

Tomasz MIROWSKI*

Odnawialne źródła energii do wytwarzania energii elektrycznej

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono przegląd odnawialnych źródeł energii do wytwarzania energii elektrycznej (OZE–E) według dwóch instytucji, które zajmują się problematyką OZE; Komisji Europejskiej, a ściślej Dyrektoriatu Generalnego ds. Energii i Transportu oraz Międzynarodowej Agencji Energii (IEA — *International Energy Agency*). Zaprezentowany przegląd ekonomicznych i technicznych warunków tworzenia źródeł OZE–E zgodny z powyższą klasyfikacją daje możliwość porównania nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych, sprawności i czasu życia tych źródeł.

Szczególną uwagę zwrócono na problematykę wykorzystania biogazu do wytwarzania energii elektrycznej oraz osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnych, których utylizację w najbliższych latach, zgodnie z założeniami, będzie się realizowało między innymi poprzez unieszkodliwianie termicznie w odpowiednich instalacjach. Artykuł zakończono przeglądem rodzajów OZE–E w Polsce, wielkością mocy zainstalowanej w źródłach oraz wielkością produkcji energii elektrycznej z OZE–E w 2005 roku.

SŁOWA KLUCZOWE: odnawialne źródła energii, technologie OZE–E, koszty wytwarzania energii z OZE–E w Europie

* Mgr inż. — Katedra Polityki Energetycznej, Wydział Paliw i Energii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; e-mail: mirowski@agh.edu.pl

Recenzent: prof. dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI

Wprowadzenie

Wytwarzanie energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii OZE ma priorytet w strategii polityki Unii Europejskiej, strategiach polityki energetycznej poszczególnych krajów, jak również w skali globalnej. W europejskich dokumentach dotyczących wytwarzania energii elektrycznej z OZE zostały postawione ambitne cele dla tego nowego rodzaju wytwarzania energii, tj. Dyrektywa dotycząca promocji energii elektrycznej z OZE (European Parliament and Council, 2001) oraz Biała Księga (European Commission, 1997).

Odpowiedzią na stawiane cele jest opracowywanie strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz przedstawianie dotychczasowych osiągnięć w tym zakresie, będących wywiązaniem się z obowiązujących przepisów prawnych oraz dyrektyw UE.

Obowiązek sporządzenia raportu określającego cele w zakresie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w odnawialnych źródłach energii znajdujących się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, w krajowym zużyciu energii elektrycznej w kolejnych dziesięciu latach spoczywa na Ministrze Gospodarki. Zawarte w raporcie cele muszą być zgodne z zobowiązaniami wynikającymi z umów międzynarodowych dotyczących ochrony klimatu, oraz przedstawione środki zmierzające do realizacji tych celów (Prawo Energetyczne, art. 9f, ust. 1).

Niniejszy artykuł został oparty o wyniki opracowane dla Komisji Europejskiej z lutego 2006 r. dotyczące potencjału OZE oraz kosztów wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł w krajach UE, jak również o raport Ministerstwa Gospodarki zawierający analizę realizacji celów ilościowych i osiągniętych wyników w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii.

Podział odnawialnych źródeł energii do produkcji energii elektrycznej

Wiele jest definicji odnawialnych źródeł energii. Definicja przyjęta w ustawie Prawo energetyczne (Prawo...2006) określa odnawialne źródło energii jako źródło wykorzystujące w procesie przetwarzania:

- ✧ energię wiatru,
- ✧ promieniowania słonecznego,
- ✧ geotermalną,
- ✧ fal, prądów i pływów morskich,
- ✧ spadku rzek,
- ✧ energię pozyskiwaną z biomasy,
- ✧ biogazu wysypiskowego,

✧ biogazu powstałego w procesach odprowadzania lub oczyszczania ścieków albo rozkładu składowanych szczątków roślinnych i zwierzęcych.

Podziału odnawialnych źródeł energii można dokonać ze względu na rodzaj wytwarzanej z nich energii użytkowej. I tak są źródła, które można przetwarzać na energię użyteczną w postaci jedynie energii cieplnej (np. wody geotermalne o temperaturze niskiej i średniej $<100^{\circ}\text{C}$) oraz energię użyteczną w postaci energii elektrycznej (np. turbiny wodne, wiatrowe). Ten drugi rodzaj OZE w literaturze anglojęzycznej określa się w skrócie jako RES-E (*Renewable Energy Sources–Electricity*). W referacie stosowany będzie skrót OZE-E (Odnawialne Źródła Energii Elektrycznej) i oznacza źródła odnawialne, z których można wytwarzać energię elektryczną.

W polskim piśmiennictwie (literaturze przedmiotu) nie stosowano dotąd skrótu OZE-E, a mógłby on znaleźć zastosowanie w opisie źródeł odnawialnych, szczególnie w statystykach porównawczych krajowych zasobów OZE, Unii Europejskiej czy świata.

Klasyfikacja odnawialnych źródeł energii elektrycznej

Poniżej przedstawiono klasyfikację źródeł energii odnawialnej, z których można wytwarzać energię elektryczną, dwóch znanych instytucji zajmujących się tą tematyką od początku ich istnienia. Jest to Komisja Europejska, a ściślej Dyrektoriat Generalny ds. Energii i Transportu oraz Międzynarodowa Agencja Energii (IEA — *International Energy Agency*). Dyrektywa określająca promocję produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii jest nazywana w skrócie „RES-E Directive” (Directive 2001/77/EC).

W celu porównania źródeł OZE-E, wymienionych w tabeli 1, w pracy zamieszczono kompletny przegląd kosztów inwestycyjnych, eksploatacji i utrzymania oraz innych aspektów technicznych dla tych źródeł wykonany z zastosowaniem modelu Green-X przez Vienna University of Technology, Institute of Power Systems and Energy Economics, Energy Economics Group dla Komisji Europejskiej. Dane przedstawia tabela 2.

Krótką charakterystyka biogazu i osadów ściekowych

Ze względu na ograniczoną liczbę stron artykułu, uwagę skupiono przede wszystkim na biogazie i osadach ściekowych.

Biogaz

W warunkach braku kontaktu z tlenem oraz pod wpływem działania pewnych bakterii materia organiczna pochodzenia zwierzęcego i roślinnego przechodzi szereg procesów

TABELA 1. Przegląd stosowanej klasyfikacji różnych rodzajów OZE do produkcji energii elektrycznej

TABLE 1. Overview on classifications applied for the various RES-E

Rodzaje OZE-E	Zgodne z RES-E Directive	Zgodne z IEA
Biogaz pochodzenia rolniczego Gaz wysypiskowy Gaz fermentacyjny ze ścieków	Biogaz	Bioenergia (łącznie z energią odpadową)
Produkty leśne (drewno) Odpady z produkcji leśnej (kora, odpady tartaczne, itp.) Produkty rolnicze (uprawy energetyczne) Odpady z produkcji rolniczej (łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi, np. słoma)	Biomasa stała	
Odpady ulegające biodegradacji (miejskie i przemysłowe)	Odpady biologiczne	
Energia elektryczna z geotermii	Energia elektryczna z geotermii	
Małe elektrownie wodne (<10 MW) Duże elektrownie wodne (>10 MW)	Mała Energetyka Wodna Duża Energetyka Wodna	Energetyka wodna
Fotowoltaika	Fotowoltaika	
Energia elektryczna z kolektorów słonecznych	Energia elektryczna z kolektorów słonecznych	
Energia pływów morskich Energia fal morskich	Energia pływów i fłowania morskiego	
Energia wiatru na lądzie	Lądowa Energetyka wiatrowa	
Energia wiatru na morzu	Morska Energetyka wiatrowa	

Źródło: Resch G. i in. 2006

biochemicznych, w tym proces anaerobowej fermentacji, w wyniku których powstaje między innymi gaz bogaty w metan. Wydatek i jakość gazu powstającego przy fermentacji beztlenowej są zależne od szeregu czynników, w tym przede wszystkim od (KAPE 2006):

- ✧ rodzaju surowców pierwotnych (wsadowych),
- ✧ stopnia przefermentowania tych surowców,
- ✧ temperatury w jakiej przebiega proces fermentacji,
- ✧ poprawności obróbki mechanicznej (mieszanie),
- ✧ czasu trwania procesu.

Proces fermentacji materii organicznej związany jest z udziałem beztlenowych bakterii anaerobowych w środowisku wodnym. Większość instalacji biogazowych pracuje przy temperaturze rzędu 32—37°C, co odpowiada zakresowi działania bakterii mezofilowych. Dla zapewnienia właściwego przebiegu procesu fermentacji konieczne jest, aby temperatura procesu utrzymywana była na możliwie stałym poziomie. Odchylenia temperatury nie powinny być większe niż $\pm 2^\circ\text{C}$.

Najczęściej spotykanym sposobem wytwarzania energii elektrycznej z biogazu jest jego spalanie w tłokowych silnikach spalinowych o sprawności <40%. Inne rozwiązania wytwarzania skojarzonego energii elektrycznej i ciepłej, to silnik Stirlinga, mikroturbiny,

TABELA 2. Przegląd ekonomicznych i technicznych warunków tworzenia źródeł OZE-E

TABLE 2. Overview on economic and technical specifications for new RES-E plant

Podkategoria OZE-E	Rodzaj elektrowni	Koszty inwestycyjne [Euro/kW _e]	Koszty eksploatacji i utrzymania [Euro/kW _e /rok]	Sprawność energetyczna	Sprawność cieplna	Przeciętny czas życia (lata)	Typowa wielkość elektrowni [MW _e]
1	2	3	4	5	6	7	8
Biogaz	Elektrownia na biogaz	2 550-4 290	115-140	0,28-0,34	-	25	0,1-0,5
	Elektrociepłownia na biogaz	2 760-4 500	120-145	0,27-0,33	0,55-0,59	25	0,1-0,5
	Elektrownia na gaz wysypiskowy	1 280-1 840	50-80	0,32-0,36	-	25	0,75-8
	Elektrociepłownia na gaz wysypiskowy	1 430-1 990	55-85	0,31-0,35	0,5-0,54	25	0,75-8
	Elektrownia na gaz ze ścieków	2 300-3 400	115-165	0,28-0,32	-	25	0,1-0,6
Biomasa	Elektrociepłownia na gaz ze ścieków	2 400-3 550	125-175	0,26-0,3	0,54-0,58	25	0,1-0,6
	Elektrownia biomasowa	2 225-2530	75-135	0,26-0,3	-	30	1-2,5
	Elektrownia (współspalanie)	550	60	0,37	-	30	-
	Elektrociepłownia biomasowa	2 600-4 230	80-165	0,22-0,27	0,63-0,66	30	1-2,5
	Elektrociepłownia (współspalanie)	550	60	0,2	0,6	30	-
Bioodpady	Elektrownia – spalarnia odpadów (spalanie całkowite)	4 300-5 820	90-165	0,26-0,3	-	30	2-50
	Elektrociepłownia – spalarnia odpadów (spalanie całkowite)	4 600-6 130	100-185	0,14-0,16	0,64-0,66	30	2-50
Energia elektryczna z geotermii	Elektrownia geotermalna	2 000-3 500	100-170	0,11-0,14	-	30	5-50
	Elektrownie wodne	850-3 650	35	-	-	50	250
Duża energetyka wodna	Jednostki dużej mocy	1 125-4 875	35	-	-	50	75
	Jednostki średniej mocy	800-3 600	35	-	-	50	20
Mała energetyka wodna	Jednostki małej mocy	800-1 600	40	-	-	50	9,5
	Jednostki dużej mocy	1 275-5 025	40	-	-	50	2
	Jednostki średniej mocy	800-3 600	40	-	-	50	0,25

TAB. 2 cd.

TAB. 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
Fotowoltaika	Elektrownie fotowoltaiczne	5 080–5 930	38–47	–	–	25	0,005–0,05
Energia elektryczna z kolektorów słonecznych	Elektrownia słoneczna termalna	2 880–4 465	163–228	0,33–0,38	–	30	2–50
Energia pływów morskich	Elektrownia wodna wykorzystująca energię pływów morskich — na linii brzegowej	2 670	44	–	–	25	0,5
	Elektrownia wodna wykorzystująca energię pływów morskich — blisko brzegu	2 850	49	–	–	25	1
	Elektrownia wodna wykorzystująca energię pływów morskich — oddalona od brzegu	3 025	53	–	–	25	2
Energia fal morskich	Elektrownia wykorzystująca energię fal morskich — na linii brzegowej	2 135	44	–	–	25	0,5
	Elektrownia wykorzystująca energię fal morskich — blisko brzegu	2 315	49	–	–	25	1
	Elektrownia wykorzystująca energię fal morskich — oddalona od brzegu	2 850	53	–	–	25	2
Energia wiatru na lądzie	Elektrownia wiatrowa	890–1 100	33–40	–	–	25	2
Energia wiatru na morzu	Elektrownia wiatrowa morska — blisko brzegu	1 590	55	–	–	25	5
	Elektrownia wiatrowa morska — 5...30 km od brzegu	1 770	60	–	–	25	5
	Elektrownia wiatrowa morska — 30...50 km od brzegu	1 930	64	–	–	25	5
	Elektrownia wiatrowa morska — 50 km...od brzegu	2 070	68	–	–	25	5

Źródło: Resch G. i in. 2006

ogniwa paliwowe czy układy ORC (*Organic Rankine Cycle* — obieg Rankine'a z czynnikiem organicznym). Do przyszłościowych technik produkcji energii elektrycznej z biogazu należy jednak zaliczyć zastosowanie biogazu do zasilania ogniw paliwowych (Biedermann i in. 2004).

Kategorię „Biogaz” przedstawioną w tabeli 1 można podzielić na trzy główne podkategorie:

Biogaz pochodzenia rolniczego (*agricultrual biogas*). Jego powstawanie jest wynikiem procesu fermentacji odpadów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. W przypadku biogazu pochodzenia rolniczego surowcem do produkcji biogazu jest gnojowica pochodzenia zwierzęcego z hodowli bydła z domieszkami odpadów rolniczych, takich jak: trawy, słoma, odpadki rolnicze (np. z buraków cukrowych), łodygi i liście roślin uprawnych (np. ziemniaków). Biogaz produkowany w rolniczych biogazowniach ma następujący przybliżony skład w % (wg Romaniuk, Wradal 2003):

✧ metan CH ₄	60,0—70,0,
✧ dwutlenek węgla CO ₂	30,0—40,0,
✧ siarkowodór H ₂ S	0,05—1,5,
✧ azot N ₂	1,0—4,0,
✧ inne	1,0—3,0.

Powstający gaz ma z reguły ciśnienie max. 30 mbar, jego wartość opałowa jest rzędu 20–23 MJ/Nm³, a gęstość wynosi około 1,2 kg /Nm³.

Gaz wysypiskowy (*landfill gas*). Powstaje z biodegradowalnych części odpadów na wysypiskach odpadów, do których zalicza się odpady zielone, odpady z opakowań papierowych, papier nieopakowaniowy oraz domowe odpady organiczne. Pozyskiwany jest przeważnie za pomocą systemu perforowanych rur umiejscowionych w nagromadzonych na wysypisku odpadów komunalnych, które zawierają materię organiczną.

Głównym składnikiem gazu wysypiskowego jest (% obj.) (Dudek, Zaleska-Bartosz 2004):

✧ metan CH ₄	57,6—62,1,
✧ dwutlenek węgla CO ₂	32,7—36,2,
✧ tlen O ₂	0,3—0,6%.

Według przepisów obowiązujących w Unii Europejskiej emisja gazu wysypiskowego bezpośrednio do atmosfery bez spalania w pochodni, wykorzystania do celów energetycznych lub innego sposobu utylizacji jest niedopuszczalna. Polska jako członek społeczności międzynarodowej podpisała Konwencję Sztokholmską w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO). Nastąpiło to jeszcze przed przystąpieniem do Unii Europejskiej. Ze względu na fakt, że UE 16.11.2004 roku ratyfikowała Konwencję Sztokholmską, Polska zamierza ratyfikować ją najpóźniej do końca 2007 r.

W dokumencie „Prognoza oddziaływania na środowisko projektu Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2010” w gospodarce odpadami komunalnymi w Polsce przyjęto następujące cele (KPGO 2006):

- ✧ objęcie umowami na odbieranie odpadów komunalnych wszystkich mieszkańców, najpóźniej do końca 2007 roku,
- ✧ zapewnienie objęcia wszystkich mieszkańców systemem selektywnego zbierania odpadów, dla którego minimalne wymagania określono w niniejszym Krajowym planie, najpóźniej do końca 2007 r.,

- ✧ zmniejszenie ilości odpadów komunalnych ulegających biodegradacji kierowanych na składowiska odpadów (zgodnie z wymaganiami określonymi w art. 5 dyrektywy Rady 1999/31/EC), które powinny wynosić wagowo nie więcej, niż:
 - ✧ 75% w 2010 roku,
 - ✧ 50% w 2013 roku,
 - ✧ 35% w 2020 roku.

Realizacja tych celów spowoduje zmniejszenie potencjału wytwórczego biogazu ze składowisk odpadów komunalnych. Odpady te będą musiały być przetworzone bądź utylizowane termicznie.

Gaz fermentacyjny ze ścieków. Źródłem gazu ściekowego (ang. *sewage gas*) są wody odpadowe oraz ścieki odpowiednio poddane obróbce w oczyszczalni ścieków. Gaz ściekowy, inaczej określany jako po prostu biogaz, jest palną mieszaniną metanu i dwutlenku węgla średnio w proporcji 65/35%.

Odpady ulegające biodegradacji (*biodegradable fraction of waste*)

Zgodnie z definicją RES-E zawartą w Dyrektywie 2001/77/EC odpady ulegające biodegradacji zaliczane są do odnawialnych źródeł energii. Wytwarzanie energii z bioodpadów charakteryzuje się stabilnością (energetyczną), podobnie jak w przypadku stosowania paliw konwencjonalnych.

Niskim kosztem zmiennym odpowiadają wysokie nakłady inwestycyjne. W porównaniu z innymi źródłami biomasowymi wykorzystanie bioodpadów w energetyce stanowi dodatkowe źródło odnawialnej energii. Jakkolwiek, nakłady inwestycyjne dla bioodpadów są stosunkowo wysokie i związane są z koniecznością stosowania odpowiednich systemów oczyszczania w procesie ich termicznej utylizacji. Dodatkowo nakłady te związane są z transportem bioodpadów do miejsca ich utylizacji.

Grupą bioodpadów, która zostanie szerzej opisana, są osady ściekowe. Powstają one w oczyszczalniach ścieków w procesie oczyszczania i są w postaci płynnego konglomeratu ulegającego procesom rozkładu i humifikacji zanim stanie się ustabilizowaną substancją organiczną. Składniki organiczne takiego osadu stanowią mogą nawet 50% masy odwodnionych osadów. Są to najczęściej węglowodany, białka i tłuszcze.

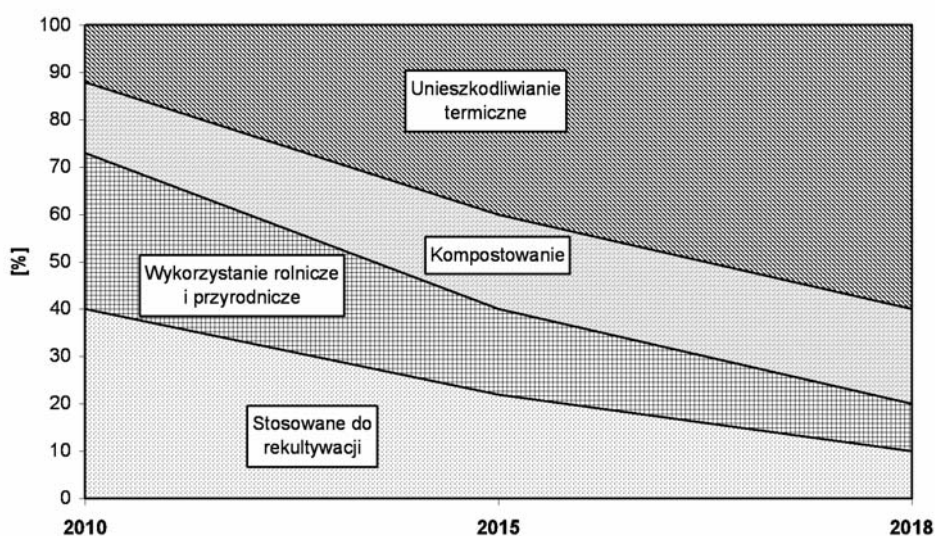
Ilość powstających osadów to około 3% objętości oczyszczanych ścieków, a koszty przerobu i zagospodarowania osadów mogą stanowić nawet połowę kosztów eksploatacyjnych oczyszczalni.

Obecnie szacuje się, że rocznie powstaje około 390 tys. ton s.m. osadów, natomiast w roku 2014 po pełnej realizacji programu budowy oczyszczalni ścieków, prognozowany jest dwukrotny przyrost masy osadów w stosunku do roku 2000, wynoszący 700 tys. Mg s.m. (Wzorek 2005).

W perspektywie do 2018 r. podstawowe cele w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi w Polsce są następujące:

- ✧ całkowite ograniczenie składowania osadów ściekowych,
- ✧ zwiększenie ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz osadów przekształcanych metodami termicznymi,
- ✧ maksymalizacja stopnia wykorzystania substancji biogennej zawartych w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego i chemicznego.

Największy wzrost przewiduje się dla utylizacji termicznej osadów ściekowych, co przedstawia rysunek 1. Unieszkodliwianie poprzez utylizację termiczną będzie wymagało zatem odpowiednich kotłów energetycznych wyposażonych w zaawansowane technicznie instalacje oczyszczania spalin, które posiada jedynie energetyka zawodowa. W pracy (Pająk, Ing 2005) zaproponowano współspalanie odpadów (w tym osadów ściekowych) w kotłach energetycznych w energetyce zawodowej. Za wykorzystaniem istniejącej infrastruktury obiektów energetyki zawodowej przemawiają względy techniczne (zachowanie standardów dotyczących emisji podczas spalania odpadów oraz spełnienie określonych warunków procesowych).



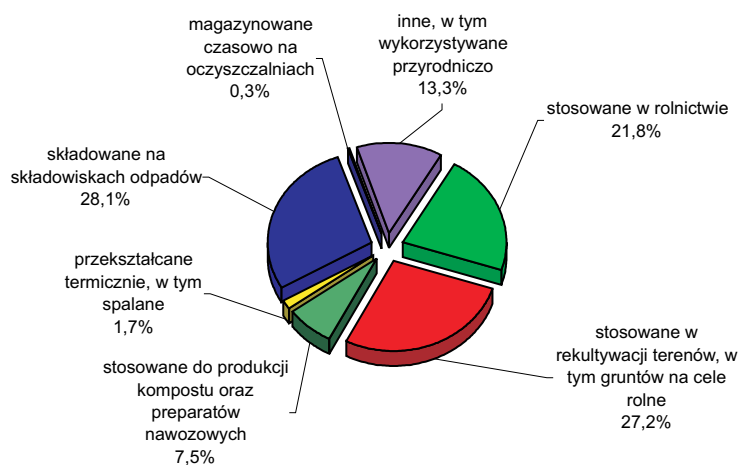
Rys. 1. Zmiany w strukturze odzysku i unieszkodliwiania osadów z komunalnych oczyszczalni ścieków w perspektywie do 2018 roku według Krajowego Programu Gospodarki Odpadami (KPGO)
Źródło: KPGO, 2006

Fig. 1. The changes in structure of sewage sludge recovery and neutralization from municipal sewage treatment plant to 2018 based on National Waste Management Programme

Wysuszone termicznie osady charakteryzują poniższe parametry (Janosz–Rajczyk 2004):

- ✧ zawartość suchej masy 85—92%
- ✧ zawartość pyłu < 100 μm poniżej 1%
- ✧ ciężar nasypowy 650—750 kg/m³
- ✧ wartość energetyczna:
 - ✧ osad surowy mieszany, wstępny + wtórny 20 MJ/kg s.m.
 - ✧ osad beztlenowo stabilizowany, mieszany wstępny + wtórny 11 MJ/kg s.m.

W obecnej strukturze zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce (dane za rok 2005) ze względu na wysokie koszty, jedynie 1,7% tych osadów jest przekształcane termicznie (rys. 2).



Rys. 2. Gospodarka osadami ściekowymi w Polsce w 2005 roku
 Źródło: Ministerstwo Środowiska, 2006

Fig. 2. Sewage sludge management in Poland (2005)

Zawarte w osadach substancje organiczne, bakterie i patogeny oraz metale ciężkie, ze względu na szkodliwość ekologiczną, stwarzają zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. Coraz więcej prac dowodzi, że osady oprócz metali ciężkich i substancji mikrobiologicznego skażenia zawierają również dioksyny, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz polichlorowane bifenyle, dlatego też w wielu krajach wykorzystanie osadów na cele rolnicze zostało znacznie ograniczone (Niemcy, Kanada), czy też zabronione, jak w Szwajcarii (Wzorek 2005).

OZE–E w Polsce

W Polsce obecnie największy udział w produkcji energii elektrycznej z OZE, wyłączając udział elektrowni wodnych, mają elektrownie współspalające biomasę z węglem, a następnie elektrownie biomasowe (tab. 3).

Struktura źródeł wytwarzania oraz moce zainstalowane w źródłach OZE–E w Polsce przedstawia tabela 4. Na uwagę załuguje wzrost mocy zainstalowanej w źródłach spalających biomasę, który jak wynika z danych URE wyniósł 189,8 MW, co stanowi 14,5% udziału w OZE–E w 2005 roku. W 2004 roku udział ten wyniósł jedynie 5,1% (51,9 MW). Rysunek 3 przedstawia strukturę mocy zainstalowanej w OZE–E w 2004 i 2005 roku.

TABELA 3. Moce zainstalowane oraz wielkość produkcji energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii w Polsce w 2005 r.

TABLE 3. Installed capacity and electricity production from Renewable Energy Sources in Poland (2005)

Rodzaj OZE	Wielkość produkcji [MW·h]	Moc zainstalowana źródeł* [MW]
Elektrownia wodna	2 175 115,869	1 002,495
Elektrownia biomasowa	467 018,483	189,790
Elektrownia biogazowa	103 350,194	31,972
Elektrownia wiatrowa	135 158,809	83,280
Elektrownia wykorzystująca technologię współspalania	877 009,321	–
Suma	3 757 652,676	1 307,537

* Moc zainstalowana źródeł odnawialnych należących do wytwórców, dla których wydano koncesje na wytwarzanie energii elektrycznej.

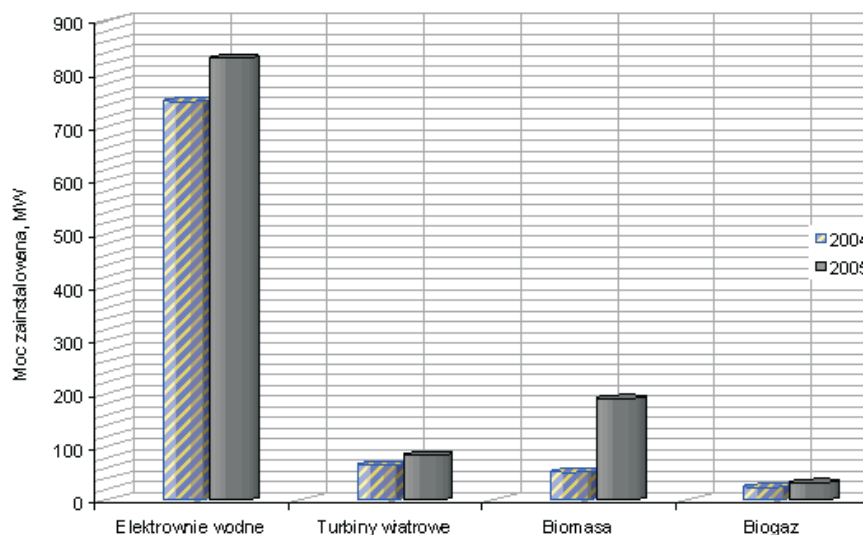
Źródło: Prezes URE 2006

TABELA 4. Moc zainstalowana w elektrowniach wytwarzających energię elektryczną ze źródeł odnawialnych w latach 2002—2004

TABLE 4. Installed capacity in RES–E plants for the period 2002—2004

Moc zainstalowana [MW]		Rok		
		2002	2003	2004
Biogaz		15,0	18,0	22,0
w tym	Biogaz rolniczy	b.d.	1,0	2,0
	Gaz wysypiskowy	15,0	15,0	17,0
	Gaz ściekowy	b.d.	2,0	3,0
Biomasa		1,1	16,6	51,9
Elektrownie i elektrociepłownie przemysłowe		b.d.	15,5	17,0
Elektrownie pozostałe		1,1	1,1	1,4
Elektrownie wodne (w tym):		840,0	873,0	881,0
Duże elektrownie wodne >10 MW		630,0	637,0	638,0
Małe elektrownie wodne <10 MW		210,0	236,0	243,0
Elektrownie wiatrowe		59,0	60,0	65,0
Suma OZE		915,1	967,0	1 091,6
Suma OZE bez elektrowni wodnych		75,1	94,0	138,6

Źródło: Raport Ministra Gospodarki (Załącznik...2006)



Rys. 3. Moc zainstalowana w odnawialnych źródłach energii na koniec 2004 i 2005 roku według Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki
Źródło: Prezes URE 2005, 2006

Fig. 3. Installed capacity in RES-E at the end of 2004 and at the end of 2005

Podsumowanie

Z przytoczonych w referacie danych dotyczących ekonomicznych i technicznych warunków budowy nowych źródeł oraz planów redukcji ilości odpadów składowanych na wysypiskach ulegających biodegradacji wynika, że biogaz ze względu na wysokie koszty zarówno inwestycyjne, jak i eksploatacyjne będzie miał znaczenie marginalne w produkcji energii elektrycznej w Polsce. Produkcja ta, w porównaniu z innymi odnawialnymi źródłami, była niewielka i wyniosła w 2004 roku 66 GW·h, w tym z gazu wysypiskowego 50 GW·h, biogazu rolniczego 10 GW·h, biogazu z oczyszczalni ścieków komunalnych 6 GW·h. W tym samym roku produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych wyniosła 142 GW·h, a z biomasy 604 GW·h (Załącznik... 2006). Najniższe koszty wskazują na technologię współspalania biomasy z węglem, która jest już zaadoptowana w wielu elektrowniach i elektrociepłowniach w Polsce.

Według Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2010 przewiduje się, że ilość wytworzonych osadów ściekowych w Polsce w 2010 roku wyniesie 612,8 tys. Mg s.m./rok, a ich utylizacją poprzez „termiczne unieszkodliwianie” zostaną najprawdopodobniej obciążone polskie elektrownie.

Praca finansowana z badań własnych AGH nr 10.10.210.74.

Literatura

- [1] Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market.
- [2] RESCH G. i in. 2006 — Potentials and cost for renewable electricity in Europe — IEE project OPTRES. Report (D4) of the Intelligent Energy Europe project. Vienna University of Technology, Institute of Power Systems and Energy Economics, Energy Economics Group (EEG). Austria. Vienna, February.
- [3] Prawo energetyczne 2006 — Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 1997 r. nr 54, poz. 348) z późniejszymi zmianami (stan na dzień 23 czerwca 2006) .
- [4] Materiały informacyjne Krajowej Agencji Poszanowania Energii. www.ozee.kape.gov.pl
- [5] BIEDERMANN F. et al., 2004 — Small-scale CHP Plant Based on a 75 kWel Hermetic Eight Cylinder Stirling Engine for Biomass Fuels. Development, Technology and Experiences. Proceedings of the 2nd World Conference and Exhibition of Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Rome. Italy.
- [6] DUDEK J., ZALESKA-BARTOSZ J., 2004 — Metody utylizacji gazu składowiskowego. Karbo nr 3, s. 158—163.
- [7] KPGO 2006 — Prognoza oddziaływania na środowisko projektu Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2010. Ministerstwo Ochrony Środowiska. Warszawa 27.07.2006.
- [8] WZOREK M., 2005 — Możliwości wykorzystania mączek kostnych oraz osadów ściekowych jako paliwa alternatywnego. Energetyczne wykorzystanie biomasy. Materiały pokonferencyjne. Opole, s. 85—91.
- [9] PAJAK T., ING E., 2005 — Współspalanie odpadów w energetyce — wybrane aspekty prawne, środowiskowe, technologiczne i uwarunkowania eksploatacyjne. I Konferencja Naukowo-Techniczna Energia Odnawialna — Paliwa Alternatywne, Zawiercie.
- [10] Załącznik do obwieszczenia Ministra Gospodarki z dnia 20 kwietnia 2006 r. (poz. 323). Monitor Polski nr 31, poz. 342 i 343.
- [11] JANOSZ-RAJCZYK M., 2004 — Komunalne osady ściekowe — podział, kierunki zastosowań oraz technologie przetwarzania, odzysku i unieszkodliwiania. Praca zamawiana na zlecenie Ministerstwa Środowiska, Warszawa.

Tomasz MIROWSKI

A review of renewable energy sources for electricity generation

Abstract

Generating electricity from renewable energy sources (RES-E) has a high priority in the energy policy strategies at national and European level as well as at a global scale.

The paper presents overview on classifications applied for the various RES-E according to two institutions; European Commission (Directorate-General Energy and Transport) and International Energy Agency (IEA). The paper also presents overview on economic and technical specifications for new RES-E plant and current situation of renewable energies in Poland.

KEY WORDS: renewable energy sources, overview on various RES-E, cost for renewable electricity in Europe