

# Biomasa

Dr inż. Arkadiusz Ostojski

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

W Polsce w 2011 roku ze źródeł odnawialnych pozyskano 312.828 TJ ( $10^{12}$ J) energii, co stanowi 10,9% ogólnej ilości wyprodukowanej energii, a w 2012 roku 356.070 TJ, co stanowi 11,7% ogólnej ilości pozyskanej energii. Najwięcej energii odnawialnej w 2011 roku pochodziło z biomasy stałej, której udział w pozyskaniu wszystkich nośników energii wyniósł 82,16%. Kolejne pozycje bilansu energetycznego zajęły: biopaliwa ciekłe (7,97%), woda (2,06%), biogazy (1,98%), wiatr (4,80%), pompy ciepła (0,31%), energia geotermalna (0,19%), odpady komunalne (0,38%) oraz promieniowanie słoneczne (0,15%) [1].

Również w przyszłości, jak przewiduje Polityka Energetyczna Polski (PEP2030), najwięcej odnawialnej energii pozyskiwane ma być z biomasy stałej (rys. 1). Prawna definicja biomasy jest zawarta w kilku aktach, najnowsza znajduje się w nowelizacji ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 roku o biokomponentach i biopaliwach ciekłych [10]. Art. 2 ust. 1 pkt 2:

*biomasa – ulegające biodegradacji części produktów, odpady lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa, łącznie z substancjami roślinnymi i zwierzęcymi, leśnictwa i rybołówstwa oraz powiązanych z nimi działów przemysłu, w tym z chowu i hodowli ryb oraz akwakultury, a także ulegająca biodegradacji część odpadów przemysłowych i komunalnych, w tym z instalacji służących zagospodarowaniu odpadów oraz uzdatniania wody i oczyszczania ścieków.*

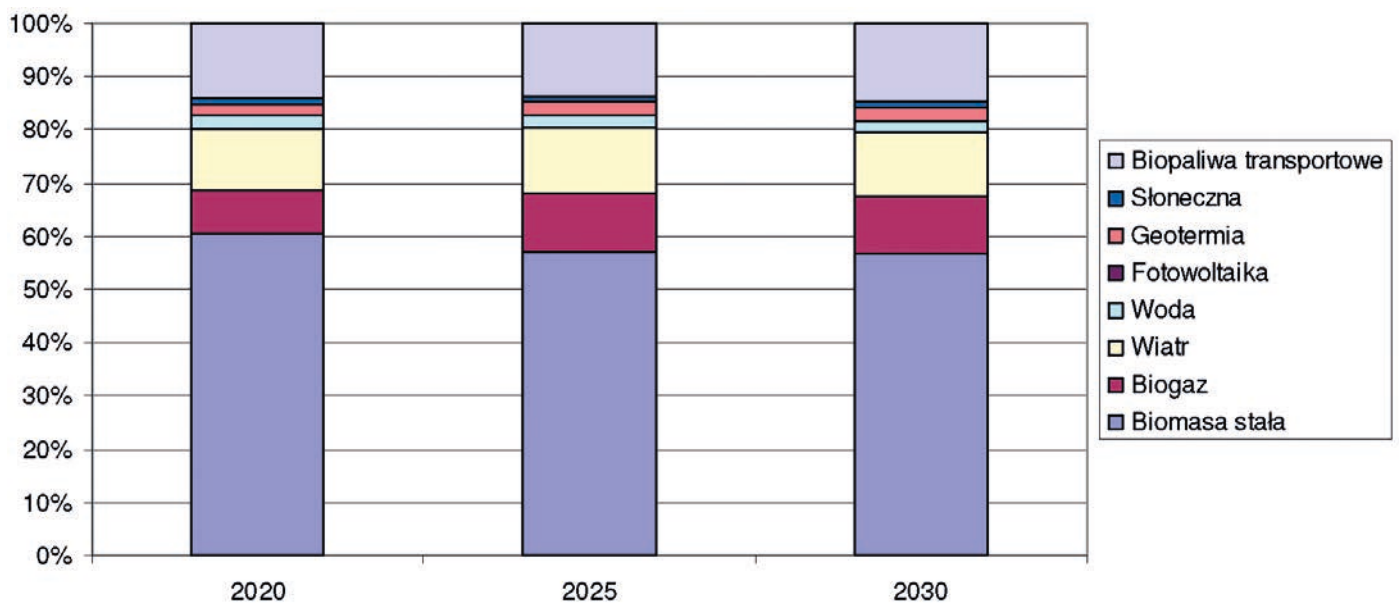
Odmianą definicję podaje się w rozporządzeniach, np. w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 roku w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [7], Rozdział 1 zgodnie z § 2 pkt 1 biomasa to:

*produkty składające się z substancji roślinnych pochodzących z rolnictwa lub leśnictwa spalane w celu odzyskania zawartej w nich energii oraz następujące odpady:*

- roślinne z rolnictwa i leśnictwa,*
- roślinne z przemysłu przetwórstwa spożywczego, jeżeli odzyskuje się wytwarzaną energię cieplną,*
- włókniste roślinne z procesu produkcji pierwotnej masy celulozowej i z procesu produkcji papieru z masy, jeżeli odpady te są spalane w miejscu, w którym powstają, a wytwarzana energia cieplna jest odzyskiwana,*
- korka,*
- drewna, z wyjątkiem odpadów drewna, które mogą zawierać związki fluorowcoorganiczne lub metale ciężkie, jako wynik obróbki środkami do konserwacji drewna lub powlekania, w skład których wchodzi w szczególności odpady drewna pochodzące z budownictwa i odpady z rozbiórki.*

W świetle tych przepisów biomasa jest rozumiana jako paliwo pochodzące z odpadów. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii [8] w § 2 pkt 1:

*biomasa – stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej oraz przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, oraz ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym określonych w art. 7 rozporządzenia Komisji*



Rys. 1. Zapotrzebowanie na energię finalną brutto z OZE w podziale na rodzaje energii [5]

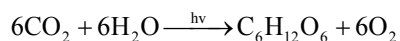
(WE) nr 1272/2009 z dnia 11 grudnia 2009 roku ustanawiającego wspólne szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w odniesieniu do zakupu i sprzedaży produktów rolnych w ramach interwencji publicznej (Dz. Urz. UE L 349 z 29.12.2009, str. 1, z późniejszymi zmianami) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu.

Zasadnicza zmiana w porównaniu z pierwotną wersją rozporządzenia z dnia 14 sierpnia 2008 roku [6] oraz ustawą o biokomponentach i biopaliwach polega na zakwalifikowaniu ziaren zbóż niespełniających wymagań jakościowych do biomasy odpadowej, z której będzie można produkować energię elektryczną z dopłatą. Zakazuje ono również od 1 stycznia 2013 roku spalania w elektrociepłowniach pełnowartościowego drewna okrągłego. Energia pozyskiwana z takiego drewna traci status OZE i prawo do certyfikatów, § 2 pkt 7:

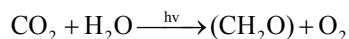
*drewno pełnowartościowe – drewno spełniające wymagania jakościowe określone w normach określających wymagania i badania dla drewna wielkowymiarowego liściastego, drewna wielkowymiarowego iglastego oraz drewna średniowymiarowego dla grup oznaczonych jako S1, S2 i S3 oraz materiał drzewny powstały w wyniku procesu celowego rozdrobnienia tego drewna.*

Przytoczone przepisy wydają się podawać niejednoznaczną definicję biomasy, jednak pamiętać należy, że definicja zapisana w ustawie odnosi się do tej ustawy i rozporządzeń wydanych na jej podstawie. Jeżeli definicja jest w rozporządzeniu, to odnosi się tylko do tego rozporządzenia.

W ujęciu chemicznym biomasa jest to substancja organiczna w postaci produktu stałego, wytwarzana przez rośliny w procesie fotosyntezy, przy wykorzystaniu energii promieniowania słonecznego (hv). Ogólne równanie fotosyntezy przedstawia się następująco:



Zgodnie z powyższym zapisem z dwutlenku węgla i wody powstaje glukoza i tlen. Z chemicznego punktu widzenia podstawowymi składnikami biomasy są związki węgla, wodoru i tlenu. W kolejnych etapach z glukozy powstają polisacharydy, następnie kolejne, coraz bardziej skomplikowane związki organiczne. Wszystko to od prostych związków – sacharydów po złożone tkanki stanowi biomasę. Zwyczajowo przedstawia się to za pomocą reakcji:



Biomasa jest postacią energii pochodzącej od energii źródła pierwotnego, tj. strumienia słonecznego, który jest siłą napędową produkcji biomasy. Biomasę traktujemy jako źródło odnawialne, ponieważ średnia energia Słońca osiągająca Ziemię pozostaje stała, a uprawy mogą rosnać i być zbierane każdego roku. Jednakże energia słoneczna nie jest jedynym potrzebnym elementem. Woda ma oczywiście zasadnicze znaczenie, a gleba również odgrywa istotną rolę jako źródło substancji pokarmowych.

W celu podtrzymania zdolności produkowania biomasy musi być zachowana integralność chemiczna i fizyczna obu tych źródeł. Oprócz tego, że jest odnawialna, biomasa ma jeszcze

inną wyjątkową i ważną cechę jako źródło energii. W zasadzie możliwe jest pochłonięcie przez roślinę podczas fazy wzrostu prawie tej samej ilości ditlenku węgla, jaka jest uwalniana podczas jej spalania.

Istnieje wielka różnorodność postaci biomasy stałej stosowanej do produkcji energii. Drewno z drzew jest najpopularniejszą postacią, ale inne rośliny, takie jak trzcina cukrowa lub kukurydza, można również uprawiać w celu produkowania paliwa. Źródłem energii związanej z biomasą są produkty uboczne innych działań rolniczych, np. odpady pochodzenia rolniczego (słoma, nasiona zbóż czy nawóz zwierzęcy). Chociaż o produktach ubocznych mówi się często jako o produktach odpadowych, nie jest to całkowicie prawdziwe, ponieważ mogą służyć do wielu innych potrzebnych celów, np. jako pokarm dla zwierząt, do kondycjonowania gleby lub jako nawóz.

W szczególnym przypadku surowcem energetycznym mogą być osady ściekowe z komunalnych, lokalnych czy indywidualnych oczyszczalni ścieków. Zgodnie z ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach [9] art. 44 ust. 8 i 9:

Art. 44 ust. 8:

*Minister właściwy do spraw środowiska w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw gospodarki, kierując się:*

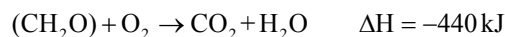
- 1) *potrzebą osiągnięcia wymaganych docelowych, procentowych udziałów energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu w kraju energii elektrycznej brutto,*
- 2) *oceną i prognozą możliwości realizowania celów krajowych oraz ograniczeń systemowych wytworzenia energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, może określić, w drodze rozporządzenia, szczegółowe warunki techniczne kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów komunalnych jako energii z odnawialnego źródła energii.*

Art. 44 ust. 9:

*Rozporządzenie, o którym mowa w ust. 8, określi przede wszystkim:*

- 1) *rodzaje frakcji zawartych w odpadach komunalnych, które przekształcane termicznie w spalarni odpadów mogą być uznane jako biodegradowalne frakcje w sensie definicji biomasy, zapisanej w Dyrektywie z dnia 27 września 2001 roku nr 2001/77/WE i w ustawie z dnia 10 kwietnia 1997 roku – Prawo energetyczne (Dz. U. z 2006 roku nr 89, poz. 625 z późniejszymi zmianami),*
- 2) *techniczne i organizacyjne warunki wiarygodnego dokumentowania ilościowego i energetycznego udziału biodegradowalnych frakcji zawartych w odpadach komunalnych podlegających termicznemu przekształcaniu w spalarniach odpadów i zaliczonych jako źródło odnawialne w bilansie energetycznym odzysku energii w spalarni odpadów.*

Różnorodne postaci biomasy są przekształcane w energię dwoma sposobami. Jednym z nich jest bezpośrednio spalanie. Jeżeli biomasa jest uważana za złożoną postać węglowodanów, to reakcję spalania można wyrazić prostym równaniem:

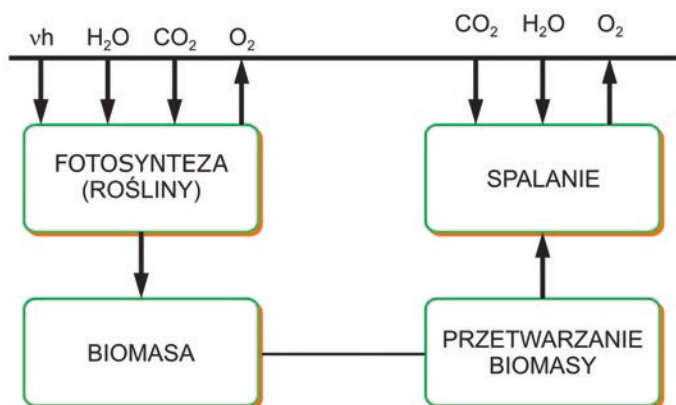


Na każdy mol reagującego substratu wydziela się 440 kJ energii. Jak można zauważyć, podana reakcja jest odwróceniem reakcji fotosyntezy.

## WŁAŚCIWOŚCI OPAŁOWE BIOMASY

Biomasa jest prawdopodobnie najdłużej znaną i najbardziej popularną formą energii odnawialnej znaną człowiekowi. Jest stosowana od czasów, gdy człowiek poznał tajemnicę ognia. Nie wpływa na poziom gazów cieplarnianych w atmosferze, nie uwalnia do niej również szkodliwych produktów spalania (tylko w ograniczonym zakresie zwiększa stężenie dwutlenku siarki). Jest to bardzo czyste i łatwo dostępne źródło energii (rys. 2).

Paliwa stałe są charakteryzowane przez szereg wskaźników, takich jak: ciepło spalania (MJ/kg), wartość opałowa (MJ/kg),



Rys. 2. Przemiany CO<sub>2</sub> podczas spalania biomasy

popielność (%), zawartość siarki (%). Ciepło spalania to ilość ciepła wydzielona podczas całkowitego spalania paliwa stałego w bombie kalorymetrycznej w atmosferze tlenu w temperaturze 250°C (PN-81 G-04513, 1981). Wartość opałowa to ciepło spalania pomniejszone o ciepło parowania wody, wydzielonej podczas spalania z paliwa i powstałej z wodoru zawartego w paliwie w MJ/kg (PN-81 G-04513, 1981). Wartość opałowa to użyteczny efekt cieplny spalania.

Wartość opałowa biomasy stałej zmienia się od 6 ÷ 22 MJ/kg przy wilgotności 50 ÷ 60%. Dla podsuszonej biomasy do poziomu powietrzno-suchego o zawartości wilgoci 10 ÷ 20% wartość opałowa mieści się w granicach 15 ÷ 17 MJ/kg, a dla całkowicie wysuszonej może wzrosnąć aż do 19 MJ/kg (tabl. 1).

Wartość opałowa biomasy jest niższa od wartości opałowej węgla (1,5 ÷ 2 tony podsuszonego drewna bądź słomy ma taką wartość energetyczną jak 1 tona węgla o przeciętnej wartości opałowej) i jest znacznie niższa od wartości opałowej gazu ziemnego (tabl. 2 i 3). Ogólnie z 1 ha użytków rolnych zbiera się rocznie od 10 do 20 t biomasy, czyli, uwzględniając wartość opałową, równowartość 5-10 ton węgla.

Na rys. 3. przedstawiono porównanie względnej ekologicznej efektywności spalania zrębków drzewnych w porównaniu do spalania węgla.

W wielu gminach produkcja biomasy może stanowić bardzo liczące się, alternatywne w stosunku do typowej produkcji rolniczej, źródło dochodu. Uprawa roślin energetycznych może być sposobem na poprawę efektywności ekonomicznej wielu gospodarstw oraz całych wsi. Szacuje się, że do 2020 roku może powstać 3 tys., a do 2030 roku 57 tys. nowych miejsc pracy związanych ze skupem, przetwórstwem i transportem biomasy.

Potencjał biomasy w Polsce jest szacowany, według różnych źródeł, od 684,6 do 755 PJ w skali roku. Według GUS

Tabl. 1. Właściwości biopaliw stałych [3]

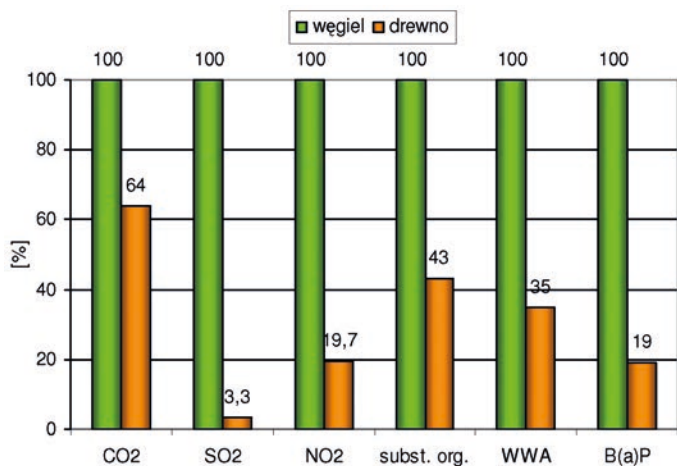
Biopaliwo	Wilgotność [%]	Wartość energetyczna [MJ/kg]	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Zawartość popiołu [% s.m.]
Zrębki	20 ÷ 60	6 ÷ 16	150 ÷ 400	0,6 ÷ 1,5
Pelety	7 ÷ 12	16,5 ÷ 17,5	650 ÷ 700	0,4 ÷ 1,0
Słoma żółta	10 ÷ 20	14,3	90 ÷ 165	4,0
Słoma szara	10 ÷ 20	15,2	90 ÷ 165	3,0
Drewno kawałkowe	20 ÷ 30	11-22	380 ÷ 640	0,6 ÷ 1,5
Kora	55 ÷ 65	18,5 ÷ 20	250 ÷ 350	1 ÷ 3

Tabl. 2. Porównanie właściwości biomasy i paliw kopalnych [2]

Paliwo	C [%]	H [%]	O [%]	N + S [%]	Wartość opałowa [MJ/kg]	Części lotne [%]
Drewno	50	6	43	0,3	14,5	75
Węgiel brunatny	70	5	24	0,8	21	50
Węgiel kamienny	82	5	12	0,8	30	35
Ropa naftowa	89	8,4	2	0,6	47	–
Gaz ziemny	86	6,5	0,1	0,1	48	–

Tabl. 3. Wartość opałowa i wybrane właściwości źródeł energii odnawialnej [2]

Składnik biomasy	Wartość opałowa [MJ/kg]	Gęstość [g/cm]	Zawartość wody [%]	Zawartość popiołu [%]
Słoma zbożowa	14,4	1,3 ÷ 1,36	6,2	4,8
Słoma sojowa	14,6	1,3 ÷ 1,35	8,7	6
Łuski słonecznika	15,2	1,01 ÷ 1,3	6,1	6,5
Kaczany kukurydziane	14,6	0,1 ÷ 0,5	30 ÷ 50	–
Odpady drzewne	15,9	0,1 ÷ 0,5	16 ÷ 58	1,4
Siano	8-9	0,1 ÷ 0,3	8 ÷ 35	–
Trociny	16,8	0,92 ÷ 1,1	6,1	10 ÷ 12
Drewno dębu	14,3	–	13	3,6
Drewno sosny	16,7	0,61	12	0,2
Drewno brzozy	15,9	–	12	–
Suszony osad ściekowy	10 ÷ 12	–	3,1	30 ÷ 40



Rys. 3. Względna ekologiczna efektywność spalania zrębków drzewnych w porównaniu do spalania węgla [4]

w 2012 roku pozyskano w Polsce 356070 TJ z OZE, co stanowi 11,7% pozyskanej energii pierwotnej ogółem (3035604 TJ). Przy obecnym 82% udziale biomasy stałej osiągnęliśmy już około 40% całkowitego potencjału. Obowiązujący obecnie w Polsce system wsparcia wytwarzania energii z OZE, oparty o tzw. „zielone certyfikaty”, promuje głównie współspalanie biomasy z węglem oraz największe hydroelektrownie, co z kolei sprzyja wzrostowi produkcji biomasy rolniczej i leśnej (z wyłączeniem pełnowartościowego drewna).

Rośliny energetyczne z których uzyskujemy biomasę rolniczą powinny charakteryzować się dużym przyrostem rocznym, wysoką wartością opałową, znaczną odpornością na choroby i szkodniki oraz stosunkowo niewielkimi wymaganiami glebowymi. Niezwykle istotną sprawą jest również możliwość mechanizacji prac agrotechnicznych związanych z zakładaniem plantacji oraz zbieraniem plonu.

Do najbardziej rozpowszechnionych upraw energetycznych zalicza się:

- wierzba wiciowa – wierzba energetyczna (*Salix viminalis*),

- ślaziołec pensylwański (*Sida hermaphrodita*)
- topinambur (*Helianthus tuberosus*)
- róża wielokwiatowa (*Rosa multiflora*)
- rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*)
- miskant olbrzymi (*Miscanthus sinensis gigantea*)
- miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*)
- spartina periowa (*Spartina pectinata*)

## PODSUMOWANIE

Uznanie za biomasę części odpadów przemysłowych i komunalnych jest słusznym posunięciem. Dobrym nośnikiem energii są np. osady ściekowe z miejskich oczyszczalni ścieków; ciepło spalania przefermentowanych (ustabilizowanych) osadów wynosi około 15 MJ/kg.

Biomasa roślinna pochodząca z upraw energetycznych jest bardzo atrakcyjnym produktem dla elektrowni i elektrociepłowni, ponieważ pozwala uzyskać wysokie wpływy z zielonych certyfikatów. Przyszłość biomasy w Polsce jest jednak niejasna, z jednej strony PEP2030 przewiduje wzrost jej produkcji, a z drugiej przedłuża się prace nad ustawą o OZE. Jeżeli, zgodnie z ostatnimi propozycjami ustawy, elektrownie o mocy powyżej 50 MW utracą wsparcie finansowe, najprawdopodobniej drastycznie ograniczą stosowanie biomas.

## LITERATURA

1. Główny Urząd Statystyczny: Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 roku. Warszawa 2013.
2. Internet: Biomasa. <http://www.itcimp.pwrokuwroc.pl/>. Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów jest jednym z dwóch instytutów Wydziału Mechaniczno-Energetycznego Politechniki Wrocławskiej, 2011.
3. Internet: Właściwości biomasy jako paliwa. <http://www.biomasa.org/index.php?d=artykul&kat=51&art.=47>, 2014.



4. Kubica K.: Aspekty ekologiczne związane z produkcją i spalaniem biomasy. Mat. z konf. nt. Energetyczne wykorzystanie biomasy – zielonego węgla w źródłach niekonwencjonalnych, Ustroń, 28.02-1.03.2002.

5. Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki, Rada Ministrów, Warszawa 10 listopada 2009.

6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii, Dz. U. z 2008 roku nr 156, poz. 969.

7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 kwietnia 2011 roku w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz. U. z 2011 roku nr 95, poz. 558.

8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii. Dz. U. z 2012 roku, poz. 1229 2012.12.31.

9. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach. Dz. U. z 2008 roku nr 62, poz. 628 z póź. zm. Dz. U. z 2011 roku nr 171, poz. 1016.

10. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 roku o biokomponentach i biopaliwach ciekłych. Dz. U. z 2006 roku nr 169, poz. 1199 z późniejszymi zmianami – ostatnia Ustawa z dnia 21 marca 2014 roku o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw. Dz. U. z 2014 roku, poz. 457 2014.05.09.