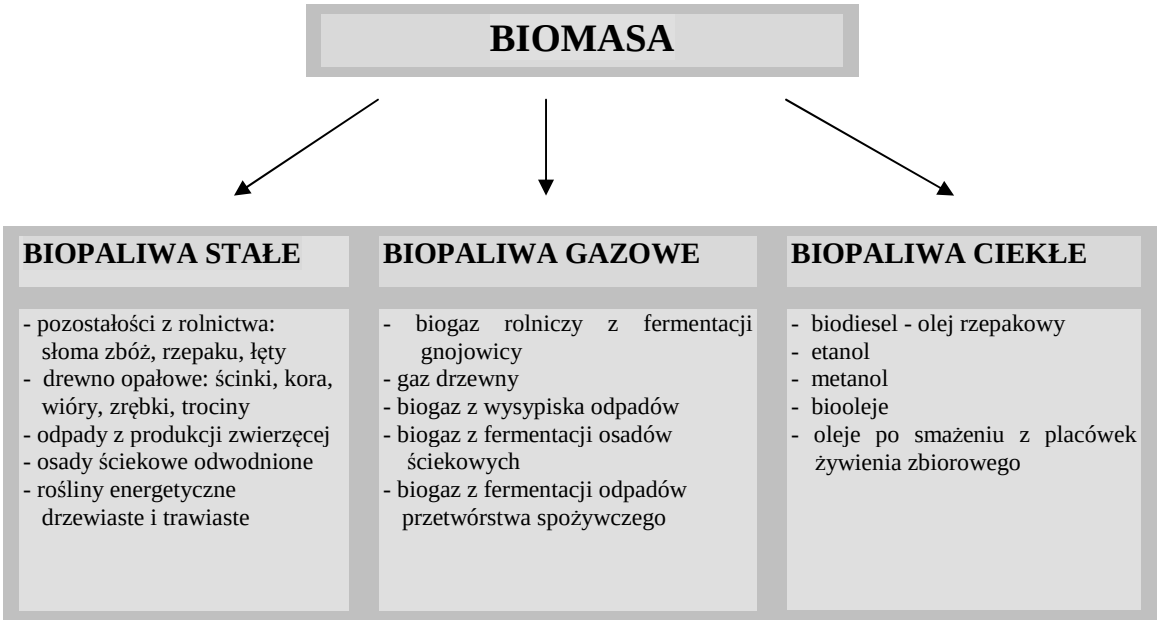
SŁOMA LOKALNYM SUROWCEM ENERGETYCZNYM DO PRODUKCJI CIEPŁA NA TERENACH WIEJSKICH

Autor: Henryk Wojciechowski - Instytut Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej

(„Instal" – 11/2012)

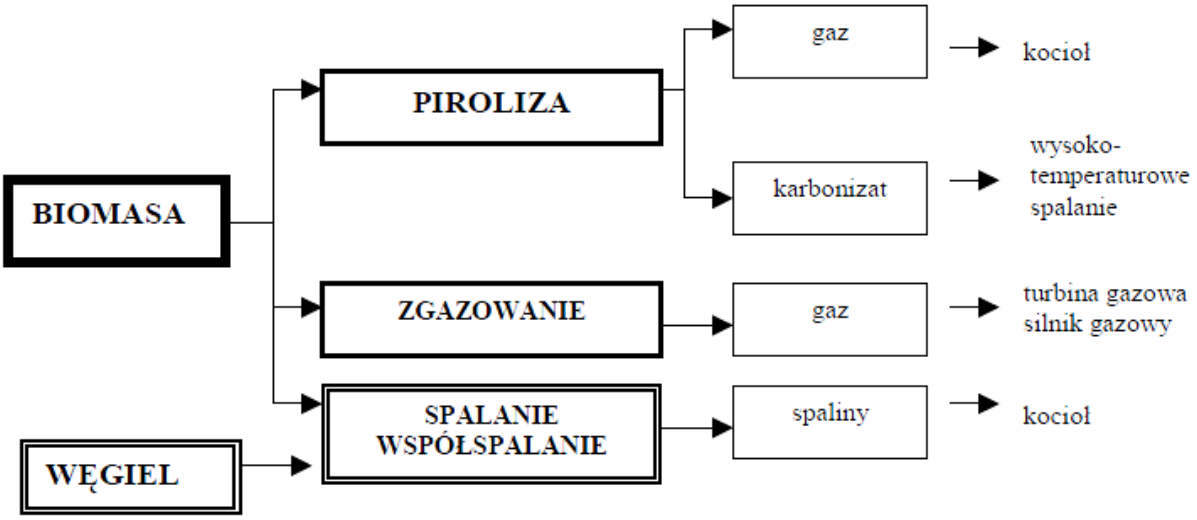
Wstęp

Odnawialne źródła energii stają się istotnym składnikiem bilansów energetycznych państw europejskich i będą odgrywać zasadniczą rolę w działaniach na rzecz redukcji emisji gazów cieplarnianych, poprawy bezpieczeństwa energetycznego i wspierania rozwoju społeczno – gospodarczego. W Polsce w efekcie przyjęcia proekologicznych dokumentów politycznych i rozwiązań prawnych stawia się głównie na wykorzystanie biomasy [1]. Systematykę energetycznego wykorzystania biomasy przedstawiono na rys.1. Biomasę można podzielić na biopaliwa: stałe, gazowe i ciekłe



Rys. 1. Systematyka energetycznego wykorzystania biomasy [2]

Sposoby wykorzystania biomasy w energetyce scentralizowanej przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Technologia stosowania biomasy w energetyce scentralizowanej [2]

Podstawowymi technologiami stosowania biomasy w energetyce scentralizowanej są:

- piroliza,
- zgazowanie,
- spalanie i współspalanie z węglem.

Piroliza i zgazowanie mają charakter przyszłościowy z uwagi na możliwość spalania pozyskanego gazu w turbinach lub silnikach gazowych bądź zasilania ogniw paliwowych. Udział współspalanej biomasy z węglem zależy od typu kotła i właściwości spalanego węgla. Najbardziej przystosowane do zmian właściwości paliw są kotły fluidalne, a najmniej – kotły pyłowe. Ograniczenie ilości współspalanej biomasy wynika z konstrukcji komory spalania i temperatury topnienia popiołu ze słomy czy drewna. Kotły do spalania biomasy charakteryzują się zwiększoną powierzchnią wymiany ciepła i lepszym mieszaniem spalin w komorze spalania przy dużych współczynnikach nadmiaru powietrza.

Słoma lokalnym surowcem energetycznym

Korzyści z rozpowszechniania spalania słomy to [1]:
- zmniejszenie zużycia paliw konwencjonalnych (koksu, węgla , gazu ziemnego ...),
- uniknięcie kosztów wywozu i składowania odpadów organicznych na składowiska,
- zmniejszenie opłat za korzystanie ze środowiska,
- aktywizacja gospodarcza regionów dotkniętych bezrobociem (dodatkowe miejsca pracy dla ludności lokalnej przy produkcji, zbiorze, transporcie, peletowaniu, brykietowaniu),
- redukcja emisji zanieczyszczających środowisko naturalne ,
- redukcja bezproduktywnego spalania słomy na polach (redukcja liczby pożarów...),
- poprawa opłacalności produkcji rolniczej.

Nadwyżka słomy ponad rolnicze zapotrzebowanie jej może zostać wykorzystana do celów grzewczych. Rocznie w Polsce produkuje około 25 mln Mg słomy (rys. 3), z których (10-12) mln Mg może być przeznaczone na cele energetyczne (rys.4). Instalacje energetycznego wykorzystania biomasy cieszą się coraz większą popularnością. W Polsce funkcjonuje obecnie kilkadziesiąt zautomatyzowanych kotłowni opalanych biopaliwami. Najbardziej popularne jest wykorzystanie odpadów drzewnych w zakładach przemysłu drzewnego. Uruchomionych zostało ponadto kilkanaście kotłowni osiedlowych na biomasę opalanych słomą pozyskiwaną z rolnictwa oraz zrębkami drzewnymi z leśnictwa.



Rys.3. Słoma w balotach na polu [3]

Coraz powszechniej biopaliwa wykorzystywane są także w małych instalacjach grzewczych w gospodarstwach domowych na terenach niezurbanizowanych. Spalanie słomy jest procesem bardziej kłopotliwym niż spalanie drewna. W okresie wegetacji źdźbło rosnącego zboża na powierzchni pokryte jest związkami tlenku krzemu, chlorków fosforu, potasu i azotu [4]. Związki te mają zadanie usztywnienia źdźbła słomy i zabezpieczenia go przed wpływem zewnętrznych czynników atmosferycznych [5]. Ten fakt stwarza określone problemy w trakcie energetycznego wykorzystania słomy. Chodzi o sposób i miejsce podawania powietrza w kotle w trakcie spalania, prowadzenie temperatury spalania w kontekście tworzenia się dioksyn i korozyjnego oddziaływania związków azotu na wewnętrzną konstrukcję kotła.



Rys.4. Słoma w prostokątnych kostkachw magazynie [3]

Skład chemiczny słomy, na który wpływ mają warunki glebowe, klimatyczne i działania człowieka, ma duży wpływ na proces energetycznego wykorzystania słomy. Spowodowane jest to głównie jej odmiennym składem chemicznym, a w szczególności zwiększoną w stosunku do drewna zawartością chloru i azotu wpływających na wyższy poziom emisji tlenków azotu NO_x i związków chloru. Problemy technologiczne z zapiekaniem ruchomych części palenisk może powodować podwyższona zawartość związków krzemu i potasu. Po ścięciu słomy można stosować pewne zabiegi poprawiające jej właściwości paliwowe. Należy do nich pozostawienie niesprasowanej słomy na pokosie, poddając działaniu wody deszczowej. Doświadczalnie stwierdzono, że zabieg taki sprzyja częściowemu wypłukaniu niektórych składników sprawiających kłopoty przy spalaniu [6].

Wartość opałową drewna, kory, słomy, ziarna i siana oraz ich składu chemicznego zestawiono w tabeli 1.

Słoma wykorzystywana do celów energetycznych musi spełniać określone wymagania co do wilgotności. Wysoka wilgotność słomy może powodować problemy podczas magazynowania, rozdrabniania oraz transportu sieczki do kotła. Maksymalna dopuszczalna zawartość wilgoci zawiera się w granicach (18-22) %..W praktyce wartość opałowa słomy przy standardowej wilgotności (nie przekraczającej 15%) wynosi od 14,0 do 15,2 MJ/kg. Spadek wartości opałowej odniesionej do masy wraz ze wzrostem wilgotności wynika głównie z malejącej zawartości suchej masy w masie całkowitej, a częściowo również z zapotrzebowania energii do odparowania większych ilości wody.

Tabela 1. Wartość opałowa drewna, kory, słomy, ziarna i siana oraz ich skład chemiczny [3]

Parametr	Jednostka	Drewno iglaste	Drewno liściaste	kora drewna iglas-tego	kora drewna liściastego	wierzba	Słoma zbóż	Słoma rzepaku	Ziarno zbóż	Siano
Wartość opałowa przy 0% wilgotności	MJ/kg	19,2	19	20	20	18,8	18,5	18,5	17,4	18,4
popiół	%/s.m	0,3	0,3	4	5	2	5	5	2	7
Siarka S	%/s.m	0,02	0,02	0,1	0,1	0,05	0,1	0,3	0,1	0,2
Chlor Cl	%/s.m	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,4	0,5	0,1	0,8
Potas K	mg/kg	400	800	2000	2000	3000	10000	2000 – 10 000	5000	15000
Sód Na	mg/kg	20	50	300	100	10 - 450	500	do 3000	25 - 50	1000
Wapń Ca	mg/kg	900	1200	5000	15000	5000	4000	8000 – 20 000	500	3500

Istnieją też pewne różnice w przydatności gatunków słomy z różnych zbóż do spalania w kotłach. Słoma jest paliwem kłopotliwym dla prawidłowego spalania w porównaniu do paliw kopalnych, wynika to z niejednorodnego jej składu, większej zawartości wilgoci, większej zawartości chloru i azotu oraz wapnia i potasu. Temperatura topnienia popiołu z biomasy jest znacznie niższa niż temperatura topnienia popiołu z węgla, powoduje to określone problemy przy współspalaniu biomasy z węglem [1]. Ze względu na podwyższoną zawartość związków wapnia i potasu problemy może powodować w szczególności słoma rzepakowa. Na rynku cena zakupu słomy na cele energetyczne nie zależy od jej składu chemicznego, ale od wartości opałowej, a w praktyce od wilgotności. Cena zakupu słomy waha się w przedziale (120 - 180) zł/Mg [7]. Średnio z jednego hektara przy produkcji zbóż można pozyskać (2,5 – 3,0) Mg słomy. W tabeli 2 zestawiono parametry słomy w zależności od jej przygotowania (Agroenergetyka1/2010), a w tabeli 3. - wartości opałowe słomy w porównaniu z wartościami opałowymi innych paliw.

Tabela 2. Parametry słomy w zależności od jej przygotowania [3]

Postać słomy	Masa usypowa w kg/m^3	Wartość opałowa	
		MWh/m^3	GJ/m^3
Luźna	20 - 50	0,07 - 0,16	0,25 - 0,58
Pocięta	40 - 60	0,13 - 0,19	0,47 - 0,68
Bele sześcienne (46 – 36 - 80) cm	90 - 100	0,29 - 0,32	1,04 - 1,15
Bele cylindryczne o średnicy (120 - 150) cm	110	0,35	1,26
Bele sześcienne (80 – 80 - 240) cm	140	0,45	1,62
Bele sześcienne (120 – 120 - 240) cm	>165	0,53	1,91
Brykiety	300 - 400	0,99 - 1,48	3,65 - 5,33
Pelety	550 - 750	2,22 - 2,78	8 - 10

Tabela 3. Wartości opałowe wybranych paliw [2]

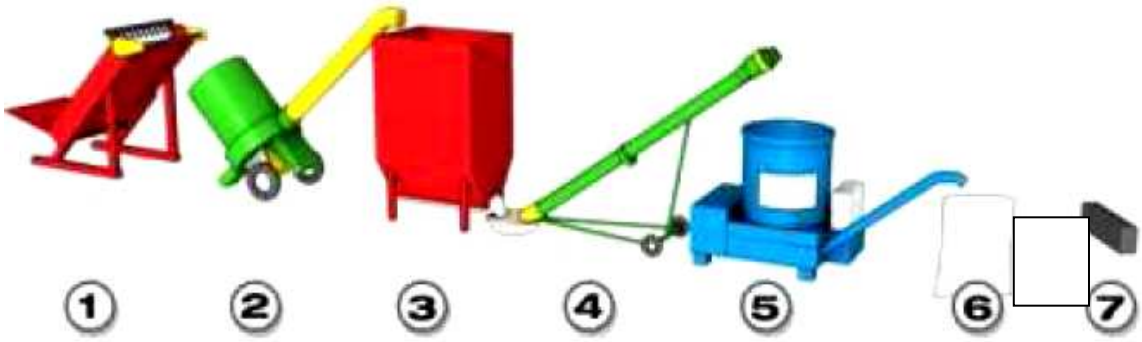
Rodzaj paliwa	**Wartość opałowa**	
	MJ / kg	**kWh / kg**
słoma żółta	14	3,88
słoma szara	15	4,16
drewno opałowe	13 – 18	3,61 – 5,00
trzcina	14	3,88
etanol	25	6,95
węgiel kamienny	20 – 25	5,55 – 6,95
gaz ziemny GZ50	50	13,88 (10 kWh / m^3)

Do celów energetycznych może być wykorzystywana słoma wszystkich rodzajów zbóż oraz rzepaku i gryki. Jednak ze względu na właściwości najczęściej używana jest słoma: żytnia, pszenna, rzepakowa i gryczana oraz słoma i osadki kukurydzy. W porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi nośnikami energii, słoma jest dość uciążliwym materiałem energetycznym, gdyż jest to surowiec niejednorodny, o niższej wartości opałowej w porównaniu do konwencjonalnych paliw. Słoma jako paliwo, jej budowa jest podstawową przyczyną różniącą ją jako nośnik energii od węgla, oleju czy gazu.

Przestrzenno – rurkowa budowa źdźbła słomy powoduje, że jest to materiał objętościowy, którego struktura charakteryzuje się nadmiarem powietrza. Z tego tez względu słomę poddaje się brykietowaniu lub peletowaniu.

Brykietowanie i peletowanie słomy

Zastosowana technologia brykietowania lub peletowania polega na prasowaniu mechanicznym rozdrobnionej słomy. Rozdrabnianie okrągłych balotów lub prostokątnych kostek słomy odbywa na rozdrabniaczu wstępnym 1 (rys.5). Proces rozdrabniania wstępnego pozwala na uzyskanie frakcji o długości ok. 100 mm.



Rys.5. Schemat podstawowego zestawu maszyn do produkcji brykietu ze słomy [3,8]

1. rozwijarka bel ze słomą z rozdrabniaczem wstępnym, 2. rozdrabniacz słomy, 3. zbiornik na sieczkę, 4. przenośnik ślimakowy, 5. brykieciarka , 6. worek na brykiety, 7. zszywacz worków

Surowiec jest następnie rozdrabniany w rozdrabniaczu dokładnym 2 (sieczkarnia) do frakcji max. 12 mm. Po rozdrobieniu surowiec jest transportowany pneumatycznie do zbiornika magazynującego 3, który ma za zadanie zapewnienie zapasu sieczki i uśrednienie jej wilgotności poprzez mieszanie surowca. Frakcje pyliste transportowane są do filtra workowego przechodząc wcześniej przez cyklon odpylający. Surowiec przeznaczony do brykietowania trafia ze zbiornika magazynującego do trzech lub czterech brykieciarek 5 poprzez podajniki ślimakowe 4. Brykietowanie (peletowanie) surowca odbywa się w sposób mechaniczny bez używania dodatkowych substancji zlepiających. Brykiet ma kształt walca o średnicy ok. 70 mm i długości (10-100) mm (rys.6). Cylinder ma strukturę „drops” (szereg połączonych ze sobą, łatwo podzielnych pastylek o długości (10-15) mm). Pelet ma kształt walca o średnicy około 22 mm i długości (20 – 100) mm (rys. 7). Elementy pakuje się do worków 6, które zszywa się zszywaczem 7.

Zalety brykietu ze słomy :

- Duża gęstość – łatwość przechowywania i dystrybucji.
- .Ciężar nasypowy brykietu to ok. 700 kg/m^3, słomy w belach (120-150) kg/m^3, luźna słoma ma (20 – 50) kg/m^3.
- Wartość opałowa porównywalna z węglem kamiennym gorszej jakości.
- Brak szkodliwych substancji wydzielanych podczas spalania.
- Niska emisja dwutlenku siarki i innych substancji szkodliwych wydzielanych podczas spalania.
- Mała ilość popiołu ((1-3)% wsadu), który można wykorzystywać jako nawóz, gdyż zawiera związki potasu, wapnia i fosforu.
- Możliwość długiego przechowywania w odpowiednio suchych pomieszczeniach.
- Mniejsze niebezpieczeństwo przy składowaniu samozapłonem i rozwojem pleśni.
- Szerokie spektrum zastosowania – w kotłowniach, piecach, kominkach domowych.
- Możliwość stosowania w kotłowniach z automatycznym podawaniem paliwa.

Wadą brykietu i peletu jest wysoka wrażliwość na wilgoć, dlatego też należy je przechowywać w odpowiednio suchych pomieszczeniach.

Parametry brykietu ze słomy[9]

Wartość opałowa brykietów lub pelletu: (16-20) MJ/kg.

Wilgotność: (8-15) %.

Ilość popiołu – ok. 0,6% masy brykietu.

Objętość 1 Mg brykietu wynosi ok. 1,5 m^3.

Cena 1 Mg brykietów ok.450 zł przy cenie zakupu słomy 180 zł/Mg. Cena 1Mg słomy w Niemczech bądź Holandi wynosi (**80-120) euro.**

Dla porównania cena brykietu drzewnego w kraju to ok. 700 zł za Mg.

1 kg brykietu ze słomy stanowi równoważnik energetyczny dla:

0,42 kg oleju opałowego,

0,38 m^3 gazu ziemnego GZ 50,

0,62 kg węgla kamiennego o wartości opałowej 22 MJ/kg

W tabelach 5, 6, 7 i 8 podano wydajności i zapotrzebowanie mocy elektrycznej urządzeń wchodzących w skład podstawowego zestawu maszyn do produkcji brykietu lub peletu ze słomy. Moc elektryczna silników urządzeń produkujących (1000 – 1500) kg/h brykietów czy peletów wynosi (180 – 200) kW. Rzeczywiste zapotrzebowanie mocy jest zależne od właściowości słomy i wynosi (130 – 160) kW. Tak duża wartość mocy pobierana z promieniowych sieci wiejskich powoduje ogromny spadek napięcia w tej sieci i zakłóca pracę odbiorników w tej sieci (odbiorniki TV, oświetlenie, lodówki…). Z tego też względu w wielu lokalizacjach wiejskich pracę urządzeń do produkcji brykietów i peletu przenosi się na późne godziny nocne .



Rys.6. Brykiety ze słomy

Tabela 4. Brykieciarka- dane techniczne

- wydajność przy trocinach	(1000 ÷ 1500) kg/h
- wydajność przy sieczce	(700 ÷ 1000) kg/h
- moc silnika głównego	(45 – 75) kW
- moc silników mechanizmów podających	12,5 kW
- moc silnika pompy smarującej	0,5 kW



Rys. 7. Pelet ze słomy – wylot z peleciarki

Tabela 5. Peleciarka – dane techniczne

- średnica peletu	ø 6, 8, 10, 12, 16 , 24 mm
- wydajność:	- sieczka: (900 – 1300) kg/h
	- trocina: (1100 – 1400) kg/h
- moc silnika głównego	(75 – 90) kW

Tabela 6. Sieczkarnia – dane techniczne

- wydajność	(1000 ÷2500) kg/h
- surowiec	wstępnie rozdrobnione i wysuszone materiały pochodzenia roślinnego (zrębki, trociny, sieczka słomy, papier, zboże ….
- otwory sit	(6 – 25) mm
- ilość noży	(27 – 54) szt.
- moc silnika głównego	(22 ÷ 75) kW
- odbiór surowca	pneumatycznie

Tabela 7. Rozdrabniacz słomy – dane techniczne

- wydajność	(1500 ÷ 2500) kg/h	(800 ÷ 1500) kg/h
- moc silnika głównego	(45 – 75) kW	(30 – 45) kW

Tabela 8. Magazynowanie w zbiorniku buforowym – dane techniczne

- wydajność pojedyńczego odbioru	(200 – 1000) kg/h
- pojemość	(2 ÷ 20) m^3
- surowiec	wstępnie rozdrobnione i wysuszone materiały pochodzenia roślinnego (trocina, sieczka słomy o długości nie przekraczającej 30-40 mm)
- moc silnika mieszadła	(3,0 ÷ 5.5) kW
- moc pojedynczego przenośnika ślimakowego	(1.5 ÷ 2.2) kW
- napięcie zasilania	3 x 380 V

Energochłonność procesu peletowania wykonana w peleciarce z dwustronną matrycą płaską w badanich doświadczalnych mieściła się w przedziale od 0,125 do 0,155 kWh/·kg peletów [10] . W produkcji brykietów energochłonność brykietowania jest nieznacznie niższa (0,12 – 0,15) kWh/kg brykietów. Peletowanie i brykietowanie poprzez zagęszczenie słomy powoduje że wartość opałowa zwiększa się (5 – 6) MJ/kg. Energia elektryczna zużyta do produkcji brykietów czy peletów przy sprawności elektrowni pracujących w systemie elektroenergetycznym wynoszącej 33 % powoduje dodatkowe zużycie energii w paliwie w elektrowniach o (1,31 – 1,64) MJ/kg produkowanych brykietów czy peletów.

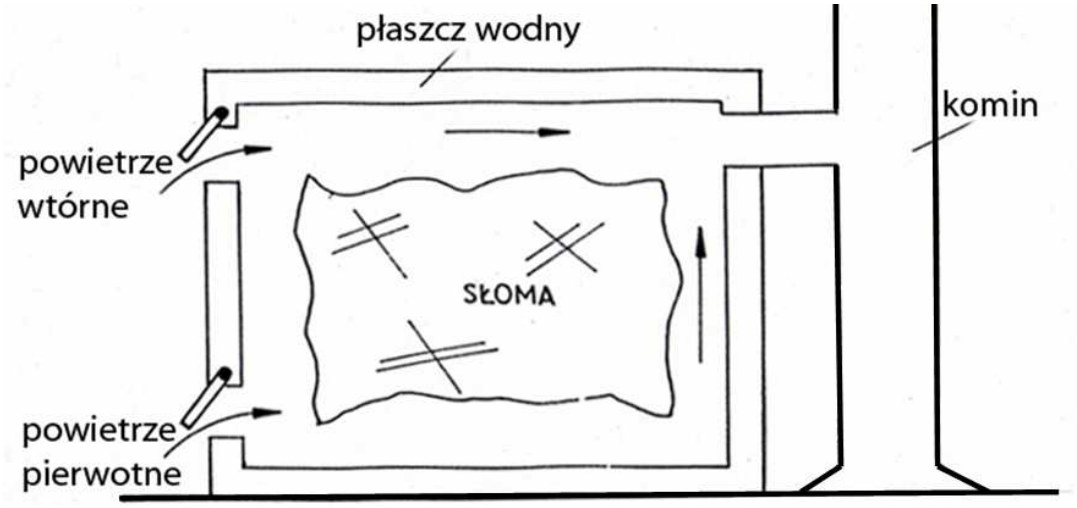
Koszt załadunku i transportu 1 Mg słomy z pola na odległość 50 km wynosi 26 zł, a przy załadunku i transporcie jej na odległość 100 km - 44 zł [7].

Kotły opalane biomasą

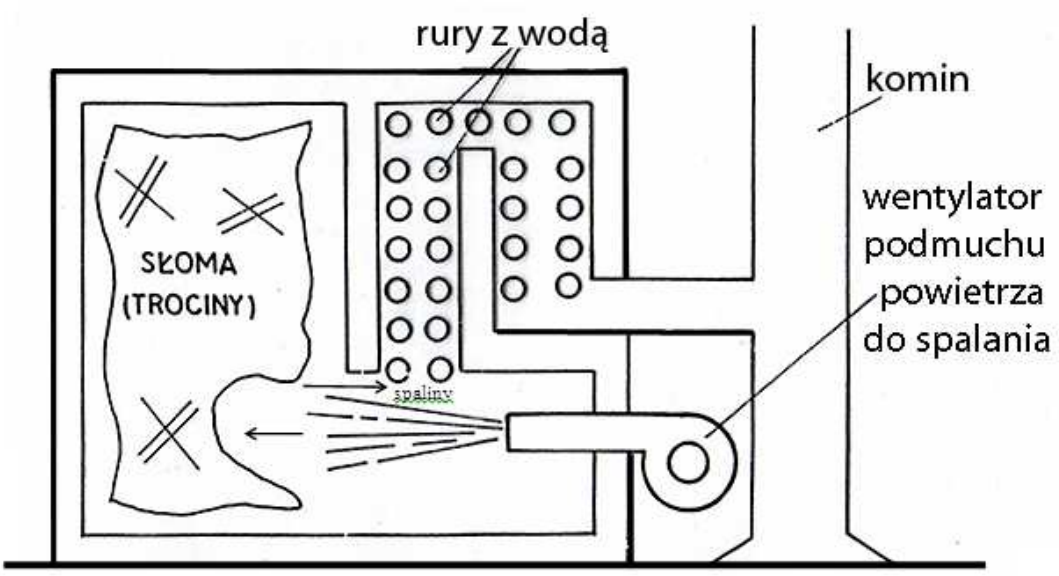
Ważne miejsce wśrod kotłowni opalanych biomasą stałą zajmują kotłownie opalane słomą. Produkowane są kotły o mocach od kilkudziesięciu do kilkuset kW jako kotły wsadowe i kotły o mocach od 500 kW do kilku MW jako kotły automatyczne. Wykorzystywanie kotłów węglowych do spalania słomy we współprądzie (powietrze i spaliny przepływają w ta samą stronę, rys.8) tylko w (25 – 30) % wykorzystuje ciepło zawarte w słomie . Spalanie słomy powinno być dokonywane w przeciwprądzie (tzw spalanie cygarowe, przez analogię do palenia cygaro), ponieważ sa trudności by przez warstwę slomy przeciągac powietrze dokonuje się nadmuchu powietrza (rys.9). W kotłach wsadowych obowiązuje zasada spalania przeciwprądowego, gdzie gazy spalinowe dopalane są w strumieniu świeżego powietrza doprowadzanego do spalania.

W kotłowniach automatycznych spala się słomę uprzednio rozdrobnioną w szarpakach i podawaną do kotła systemem podajnikow. Spalanie odbywa się w komorze spalania na ruszcie schodkowym z kilkustrefowym systemem podawania
powietrza (rys. 10). Proces spalania sterowany jest w oparciu o temperaturę spalania i sondę lambda.

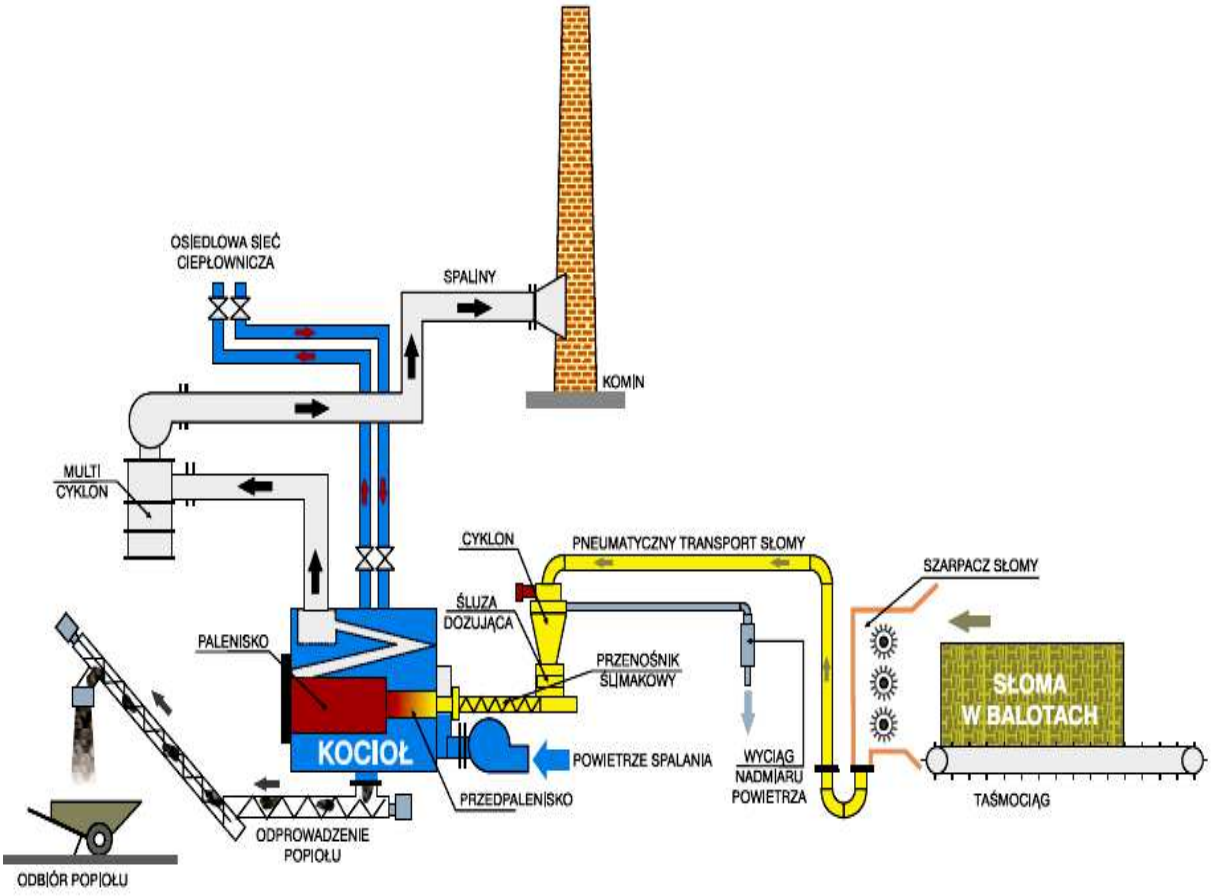
Specyfiką technologii energetycznego wykorzystania biopaliw stałych są wyższe koszty inwestycyjne i niskie koszty eksploatacyjne. W celach porównawczych wygodnie posługiwać się wskaźnikiem określającym koszty instalacji kotłowej na 1 kW mocy cieplnej kotła. Wskaźnik ten jest bardzo zróżnicowany dla małych i dużych mocy oraz zależy od stopnia automatyzacji i zdolności kotła do spalania zawilgoconych biopaliw. W przypadku małych kotłów na odpady drzewne obsługiwanych ręcznie, koszt mocy zainstalowanej (bez kosztów adaptacji kotłowni) w małych, ręcznie obsługiwanych kotłach na odpady drzewne o mocy 20 - 80 kW wynosi (180-250) zł/kW. Koszty całkowite budowy kotłowni z tymi rozwiązaniami oceniać można na 400 zł/kW. Koszty jednostkowe zrealizowanych w Polsce kotłowni automatycznych większej mocy zależą od rodzaju technologii i kraju pochodzenia. Wynoszą one od 500 zł/kW w przypadku zastosowania rozwiązań krajowych w małych kotłach o mocy 150 kW. Analogiczne wskaźniki kosztów dla kompletnych kotłów na zrębki (bez przebudowy kotłowni) dostarczanych przez firmy zagraniczne do Polski są zdecydowanie wyższe i wynoszą do 1500 zł/kW dla kotłów o większych mocach (500 - 1000 kW). Przy znacznie większych mocach cena jednostkowa jest mniejsza lecz i tak znacząca (ok. 750 zł/kW dla kotła o mocy 4500 kW) [3]. W małych ręcznie obsługiwanych kotłowniach na słomę istotny jest dodatkowy koszt niezbędnego zasobnika ciepła z gorąca wodą wyrównującego niestabilną wydajność kotła, natomiast w automatycznych instalacjach większej mocy na cenę całej inwestycji wpływa znacząco dodatkowy koszt linii rozdrabniania słomy na sieczkę i jej ciągłego podawania do komory kotła.



Rys. 8. Spalanie współprądowe słomy w kotle węglowym, złe spalanie słomy



Rys.9. Spalnie przeciwprądowe słomy w kotle na biomasę, dobre spalanie słomy



Rys.10. Uproszczony układ technologiczny ciepłowni z kotłem opalanym słomą [3]

Do kotłów słoma zadawana może być w sposób ręczny (w postaci małych prostopadłościennych kostek) lub mechaniczny - ładowarkami (baloty okrągłe) w przypadku kotłów o mocach do 500 kW. W większych zautomatyzowanych systemach sprasowane baloty podawane są ładowarkami na stoły podawcze zakończone rozdrabniaczami. Sieczka do kotła podawana jest pneumatycznie (w strumieniu powietrza) lub przy pomocy przenośników ślimakowych.

Celowość wymiany kotłów opalanych węglem na kotły opalane słomą

Celowość wymiany kotłów opalanych węglem na kotły opalane słomą przedstawiono na przykładzie dwóch obiektów.

Obiekt A

Kocioł opalany węglem o mocy 50 kW, spalający rocznie 23 Mg węgla o wartości opałowej 28 MJ/kg i produkujący rocznie 290 GJ ciepła. Cena zakupu 1 Mg węgla – 565 zł.

Obiekt B

Kocioł opalany węglem o mocy 965 kW, spalający rocznie 650 Mg węgla o wartości opałowej 28 MJ/kg i produkujący rocznie 7100 GJ ciepła. Cena zakupu 1 Mg węgla – 600 zł.

Średnia roczna sprawność wytwarzania ciepła w obiekcie A wynosi - 45 %.
Średnia roczna sprawność wytwarzania ciepła w obiekcie B wynosi - 39 %.
Modernizacja ciepłowni polegająca na wymianie kotłów węglowych na kotły opalane biomasą.

Obiekt A

Automatyczny zestaw do spalania biomasy (AZSP) o mocy nominalnej 60 kW.
Zestaw składa się z:

- kotła (wymiennika) o mocy 60 kW ,
- systemu podającego biomasę w peletach (głowicy żeliwnej) o mocy 60 kW
- zbiornika paliwowego o pojemności 1 m^3.

Sprawność kotła 80 %
Nakłady inwestycyjne na budowę kotłowni opalanej słomą - **43 500 zł.**

Obiekt B

Kocioł opalany biomasą z linii rozdrabniania słomy na sieczkę i jej ciągłego podawania do

komory kotła o mocy 1000 kW. Sprawność kotła 70 %. Nakłady inwestycyjne na budowę kotłowni opalnej słomą - 1 000 000 zł.

Dane wyjściowe do obliczeń:

Cena słomy w balotach 180 zł/Mg. Wartość opałowa słomy 13 MJ/kg
Cena brykietów ze słomy 450 zł/Mg. Wartość opałowa brykietów 18 MJ/kg
Cena peletu ze słomy 470 zł/Mg. Wartość opałowa peletu 19 MJ/kg.

W tabelach 9 i 10 zestawiono wyniki obliczeń kosztów paliw , prosty czas zwrotu inwestycji SPBT oraz kosztu zmiennego ciepła.

Tabela 9. Zestawienie wyników obliczeń dla obiektu A

Wyszczególnienie		Zapotrzebowanie paliwa w Mg	Koszt zakupu paliwa w zł	Czas zwrotu SPBT w latach	Koszt zmienny ciepła w zł/GJ
Opalanie węglem		23	12 995		44,81
Nakłady inwestycyjne kotłowni opalanej słomą	43 500 zł				
Opalanie słomą w balotach		27,9	5 019	3,5	17,30
Opalanie peletem ze slomy		19,1	8 967	10,8	30,92
Opalanie brykietem ze slomy		20,1	9 062	11,1	31,24

Tabela 10. Zestawienie wyników obliczeń dla obiektu B

Wyszczególnienie		Zapotrzebowanie paliwa w Mg	Koszt zakupu paliwa w zł	Czas zwrotu SPBT w latach	Koszt zmienny ciepła w zł/GJ
Opalanie węglem		650,0	390 000		54,9
Nakłady inwestycyjne kotłowni opalanej słomą	1 000 000 zł				
Opalanie słomą w balotach		780,2	140 432	4,0	19,8
Opalanie peletem ze slomy		533,8	250 902	7,2	35,3
Opalanie brykietem ze słomy		563,5	253 571	7,3	35,7

Przy modernizacji kotłowni opalanej węglem na kotłownię opalaną słomą celowym jest dokonanie termomodernizacji budynków. Obniżenie o 50 % zapotrzebowania na ciepło dla budynków ogrzewanych z kotłowni opalanej biomasą spowoduje zakup kotła o 50 % niższej mocy i w stosunkowo krótkim okresie czasu nastąpi zwrot nakładów na termomodernizację [11].

Wnioski

1. Słoma jest atrakcyjnym surowcem energetycznym zużywanym lokalnie na obszarach wiejskich :

    - zmniejsza zużycie paliw konwencjonalnych (koksu, węgla , gazu ziemnego ...),
    - zmniejsza opłatę za korzystanie ze środowiska,
    - aktywizuje gospodarczo regiony dotknięte bezrobociem (dodatkowe miejsca pracy dla ludności lokalnej przy produkcji, zbiorze, transporcie, peletowaniu, brykietowaniu),
    - redukuje emisję zanieczyszczeń do środowiska naturalnego ,
    - redukuje bezproduktywne spalanie słomy na polach (redukcja liczby pożarów...),
    - poprawia opłacalność produkcji rolniczej.

2. Modernizacja kotłowni opalanej węglem na kotłownie opalane słomą są uzasadnione ekonomicznie . Prosty czas zwrotu nakładow inwestycyjnych kotłowni przy opalaniu słomą w balotach wynosi (3 – 4) lata , natomiast przy opalaniu brykietami czy peletami w zależności od wielkości mocy zainstalowanych urządzeń wynosi (7 – 10) lat.
3. Pelety czy brykiety ze słomy czy zrębków powinny być lokalnym surowcem energetycznym wykorzystywanym w warunkach wiejskich a nie stanowić paliwa współspalanego z węglem w dużych elektrowniach systemowych. Współspalanie biomasy z węglem powoduje trudności eksploatacyjne kotłów, a ogromne zapotrzebowanie na biomasę przez elektrownie wymaga transportu z bardzo dużych odległości od elektrowni

Bibliografia

[1] Dyjakon A., Penkala M., Współspalanie biomasy z weglem w kotłach małej mocy. Materiały Konferencji „Energetyka 2004” Politechnika Wrocławska 3 – 5 listopada 2004 roku. Wydawnictwo SYSTEMS, Journal of Transdyscyplinary Systems Science, Volumen 9 , tom 1, 2004

[2] Wojciechowski H.,Układy kogeneracyjne z organicznym obiegiem Rankine’a wykorzystujące biomasę. http://old.cieplej.pl/prezentacje/doe2004/MENU/IV_EDOE/2_dzien/pdf/4.pdf

[3] Poradnik opracowany w ramach projektu Altener - Regbie (nr 4.1030/Z/02-127/2002).Drewno i słoma jako paliwo. Właściwości i technologie spalania. Gdańsk , 2005

[4] Heinz A i in. 2001. Comparison of moist vs. air-dry biomass provision chains for energy generation from annual crops. Biomass Bioenergy ne 3. s. 197-215.

[5] Nikolaisen L. 1998. Strow for energy production. The Centre for Biomass Technology. Dania. s. 15-18.

[6] Denisiuk W. 2006. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. Inżynieria Rolnicza nr 5(80). Kraków s. 123-131.

[7] http://ebiomasa.pl/index.php/forum/8-Forum-o-biomasie/753-Op%C5%82acalno%C5%9B%C4%87-zbioru-s%C5%82omy--koszt-zbioru-s%C5%82omy-

[8] Kowalczyk-Juśko A., Kompaktowanie się opłaca, Agroenergetyka 1/2010

[9] ASKET. Książka raportów. Testy rozdrabniania i brykietowania różnych surowców. Czerwiec 2012

[10] Szpryngiel M. Kraszkiewicz A., Kachel-Jakubowska, M., Niedziółka I.,. Ocena gęstości usypowej i energochłonności produkcji peletow w peleciarce z dwustronna matryca płaską. Inżynieria Rolnicza 6(131)/2011)

[11] Szlachta J.,Analiza opłacalności ekonomicznej budowy kotłowni opalanych slomą oraz redukcji emisji gazow cieplarnianych. Inzynieria rolnicza 5/2005

SŁOMA LOKALNYM SUROWCEM ENERGETYCZNYM DO PRODUKCJI CIEPŁA NA TERENACH WIEJSKICH

Streszczenie

Słoma jako surowiec energetyczny może mieć duże znaczenie na obszarach wiejskich, gdzie występuje jej nadmiar w stosunku do możliwości rolniczego jej wykorzystania. Z analiz zasobów słomy wynika, że w Polsce słoma może być najpoważniejszym źródłem energii odnawialnej. Oprócz indywidualnych gospodarstw rolnych potencjalnymi użytkownikami ciepłowni małej i średniej mocy mogą być także całe osiedla, szkoły, urzędy gmin, hotele. W artykule scharakteryzowano słomę pod względem energetycznym. Słoma jako surowiec energetyczny powinien być zużywany lokalnie, ze względu na mały ciężar usypowy. Brykietowanie i peletowanie słomy zwiększa ciężar usypowy i wymaga zachowania odpowiedniej wilgotności dla zachowania trwałości kształtu. Z analizy ekonomicznej wynika, ze istnieje celowość wymiany kotłowni opalanych węglem na kotłownie opalane słomą. Posiadaja stosunkowo krótkiczas zwrotu SPBT i wpływają na ograniczenie emisji zanieczyszczeń.