrznego spalania, bezpośrednie spalanie biomasy i wykorzystanie uzyskanej energii termicznej do napędu silnika zewnętrznego spalania na szczególną uwagę zasługuje ostatnie rozwiązanie.

Spośród wszystkich wymienionych odnawialnych źródeł energii w województwie podkarpackim w największym stopniu wykorzystywane jest drewno oraz rzepak, natomiast nie stwierdzono energetycznego wykorzystania biogazu pochodzącego ze ścieków przemysłowych oraz rolniczych. Na ryc. 4a oraz 4b przedstawiono teoretyczny wzrost produkcji nośników energii pochodzących ze źródeł odnawialnych na terenie

Podkarpacia przy założeniu, że biomasa stanowić będzie główne źródło energii odnawialnej w gospodarce energetycznej województwa.

Ryc. 4. Zużycie pierwotnych nośników energii z OZE w województwie podkarpackim




*Źródło: Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego*

## 3. Rozwój technologii produkcji biomasy

W Politechnice Rzeszowskiej opracowano technologię zakładania plantacji roślin energetycznych, pozyskania plonu i jego obróbki z wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych, która bazuje na specjalistycznych maszynach zaprojektowanych i zastrzeżonych patentami oraz wzorami użytkowymi. Charakterystyczną cechą wspólną zaproponowanych rozwiązań jest dostosowanie ich dla potrzeb agrotechnicznych niewielkich gospodarstw południowej Polski. Zaostrzający się problem bezpiecznego dla człowieka i środowiska zagospodarowania wzrastającej ilości komunalnych osadów ściekowych był przesłanką poszukiwania technologii, która pozwala wykorzystać w celach nawozowych niebezpieczną substancję, jaką są komunalne osady ściekowe do produkcji roślin, ale z wyłączeniem wyprodukowanego plonu z obiegu troficznego człowieka. Opracowana technologia produkcji biomasy jest ciągle doskonalona, a postęp w rozwoju technologii jest opisywany sukcesywnie w publikacjach[11, 12, 13, 14] i prezentowany na konferencjach naukowych[15] w kraju i za granicą. Dotychczasowe kluczowe osiągnięcia w budowaniu technologii, przedstawiono w tabeli 1.

[11] W. Niemiec, *Nowe maszyny…*, op. cit., s. 168–172.
[12] W. Niemiec, *Wybrane problemy upraw roślin energetycznych na małych plantacjach*, „Nowa Era”, 2008, nr 1, s. 71–74.
[13] W. Niemiec, F. Stachowicz, M. Szewczyk, T. Trzepieciński, *Technological Progress in production, jogging and processing of the biomass*, SSP – Journal of Civil Engineering, 2011, Vol. 6, s. 85–92.
[14] W. Niemiec, J. Zamorska, *Zarys technologii…*, op. cit. s. 224–228.
[15] W. Niemiec, P. Sobolewska, *Technologia produkcji roślin energetycznych z wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych*, II Konferencja Solina 2008, Energia odnawialna. Innowacyjne Rozwiązania Materiały i Technologie dla Budownictwa, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej”, 2008, nr 252, s. 281–286.

Przedstawiona technologia została wdrożona do praktycznego stosowania na terenie województwa podkarpackiego przez Spółdzielnię Producentów Roślin Energetycznych w Boguchwale (adres strony internetowej: http://www.agroenergia.net.pl/).

Tab. 1. Zestawienie maszyn i urządzeń wchodzących w skład technologii produkcji roślin energetycznych

| **Rodzaj operacji** | **Miejsce i sposób wykonania czynności** | **Uwarunkowania prawne** |
|---|---|---|
| Obróbka osadu: stabilizacja, zagęszczanie, higienizacja | Oczyszczalnia ścieków | Realizowana w oczyszczalni technologia oczyszczania ścieków |
| Transport osadów na użytki rolnicze | Drogi: publiczne, prywatne | Prawo o Ruchu Drogowym, Kodeks Drogowy |
| Dawkowanie nawozów pod zakładaną plantację | Przygotowanie i nawożenie użytków rolnych: powierzchniowe, iniekcyjne[a, b] | Ustawy, rozporządzenia, Dobra praktyka rolnicza |
| Badanie oddziaływania na ludzi i środowisko przyrodnicze | Elementy ekotopu badane w otoczeniu założonej plantacji: gleby, wody[c] | Ustawy, rozporządzenia, decyzje |
| Produkcja i przechowalnictwo zrzezów | Teren gospodarstwa - produkcja zrzezów[d] | Warunki BHP oraz wymogi przechowywania sadzonek |
| Sadzenie, sianie | Areały uprawne[e] | Dobra praktyka rolnicza i wymogi żywieniowe roślin |
| Pielęgnacja i ochrona plantacji | Areały uprawne, praca: - ręczna - mechaniczna | Program ochrony i pielęgnacji zgodny z dobrą praktyką rolniczą |
| Zbiór wyprodukowanej biomasy | Na plantacji: ręczny, mechaniczny[f, g] | Zgodnie z celem zagospodarowania |
| Wstępna obróbka zebranej biomasy | Na plantacji lub w jej pobliżu: ręczna, mechaniczna[f, h, i, j, k] | Zgodnie z celem zagospodarowania |

*Źródło: Opracowanie własne*

gdzie:
[a] – urządzenie do iniekcyjnego dawkowania do gleby sypkich nawozów organicznych i mineralnych, P-382062 (2007),
[b] – urządzenie do wprowadzenia cieczy pod powierzchnię gleb i łąk, P-242124 (1983),
[c] – urządzenie do zbierania i pomiaru infiltrującej wody w warunkach polowych, W-116896 (2007),
[d] – urządzenie do produkcji zrzezów, P-384427 (2008),
[e] – sadzarka zrzezów roślin o zdrewniałych pędach, W-119940 (2011),
[f] – kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin oraz gałęzi, W-119895 (2011),
[g] – kosiarka do drzewiastych roślin, P-386842 (2010),
[h] – sieczkarnia do drewna, W-116926 (2007),
[i] – podajnik ciętego materiału w sieczkarni do drewna, W-119154 (2010),
[j] – mobilny kombajn do pozyskiwania biomasy z roślin o zdrewniałych pędach, W-120576 (2011),
[k] – kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin energetycznych, W-120965 (2012).

## 4. Podsumowanie

Odnawialne źródła energii mogą stanowić istotny udział w bilansie energetycznym województwa podkarpackiego. 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. Szczególnie dla naszego regionu słabo rozwiniętego przemysłowo i dotkniętego bezrobociem, odnawialne źródła energii stwarzają nowe możliwości w zakresie powstawania nowych miejsc pracy. Ponadto tereny rolnicze, które z uwagi na silne zanieczyszczenie gleb, nie nadają się do uprawy roślin jadalnych, mogą być wykorzystane do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji biopaliw. Odpadowa biomasa np. drewno, komunalne osady ściekowe, odpady przetwórstwa rolno--spożywczego, to istotne źródła ukrytej i często traconej bezpowrotnie energii.

## Bibliografia

1. Niemiec W., *Nowe maszyny do utylizacji osadów ściekowych i innych odpadów organicznych w uprawach roślin energetycznych*, „Ekologia i Technika", 2007, Vol. XV, nr 5.
2. Niemiec W., *Wybrane problemy upraw roślin energetycznych na małych plantacjach*, „Nowa Energia", 2008, nr 1.
3. Niemiec W., Sobolewska P., *Technologia produkcji roślin energetycznych z wykorzystaniem komunalnych osadów ściekowych*, II Konferencja Solina 2008 Energia odnawialna. Innowacyjne Rozwiązania Materiały i Technologie dla Budownictwa, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej", 2008, nr 252.
4. Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T., *Technological progress in production, logging and processing of the biomass*, SSP – Journal of Civil Engineering, 2011, Vol. 6.
5. Niemiec W., Zamorska J., *Zarys technologii zagospodarowania niebezpiecznych odpadów organicznych*, „Ekologia i Technika", 2006, Vol. XIV, nr 6.
6. Sokołowski J., *Ocena zasobów energii geotermalnej pod miastem Rzeszów i propozycja prawidłowego ich wykorzystania*, Polgeotermia sp. z o.o., Kraków–Rzeszów, 2002.

## Akty normatywne:

1. *Uchwała nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku* (http://www.mg.gov.pl).
2. *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE* (http://eur-lex.europa.eu).

## Bibliografia uzupełniająca:

1. *Baza Danych Odnawialnych Źródeł Energii Województwa Podkarpackiego* (http://www.baza-oze.pl/).
2. *New Energy Realities – WEO Calls for Global Energy Revolution Despite Economic Crisis, International Energy Agency* (http://www.iea.org).