

# ANALIZA PORÓWNAWCZA PRZYDATNOŚCI ENERGETYCZNEJ WYBRANYCH GATUNKÓW BIOMASY

**Autorzy: Magdalena Kocyba, Krystian Szczepański**

**(„Rynek Energii” – 3/2018)**

**Słowa kluczowe:** wartość opałowa, zboża, pellety, słoma, ekogroszek

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono porównanie właściwości energetycznych dla 12 rodzajów biomasy w odniesieniu do paliwa konwencjonalnego - ekogroszku. Porównano 7 gatunków zbóż: pszenicę, rzepak, gorczycę, kukurydzę, owies, facelię i jęczmień, 2 rodzaje pelletu: ze słomy i z łuski słonecznika, wierzbę energetyczną, słomę owsianą i siano oraz ekogroszek. Pomiarzy były wykonywane z wykorzystaniem suszarki do próbek, kalorymetru KL-12Mn oraz pieca mufłowego PEM-1. Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie zawartości wilgoci i popiołu oraz obliczenie wartości opałowej wymienionych paliw. Powyższe parametry mogą być przydatne w ocenie jakości paliwa, a tym samym mogą stanowić alternatywę dla niskokalorycznych węgla. Odpowiedni dobór paliwa, spośród analizowanej biomasy, przyczyni się nie tylko do obniżenia zużycia paliw konwencjonalnych, ale przede wszystkim będzie mieć wpływ na stan powietrza atmosferycznego.

## 1. WSTĘP

Wprowadzane przez Unię Europejską coraz bardziej rygorystyczne przepisy dotyczące ochrony środowiska oraz powietrza atmosferycznego, zmuszają producentów urządzeń grzewczych do podnoszenia standardów ekologicznych w urządzeniach własnej produkcji. Użytkownicy gospodarstw domowych zachęceni są poprzez różnego rodzaju dofinansowania do zakupu urządzeń grzewczych najlepszych klas. W tym wypadku zaczynają oni szukać oszczędności w rodzaju stosowanego paliwa dla nowo zakupionych urządzeń. Obecnie najpopularniejszym i jednocześnie najdroższym paliwem konwencjonalnym, przeznaczonym do spalania w kotłach do ogrzewania gospodarstw jednorodzinnych jest ekogroszek. Alternatywą dla niego mogą być różnego rodzaju pellety oraz zboża pozostałe ze zbiorów. W artykule porównano ekogroszek z 12 różnymi biopaliwami jako alternatywę dla niskokalorycznych węgla [1].

## 2. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PALIW

### 2.1. Ekogroszek

Ekogroszek jest jednym z nowoczesnych lecz konwencjonalnych paliw stałych. Posiada wysoką wartość energetyczną, przy obniżonej emisji produktów spalania, takich jak tlenki siarki, a także charakteryzuje się niewielką ilością popiołu, która pozostaje po spalaniu. Jest produkowany z węgla kamiennego. Spalany jest najczęściej w bezrusztowych kotłach retortowych, których wysoka sprawność grzewcza wraz z dużą kalorycznością stosowanego paliwa pozwala

ła na zmaksymalizowane wykorzystanie zadanej mocy kotła, przy jak najmniejszych stratach [1,6,9].

## **2.2. Zboża**

Energetyka cały czas poszukuje nowych, alternatywnych biopaliw, które posiadałyby niskie właściwości emisyjne zanieczyszczeń do atmosfery oraz o jak największej przydatności energetycznej. Obecnie najpopularniejszymi zbożami hodowanymi w Polsce są: pszenica, rzepak, gorczyca, kukurydza, owies, facelia, jęczmień. Rośliny te dojrzewają w innych okresach żniw i charakteryzują się różną kalorycznością. Po zaopatrzeniu rynku spożywczego, przy występujących nadwyżkach wyprodukowanego zboża pojawia się problem z jego zagospodarowaniem. Zapasy, które nie zostały wykorzystane do celów spożywczych lub nie nadają się do spożycia przez ludzi lub zwierzęta można przeznaczyć na cele energetyczne, spalając je w kotłach w gospodarstwach domowych. Zboża te z natury różnią się uziarnieniem, zawartością wilgoci i wartością opałową. Dodatkowo, spalanie ich ograniczy emisję substancji szkodliwych do atmosfery [9].

## **2.3. Pellet ze słomy i z łuski słonecznika**

Przemysł meblarski i najnowsze techniki hodowli trzody i zwierząt zagrodowych eliminują wykorzystanie słomy i odpadów drewnopochodnych. Odpady z tych gałęzi przemysłu i gospodarki zostały bardzo dobrze wykorzystane w przemyśle energetycznym. Niski koszt uzyskania materiału na pellety czyni to paliwo atrakcyjnym ekonomicznie, a niskie zawartości substancji szkodliwych czynią go alternatywą dla paliw konwencjonalnych [11–13].

## **2.4. Siano i słoma (owsiana)**

Siano i słoma, jak było wspomniane już wcześniej, są coraz częstszymi odpadami z gospodarki rolnej, w wyniku nowych metod hodowli. Surowiec ten jest chętnie wykorzystywany w energetyce i spalany jako sieczka, snopki, baloty siana lub słomy, w zależności od rodzaju pieca do spalania biomasy. Sieczka jest dosyć problematyczna w przechowywaniu, z uwagi na dużą objętość i możliwość samozapłonu i z tego względu bardziej pożądanymi opcjami są snopki lub baloty [6].

## **2.5. Wierzba energetyczna**

Wierzba wiciowa tzw. energetyczna jest powszechnie uprawianą rośliną, wykorzystywaną do celów energetycznych. Charakteryzuje się bardzo szybkim wzrostem w sprzyjających warunkach. Wykazuje wzrost w ciągu sezonu ok. 3 m, jeśli hodowana jest w warunkach wilgotnych, z dużą ilością substancji nawożących. Każdą plantację można eksploatować przez okres 15-20 lat. Drewno pozyskane z takich upraw charakteryzuje się dużą wilgotnością, dlatego

należy je dobrze przesuszyć, przed przeznaczeniem jej do spalania, aby zachowała swoje wysokie właściwości energetyczne. Plony zaleca się zbierać w odstępach 3-5 lat, aby zachować ciągłość plantacji i wzrostu [5,6,10].

### 3. WŁAŚCIWOŚCI ENERGETYCZNE WYBRANYCH RODZAJÓW BIOMASY

W tabeli 1. przedstawiono właściwości energetyczne i opałowe na podstawie literatury.

Tabela 1. Właściwości energetyczne wybranych rodzajów biomasy wg. [2–4,7,9,10,12,13]

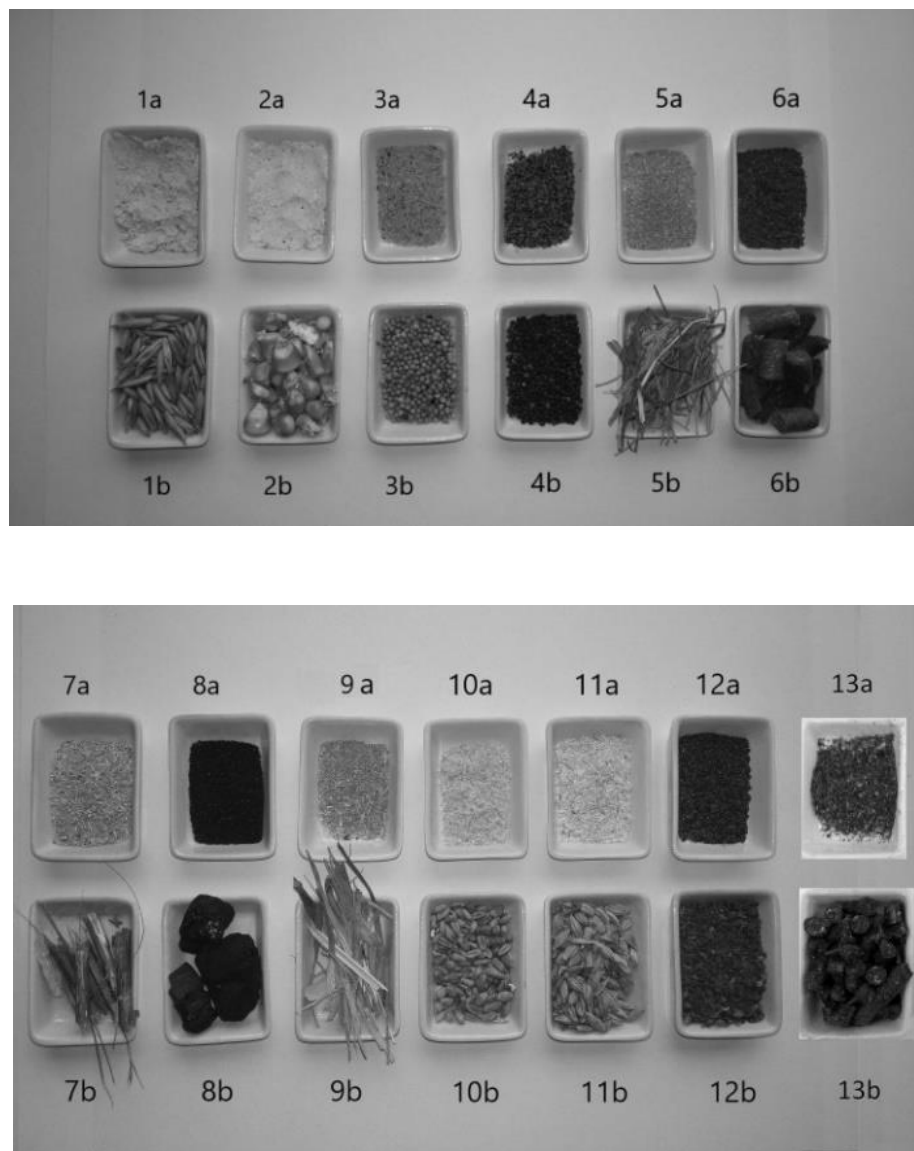
Parametr Paliwo	Wartość opałowa, MJ/kg	Zawartość popiołu, %	Całkowita zawartość wilgoci, %
Ekogroszek [2]	23,89	6,40	9,30
Pellet z łuski słonecznika [13]	16,90	5,20	8,90
Pellet ze słomy [10]	16,71	9,10	9,40
Jęczmień [2]	17,77	b. ż.	b. ż.
Pszenica [2]	17,25	b. ż.	b. ż.
Owies [2]	18,62	b. ż.	b. ż.
Facelia [4]	17,90	b. ż.	b. ż.
Kukurydza [7]	16	b. ż.	b. ż.
Rzepak [12]	26,5	4,6	b. ż.
Siano [9]	17,2	6,4	b. ż.
Słoma owsiana [3]	16-17	4	10-20
Wierzba energetyczna [12]	18,4	1,77	b. ż.

Uwaga: b. ż. – brak źródeł

Na podstawie tabeli 1. można zauważyć, że największą wartością opałową, spośród analizowanych paliw, charakteryzuje się rzepak, ze względu na fakt, że jest to roślina oleista. Według dostępnych danych literaturowych, największą zawartością popiołu charakteryzuje się pellet ze słomy. Najwyższą zawartość wilgoci, bo sięgającą maksymalnie ok. 20%, powinna wykazać badana próbka słomy owsianej.

#### 4. METODYKA BADAŃ

Na rys. 1 przedstawiono widok analizowanych próbek wykorzystanych do badań (stan roboczy i po zmieleniu).



**Rys. 1.** Widok próbek w stanie roboczym i po zmieleniu: 1-owies, 2-kukurydza, 3-gorczyca, 4-rzepak, 5-siano, 6-pelet ze słomy, 7-wierzba energetyczna, 8-ekogroszek, 9-słoma owsina, 10-pszenica, 11-jęczmień, 12-fecelia, 13-pellet z łuski słonecznika; a- stan po zmieleniu, b – w stanie roboczym



**Rys. 2.** Młynek elektryczny nożowy

Przed przystąpieniem do badań wszystkie paliwa zostały odpowiednio przygotowane. Poszczególne próbki w pierwszej kolejności rozdrobniono przy pomocy nożowego młynka elektrycznego, zgodnie z normami dla ekogroszku i biomasy (rys. 2).

## **5. PRZEPROWADZONE BADANIA EKSPERYMENTALNE**

W ramach zaplanowanych badań wyznaczono:

- a) zawartość wilgoci, zgodnie z normą PN-EN-ISO-18134-3\_2015-11E dla biomasy oraz z normą PN-80/04511 dla ekogroszku,
- b) zawartość popiołu, zgodnie z normą PN-EN-ISO-18122\_2016-01E w odniesieniu do biomasy oraz zgodnie z PN-80/G-04512 w przypadku ekogroszku,
- c) ciepło spalania z użyciem kalorymetru KL-12Mn.

W następnej kolejności obliczono wartość opałową zgodnie z normą PN-EN-14918\_2010E dla biomasy oraz zgodnie z normą PN-81/G-04513 w odniesieniu do ekogroszku.

Po zmieleniu przygotowanych próbek, w pierwszym etapie badań dokonano oznaczenia zawartości wilgoci analitycznej poprzez suszenie poszczególnych próbek przy użyciu suszarki laboratoryjnej (rys. 3) w temperaturze 105°C, w czasie jednej godziny. Wilgoć higroskopijną w próbce paliwa obliczono z zależności (1)

$$W_h = \frac{m_{n_1} - m_{n_2}}{m_{n_1} - m_{n_3}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie :

$m_{n_1}$  - masa naczynka z naważką przed suszeniem, g,

$m_{n_2}$  - masa naczynka z naważką po suszeniu, g,

$m_{n_3}$  - masa naczynka, g.



**Rys. 3.** Suszarka laboratoryjna

Kolejnym krokiem w zaplanowanych badaniach było określenie zawartości popiołu w analizowanych paliwach. Próbki umieszczono w piecu muflowym (rys. 4) i wygrzewano w temperaturze około 805°C przez jedną godzinę.



**Rys. 4.** Piec muflowy PEM-1

Zawartość popiołu obliczono z zależności (2).  $A_a = \frac{m_{t_3} - m_{t_1}}{m_{t_2} - m_{t_1}} \cdot 100\%$  (2)

gdzie:

$m_{t_1}$  - masa wyprażonego tygielka, g,

$m_{t_2}$  - masa tygielka z naważką, g,

$m_{t_3}$  - masa tygielka z popiołem, g.

Ostatnim etapem badań było oznaczenie ciepła spalania i wyliczenie wartości opałowej. Ciepło spalania wybranych paliw oznaczano za pomocą kalorymetru KL-12Mn. Pomiar polegał na spalaniu całkowitym próbki paliwa w atmosferze tlenu pod określonym ciśnieniem w bombie kalorymetrycznej. Na rys. 5 pokazano wygląd stanowiska badawczego [8].



**Rys. 5.** Stanowisko do badania wartości opałowej i ciepła spalania za pomocą bomby kalorymetrycznej KL-12Mn

## 6. Analiza otrzymanych wyników badań

W tabeli 2. i na rys. 6 zaprezentowano wyniki przeprowadzonych doświadczeń, zaś na rys. 7 diagram, który zestawia cenę za 1 GJ energii wytworzonej ze zbadanych paliw, przy uwzględnieniu średniej ceny rynkowej za tonę analizowanego paliwa w sezonie 2017.

Tabela 2. Analiza techniczna ekogroszku i biomasy

Lp.	Parametr Paliwo	Wartość opałowa, MJ/kg	Ciepło spalania, MJ/kg	Zawartość wilgoci, %	Zawartość popiołu, %
1.	Ekogroszek	25,670	26,977	8,41	7,18
2.	Pellet z łuski słonecznika	17,542	18,892	9,34	4,10

3.	Pellet ze słomy	14,953	16,217	2,92	11,30
4.	Jęczmień	14,828	16,247	11,84	2,49
5.	Pszenica	15,159	16,575	12,08	1,70
6.	Owies	15,163	16,580	11,76	1,89
7.	Facelia	16,051	17,462	11,14	5,30
8.	Kukurydza	14,485	15,909	14,18	1,69
9.	Gorzycza	22,305	23,622	9,31	4,09
10.	Rzepak	23,654	24,961	8,73	8,82
11.	Siano	15,195	16,590	18,91	4,70
12.	Słoma owsiana	15,393	16,780	8,60	4,99
13.	Wierzba energetyczna	15,670	17,054	6,42	2,00

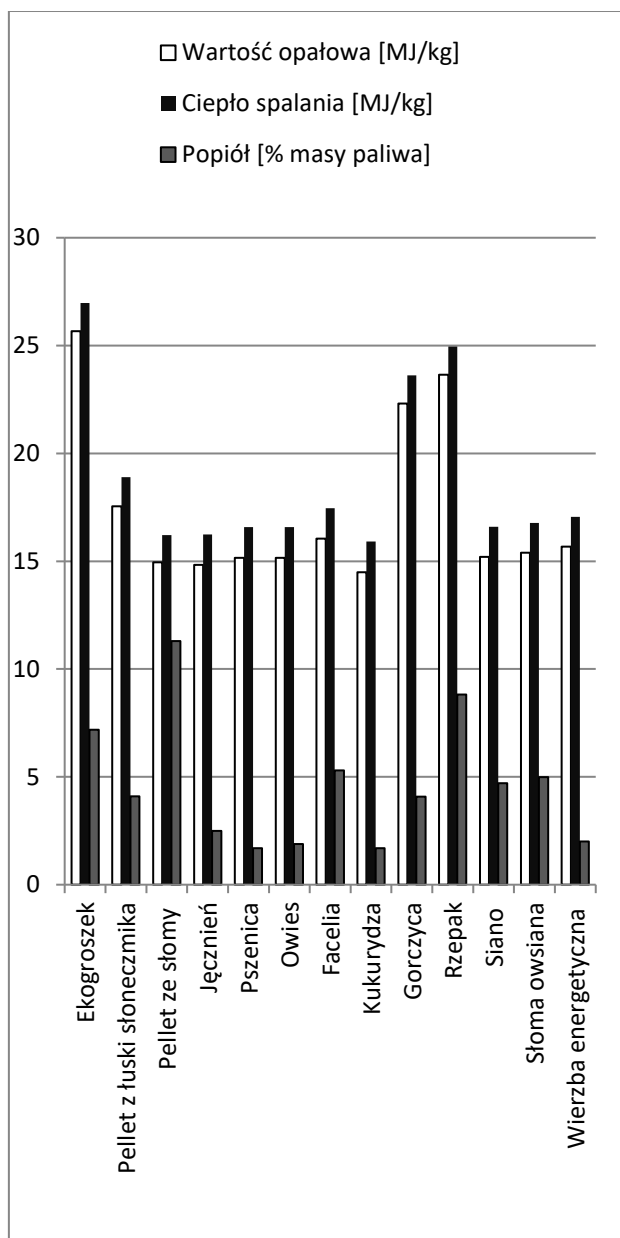
Odnosząc się do uzyskanych wyników dla ekogroszku, można zauważyć, że analizowane paliwo spełnia wymagania efektywnego energetycznie procesu spalania. W kotłach małej mocy (do 100 kW), zawartość popiołu w węglu powinna mieścić się w granicach 4 - 8 %, natomiast zawartość wilgoci nie powinna przekraczać 10%. Uzyskane w badaniach wyniki poszczególnych parametrów mieszczą się w ustalonej normie. Zbadane właściwości energetyczne mają znaczący wpływ na wyznaczoną wartość opałową wynoszącą dla badanej próbki 25,670 MJ/kg, co odpowiada deklarowanym wartościom na rynku (22 – 28 MJ/kg). Otrzymane wyniki wskazują na zgodność z danymi literaturowymi dla badanego paliwa [1,9,14].

Analizując uzyskane wyniki podczas badania próbki pelletu z łuski słonecznika, można zauważyć, że charakteryzuje się on niższą, w porównaniu do ekogroszku, wartością opałową (wg. literatury 16,90 MJ/kg), do tego również niższą zawartością popiołu (5,2%) oraz porównywalnym udziałem wilgoci (8,5-9,5%). Zbadane próbki pelletu z łuski słonecznika odznaczały się standardową wartością opałową (17,542 MJ/kg) oraz zawartością popiołu (4,1%). Odnosząc do wyznaczonej zawartości wilgoci na poziomie 9,34%, można stwierdzić niewielkie podwyższenie zawartości wilgoci, w porównaniu do literatury.

Biorąc pod uwagę wyniki badanych próbek pelletu ze słomy, można zaobserwować niższą w porównaniu do pelletu z łuski słonecznika wartość opałową 14,953 MJ/kg (wg. literatury ok. 16 MJ/kg), podobną wartość wilgoci na poziomie 8,6 % (przeciętnie 9,40%), ale również najwyższą zawartość popiołu w porównaniu do pozostałych analizowanych paliw, na poziomie 11,3%, gdzie literatura podaje około 9,1%. Na poziom wilgoci w badanym paliwie może mieć wpływ różna zawartość wilgoci w słomie podczas zbiorów. Natomiast podwyższony poziom zawartości popiołu najprawdopodobniej spowodowany jest lepiszczem użytym podczas produkcji pelletu (olej).



Analizując wyniki uzyskane z próbek jęczmienia, widać niższy poziom wartości opałowej – 14,828 MJ/kg w stosunku do danych literaturowych (ok. 17,77 MJ/kg). Obniżenie wartości opałowej może być spowodowane stosunkowo dużą zawartością wilgoci 11,84%. Zawartość popiołu w badanej próbce jest na poziomie 2,49%. Jak do tej pory w literaturze brak danych porównawczych zawartości popiołu i wilgoci w badanym rodzaju zboża.



Rys. 6. Zestawienie właściwości analizowanych paliw

Odnosząc się do wyników badań z próbek pszenicy, widać również, tak jak w przypadku jęczmienia, nieznacznie obniżoną wartość opałową – 15,159 MJ/kg w stosunku do przeciętej wartości 17,25 MJ/kg. Zawartość wilgoci jest na wysokim poziomie 12,08%, porównywalnie jak jęczmień. Badana próbka pszenicy charakteryzuje się jednym z najniższych poziomów zawartości popiołu 1,7% w porównaniu do wszystkich badanych paliw.. Jak do tej pory

w literaturze brak danych porównawczych zawartości popiołu i wilgoci w badanym rodzaju zboża.

Podobnie jak w przypadku dwóch poprzednich zbóż, wartość opałowa owsa również jest obniżona w stosunku do wartości przeciętnych 15,163 MJ/kg (przeciętnie ok. 18,62 MJ/kg). Zawartość wilgoci jest, podobnie jak w przypadku innych zbóż, podwyższona 11,76%, ale za to zawartość popiołu jest jedną z najniższych wartości wśród analizowanych paliw 1,89%. Jak do tej pory w literaturze brak danych porównawczych zawartości popiołu i wilgoci w badanym rodzaju zboża.

Przed przystąpieniem do badania facelii podjęto próbę uzyskania danych literaturowych dotyczących podstawowych wartości technicznych badanego zboża. Jak dotychczas w literaturze brak danych porównawczych, zawartości popiołu i wilgoci w badanym rodzaju zboża. Na podstawie uzyskanych wyników badań można wnioskować, że facelia ma najwyższą wartość opałową 16,051 MJ/kg w porównaniu do pozostałych próbek. Zawartość wilgoci jest na zbliżonym poziomie do reszty zbóż - 11,14%, natomiast zawartość popiołu jest jedną z najwyższych wartości z wszystkich analizowanych próbek.

Analizując uzyskane wyniki próbek kukurydzy, można zauważyć, że ma ona najniższą wartość opałową ze wszystkich badanych zbóż t.l. 14,485 MJ/kg (przeciętnie 16 MJ/kg). Badana próbka miała również najwyższą zawartość wilgoci spośród analizowanych próbek 14,18%, co najpewniej było spowodowane dużą wilgotnością zboża podczas zbiorów. Zawartość popiołu z kolei jest najniższa spośród wszystkich trzynastu analizowanych próbek – 1,69%.

Analizując wyniki uzyskane dla gorczycy, to ze względu na fakt, że jest ona rośliną oleistą, wartość opałowa była stosunkowo wysoka 22,305 MJ/kg. Zawartość wilgoci jest jedną z najniższych spośród analizowanych próbek 9,31%. Ze względu na zawartość substancji oleistych w swojej strukturze, zawartość popiołu jest na wyższym poziomie niż pozostałe analizowane zboża, tj. 4,09%. Jak dotychczas w literaturze brak danych porównawczych wartości opałowej zawartości popiołu i wilgoci w badanym rodzaju zboża.

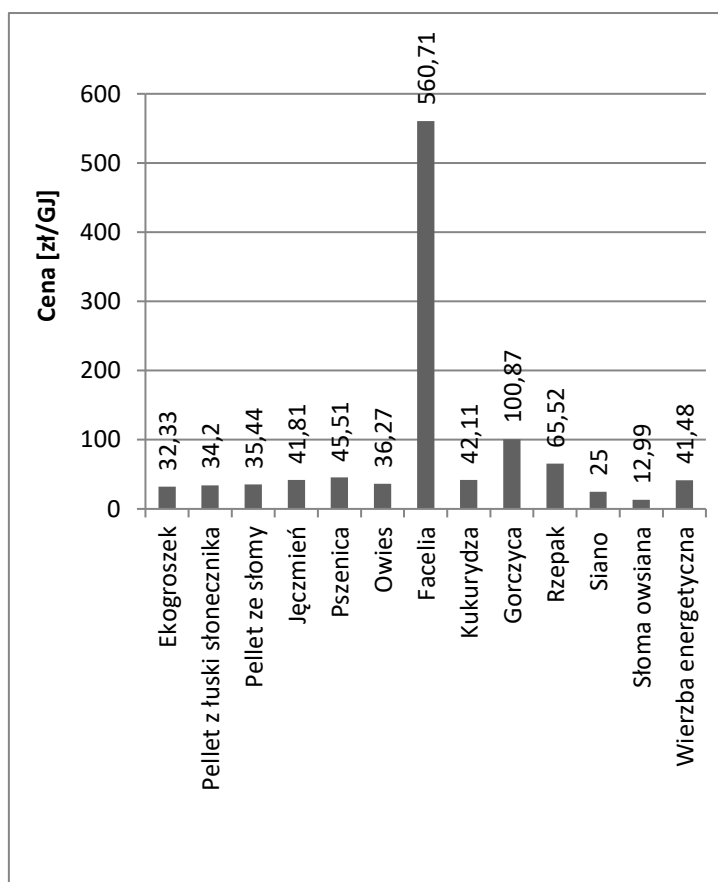
Ostatnią analizowaną próbką zboża był rzepak, tak jak gorczyca jest to roślina oleista. Wyznaczona w ramach badań wartość opałowa wyniosła 23,654 MJ/kg (przeciętnie nawet 26,5 MJ/kg). Wartość opałowa tego zboża jest najbardziej zbliżona do wartości opałowej ekogroszku. Zawartość popiołu uzyskana podczas analizy – 8,82% jest wyższa niż ta podawana w literaturze (4,6%). Poziom zawartości wilgoci 8,73% jest najniższym ze wszystkich analizowanych zbóż.

Odnosząc się do wyników badań próbki siana, można zauważyć również nieznacznie obniżoną wartość opałową 15,195 MJ/kg w porównaniu do wartości przeciętnej 17,2 MJ/kg. Siano charakteryzowało się największą zawartością wilgoci 18,91% w porównaniu do wszystkich

analizowanych próbek. Tak duża zawartość wilgoci mogła być spowodowana sposobem przechowywania surowca. Najprawdopodobniej siano musiało być przechowywane na wolnym powietrzu przed dostarczeniem do badań, co spowodowało przyrost zawartości wilgoci w paliwie. Wartość popiołu w analizowanej próbce wynosiła 4,7%, co jest wartością niższą niż wartość przeciętna podawana w literaturze (6,4%).

Analizując wyniki badań słomy owsianej, można zaobserwować bardzo zbliżoną wartość opałową do siana 15,393 MJ/kg (wartość przeciętna 16-17 MJ/kg). Zawartość wilgoci w badanej próbce słomy wynosiła 8,6%, jest to wartość niższa niż podaje literatura (10-20%). Świadczy to o dobrze przechowywanej biomasy, z dala od wilgoci i warunków atmosferycznych, które mogłyby wpłynąć na zwiększenie poziomu wilgoci zawartej w próbce. Źródła literaturowe podają zawartość wilgoci w słomie na poziomie 10-20%. Zawartość popiołu – 4,99% w analizowanej próbce jest bardzo zbliżona do wartości przeciętnej (4%).

Ostatnim analizowanym paliwem była wierzba energetyczna. Jej wartość opałowa wyniosła 15,670 MJ/kg. Jest to wartość niższa niż wartość przeciętna 18,4 MJ/kg. Wartość opałowa wierzby jest na bardzo zbliżonym poziomie do wartości siana, słomy oraz większości zbóż. Zawartość popiołu uzyskana podczas badań – 2% jest bardzo zbliżona do wartości przeciętnej 1,77%, jest również bardzo zbliżoną do wartości uzyskanej dla owsa, kukurydzy oraz pszenicy. Zawartość wilgoci w analizowanej próbce jest na poziomie 6,42% i jest jedną z najniższych wartości.



Rys. 7. Porównanie kosztów wytworzenia energii z badanych paliw

Po przeanalizowaniu kosztów wytworzenia 1 GJ energii, okazało się, że najmniej opłacalnymi paliwami byłyby: facelia, gorczyca i rzepak. Koszt najdroższego z nich, facelii, sięga 560,71 zł za GJ wytworzonej energii, co przy konwencjonalnym ekogroszku (32,33 zł/GJ) jest stawką całkowicie nieopłacalną.

Dosyć duże koszty wytworzenia energii podczas spalania generowałyby: jęczmień, pszenica, kukurydza i wierzba energetyczna. Ta ostatnia, mimo, że jest rośliną typowo przeznaczoną do spalania, hurtownicy w sezonie 2017 żądali 650 zł/t gotowego surowca.

Koszty wytworzenia jednego GJ energii dla ekogroszku są bardzo zbliżone do kosztów: pelletu z łuski słonecznika, pelletu ze słomy i owsa. Ceny te wahają się w granicach 32-36 zł, gdzie nominalnie ekogroszek generuje najniższe koszty wytworzenia jednego GJ energii.

Alternatywą dla ekogroszku jest siano i słoma. Te dwa paliwa generują najniższy koszt uzyskania 1 GJ energii. Dla siana jest to koszt 25 zł, dla słomy 12,99 zł. W sezonie 2017 najtańszym paliwem była słoma.

## **7.PODSUMOWANIE**

Podczas rozważania zakupu nowego kotła do ogrzewania gospodarstwa domowego, bardzo istotnym problemem jest rodzaj paliwa, jaki chcemy w nim spalać. Konwencjonalnym i najbardziej popularnym rozwiązaniem jest ekogroszek. Ze względu na swoją cenę, konsumenci szukają alternatywnych źródeł energii, coraz częściej sięgając po biomasę. Po przeanalizowaniu przedstawionych danych nasuwa się wniosek, że ekogroszek, z którego została pobrana próbka do badań zalicza się do węgla średniokalorycznych. Jego wartość opałowa wyniosła 26 MJ/kg. Wartość energetyczna badanych pelletów, wierzby energetycznej oraz siana i słomy stanowi od 56 do 64% kaloryczności analizowanego ekogroszku. W tym samym przedziale wartości opałowej znajduje się 5 z 7 zbóż, oprócz rzepaku i gorzycy. W tym przypadku wartość energetyczna tych dwóch oleistych rodzajów zbóż stanowi 88-92% wartości opałowej analizowanego ekogroszku.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, zestawiając ze sobą wartość opałową z ceną wytworzenia jednego GJ energii dla danego paliwa, należy zastanowić się w pierwszej kolejności, jakie mamy możliwości przechowywania wybranego paliwa. Ekogroszek jest paliwem wysoko energetycznym w porównaniu z innymi analizowanymi paliwami i zajmuje objętościowo zdecydowanie mniej miejsca niż pellety lub zrębki, czy nawet luźne siano i słoma.

Decydując się konkretnie na najtańszą możliwość, czyli siano lub słomę, należałoby na samym początku, na etapie zakupu kotła C.O., rozważyć urządzenia dostosowane specjalnie dla tego rodzaju paliw. Spalanie słomy lub siana mogłoby być niezwykle uciążliwe w kotle do tego nie przeznaczonym.

W momencie, gdy jesteśmy już użytkownikami zakupionego wcześniej kotła z podajnikiem, należy rozważyć wybór paliwa pomiędzy konwencjonalnym ekogroszkiem lub niekonwencjonalnymi pelletami z różnego rodzaju biomasy, gdyż te paliwa są powszechnie dostępne, a różnica w cenie w wytworzeniu 1 GJ energii jest stosunkowo niewielka. Biorąc pod uwagę aktualny stan środowiska naturalnego i naszej atmosfery, należałoby skłonić się ku biopaliwom, aby choć w małym stopniu ograniczyć emisję szkodliwych substancji do atmosfery. Spalanie takich zbóż jak: jęczmień, pszenica, owies, kukurydza, można rozważyć w kontekście wyprodukowanych nadwyżek na rynku spożywczym, jeśli rolnicy lub hurtownicy proponują niższą cenę.

Spalanie rzepaku, gorczycy oraz facelii nie jest uzasadnione ekonomicznie w żaden sposób. Cena za wytworzenie 1 GJ energii jest co najmniej trzykrotnie wyższa od konwencjonalnego ekogroszku.

Podsumowując, aby opalenie naszego gospodarstwa domowego było efektywne, nieuciążliwe i stosunkowo niedrogie należy rozważyć wybór paliwa pomiędzy ekogroszkiem, a pelletami z różnego rodzaju biomas.

## LITERATURA

- [1] Anchim P., Piotrowska-Woroniak J.: Ekogroszek - sposób na tańsze i ekologiczne ogrzewanie domu jednorodzinnego. Część 1: Wybór paliwa i kotła. Bud. i Inżynieria Środowiska, 2010; 1: 179–184;
- [2] Andrzej Ż., Sadowska U.: Ciepło spalania ziarniaków zbóż. Wstęp i cel badań Materiał i metodyka. 2012; 2: 353–359;
- [3] Flizykowski J.: Inżynieria innowacji energetyki biomasy. Eko-€uro-Energia, 2013; 8–16;
- [4] Fuksa P., Hakl J., Brant V.: Energy balance of catch crops production. Zemdirbyste-Agriculture, 2013; 100: 355–362;
- [5] Grzesik M., Romanowska-Duda B.Z.: Rośliny energetyczne i urządzenia dla przetwarzania i spalania biomasy. CBI Pro-Akademia, 2015; ;
- [6] Igliński B., Buczkowski R., Cichosz M.: Technologie bioenergetyczne. Wydaw. Nauk. Uniw. Mikołaja Kopernika, 2009; 36–42;
- [7] Kaszkowiak E., Kaszkowiak J.: Wykorzystanie ziarna kukurydzy na cele energetyczne. Inż. Ap. Chem, 2011; 50: 35–36;
- [8] Kozdrach R., Stępień A., Molenda J.: The emission of greenhouse gases during co-firing of chosen biomass with coal. Inst. Sustain. Technol. – Natl. Res. Inst., 2013; 3: 181–189;

- [9] Mółka J., Łapczyńska-Kordon B.: Właściwości energetyczne wybranych gatunków biomasy. *Inżynieria Rol.*, 2011; 6(131): 141–147;
- [10] Verma V.K., Bram S., Delattin F., Laha P., Vandendael I., Hubin A., De Ruyck J.: Agro-pellets for domestic heating boilers: Standard laboratory and real life performance. *Appl. Energy*, 2012; 90: 17–23;
- [11] Wielgosiński G., Łechtańska P., Namiecińska O.: Emission of some pollutants from biomass combustion in comparison to hard coal combustion. *Energy Inst.*, 2017; 90: 787–796;
- [12] Zajemska M., Musiał D.: Energetyczne wykorzystanie biomasy z produkcji rolniczej w procesie współspalania. *Pir*, 2013; 4: 107–118;
- [13] Zajemska M., Musiał D., Urbańczyk P., Poskart A., Golański G.: Modelowanie współspalania węgla i biomasy w kotle energetycznym. *Ciepłownictwo, Ogrzew. Went.*, 2017; 1: 5–8;

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY SUITABILITY OF SELECTED BIOMASS SPECIES

**Key words:** heating value, cereals, pellets, straw, eco-peas

**Summary.** This article presents a comparison of energy properties for 12 types of biomass in relation to conventional fuel - eco-pea coal. Seven types of cereals were compared: wheat, rape, mustard, maize, oats, phacelia and barley, 2 types of pellets: straw and sunflower husk, energy willow, oat straw and hay, and eco-pea coal. The measurements were made using a sample dryer, a KL-12Mn calorimeter and a PEM-1 muffle furnace. The purpose of the research was to determine the moisture and ash content as well as to calculate the calorific value of the listed fuels. The above parameters can be useful in assessing the quality of fuel, and thus can be an alternative to low calorific coals. Proper selection of fuel among the analyzed biomass, will contribute not only to reducing the consumption of conventional fuels, but above all will have an impact on the condition of the atmospheric air.

**Magdalena Kocyba**, mgr inż., Absolwentka Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej. W roku 2016 obroniła tytuł inżyniera z kierunku Bezpieczeństwo i Higiena Pracy, w 2017 obroniła tytuł magistra z dziedziny Inżynierii Bezpieczeństwa, również w specjalności Bezpieczeństwo i Higiena Pracy. W październiku 2017 roku rozpoczęła studia doktoranckie na macierzystym wydziale. Interesuje się elektroniką użytkową, muzyką oraz tańcem. Jej hobby od najmłodszych lat jest Straż Pożarna. Cały czas czynnie działa, bierze udział w akcjach ratowniczo gaśniczych oraz szkoli się w jednostce OSP Psary w swojej rodzinnej miejscowości.

**Krzysztof Szczepański**, dr inż., Karierę zawodową rozpoczął w 2000 roku na Politechnice Częstochowskiej jako pracownik naukowo-dydaktyczny. Następnie w latach 2003-2007 pracując w Urzędzie m.st. Warszawy w Biurze Ochrony Środowiska był odpowiedzialny za realizację zadań przewidzianych dla Prezydenta Miasta i Starosty z zakresu ochrony i kształtowania środowiska. Obecnie jest członkiem Regionalnej Komisji Ocen Oddziaływania na Środowisko i ekspertem w zakresie oceny wniosków aplikacyjnych w Ministerstwie Środowiska i Ministerstwie Gospodarki. Specjalizuje się w zagadnieniach z zakresu ochrony środowiska, ocen oddziaływania na środowisko i funduszy europejskich.