

53/2003

Raport Badawczy

RB/35/2003

Research Report

Biopaliwa

W. Ciechanowicz

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk

Systems Research Institute
Polish Academy of Sciences



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

ul. Newelska 6

01-447 Warszawa

tel.: (+48) (22) 8373578

fax: (+48) (22) 8372772

Kierownik Pracowni zgłaszający pracę:
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Nahorski

Warszawa 2003

Biopaliwa

Wiesław Ciechanowicz

Instytut Badań Systemowych, PAN

Biomasa jest formą gromadzenia energii słonecznej, w wyniku którego rośliny produkują węglowodany z dwutlenku węgla zawartego w atmosferze i wody w obecności promieniowania słonecznego. Energia gromadzona w formie organicznej powstałej w wyniku fotosyntezy stanowi potencjalną energię zasobów biomasy: organicznej materii drzew i materii produktów spożywczych.

Biomasę, jako materię organiczną drzew, tworzą trzy podstawowe składniki: celuloza, hemiceluloza, lignina. Podstawowymi składnikami produktów spożywczych są cukry i skrobia. Znanyymi cukrami występującymi w roślinach są sacharydy i glukoza. Skład chemiczny biomasy tworzą: węgiel, wodór i tlen. Energię uzyskiwaną w wyniku przetwarzania biomasy można określać mianem bioenergii.

Biopaliwa są to pierwotne lub wtórne nośniki bioenergii, stanowiące bezpośrednie lub pośrednie użytkowanie biomasy. Pierwotne nośniki bioenergii to uprawy roślinne, wykorzystywane bezpośrednio do celów energetycznych jako paliwo stałe będące alternatywą np. dla węgla. Wtórne nośniki bioenergii to przetwarzane energetyczne uprawy roślinne, do postaci ciekłej, jak paliwo rzepakowe, etanol lub metanol, lub do postaci gazowej jako niskokaloryczny gaz, którego głównym składnikiem jest tlenek węgla.

Kryzys energetyczny w 1973 roku stał się przyczyną rozpoczęcia prac nad produkcją substytutów ropy i gazu ziemnego, gdy w ciągu niespełna miesiąca cena baryłki ropy wzrosła z jednego USD do ośmiu USD. Dotknął on szczególnie największego importera ropy w skali świata – Stany Zjednoczone. Równocześnie, wobec zaistniałej sytuacji na rynku zbożowym, powstała szansa stymulowania rozwoju ekonomicznego obszarów wiejskich poprzez produkcję bioetanolu dodawanego do benzyn, tworząc bezpośrednio i pośrednio miejsca pracy oraz

dotatkowy rynek zbytu na zboże. W 1979 roku Kongres USA zatwierdził federalny program produkcji etanolu. Celem tego programu było także redukowanie alarmującej zależności gospodarki USA od importowanej ropy.

Znaczenie etanolu jako dodatku do benzyn wzrosło w 1990 roku w momencie przyjęcia w USA ustawy o czystości powietrza atmosferycznego. Wprowadzono tę ustawę, gdyż spaliny silników wewnętrznego spalania samochodów zawierają nie spalone tlenki węgla i węglowodory. Pierwsze powodują wylew krwi do mózgu, drugie są przyczyną powstawania chorób nowotworowych. Przewiduje się, że w 2015 roku, gdy liczba samochodów poruszających się po drogach świata osiągnie 1 miliard, liczba zgonów powodowanych działaniem chorobotwórczym spalin wyniesie 8 milionów rocznie w skali świata.

Zawartość tlenu w paliwach ropopochodnych stosowanych w transporcie, a także liczba oktanowa paliwa, bezpośrednio decydują o „czystości” spalania. Przepisy dotyczące ochrony środowiska zalecają zmniejszać dodatek związków ołowiu stosowanych w celu podnoszenia liczby oktanowej. Obecnie zaleca się zastępować związki ołowiu etanolem i metanolem, które jako węglowodory nie tylko wzbogacają paliwo w tlen, ale także podnoszą liczbę oktanową. Ma to miejsce, gdyż znaczy stosunek atomów wodoru do atomów węgla w molekuły tych alkoholi przyczynia się do intensywniejszej wybuchowości paliwa, a więc do zwiększenia liczby oktanowej. Szczególnie dotyczy to metanolu, w którym stosunek atomów wodoru do węgla w molekuły wynosi 4 do 1, podczas gdy w etanolu wynosi 3 do 1. W związku z tym zamierza się wprowadzić ustawodawstwo, między innymi w Unii Europejskiej, zobowiązujące dodawać 3 % etanolu i 7 % metanolu do benzyn do 2010 roku.

Kolejnym biopaliwem, mogącym tworzyć dodatkowy rynek zbytu na rośliny spożywcze, stał się biodiesel zawierający estry oleju rzepakowego. Chociaż technologie produkcji biodiesla są opanowane od kilkunastu lat, nie może on konkurować ekonomicznie z olejem ropopochodnym. Zyski na ekologii i pozytywny bilans dwutlenku węgla, nie kompensują strat

ekonomicznych. Na jedną jednostkę energii wymaganej na uprawę rzepaku, zbiory i transport, po przetworzeniu uzyskuje się tylko jedną jednostkę energii, a więc to co zużyliśmy dla pozyskania rzepaku. Oznacza to, że produkcja paliwa z rzepaku będzie wymagała zawsze dotacji państwa.

Publikowane ekspertyzy Międzynarodowego Zespołu Specjalistów do Zmian Klimatu a także szeregu innych instytucji, jednogłośnie stwierdzają, że w celu zachowania klimatu ziemskiego konieczne będzie znaczne zredukowanie emisji gazów cieplarnianych, a więc wprowadzanie w skali globalnej nowoczesnego systemu bioenergetycznego. Biomasa posiada potencjalne możliwości by w końcu obecnego stulecia stać się jednym z największych globalnych odnawialnych źródeł energii.

Informacje przedstawiane przez powyżej wymienione ekspertyzy zapoczątkowały zainteresowanie uprawą roślin wykorzystywanych do celów energetycznych, głównie w Szwecji, Stanach Zjednoczonych i w Australii. Powstał problem jakie rośliny, wykorzystywane bezpośrednio jako pierwotne nośniki energii lub przetwarzane do wtórnych nośników energii, charakteryzowałyby się największą sprawnością energetyczną, a więc największym stosunkiem wydajności energetycznej rośliny do energii wymaganej dla jej pozyskania. Prace nad tym zagadnieniem prowadzono w latach 90-tych, głównie w kilku instytutach naukowych Szwecji: w Uniwersytetach w Lundzie, Upsali, Utrechcie i w Instytucie Ochrony Środowiska w Sztokholmie [1]. Kończącym podstawowym wnioskiem tych badań było stwierdzenie, że tylko uprawy wieloroczne, takie jak wierzba, mogą charakteryzować się wysoką sprawnością energetyczną. Wszystkie uprawy jednoroczne, a więc rośliny przeznaczane na rynek żywnościowy, tego warunku nie spełniają. Obecne wypowiedzi i publikacje w kraju podawane przez decydentów i polityków wskazują, że tylko te drugie, tj. rośliny jednoroczne są brane pod uwagę jako mające być wykorzystywane do celów energetycznych jako biopaliwa. Taka różnica poglądów wymaga wyjaśnienia, dlatego naukowcy szwedzcy, a za nimi plantatorzy w Stanach Zjednoczonych, jak również w Australii, Holandii, Danii wykorzystują wyłącznie wierzbę. W rozważaniach będzie się wykorzystywać dane

szwedzkie, wprowadzając poprawki na wydajność jednostkową plonów pszenicy, żyta, rzepaku i ziemniaków, uzyskiwanych w kraju, zgodnie z danymi podawanymi przez GUS.

Pierwszym wskaźnikiem określającym przydatność rośliny wykorzystywanej do celów energetycznych jest wartość kaloryczna, lub inaczej energia wewnętrzna suchej masy rośliny; drugi wskaźnik to wydajność jednostkowa plonów z hektara. Wymienione dane, dla wybranych upraw, zamieszczono w Tablicy 1. Nie uwzględnia się róży energetycznej ponieważ nie jest znana autorowi energia wewnętrzna suchej masy tej rośliny. Trzecim wskaźnikiem jest sumaryczne zużycie energii na uprawę gleby, dokonywanie zbiorów, pracę odpowiednich maszyn i transport. Czwartym wskaźnikiem jest energia wymagana dla wyprodukowania nawozów sztucznych, środków ochrony roślin, środków walki z chwastami i zużycie energii na wyprodukowanie nasion. Te wielkości, traktowane jako energia wejściowa dla produkcji roślin wykorzystywanych energetycznie, oszacowane przez odpowiednie instytuty w Szwecji, podano w Tablicy 2.

Jak wynika z danych zawartych w Tablicy 2, wierzba wygrywa prawie dziesięciokrotnie z wszystkimi uprawami jednorocznymi i pozostałymi uprawami wieloletnimi jak lucerna i ślázowiec pensylwański, ze względu na niższą sprawność energetyczną uprawy tych roślin. Pozostaje jeszcze rozważyć sprawność energetyczną magazynowania biomasy i przetwarzania jej do wtórnych nośników energii.

Rośliny wieloletnie, pozyskiwane w postaci łądyg, stosowane bezpośrednio jako pierwotne nośniki energii, względnie jako surowiec w procesie przetwarzania ich do wtórnych nośników energii, muszą być dostarczane do zakładu przetwarzającego w ciągu całego roku, chociaż są pozyskiwane jedynie w okresie, w którym następuje przerwa w wegetacji. Powstaje więc problem związany z koniecznością magazynowania dużej masy upraw wieloletnich. Plantacja 10000 ha wierzby wymagałaby 500 ha powierzchni magazynowania. Magazynowaniu surowca przez dłuższy okres będą towarzyszyć straty. Mogą one osiągać 2 % w jednym miesiącu magazynowania. Dla biomasy magazynowanej w formie łądyg wielkość strat będzie tym większa im mniejszy będzie stosunek powierzchni przekroju do obwodu

łodygi. Oznacza to, że im cieńsza łodyga tym większe straty. Oczywiście, lucerna i ślazioiec będą charakteryzować się większymi stratami magazynowania w porównaniu do łodyg wierzby, a więc choćby z tego względu nie mogą być konkurencyjne wobec wierzby.

Tablica 1. Wydajność energetyczna, wielkość zbiorów w tonach suchej masy, średnia w latach 1979-93, i zbiory w jednostkach energetycznych dla wybranych upraw roślinnych.

Rodzaj uprawy	Wartość kaloryczna suchej masy GJ/t	Zbiory w tonach suchej masy ton/ha	Wydajność energetyczna GJ/ha rok
1	2	3.0	4
Pszenica (ziarno)	18.5	3.1	57.3
Żyto	18.5	2.0	37
Rzepak (nasiona)	27.8	2.3	64
Ziemniaki	17.0	4.4	75
Lucerna	19.0	8.0	152
Wierzba salix	19.5	25.0	487
Ślazioiec pensylwański	11.7	25.0	292

Tablica 2. Sprawność energetyczna uprawy jako relacja wydajności energetycznej do energii wejściowej.

	Wydajność energetyczna GJ/t	Paliwo GJ/ha r	Nasiona GJ/ha r	Nawozy sztuczne GJ/ha r	Pestycydy GJ/ha r	Transport GJ/ha r	Energia wejściowa GJ/ha r	Sprawność energetyczna uprawy - 8/2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pszenica	57.3	4.2	4.7	6.9	0.12	0.42	16.34	3.5
Żyto	37	4.2	4.7	6.9	0.12	0.42	16.34	2.3
Rzepak	64	5.0	5.0	8.4	0.20	0.21	18.81	3.4
Ziemniaki	75	17.0	13.0	8.3	0.36	2.4	41.06	2.2
Lucerna	152	5.7	5.7	1.0	1.0	2.4	15.8	9.6
Wierzba	487	2.1	2.1	4.3	0.02	8.4	16.92	28.8
Ślazioiec	292	2.1	2.1	4.3	0.02	16.8	25.32	11.5

Rośliny, których składnikami są cukry i skrobia, a więc rośliny spożywcze, mogą być przetwarzane efektywnie tylko biologicznie poprzez proces fermentacji lub beztlenowego zgazowywania. Rośliny, których materię organiczną tworzą: celuloza, hemiceluloza i lignina mogą być przetwarzane tylko

chemicznie. Sprawność biologicznego przetwarzania roślin spożywczych do etanolu lub oleju silnikowego nie przekracza 30%, podczas gdy sprawność roślin energetycznych, takich jak wierzba może osiągać 50 %. Przyjmując sprawność przetwarzania biologicznego dla uproszczenia dla wszystkich upraw spożywczych rzędu 30 % oraz przetwarzania chemicznego upraw energetycznych 50 %, określono sprawności energetyczne obejmujące uprawę i przetwarzanie rozważanych rodzajów roślin, co zamieszczono w Tabelcy 3. Jak widać przewaga wierzby jako uprawy energetycznej nad pozostałymi roślinami jest ogromna, co potwierdza wyniki uzyskiwane przez instytucje naukowe w Szwecji.

Na podstawie przedstawionych danych można zauważyć, że absolutnie nie opłaca się wykorzystywać żyta i ziemniaków do celów energetycznych. Oznacza to brak sensu planowania w kraju uprawy żyta czy ziemniaków do celów energetycznych na powierzchni ponad jednego miliona hektarów. Więcej energii włoży się w uprawę niż uzyska się po przetworzeniu.

Reasumując można stwierdzić, że o ogólnej sprawności energetycznej roślin będą głównie decydować energia wewnętrzna suchej masy roślinnej i jednostkowe zbiory z hektara. Określają one wartość energetyczną uprawy z hektara. Pozostałe czynniki w małym stopniu zmniejszają przewagę energetyczną wierzby nad pozostałymi rozważanymi roślinami z racji wysokiej, w stosunku do pozostałych, wartości energetycznej. Ta przewaga będzie rosła ponieważ w zasięgu Nauki są odmiany wierzby o wydajności suchej masy drzewnej wynoszącej 30 ton/ha rok.

Tabela 3. Sprawność energetyczna po przetworzeniu upraw.

Rodzaj uprawy	Sprawność energetyczna uprawy	Sprawność przetwarzania	Sprawność po przetworzeniu
1	2	3	4
Pszenvca (ziarno)	3.5	0.3	1.05
Żyto	2.3	0.3	0.69
Rzepak (nasiona)	3.4	0.3	1.02
Ziemniaki	2.2	0.3	0.66
Lucerna	9.6	0.5	4.80
Wierzba salix	28.8	0.5	14.40
Ślázowiec	11.5	0.5	5.75

Należy zauważyć, że etanol względnie biodiesel, będące produktami przetwarzania roślin spożywczych, lub metanol uzyskiwany z przetwarzania roślin energetycznych jak wierzba, mogą być jedynie dodatkiem do paliw ropopochodnych stosowanych w silnikach wewnętrznego spalania motoryzacji. Nie dotyczy to biometanolu, który staje się strategicznym paliwem XXI wieku.

Literatura

1. Borjesson P., Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Sweden, 1998.

