

METODA SZACUNKU POTENCJALNYCH EFEKTÓW EKOLOGICZNYCH POZYSKANIA ENERGII BIOMASY DREWNA WIERZBY ENERGETYCZNEJ NA PRZYKŁADZIE POLSKI

Grażyna Gawrońska, Krzysztof Gawroński

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę szacunku potencjalnych efektów ekologicznych, które wynikają z zastosowania biomasy drewna wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego, rozumianych jako zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Praca ma charakter metodyczny, a bazę badawczą stanowią grunty ugorowane w Polsce w ujęciu województw pozyskane z Głównego Urzędu Statystycznego. W wyniku badań określono potencjalne efekty ekologiczne wyrażone niewyemitowaniem do powietrza atmosferycznego dwutlenku węgla w ilości 13 828 553 ton w ciągu roku oraz dwutlenku siarki w ilości 103 714 ton w ciągu roku oraz istotnym zmniejszeniem emisji tlenków azotu o 26 274 tony w ciągu roku. Uzyskane efekty ekologiczne są szczególnie istotne na analizowanym obszarze, ze względu na poprawę jakości powietrza oraz zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w strukturze zużycia pierwotnych nośników w bilansie paliwowo – energetycznym Polski.

Słowa kluczowe: metoda szacunku efektów ekologicznych, biomasa drewna wierzby energetycznej, zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, Polska

WSTĘP, CEL PRACY I HIPOTEZA BADAWCZA

Rozwój gospodarczy świata prowadzi do wzrostu zużycia energii, zwiększenia zanieczyszczenia środowiska i zmian klimatycznych w skali globalnej. Na forum energetycznym „Polityka energetyczna dla Europy” zorganizowanym w Warszawie w dniu 12 lutego 2007 roku Komisarz Unii Europejskiej, powołując się na stanowisko

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Grażyna Gawrońska, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, prof. dr hab. inż. Krzysztof Gawroński, Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24-28, 30-059 Kraków, e-mail: g.gawronska@ur.krakow.pl, krzysztof.gawronski@ur.krakow.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

IEA (Międzynarodowa Agencja Energetyczna), stwierdził, że w przypadku realizacji obecnego scenariusza, światowe zapotrzebowanie na energię do 2030 roku wzrośnie o ponad 50%, a emisja dwutlenku węgla do 2030 roku zwiększy się o 55%. Emisja dwutlenku węgla w Unii Europejskiej wzrośnie w tym okresie o 5%. Scenariusz ten budzi niepokój oraz nasuwa wiele pytań o to, w jaki sposób można ograniczyć negatywne skutki rozwoju gospodarczego i czy jest możliwy w najbliższych latach rozwój nowych technologii w energetyce, bardziej przyjaznych środowisku. Jednym z celów polityki energetycznej Unii Europejskiej i Polski jest zrównoważony rozwój sektora energetycznego oparty na bezpieczeństwie i konkurencyjności dostaw energii [Office... 2000, Organisation... 2014].

Obecnie do produkcji energii wykorzystywane są głównie paliwa kopalne – ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel. Ograniczenie wykorzystywania zasobów naturalnych i potencjalne ryzyko ograniczenia dostaw podyktowane celami politycznymi lub uszkodzeniem sieci dystrybucji są przyczyną przyspieszenia prac mających na celu poszukiwanie alternatywnych źródeł paliw. Zainteresowania skupiają się głównie na rozwoju technologii wykorzystujących energię słoneczną, wiatrową, źródła geotermalne i hydroenergetyczne.

W warunkach klimatycznych Polski istnieje realna szansa włączenia do systemu energetycznego biomasy pochodzącej z różnych roślin [Lewandowski i Ryms 2013, Krzyżaniak i in. 2014].

Udział energii ze źródeł odnawialnych w strukturze zużycia pierwotnych nośników w bilansie paliwowo-energetycznym Polski ma wynosić 15% w 2020 roku, a jej udział w ogólnym bilansie produkcji energii w 2012 r. był szacowany na 10,7% [Rocznik... 2013]. W strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii czołowe miejsce zajmuje biomasa. Udział biomasy stałej w wytwarzaniu energii odnawialnej w 2014 roku stanowił ok. 80%. Biomasa to cała istniejąca na Ziemi materia organiczna, wszystkie substancje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego ulegające biodegradacji. W celu pozyskania biomasy uprawia się również rośliny energetyczne takie jak wierzba, rdest czy trzcina pospolita [Rubczyński i in. 2013]. Do tych upraw nadają się te rośliny, które cechują się dużym przyrostem rocznym i niewielkimi wymaganiami glebowymi [Kowalczyk-Juško 2007, Grzybek 2003, Janowicz 2006, Kołodziej i Matyka 2012, Szczukowski i Stolarski 2013]. O wyborze roślin przeznaczonych na cele energetyczne decyduje głównie sprawność energetyczna, czyli stosunek energii zawartej w biomacie do energii potrzebnej na jej wytworzenie [Gawrońska 1997]. Do takich roślin należy wierzba energetyczna [Larsson 2006, Mystkowski 2007, Stolarski i in. 2014, Jadczyzyn i in. 2008]. Ze względu na korzystne warunki klimatyczne naszego kraju rodzimym gatunkiem jest wierzba krzewiasta, która może być uprawiana na nieużytkach [Grzesik i in. 2009].

Produkcja wierzby energetycznej prowadzi do rozwoju terenów wiejskich – może stać się istotną gałęzią działalności gospodarczej i rolniczej [Stolarski 2006]. Z punktu widzenia ochrony środowiska uprawa i wykorzystanie surowca jest bardzo korzystne ze względu na zagospodarowanie ugorów i terenów zdegradowanych [Nowicki i in. 2007], a także ograniczenie emisji szkodliwych substancji do powietrza atmosferycznego w dłuższej perspektywie czasu [Rogowska 2008].

Wykorzystanie wierzby energetycznej ma wiele zalet, ale też i wad. Stosowanie jej jest mało szkodliwe dla środowiska. Podczas jej spalania emisja CO₂ bilansuje się z tą

ilością, którą roślina pobiera podczas procesu fotosyntezy. Wierzba zawiera małe ilości siarki (nie ma konieczności odsiarczania spalin). Koszty biopaliw są znacznie mniejsze niż koszty innych paliw. Ważnym argumentem przemawiającym za plantacjami roślin energetycznych jest zagospodarowanie nieużytków. Zagrożenia związane z plantacjami to przede wszystkim sposób przechowywania pozyskanej biomasy w obiektach wielkopowierzchniowych. Źle przetrzymywana szybko wilgotnieje, powstają w niej grzyby oraz drobnoustroje, które wytwarzają toksyny, wirusy i pasożyty [Niedziółka i Szpryngiel 2014].

Obecnie istotnym czynnikiem stymulującym zwiększenie powierzchni upraw roślin energetycznych na terenie Polski jest wprowadzenie dopłat bezpośrednich do tego rodzaju produkcji. Największy areal upraw wierzby energetycznej w Europie ma Szwecja – około 17 tys. ha. Rząd Szwecji, widząc potrzebę zwiększania udziału energii odnawialnej opartej na biomase dofinansowuje zakładanie plantacji roślin energetycznych. Istnieje tam system zapewniający wsparcie tego rodzaju upraw zarówno ze strony rządu Szwecji, jak i Unii Europejskiej.

Celem niniejszej pracy jest szacunek potencjalnych efektów ekologicznych, rozumianych jako zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wynikającego z wykorzystania biomasy drewna wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego, na przykładzie Polski w ujęciu województw.

W pracy poddano analizie potencjalne możliwości wykorzystania drewna wierzby energetycznej pozyskanej z zagospodarowania gruntów ugorowanych w Polsce, bez uwzględnienia opinii i decyzji właścicieli nieruchomości, w oparciu o autorską metodę [Gawrońska 2000, Gawrońska i in. 2014]. Zatem przedstawiony w pracy szacunek efektów ekologicznych opiera się na założeniu, że wszystkie grunty stanowiące ugory przeznaczone zostaną pod uprawę wierzby energetycznej.

Uzyskane wnioski pozwolą na odniesienie się do hipotezy badawczej mówiącej, iż wykorzystanie biomasy drewna wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego w istotny sposób wpłynie na poprawę jakości powietrza atmosferycznego w Polsce.

MATERIAŁ I METODA

Materiały źródłowe będące bazą badawczą prezentowanej pracy stanowiły informacje o powierzchni gruntów ugorowanych w Polsce w ujęciu 16 województw z roku 2014 pozyskane z Głównego Urzędu Statystycznego [Rocznik... 2014]. Według Rocznika... [2014]: „grunty ugorowane to grunty niewykorzystywane do celów produkcyjnych, ale utrzymane według zasad dobrej kultury rolnej, przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska. Zaliczamy tu grunty zarówno uprawnione, jak i nieuprawnione (np. gospodarstwa o powierzchni użytków rolnych poniżej 1 ha) do płatności obszarowych, a także powierzchnię upraw na przyoranie uprawianych jako plon główny (nawozy zielone). Do gruntów ugorowanych nie zaliczono gruntów przygotowanych pod zasiewy (np. warzyw), które do 1 czerwca 2014 roku były nieobsiane lub nieobsadzone.”

W przedstawionym opracowaniu zastosowano metodę określenia potencjalnych efektów ekologicznych, które można uzyskać w związku z zastosowaniem biomasy drewna

wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego [Gawrońska 2000, Gawrońska i in. 2014].

Metoda szacowania potencjalnych efektów ekologicznych składa się z kilku etapów:

- Etap I – Oszacowanie ilości suchej masy drewna wierzby energetycznej w oparciu o założenie, że zalesiona zostaje cała powierzchnia ugorów oraz że z 1 ha plantacji można uzyskać średnio 15 ton suchej masy drewna [Jurczak i in. 2010, Gawrońska i in. 2014].
- Etap II – Obliczenie wartości energetycznej suchej masy drewna wierzby energetycznej; do obliczeń przyjęto, że z 1 tony suchej masy drewna uzyskuje się 19,4 GJ energii (wartość opałowa suchej masy drewna wierzby energetycznej) [Gawrońska 2000].
- Etap III – Przedstawienie bilansu zanieczyszczeń emitowanych do powietrza atmosferycznego, które pochodzą ze spalania drewna wierzby energetycznej, przy założeniu, że drewno wierzby zostanie w całości zużyte do ogrzewania. Posługując się wskaźnikami emisji w kg, przypadającymi na 1 GJ wyprodukowanej energii cieplnej pochodzącej ze spalania drewna wierzby, obliczono wielkości emitowanych zanieczyszczeń do powietrza podczas spalania [Wichowski 1994].
- Etap IV – Założono, że do ogrzewania zostanie zużyty węgiel kamienny, którego wartość energetyczna będzie odpowiadać oszacowanej wartości energetycznej masy drewna wierzby energetycznej. Przyjmując takie założenie i posługując się wskaźnikami emisji w kg przypadającymi na 1 GJ wyprodukowanej energii cieplnej pochodzącej ze spalania węgla kamiennego, obliczono wielkości zanieczyszczeń emitowanych do powietrza podczas jego spalania [Wichowski 1994, Gawrońska i in. 2014].
- Etap V – Szacunek potencjalnych efektów ekologicznych, który wyrażony został jako zmniejszenie emisji do powietrza tlenków azotu oraz niewyemitowanie do powietrza dwutlenku węgla i dwutlenku siarki w wyniku zastosowania do ogrzewania biomasy drewna wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego.

Materiały źródłowe będące bazą badawczą prezentowanej pracy stanowiły informacje o powierzchni gruntów ugorowanych w Polsce w ujęciu 16 województw z roku 2014 pozyskane z Głównego Urzędu Statystycznego [Rocznik... 2014]. Według Rocznika... [2014] „grunty ugorowane to grunty niewykorzystywane do celów produkcyjnych, ale utrzymane według zasad dobrej kultury rolnej, przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska. Zaliczamy tu grunty zarówno uprawnione, jak i nieuprawnione (np. gospodarstwa o powierzchni użytków rolnych poniżej 1 ha) do płatności obszarowych, a także powierzchnię upraw na przyoranie uprawianych jako plon główny (nawozy zielone). Do gruntów ugorowanych nie zaliczono gruntów przygotowanych pod zasiewy (np. warzyw), które do 1 czerwca 2014 roku były nieobsiane lub nieobsadzone”.

SZACUNEK POTENCJALNYCH EFEKTÓW EKOLOGICZNYCH POZYSKANIA ENERGII BIOMASY DREWNA WIERZBY ENERGETYCZNEJ W POLSCE W UJĘCIU STRUKTURALNYM I PRZESTRZENNYM

W nawiązaniu do zaprezentowanej metody przedstawiono wyniki obliczeń potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania energii biomasy drewna wierzby energetycznej na terenie Polski w ujęciu województw w 2014 r. (tab. 1).

Powierzchnia ugorów w Polsce wynosi łącznie 475 208 ha, w tym największe powierzchnie występują w województwach: mazowieckim – 64 024 ha, warmińsko-mazurskim – 61 024 ha oraz zachodniopomorskim 49 699 ha. Najmniejsze powierzchnie notuje się w województwach: śląskim – 13 393 ha, małopolskim – 12 995 ha oraz opolskim – 8901 ha.

Kolejnym elementem przedstawionym w pracy jest ilość suchej masy drewna wierzby energetycznej, która sumarycznie w Polsce wynosi $7\,128\,120\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, z czego największą wartość obserwuje się w województwach mazowieckim – $960\,360\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, warmińsko-mazurskim – $915\,360\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, i zachodniopomorskim – $745\,485\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, a najmniejszą w śląskim – $200\,895\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, małopolskim – $194\,925\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ i opolskim – $133\,515\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$.

W dalszym etapie oszacowano wartość energetyczną suchej masy drewna wierzby energetycznej. Łączna wartość energetyczna suchej masy drewna wierzby energetycznej w Polsce wynosi $138\,285\,528\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, z czego największe wartości występują w województwach: mazowieckim – $18\,630\,984\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, warmińsko-mazurskim – $17\,757\,984\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, i zachodniopomorskim – $14\,462\,409\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, a najmniejsze w województwach: śląskim – $3\,897\,363\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, małopolskim – $3\,781\,545\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$, i opolskim $2\,590\,191\text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}$. Zarówno wielkość suchej masy drewna wierzby energetycznej, jak i wartość energetyczna suchej masy drewna są wprost proporcjonalne do powierzchni zalesianych ugorów (tabela 1).

W kolejnym etapie zaprezentowano emisje tlenków azotu i pyłów powstałych w wyniku spalania drewna wierzby energetycznej, które kształtują się następująco: $22\,126\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ w przypadku tlenków azotu oraz $27\,657\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ w przypadku pyłów. Następnie zamieszczono wielkości emisji do powietrza tlenków azotu, dwutlenku węgla, dwutlenku siarki oraz pyłów powstających w wyniku spalania węgla. Tlenki azotu zostaną w Polsce wyemitowane w łącznej ilości $48\,400\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, dwutlenek węgla w łącznej ilości $13\,828\,553\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, dwutlenek siarki w łącznej ilości $103\,714\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, a pyły w łącznej ilości $6914\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Potencjalny efekt ekologiczny, jaki uzyskano w wyniku przeprowadzonych szacunków, wyrażony został w prezentowanej metodzie jako zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do powietrza. W wyniku zastosowania do ogrzewania biomasy drewna wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego zmniejszeniu ulegnie emisja tlenków azotu w Polsce o $26\,274\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$. Ponadto nie zostaną w Polsce potencjalnie wyemitowane dwutlenek węgla w ilości $13\,828\,553\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ oraz dwutlenek siarki w ilości $103\,714\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$.

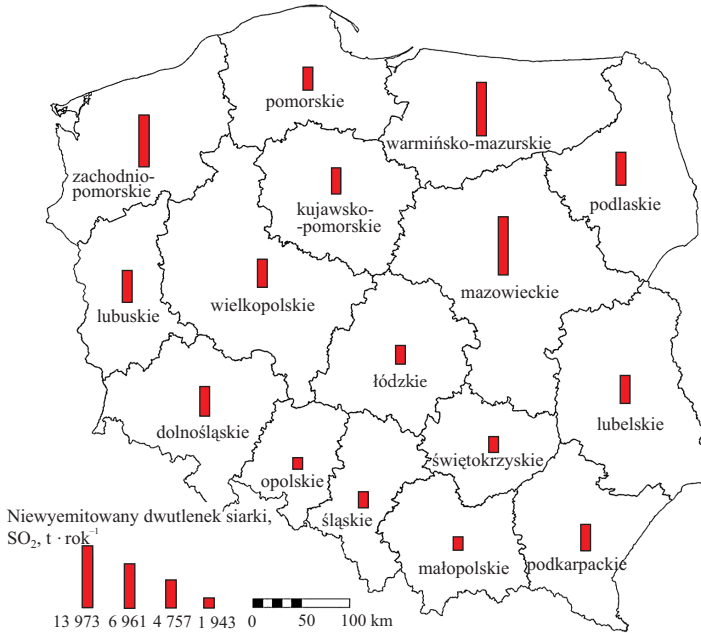
Przestrzenne rozmieszczenie na terenie Polski potencjalnego efektu ekologicznego wyrażonego zmniejszeniem emisji tlenków azotu oraz niewyemitowaniem do powietrza dwutlenku węgla i dwutlenku siarki przedstawiono na rycinach 1, 2 i 3. Z analizy wynika, że największy spadek emisji tlenków azotu (tabela 1) wystąpił w szczególności w województwach: mazowieckim – o $3540\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, warmińsko-mazurskim – o $3374\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, oraz zachodniopomorskim – o $2748\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$. Również w tych województwach nie wyemitowane zostaną: dwutlenek węgla (mazowieckie – $1\,863\,098\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, warmińsko-mazurskie – $1\,775\,798\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, zachodniopomorskie – $1\,446\,241\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$) oraz dwutlenek siarki (mazowieckie – $13\,973\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, warmińsko-mazurskie – $13\,318\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, zachodniopomorskie – $10\,847\text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Tabela 1. Szacunek potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania biomasy drewna wierzby energetycznej w Polsce (2014)
 Table 1. Estimation of the potential environmental effects of obtaining wood willow biomass energy in Poland (2014)

Lp.	Województwo Provinces	Powierzchnia ugorów w 2014 r., ha Area of fallow ground in 2014, ha	Sucha masa drewna wierzby energetycznej, t · rok ⁻¹ Dry matter of the wood willow energy, t · year ⁻¹	Wartość energetyczna suchej masy drewna wierzby energetycznej, GJ · rok ⁻¹ Energy value of dry matter of the wood willow energy, GJ · year ⁻¹	drewna wood		węgiel coal		Zanieczyszczenia, których emisja ulega zmniejszeniu, t · rok ⁻¹ Pollutants with decreased, t · year ⁻¹		Zanieczyszczenia niewymitowane t · rok ⁻¹ Not emitted pollutants, t · year ⁻¹		Zwiększenie emisji pyłów do powietrza atmosferycznego t · rok ⁻¹ Increase of dusts emission to atmospheric air t · year ⁻¹	
					NO _x	Pyły	NO _x	CO ₂	SO ₂	Pyły	NO _x	CO ₂		SO ₂
1	Dolnośląskie	31078	466170	9043698	1447	1809	3165	904370	6783	452	1718	904370	6783	1357
2	Kujawsko-pomorskie	21794	326910	6342054	1015	1268	2220	634205	4757	317	1205	634205	4757	951
3	Lubelskie	25462	381930	7409442	1186	1482	2593	740944	5557	370	1408	740944	5557	1111
4	Lubuskie	31894	478410	9281154	1485	1856	3248	928115	6961	464	1763	928115	6961	1392
5	Łódzkie	22420	336300	6524220	1044	1305	2283	652422	4893	326	1240	652422	4893	979
6	Małopolskie	12995	194925	3781545	605	756	1324	378155	2836	189	718	378155	2836	567

7	Mazowieckie	64024	960360	18630984	2981	3726	6521	1863098	13973	932	3540	1863098	13973	2795
8	Opolskie	8901	133515	2590191	414	518	907	259019	1943	130	492	259019	1943	389
9	Podkarpackie	27836	417540	8100276	1296	1620	2835	810028	6075	405	1539	810028	6075	1215
10	Podlaskie	36522	547830	10627902	1700	2126	3720	1062790	7971	531	2019	1062790	7971	1594
11	Pomorskie	21235	318525	6179385	989	1236	2163	617939	4635	309	1174	617939	4635	927
12	Śląskie	13393	200895	3897363	624	779	1364	389736	2923	195	740	389736	2923	585
13	Świętokrzyskie	13899	208485	4044609	647	809	1416	404461	3033	202	768	404461	3033	607
14	Warmińsko- -mazurskie	61024	915360	17757984	2841	3552	6215	1775798	13318	888	3374	1775798	13318	2664
15	Wielkopolskie	33032	495480	9612312	1538	1922	3364	961231	7209	481	1826	961231	7209	1442
16	Zachodnio- pomorskie	49699	745485	14462409	2314	2892	5062	1446241	10847	723	2748	1446241	10847	2169
	RAZEM	475208	7128120	138285528	22126	27657	48400	13828553	103714	6914	26274	13828553	103714	20743

Opracowanie autorskie na podstawie badań własnych – Scientific description of the authors based on their research



Ryc. 3. Przestrzenne rozmieszczenie potencjalnego efektu ekologicznego w Polsce (niewyemitowanie SO₂)

Fig. 3. Spatial potential ecological effect in Poland (not emitted SO₂)

Analizując łącznie te ilości, można stwierdzić, że największy efekt ekologiczny występuje w województwach mazowieckim, kujawsko-pomorskim i zachodniopomorskim. Wynika to bez wątpienia z dużej powierzchni gruntów ugorowanych położonych w tej części kraju. Należy także zaznaczyć, że w procesie spalania biomasy drewna wierzby energetycznej w porównaniu ze spalaniem węgla kamiennego występuje zwiększenie emisji pyłów, co zaprezentowano w tabeli 1.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono szacunek potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania energii biomasy drewna wierzby energetycznej w Polsce w ujęciu województw w 2014 roku.

Zaprezentowana została metoda szacunku potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania biomasy wierzby energetycznej na cele grzewcze, rozumiana jako zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego wynikające z zastosowania wierzby energetycznej jako paliwa alternatywnego dla węgla kamiennego. Szacunek potencjalnych efektów ekologicznych wyrażony został jako zmniejszenie emisji do powietrza tlenków azotu oraz niewyemitowaniem do powietrza dwutlenku węgla i dwutlenku siarki. Emisja tlenków azotu może zostać potencjalnie w Polsce obniżona o 26 274 ton w ciągu roku, emisję dwutlenku węgla można potencjalnie zredukować w Polsce o 13 828 553 ton

w ciągu roku, a emisję dwutlenku siarki o ok. 103 714 ton w ciągu roku. Zauważa się wyraźny spadek tlenków azotu w województwach mazowieckim, warmińsko-mazurskim oraz zachodniopomorskim. Najmniejszy spadek tlenków azotu wystąpił w województwach opolskim, małopolskim, śląskim i świętokrzyskim. Ponadto nie zostaną potencjalnie wyemitowane dwutlenek węgla i dwutlenek siarki, w tym w obu przypadkach w największej ilości w województwach mazowieckim, warmińsko-mazurskim oraz zachodniopomorskim i podlaskim. Najmniejsza ilość obu zanieczyszczeń nie będzie potencjalnie wyemitowana w województwie opolskim.

Podsumowując, można stwierdzić, że w warunkach występowania dużej powierzchni gruntów ugorowanych w Polsce jednym ze sposobów ich wykorzystania jest między innymi zalesienie drzewostanami o charakterze ekologicznym. Jest to uzasadnione ze względu na fakt, że udział energii ze źródeł odnawialnych w strukturze zużycia pierwotnych nośników w bilansie paliwowo-energetycznym Polski ma wynosić 15% w 2020 roku. Obecnie udział energii odnawialnej w ogólnym bilansie produkcji energii jest szacowany na 10,7% [Rocznik... 2013]. W strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii czołowe miejsce zajmuje biomasa, której udział w wytwarzaniu energii odnawialnej w 2014 roku stanowił ok. 80%. Ponadto tego typu zagospodarowanie gruntów ugorowanych ma wpływ na aktywizację i rozwój obszarów wiejskich oraz wpływa na utrzymanie gruntów w dobrej kulturze rolnej, przy zachowaniu minimalnych norm dotyczących wymogów ochrony środowiska.

PIŚMIENNICTWO

- Gawrońska, G. (1997). Ocena zasobów energetycznych biomasy drewna odpadowego w województwie nowosądeckim, tarnowskim i krośnieńskim. Seminarium z cyklu „Energia odnawialna krok w kierunku ekologii” na temat „Efekty ekologiczne, energetyczne i ekonomiczne wykorzystania energii odnawialnej”. Polska Akademia Nauk, Polski Klub Ekologiczny, 91–98.
- Gawrońska, G. (2000). Efekty ekonomiczne i ekologiczne pozyskiwania biomasy drewna opałowego w północno-wschodnim regionie Polski. [W:] Energia odnawialna w ochronie środowiska. Red. R. Ney. Studia Rozpr. Monogr., 74. Wyd. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Polska Akademia Nauk, Kraków, 55–56.
- Gawrońska, G., Gawroński, K., Salata, T. (2014). Szacunek potencjalnych efektów ekologicznych pozyskiwania energii biomasy drewna wierzby energetycznej w gminie Skała w ujęciu przestrzennym. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 13(3), 21–30.
- Grzesik, M., Romanowska-Duda, Z.B., Piotrowski, K. (2009). The effect of potential change in climatic conditions on the development of the energy willow (*Salix viminalis*) plants. *Proceedings of the 2nd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference, Mykonos*. Red. A. Kungolos, K. Aravossis, A. Karagiannidis, P. Samaras. GRAFIMA Publ., D. Gounari 62-68, Thessaloniki, IV, 1877–1882.
- Grzybek, A. (2003). Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wieś Jutra*, 9(62), 10–11.
- Jadczyzyn, J., Faber, A., Zaliwski, A. (2008). Wyznaczanie obszarów potencjalnie przydatnych do uprawy wierzby i ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne w Polsce. *Studia i Raporty IUNG – PIB, Puławy*, 11, 55–66.
- Janowicz, L. (2006). Biomasa w Polsce. *Energ. Ekol.*, 8, 601–604.

- Jurczak, S., Chrzanowski, S., Jaszczczyński, J. (2010). Modelowanie energetycznego wykorzystania biomasy. Opracowanie w ramach projektu PL 0073 realizowanego z Środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego EOG i środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego RP.
- Kołodziej, B., Matyka, M. (red.) (2012). Odnawialne źródła energii. Rolnicze surowce energetyczne. PWRiL, Poznań.
- Kowalczyk-Juśko, A. (2007). Źródła biomasy na cele energetyczne. [W:] Bioenergetyka podkarpacka. Red. B. Kościak. Wyd. Nauk. PWSZ, Jarosław, 105-185.
- Krzyżaniak, M., Stolarski, M., Waliszewska, B., Szczukowski, S., Tworkowski, J., Załuski, D., Śnieg, M. (2014). Willow biomass as feedstock for an integrated Multi – product biorefinery. *Industrial Crops and Products*, 58, 230–237.
- Larsson, S. (2006). Od A do Z o wierzbie energetycznej, *Czysta Energia*, 1.
- Lewandowski, W., Ryms, M. (2013). Biopaliwa proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT, Warszawa.
- Mystkowski, E. (2007). Za i przeciw uprawie wierzby energetycznej. *Wiad. Rol. PODR w Szepietowie*, 3, 13.
- Niedziółka, I., Szpryngiel, M. (2014). Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. *Agric. Engineer.*, 18(1), 155–164.
- Nowicki, J., Marks, M., Makowski, P. (2007). Ugór jako element współczesnego krajobrazu rolniczego. *Fragm. Agron.*, 4, 49–57.
- Office for Official Publications of the European Communities (2000). *Biomass: An Energy Resource for the European Union*.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2014). *Development Centre, Biomass and agriculture: sustainability, markets and policies*, Paris.
- Rocznik Statystyczny Województw. *Energia ze źródeł odnawialnych* (2013). Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Województw. *Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów* (2014). Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rogowska, A. (2008). Wierzba energetyczna. *RADA: Rolnictwo, Aktualności, Doradztwo, Analizy. Miesięcznik Wojewódzkiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Bratoszewicach*, 9, 27–28.
- Rubczyński, A., Teper, A., Małycka, P. (2013). Plantacja roślin energetycznych – korzyści dla gospodarki i energetyki. *Czysta Energia*, 6.
- Stolarski, M. (2006). Opłacalność uprawy wierzby na cele energetyczne. *2 Regionalne Forum Energetyki Odnawialnej, Przysiek*, 46–48.
- Stolarski, M., Krzyżaniak, M., Szczukowski, S., Tworkowski, J. (2014). Efektywność energetyczna produkcji biomasy wierzby w jednorocznym i trzyletnim cyklu zbioru. *Fragm. Agron.*, 31(2), 88–95.
- Szczukowski, S., Stolarski, M. (2013). Plantacje drzew i krzewów szybko rosnących jako alternatywa biomasy z lasu – stan obecny, szanse i zagrożenia rozwoju. [W:] *Biomasa leśna na cele energetyczne*. Red. P. Gołos, A. Kaliszewski. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 36–40.
- Wichowski, R. (1994). Wykorzystanie słomy jako źródła energii odnawialnej w rolnictwie na przykładzie Danii. *Semin. Kraj. „Wykorzystanie energii odnawialnej w rolnictwie”*, Warszawa, 31–34.

METHOD OF ASSESSMENT OF POTENTIAL ECOLOGICAL EFFECTS OF OBTAINING ENERGY FROM THE WOOD WILLOW BIOMASS IN POLAND

Abstract. The method of potential ecological effects assessment understood as decreasing of atmospheric air pollution that results from usage of wood willow biomass as the alternative fuel to coal was presented in the paper. The publication has methodical character and its research base is composed of the set-aside lands in Poland in provinces perspective, obtained from Central Statistical Office of Poland. Ecological effects expressed as not emitting potentially to atmospheric air carbon dioxide in the amount of 13,828,553 tons during a year and sulphur dioxide in the amount of 103,714 tons during a year as well as significant decrease of potential emitting nitric oxide by about 26,274 tons during a year were determined as a result of surveys. Obtained ecological effects are particularly significant in terms of improving atmospheric air quality in our country and also for the sake of necessity to increase the share of energy from renewable sources in the structure of consumption of primary media in Polish energy balance.

Keywords: method of assessment of ecological effects, wood willow biomass, atmospheric air pollutions, Poland

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 3.11.2016

Do cytowań – For citation: Gawrońska, G., Gawroński, K. (2016). Metoda szacunku potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania energii biomasy drewna wierzby energetycznej na przykładzie Polski. *Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 15(4), 5–16.