

Andrzej KROWIAK\*, Krzysztof STAŃCZYK\*\*, Marek BIENIECKI\*\*\*

## Model obliczania efektów ekonomicznych ze współspalania mieszanek paliwowych węgla kamiennego i odpadów drzewnych

**STRESZCZENIE.** W artykule przedstawiono metodę oraz model matematyczny liczenia efektywności ekonomicznej zastosowania mieszanek węgla i odpadów drewna dla celów energetycznych. W modelu tym, jako zmienne występują: parametry jakościowe i cena węgla, cechy charakterystyczne odpadów drewna, koszty pozyskania odpadów drewna, sprawność energetyczna kotła oraz sprawność instalacji odpylania. Analizy wariantowe prowadzi się dla różnych proporcji węgla kamiennego i odpadów drewna w mieszance paliwowej oraz dla różnych zawartości wilgoci w odpadach drewna. Wynikiem obliczeń są: koszty graniczne pozyskania odpadów drewna, przy których efekt ekonomiczny równa się zero oraz korzyści ekonomiczne z zastosowania mieszanek przy różnych cenach pozyskania odpadów drewna.

**SŁOWA KLUCZOWE:** paliwa, kocioł, koszt, model matematyczny

### Wprowadzenie

Od kilku dobrych lat w prasie specjalistycznej oraz na konferencjach naukowych prowadzi się dyskusje nad wprowadzaniem do energetyki zawodowej mieszanek paliwowych zawierających oprócz węgla kamiennego również i biomasę. W praktyce, w wybranych

---

\* Dr inż., \*\* Doc. dr hab. inż., \*\*\* Mgr inż. — Główny Instytut Górnictwa, Katowice.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Wiesław BLASCHKE

przypadkach, stosuje się już takie mieszanki w energetyce zawodowej. Szczególnie obiegającym składnika mieszanek paliwowych wydają się odpadki drewna. Z jednej strony są one na razie relatywnie łatwo dostępne i nie wymagają finezyjnych technologii ich przygotowania do współspalania, a z drugiej stanowią paliwo odnawialne. Ten drugi aspekt jest szczególnie istotny w kontekście stawiania energetyce wymogów produkcji części energii cieplnej i elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Oprócz aspektów ekologicznych i technologicznych przygotowania mieszanek paliwowych bardzo ważnym staje się efekt ekonomiczny, czyli wskazanie granicy opłacalności kosztowej stosowania takich mieszanek paliwowych. Dla celów niniejszego artykułu wprowadzono dwa pojęcia:

**Koszt pozyskania** określa się jako sumaryczny koszt zakupu, transportu oraz przygotowania komponentu (w tym przypadku odpadów drewna) do spalania.

**Koszty graniczne** definiowane są jako suma *kosztu pozyskania* 1 Mg komponentu do mieszanek energetycznych. Przy jego obliczaniu uwzględnia się nie tylko koszt pozyskania odpadów drewna, ale również odchylenia jednostkowych opłat za korzystanie ze środowiska wynikające ze spalania mieszanek energetycznych w stosunku tylko do spalania węgla.

Koszt graniczny określa koszt maksymalny pozyskania komponentu jaki można ponieść, aby uzyskać efekt ekonomiczny równy 0.

W niniejszym artykule opisano model matematyczny wyliczania kosztów granicznych oraz oszczędności ekonomicznych z zastosowania mieszanek paliwowych. Przedstawiono również przykładowe wyniki obliczeń wykonane w oparciu o ten model.

## Opis metody liczenia oraz wyniki obliczeń

Analizą objęto mieszanki węgla kamiennego z odpadami drewna. Rozpatrywano proporcje udziału komponentów w mieszance w przedziale od 0 do 21% wielkości wagowej, z podziałką co 1%. Uwzględniano również wilgotność odpadów drewna w przedziale od 10 do 60% wartości wagowej, z podziałką co 10%.

Dla emisji zanieczyszczeń analizowano wielkość emisji i koszty opłat środowiskowych dla: pyłów, dwutlenku węgla, dwutlenku siarki, tlenków azotu.

Algorytm obliczeń składa się z następujących kroków:

- ✧ bilanse energii,
- ✧ bilanse emisji zanieczyszczeń (pyły, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu),
- ✧ obliczanie opłat środowiskowych,
- ✧ obliczanie odchyleń opłat środowiskowych przy współspalaniu mieszanek paliwowych w odniesieniu do spalania tylko węgla kamiennego,
- ✧ obliczenia kosztów granicznych pozyskania odpadów drewna,
- ✧ obliczenia efektów ekonomicznych przy współspalaniu mieszanek energetycznych przy zakładanych różnych kosztach pozyskania odpadów drewna.

Do obliczeń symulacyjnych przyjęto następujące parametry węgla kamiennego: wartość opałowa  $Q^r_i = 22\ 870$  kJ/kg, zawartość siarki w stanie roboczym  $S^r_i = 0,71\%$ , zawartość

popiołu w stanie roboczym  $A^r = 15,25\%$ , zawartość pierwiastka węgla w stanie roboczym  $c_r = 58,68\%$ .

Założono następujące parametry wyjściowe odpadów drewna: wilgotność 10%, zawartość wodoru  $h = 6\%$ , ciepło spalania  $Q = 18\,000$  kJ/kg, wartość opałowa  $Q_i^r = 16\,445,9$  kJ/kg.

Przyjęto również, że:

- ✧ zawartość części palnych w odpadach paleniskowych unoszonych do atmosfery – 25%;
- ✧ sprawność cieplna kotła brutto  $\eta_k = 92\%$ ,
- ✧ sprawność instalacji odpylania spalin  $\eta_{odp} = 92\%$ ,
- ✧ zawartość siarki w drewnie wynosi 0,71%,
- ✧ cena zakupu węgla wraz z transportem wynosi 184 zł/Mg,
- ✧ stawka jednostkowa opłaty środowiskowej za emisję pyłów wynosi 0,27 zł/kg,
- ✧ stawka jednostkowa opłaty środowiskowej za emisję dwutlenku węgla wynosi 0,00022 zł/kg,
- ✧ stawka jednostkowa opłaty środowiskowej za emisję dwutlenku siarki wynosi 0,41 zł/kg,
- ✧ stawka jednostkowa opłaty środowiskowej za emisję NOx wynosi 0,41 zł/kg,
- ✧ dla mieszanek energetycznych węgla i odpadów drzewnych przyjmowano, że część emisji dwutlenku węgla wynikającej ze spalania drewna wynosi 0 (energia zielona).

## Bilanse energii

W obliczeniach zastosowano następujące wzory:

$$P^r = P^a \cdot (100 - W^a) / 100 \quad (1)$$

gdzie:  $P^r$  — skład masowy poszczególnych składników paliwa – zawartość wilgoci, wodoru, siarki pierwiastka węgla, ciepło spalania w stanie roboczym [%],

$P^a$  — zawartość wilgoci, siarki pierwiastka węgla, ciepło spalania w stanie analitycznym [%],

$W^a$  — zawartość wilgoci higroskopijnej (analitycznej) [%].

$$Q_i^r = Q_i^a \cdot (100 - W^a) / 100 - 24,42 \cdot W^a \quad (2)$$

gdzie:  $Q_i^r$  — wartość opałowa w stanie roboczym [kJ/kg],

$Q_i^a$  — wartość opałowa w stanie analitycznym [kJ/kg].

$$Q_s^a = Q_s^a - 24,42 \cdot (8,94 \cdot H^a + W^a) \quad (3)$$

gdzie:  $Q_s^a$  — ciepło spalania w stanie analitycznym [kJ/kg],

$H^a$  — zawartość wodoru w stanie analitycznym [%].

Wyliczenia jednostkowej wartości opałowej drewna w stanie roboczym liczonej w kJ/kg, w zależności od zawartości wilgoci, zawiera tabela 1. W tabelach 2 podano bilans energii użytkowej powstającej przy spalaniu 1 Mg mieszanki węgla i odpadów drewna — przy różnych proporcjach komponentów i dla różnych zawartości wilgoci w drewnie. Ilustrację graficzną zależności z tabel 2 pokazano na rysunku 1.

## Bilanse emisji zanieczyszczeń (pyły, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, tlenki azotu)

W obliczeniach wielkości emisji zanieczyszczeń do atmosfery wykorzystano następujące wzory:

$$E_{co2} = ICO2 \cdot B \quad (4)$$

$$ICO2 = (M_{CO2}/M_c) \cdot (c_r - c_{odp.pal}) \quad (5)$$

$$c_{odp.pal} = a \cdot A^r \cdot c_{sr} / (100 - c_{sr}) \quad (6)$$

gdzie:  $E_{co2}$  — wielkość emisji dwutlenku węgla [Mg],  
 $ICO2$  — wskaźnik emisji dwutlenku węgla (dla węgla kamiennego:  $3,677 \cdot c_r$ , dla odpadów drewna 0) [kg/Mg],  
 $B$  — zużycie danego składnika paliwa [Mg],  
 $M_{CO2}$  — masa cząsteczkowa dwutlenku węgla,  
 $M_c$  — masa cząsteczkowa węgla,  
 $c_r$  — zawartość pierwiastka węgla w paliwie,  
 $c_{odp.pal}$  — zawartość pierwiastka węgla w odpadach paleniskowych,  
 $a$  — współczynnik kontrakcji popiołu (dla węgla kamiennego: 0,9, dla drewna 0,65),  
 $A^r$  — zawartość popiołu w paliwie w stanie roboczym [%],  
 $c_{sr}$  — zawartość pierwiastka węgla w mieszaninie żużla i popiołu lotnego [%].

$$E_{SO2} = IS \cdot B \quad (7)$$

gdzie:  $IS$  — wskaźnik emisji dwutlenku siarki (dla węgla kamiennego i odpadów drewna:  $16 \cdot S^r$ ) [kg/Mg],  
 $S^r$  — zawartość siarki całkowitej [%].

$$E_{NOX} = IN \cdot B \quad (8)$$

gdzie:  $E_{NOX}$  — wielkość emisji tlenków azotu,  
 $IN$  — wskaźnik emisji tlenków azotu (dla węgla kamiennego 4, dla drewna 2) [kg/Mg],  
 $B$  — zużycie danego składnika paliwa [Mg].

$$(E_{pył\ wk} = IP_{wk} \cdot B \cdot (100 - \eta_{odp}) / (100 - k) \quad (9)$$

gdzie:  $E_{pył\ wk}$  — wielkość emisji pyłów,  
 $IP_{wk}$  — wskaźnik emisji pyłów (dla węgla kamiennego:  $2,5 \cdot A^r$ , dla drewna 15) [kg/Mg],  
 $B$  — zużycie danego składnika paliwa [Mg],  
 $A^r$  — zawartość popiołu w stanie roboczym [%].

Jednostkowe emisje zanieczyszczeń liczone w odniesieniu do 1 GJ wytworzonej energii podają odpowiednio tablice: dla emisji pyłów — tabele 3, dla emisji dwutlenku węgla — tabele 4, dla emisji dwutlenku siarki — tabele 5 i dla tlenków azotu — tabele 6.

## Obliczanie opłat środowiskowych

Sumaryczne jednostkowe opłaty w złotych za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych w przeliczeniu na 1 GJ wytworzonej energii przedstawiono w tabelach 7.

Obliczanie odchyłeń opłat środowiskowych przy współspalaniu mieszanek paliwowych w odniesieniu do spalania tylko węgla kamiennego.

W tabelach 8 zawarte są odchylenia sumarycznej jednostkowej opłaty środowiskowej za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych liczone w zł/GJ wytworzonej energii. Wartości ujemne oznaczają korzyść ekonomiczną powstającą przy spalaniu mieszanek w porównaniu do spalania tylko węgla. Przebiegi zmienności odchyłeń podanych w tabelach 8 pokazano na rysunku 2.

## Obliczenia kosztów granicznych pozyskania odpadów drewna

Koszty graniczne pozyskania odpadów drewna przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych, wyliczane w zł/Mg, dla różnych proporcji komponentów i różnej zawartości wilgoci w drewnie zawarte są w tabelach 9.

## Obliczenia efektów ekonomicznych przy współspalaniu mieszanek energetycznych przy zakładanych różnych kosztach pozyskania odpadów drewna

Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych liczone w zł/GJ przy różnych kosztach pozyskania odpadów drewna pokazano w tabelach 10 (koszt pozyskania 60 zł/Mg) i tabelach 11 (koszt pozyskania 100 zł/Mg). Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono zależności graficzne danych z tabel 10 i 11.

Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanek węgla z odpadami drewna można opisać funkcjami zbudowanymi na danych z tabel 12:

$$y = (-0,0101 * z + 0,0587) * x + (0,01212 * z - 0,0705) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 10\%};$$

$$y = (-0,0101 * z + 0,0504) * x + (0,0131 * z - 0,0643) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 20\%};$$

$$y = (-0,0105 * z + 0,0428) * x + (0,014 * z - 0,0569) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 30\%};$$

$$y = (-0,0107 * z + 0,0343) * x + (0,0151 * z - 0,048) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 40\%};$$

$$y = (-0,011 * z + 0,0256) * x + (0,0161 * z - 0,0375) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 50\%};$$

$$y = (-0,0112 * z + 0,0163) * x + (0,0173 * z - 0,025) \text{ dla wilgotności odpadów drzewnych 60\%};$$

oraz wzór uogólniony:

$$y = ((-0,0002*v-0,0097)*z + (-0,0084*v+0,0675))*x + (0,001*v+0,011)*z + (0,0008*v^2+0,0036*v - 0,0747)$$

- gdzie:  $y$  — oszczędności (straty) jednostkowe wynikające ze współspalania komponentów w stosunku do spalania tylko węgla kamiennego,  
 $x$  — procentowa zawartość wilgoci w komponentach — podawana w liczbach naturalnych odpowiadających tym procentom,  
 $z$  — kolejne ceny jednostkowe pozyskania komponentów. Podaje się w liczbach naturalnych odpowiadających kolejności danych w serii,  
 $v$  — zawartość procentowa wilgoci w komponentach. Podaje się w liczbach naturalnych odpowiadających kolejności danych w serii.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że wzory te są ważne tylko dla komponentów o podanych w opracowaniu parametrach.

## Zakończenie

Dokonane obliczenia wskazują na to, że do stosowania mieszanek węgla z odpadami drewna, z punktu widzenia efektywności ekonomicznej, nie można podchodzić bezkrytycznie. Ważnymi elementami wpływającym na opłacalność ich stosowania są: koszty pozyskania i zawartość wilgoci. Można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że w przypadku zwiększenia skali zastosowania tych mieszanek koszty pozyskania odpadów drewna będą rosły — co wynikać będzie z relacji podaży i popytu. Sam proces pozyskiwania ze źródeł rozproszonych odpadów drewna (np. w lasach) jest kapitałochłonny i pracochłonny. Także proces technologiczny przygotowania tych odpadów nadających się do mieszania z węglem również wymaga zastosowania odpowiednich maszyn i urządzeń — co wymaga nakładów inwestycyjnych i potem ponoszenia kosztów bieżących. W kontekście przeprowadzonych analiz stosowania tych mieszanek należy również zwrócić uwagę, że bezpośrednie stosowanie odpadów drewna o dużej zawartości wilgoci znacznie obniża efektywność ekonomiczną. Należałoby więc, w całym procesie technologicznym uwzględnić również ogniwo ich sezonowania lub podsuszania, co również kosztuje. W rachunku ciągnionym może się okazać, że w szeregu konkretnych przypadków jest to działanie nieopłacalne ekonomicznie. Powyższe rozważania nie oznaczają, że należy całkowicie zrezygnować z zastosowania tych mieszanek paliwowych, ale w każdym konkretnym przypadku dokonywać najpierw analiz ekonomicznych opłacalności.

Ważnym, chociaż wielokrotnie pomijanym, aspektem jest zachowanie równowagi biosystemu leśnego. Odpady drzewne od tysięcy lat mają swoje użyteczne miejsce w ekosystemie lasu. Zbyt dokładne oczyszczanie lasów z odpadów drzewnych może powodować — w dłuższym horyzoncie czasowym — zakłócenia w tym ekosystemie.

Można również pozyskiwać komponenty dla celów tworzenia tych mieszanek paliwowych ze specjalnych upraw (wierzba energetyczna, malwy itp.). Plantator takich upraw również chciałby sensownie zarobić na takich plantacjach, a więc sprzedawać wyprodukowaną biomasę po opłacalnych dla niego cenach. Można przyjąć, że z chwilą pojawienia się dużego popytu na biomasę z plantacji, cena jej będzie również rosła. Tym bardziej, że już niedługo poważną konkurencją dla produkcji biomasy dla celów energetyki staną się uprawy roślin przydatnych do produkcji biopaliw.

Przedstawiony w artykule model obliczeń efektywności ekonomicznej zastosowania mieszanek paliwowych z udziałem odpadów drewna ma charakter otwarty. Można w nim zadawać jako zmienne: parametry jakościowe i cenę węgla, cechy charakterystyczne odpadów drewna, koszty pozyskania odpadów drewna, sprawność energetyczną kotła oraz sprawność instalacji odpylania.

## Literatura

- [1] Materiały informacyjno-instruktażowe. Wskaźniki emisji substancji zanieczyszczających wprowadzanych do powietrza z procesów energetycznych spalania paliw, MOŚ, ZNiL, Warszawa, 1996.
- [2] RADOVIĆ U., 1997 — Zanieczyszczenie atmosfery. Źródła oraz metodyka oszacowania wielkości emisji zanieczyszczeń. Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa.
- [3] STAŃCZYK K., KROWIAK A., BONIECKI M., 2005 — Metody oceny efektywności energetycznej i ekonomicznej zastosowania mieszanek paliwowych w energetyce zawodowej. Praca statutowa nr 160 4020 5, nie publikowana — w archiwum GIG, Katowice.

Andrzej KROWIAK, Krzysztof STAŃCZYK, Marek BIENIECKI

## Model of economical effectiveness calculations for use of coal-wood waste mixture for energy production

### Abstract

In the work a methodology and mathematic model of economical effectiveness of the use of coal-wood waste mixture for energy production is presented. In the model the variables are: quality and price of coal, chosen characteristic parameters of wood wastes, cost of wood wastes, efficiency of boiler and efficiency of dust elimination installation. The analyses were performed for different coal-wood wastes proportion in the mixture as well as for different moisture content in wood wastes. The results of the calculations are: the critical cost of wood wastes for which the economy of the process is zero and calculated economical effectiveness for coal-wood waste mixture depending on wood price.

KEY WORDS: fuels, boiler, cost, mathematic model

TABELA 1. Jednostkowa wartość opałowa drewna w stanie roboczym w zależności od zawartości wilgoci

TABLE 1. Heating value of wood depending on moisture content

Wilgotność w [udział wagowy]	0,10	0,20	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60
Zawartość wodoru h	0,060	0,053	0,047	0,040	0,037	0,033	0,027
Ciepło spalania w stanie analitycznym Q	18 000	16 000,0	14 000,0	12 000,0	11 000,0	10 000,0	8 000,0
Wartość opałowa [kJ/kg]	16 445,9	14 347,3	12 248,6	10 149,9	9 100,6	8 051,3	5 952,6

Źródło: Obliczenia własne



TABELA 2a. Bilans energii użytkowej przy współpalaniu 1 Mg mieszanki węgla i odpadów drewna [GJ]

TABLE 2a. Balance of useful energy in combustion of 1Mg coal – wood waste mixture [GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	21,0404	20,9813	20,9222	20,8631	20,8040	20,7449	20,6858	20,6267	20,5676	20,5085	20,4494
0,2	21,0404	20,9620	20,8836	20,8052	20,7268	20,6484	20,5699	20,4915	20,4131	20,3347	20,2563
0,3	21,0404	20,9427	20,8450	20,7472	20,6495	20,5518	20,4541	20,3564	20,2587	20,1609	20,0632
0,4	21,0404	20,9234	20,8064	20,6893	20,5723	20,4553	20,3383	20,2212	20,1042	19,9872	19,8702
0,5	21,0404	20,9041	20,7677	20,6314	20,4951	20,3587	20,2224	20,0861	19,9497	19,8134	19,6771
0,6	21,0404	20,8848	20,7291	20,5735	20,4178	20,2622	20,1066	19,9509	19,7953	19,6396	19,4840

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 2b. Bilans energii użytkowej przy współpalaniu 1 Mg mieszanki węgla i odpadów drewna [GJ]

TABLE 2b. Balance of useful energy in combustion of 1Mg coal — wood waste mixture [GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	20,3903	20,3312	20,2721	20,2130	20,1539	20,0948	20,0357	19,9766	19,9175	19,8584	19,7993
0,2	20,1779	20,0995	20,0211	19,9427	19,8643	19,7859	19,7074	19,6290	19,5506	19,4722	19,3938
0,3	19,9655	19,8678	19,7701	19,6724	19,5746	19,4769	19,3792	19,2815	19,1838	19,0861	18,9883
0,4	19,7531	19,6361	19,5191	19,4021	19,2850	19,1680	19,0510	18,9340	18,8169	18,6999	18,5829
0,5	19,5407	19,4044	19,2681	19,1317	18,9954	18,8591	18,7228	18,5864	18,4501	18,3138	18,1774
0,6	19,3284	19,1727	19,0171	18,8614	18,7058	18,5502	18,3945	18,2389	18,0832	17,9276	17,7720

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 3a. Jednostkowa emisja pyłów ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 3a. Dust emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,24160	0,24071	0,23983	0,23893	0,23803	0,23713	0,23622	0,23530	0,23438	0,23346	0,23253
0,2	0,24160	0,24084	0,24008	0,23931	0,23853	0,23775	0,23696	0,23617	0,23537	0,23457	0,23375
0,3	0,24160	0,24097	0,24033	0,23969	0,23904	0,23838	0,23772	0,23705	0,23638	0,23569	0,23501
0,4	0,24160	0,24109	0,24058	0,24007	0,23955	0,23902	0,23848	0,23794	0,23740	0,23684	0,23628
0,5	0,24160	0,24122	0,24084	0,24045	0,24006	0,23966	0,23926	0,23885	0,23843	0,23801	0,23759
0,6	0,24160	0,24135	0,24109	0,24084	0,24057	0,24031	0,24004	0,23976	0,23948	0,23920	0,23891

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 3b. Jednostkowa emisja pyłów ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 3b. Dust emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,23159	0,23065	0,22970	0,22875	0,22779	0,22683	0,22586	0,22488	0,22390	0,22291	0,22192
0,2	0,23403	0,23331	0,23258	0,23185	0,23111	0,23037	0,22962	0,22886	0,22810	0,22733	0,22656
0,3	0,23541	0,23482	0,23422	0,23361	0,23300	0,23238	0,23175	0,23112	0,23048	0,22984	0,22918
0,4	0,23683	0,23637	0,23590	0,23542	0,23494	0,23445	0,23396	0,23346	0,23296	0,23244	0,23192
0,5	0,23772	0,23733	0,23695	0,23655	0,23615	0,23575	0,23534	0,23492	0,23450	0,23407	0,23363
0,6	0,23976	0,23958	0,23939	0,23920	0,23901	0,23881	0,23861	0,23841	0,23820	0,23799	0,23778

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 4a. Jednostkowa emisja CO<sub>2</sub> ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 4a. CO<sub>2</sub> emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	89,269	88,695	88,116	87,533	86,945	86,352	85,754	85,152	84,545	83,932	83,315
0,2	89,269	88,777	88,279	87,777	87,269	86,756	86,237	85,714	85,184	84,650	84,109
0,3	89,269	88,858	88,443	88,022	87,595	87,163	86,726	86,283	85,834	85,379	84,919
0,4	89,269	88,940	88,607	88,268	87,924	87,575	87,220	86,859	86,493	86,121	85,744
0,5	89,269	89,022	88,772	88,516	88,255	87,990	87,719	87,444	87,163	86,877	86,585
0,6	89,269	89,105	88,937	88,765	88,589	88,409	88,225	88,036	87,843	87,645	87,443

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 4b. Jednostkowa emisja CO<sub>2</sub> ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 4b. CO<sub>2</sub> emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]		110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Wilgotność drewna w											
0,1	82,693	82,065	81,433	80,795	80,152	79,504	78,851	78,192	77,528	76,858	76,183
0,2	83,563	83,011	82,454	81,890	81,321	80,745	80,164	79,576	78,982	78,382	77,775
0,3	84,452	83,979	83,500	83,015	82,524	82,026	81,522	81,010	80,493	79,968	79,436
0,4	85,360	84,970	84,574	84,172	83,763	83,348	82,926	82,497	82,062	81,619	81,169
0,5	86,288	85,985	85,676	85,361	85,040	84,713	84,380	84,040	83,693	83,340	82,980
0,6	87,236	87,024	86,807	86,584	86,357	86,124	85,886	85,641	85,391	85,135	84,873

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 5a. Jednostkowa emisja SO<sub>2</sub> ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]TABLE 5a. SO<sub>2</sub> emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,539914	0,536775	0,533619	0,530445	0,527253	0,524042	0,520814	0,517566	0,514300	0,511016	0,507712
0,2	0,539914	0,537186	0,534437	0,531668	0,528878	0,526066	0,523233	0,520379	0,517502	0,514604	0,511683
0,3	0,539914	0,537597	0,535258	0,532898	0,530515	0,528109	0,525680	0,523229	0,520753	0,518253	0,515729
0,4	0,539914	0,538009	0,536082	0,534134	0,532164	0,530171	0,528155	0,526116	0,524054	0,521967	0,519855
0,5	0,539914	0,538422	0,536910	0,535378	0,533826	0,532253	0,530659	0,529043	0,527405	0,525745	0,524062
0,6	0,539914	0,538835	0,537740	0,536629	0,535500	0,534355	0,533191	0,532010	0,530809	0,529590	0,528351

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 5b. Jednostkowa emisja SO<sub>2</sub> ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]TABLE 5b. SO<sub>2</sub> emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,504389	0,501047	0,497686	0,494304	0,490903	0,487482	0,484041	0,480579	0,477097	0,473594	0,470070
0,2	0,508739	0,505772	0,502782	0,499769	0,496731	0,493670	0,490584	0,487474	0,484339	0,481178	0,477992
0,3	0,513181	0,510607	0,508008	0,505383	0,502732	0,500054	0,497349	0,494617	0,491857	0,489069	0,486252
0,4	0,517718	0,515556	0,513368	0,511154	0,508913	0,506644	0,504348	0,502023	0,499669	0,497286	0,494873
0,5	0,522355	0,520624	0,518868	0,517088	0,515282	0,513450	0,511591	0,509705	0,507792	0,505849	0,503878
0,6	0,527093	0,525814	0,524514	0,523192	0,521849	0,520483	0,519094	0,517681	0,516244	0,514782	0,513294

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 6a. Jednostkowa emisja NOx ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 6a. NOx emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,19011	0,18960	0,18908	0,18856	0,18804	0,18752	0,18699	0,18646	0,18592	0,18539	0,18485
0,2	0,19011	0,18968	0,18924	0,18880	0,18836	0,18791	0,18746	0,18700	0,18655	0,18609	0,18562
0,3	0,19011	0,18976	0,18940	0,18904	0,18867	0,18830	0,18793	0,18756	0,18718	0,18680	0,18641
0,4	0,19011	0,18984	0,18956	0,18928	0,18899	0,18870	0,18841	0,18812	0,18782	0,18752	0,18722
0,5	0,19011	0,18992	0,18972	0,18952	0,18931	0,18911	0,18890	0,18869	0,18847	0,18826	0,18804
0,6	0,19011	0,18999	0,18988	0,18976	0,18964	0,18952	0,18939	0,18926	0,18914	0,18901	0,18887

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 6b. Jednostkowa emisja NOx ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [kg/GJ]

TABLE 6b. NOx emission in combustion of coal — wood waste mixture [kg/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,18430	0,18376	0,18321	0,18265	0,18210	0,18154	0,18098	0,18041	0,17984	0,17927	0,17869
0,2	0,18515	0,18468	0,18421	0,18373	0,18324	0,18276	0,18227	0,18177	0,18127	0,18077	0,18026
0,3	0,18602	0,18563	0,18523	0,18483	0,18442	0,18401	0,18360	0,18318	0,18276	0,18233	0,18190
0,4	0,18691	0,18660	0,18628	0,18596	0,18564	0,18531	0,18498	0,18464	0,18430	0,18396	0,18361
0,5	0,18781	0,18759	0,18736	0,18712	0,18689	0,18665	0,18640	0,18616	0,18591	0,18565	0,18539
0,6	0,18874	0,18860	0,18846	0,18832	0,18818	0,18803	0,18788	0,18773	0,18758	0,18742	0,18726

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 7a. Sumaryczna jednostkowa opłata za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 7a. The payment for emission in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,384181	0,382318	0,380445	0,378562	0,376667	0,374761	0,372843	0,370915	0,368975	0,367023	0,365060
0,2	0,384181	0,382571	0,380950	0,379315	0,377668	0,376009	0,374336	0,372650	0,370951	0,369238	0,367512
0,3	0,384181	0,382825	0,381456	0,380073	0,378678	0,377268	0,375845	0,374408	0,372957	0,371492	0,370011
0,4	0,384181	0,383078	0,381963	0,380836	0,379695	0,378540	0,377372	0,376190	0,374994	0,373784	0,372559
0,5	0,384181	0,383333	0,382473	0,381602	0,380719	0,379824	0,378916	0,377996	0,377063	0,376117	0,375157
0,6	0,384181	0,383587	0,382985	0,382373	0,381751	0,381120	0,380478	0,379826	0,379164	0,378491	0,377806

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 7b. Sumaryczna jednostkowa opłata za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 7b. The payment for emission in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,363085	0,361099	0,359100	0,357090	0,355067	0,353033	0,350985	0,348926	0,346854	0,344769	0,342671
0,2	0,366067	0,364341	0,362601	0,360848	0,359080	0,357298	0,355501	0,353690	0,351864	0,350023	0,348166
0,3	0,368814	0,367333	0,365836	0,364325	0,362798	0,361255	0,359696	0,358122	0,356531	0,354923	0,353299
0,4	0,371620	0,370395	0,369154	0,367898	0,366627	0,365340	0,364036	0,362716	0,361380	0,360026	0,358655
0,5	0,374335	0,373363	0,372376	0,371375	0,370360	0,369329	0,368283	0,367221	0,366143	0,365049	0,363938
0,6	0,377418	0,376741	0,376053	0,375353	0,374641	0,373917	0,373180	0,372431	0,371668	0,370891	0,370101

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 8a. Odchylenie sumarycznej jednostkowej opłaty za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 8a. The difference in payment for emission in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,000000	-0,003714	-0,007449	-0,011206	-0,014984	-0,018784	-0,022606	-0,026451	-0,030318	-0,034207	-0,038119
0,2	0,000000	-0,003219	-0,006462	-0,009730	-0,013024	-0,016342	-0,019686	-0,023056	-0,026452	-0,029875	-0,033325
0,3	0,000000	-0,002723	-0,005472	-0,008247	-0,011048	-0,013877	-0,016733	-0,019617	-0,022528	-0,025469	-0,028438
0,4	0,000000	-0,002226	-0,004478	-0,006755	-0,009058	-0,011389	-0,013746	-0,016131	-0,018544	-0,020985	-0,023456
0,5	0,000000	-0,001728	-0,003480	-0,005255	-0,007053	-0,008877	-0,010725	-0,012598	-0,014498	-0,016424	-0,018376
0,6	0,000000	-0,001230	-0,002478	-0,003746	-0,005033	-0,006341	-0,007669	-0,009018	-0,010388	-0,011781	-0,013196

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 8b. Odchylenie sumarycznej jednostkowej opłaty za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 8b. The difference in payment for emission in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg] <td>110</td> <td>120</td> <td>130</td> <td>140</td> <td>150</td> <td>160</td> <td>170</td> <td>180</td> <td>190</td> <td>200</td> <td>210</td>	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	-0,042055	-0,045803	-0,049573	-0,053366	-0,057181	-0,061019	-0,064880	-0,068765	-0,072672	-0,076604	-0,080559
0,2	-0,036507	-0,039805	-0,043130	-0,046481	-0,049859	-0,053264	-0,056696	-0,060157	-0,063645	-0,067162	-0,070708
0,3	-0,031139	-0,033994	-0,036877	-0,039789	-0,042731	-0,045702	-0,048704	-0,051737	-0,054801	-0,057897	-0,061026
0,4	-0,025656	-0,028044	-0,030461	-0,032909	-0,035386	-0,037894	-0,040433	-0,043004	-0,045607	-0,048243	-0,050913
0,5	-0,020205	-0,022119	-0,024060	-0,026029	-0,028027	-0,030054	-0,032111	-0,034199	-0,036318	-0,038469	-0,040653
0,6	-0,014327	-0,015711	-0,017118	-0,018549	-0,020004	-0,021484	-0,022989	-0,024521	-0,026079	-0,027665	-0,029278

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 9a. Koszt graniczny odpadów drewna przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/Mg]

TABLE 9a. The maximum cost of wood waste in combustion of coal — wood waste mixture [zł/Mg]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,00000	136,22224	136,22256	136,22289	136,22322	136,22354	136,22387	136,22419	136,22452	136,22484	136,22517
0,2	0,00000	118,80395	118,80427	118,80460	118,80492	118,80525	118,80558	118,80590	118,80623	118,80655	118,80688
0,3	0,00000	101,38566	101,38598	101,38631	101,38663	101,38696	101,38728	101,38761	101,38793	101,38826	101,38859
0,4	0,00000	83,96736	83,96769	83,96801	83,96834	83,96867	83,96899	83,96932	83,96964	83,96997	83,97029
0,5	0,00000	66,54907	66,54940	66,54972	66,55005	66,55037	66,55070	66,55102	66,55135	66,55168	66,55200
0,6	0,00000	49,13078	49,13111	49,13143	49,13176	49,13208	49,13241	49,13273	49,13306	49,13338	49,13371

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 9b. Koszt graniczny odpadów drewna przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/Mg]

TABLE 9b. The maximum cost of wood waste in combustion of coal — wood waste mixture [zł/Mg]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	136,22549	136,22582	136,22615	136,22647	136,22680	136,22712	136,22745	136,22777	136,22810	136,22842	136,22875
0,2	118,75320	118,75353	118,75385	118,75418	118,75450	118,75483	118,75516	118,75548	118,75581	118,75613	118,75646
0,3	101,33491	101,33524	101,33556	101,33589	101,33621	101,33654	101,33686	101,33719	101,33751	101,33784	101,33817
0,4	83,91662	83,91694	83,91727	83,91760	83,91792	83,91825	83,91857	83,91890	83,91922	83,91955	83,91987
0,5	66,52533	66,52565	66,52598	66,52630	66,52663	66,52695	66,52728	66,52761	66,52793	66,52826	66,52858
0,6	49,08003	49,08036	49,08069	49,08101	49,08134	49,08166	49,08199	49,08231	49,08264	49,08296	49,08329

Źródło: Obliczenia własne



TABELA 10a. Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 10a. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,00000	0,03633	0,07286	0,10960	0,14655	0,18372	0,22109	0,25868	0,29648	0,33451	0,37275
0,2	0,00000	0,02805	0,05632	0,08479	0,11349	0,14240	0,17153	0,20088	0,23046	0,26027	0,29031
0,3	0,00000	0,01976	0,03971	0,05984	0,08017	0,10069	0,12141	0,14232	0,16344	0,18476	0,20629
0,4	0,00000	0,01145	0,02304	0,03475	0,04660	0,05859	0,07071	0,08297	0,09538	0,10793	0,12063
0,5	0,00000	0,00313	0,00631	0,00952	0,01278	0,01609	0,01944	0,02283	0,02627	0,02976	0,03330
0,6	0,00000	-0,00520	-0,01049	-0,01585	-0,02129	-0,02682	-0,03243	-0,03813	-0,04392	-0,04980	-0,05577

Koszt pozyskania odpadów drewna 60,00 [zł/Mg]

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 10b. Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 10b. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,41122	0,44990	0,48882	0,52796	0,56734	0,60694	0,64678	0,68685	0,72717	0,76772	0,80852
0,2	0,32029	0,35078	0,38150	0,41246	0,44367	0,47513	0,50683	0,53879	0,57101	0,60349	0,63623
0,3	0,22773	0,24966	0,27181	0,29417	0,31676	0,33957	0,36262	0,38590	0,40942	0,43317	0,45718
0,4	0,13319	0,14616	0,15929	0,17258	0,18603	0,19965	0,21344	0,22739	0,24152	0,25583	0,27031
0,5	0,03673	0,04036	0,04403	0,04776	0,05154	0,05537	0,05927	0,06322	0,06722	0,07129	0,07542
0,6	-0,06215	-0,06834	-0,07464	-0,08105	-0,08756	-0,09417	-0,10090	-0,10775	-0,11471	-0,12179	-0,12900

Koszt pozyskania odpadów drewna 60,00 [zł/Mg]

Źródło: Obliczenia własne

TABELA 11a. Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 11a. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	1 000	990	980	970	960	950	940	930	920	910	900
Drewno [kg]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Wilgotność drewna w											
0,1	0,00000	0,01726	0,03463	0,05209	0,06965	0,08731	0,10507	0,12293	0,14090	0,15897	0,17715
0,2	0,00000	0,00897	0,01801	0,02712	0,03629	0,04554	0,05485	0,06424	0,07370	0,08324	0,09284
0,3	0,00000	0,00066	0,00133	0,00200	0,00269	0,00337	0,00407	0,00477	0,00548	0,00620	0,00692
0,4	0,00000	-0,00766	-0,01541	-0,02325	-0,03117	-0,03919	-0,04729	-0,05549	-0,06379	-0,07218	-0,08067
0,5	0,00000	-0,01600	-0,03221	-0,04864	-0,06528	-0,08215	-0,09924	-0,11657	-0,13413	-0,15193	-0,16998
0,6	0,00000	-0,02436	-0,04908	-0,07418	-0,09965	-0,12552	-0,15179	-0,17847	-0,20557	-0,23310	-0,26107

Koszt pozyskania odpadów drewna 100,00 [zł/Mg]

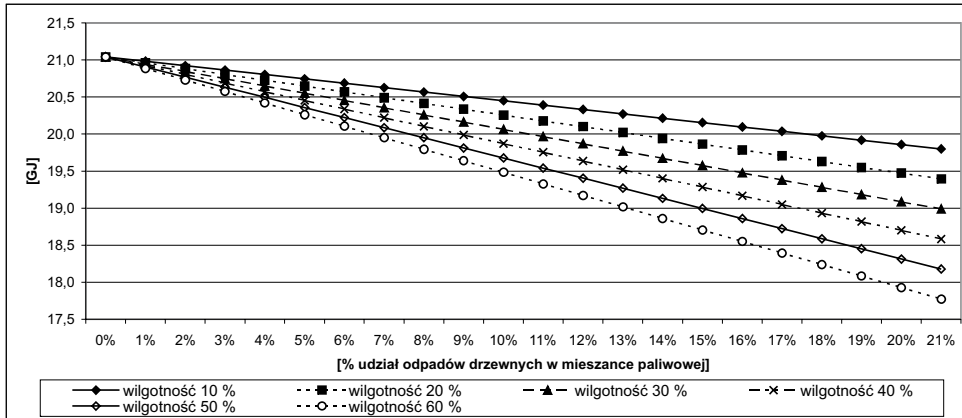
Źródło: Obliczenia własne

TABELA 11b. Oszczędności w kosztach paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 11b. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture [zł/GJ]

Węgiel [kg]	890	880	870	860	850	840	830	820	810	800	790
Drewno [kg]	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Wilgotność drewna w											
0,1	0,19543	0,21381	0,23231	0,25091	0,26963	0,28845	0,30739	0,32643	0,34559	0,36487	0,38426
0,2	0,10223	0,11196	0,12177	0,13166	0,14162	0,15166	0,16179	0,17199	0,18228	0,19265	0,20310
0,3	0,00735	0,00806	0,00878	0,00951	0,01024	0,01098	0,01173	0,01248	0,01325	0,01402	0,01480
0,4	-0,08956	-0,09829	-0,10711	-0,11605	-0,12509	-0,13424	-0,14350	-0,15288	-0,16237	-0,17198	-0,18172
0,5	-0,18844	-0,20701	-0,22585	-0,24495	-0,26433	-0,28398	-0,30393	-0,32416	-0,34470	-0,36554	-0,38669
0,6	-0,28979	-0,31870	-0,34808	-0,37795	-0,40831	-0,43918	-0,47058	-0,50251	-0,53499	-0,56803	-0,60165

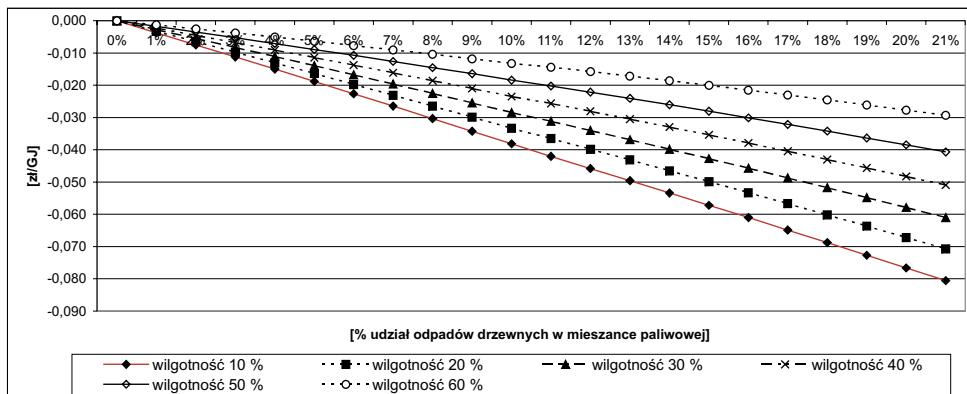
Koszt pozyskania odpadów drewna 100,00 [zł/Mg]



Źródło: obliczenia własne

Rys. 1. Bilans energii użytecznej przy współspalaniu 1 Mg mieszanki węgla i odpadów drewna

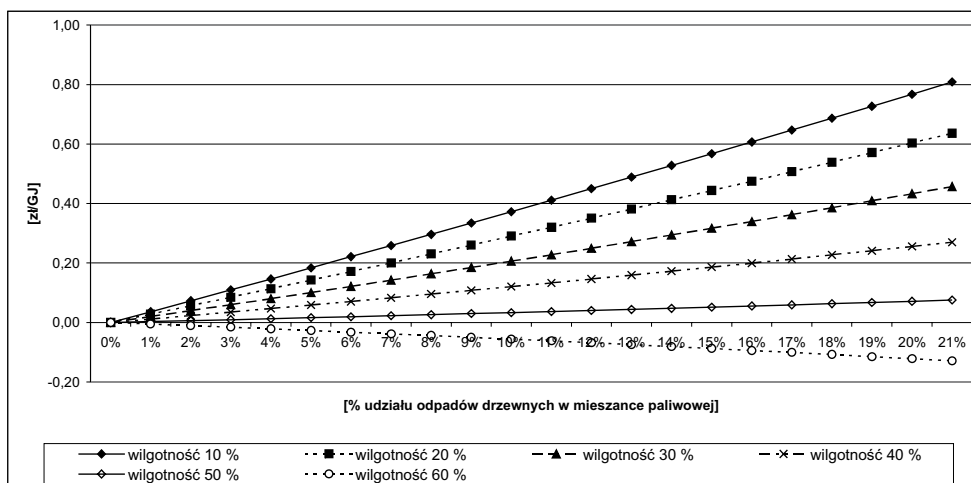
Fig. 1. Balance of useful energy in combustion of 1Mg coal — wood waste mixture



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Odchylenie sumarycznej jednostkowej opłaty za emisję ze spalania mieszanki węgla i odpadów drewnianych

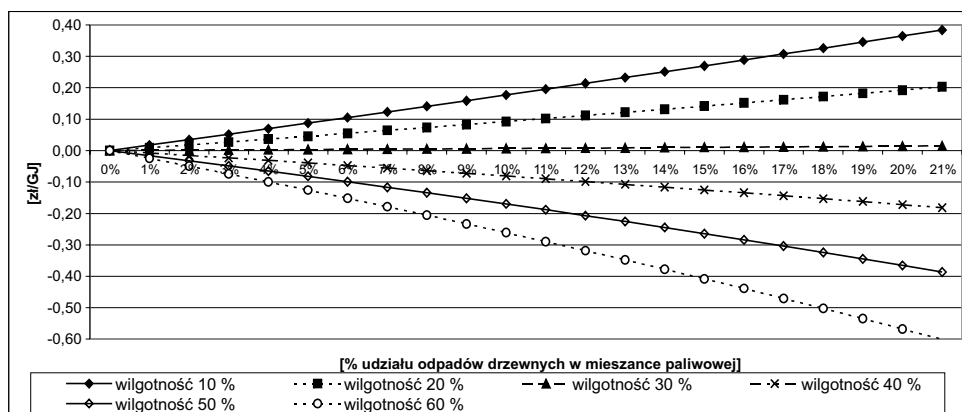
Fig. 2. The difference in payment for emission in combustion of coal — wood waste mixture



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Oszczędności kosztów paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych (cena odpadów drzewnych 60 zł/t)

Fig. 3. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture (the price of wood waste is 60 zł/Mg)



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Oszczędności kosztów paliwa przy spalaniu mieszanki węgla i odpadów drzewnych (cena odpadów drzewnych 100 zł/Mg)

Fig. 4. Savings in fuel cost in combustion of coal — wood waste mixture (the price of wood waste is 100 zł/Mg)

TABELA 12. Funkcje opisujące korzyści ze spalania mieszanki węgla i odpadów drzewnych [zł/GJ]

TABLE 12. Functions describing the profits of coal — wood waste mixture combustion [zł/GJ]

Cena odpadów drzewnych [zł/t]	z =	a	b
Wilgotność 10% v=1			
40	1	0,0486	-0,0583
60	2	0,0385	-0,0462
80	3	0,0284	-0,0341
100	4	0,0183	-0,0219
120	5	0,0082	-0,0098
Funkcja opisująca: $y = (-0,0101*z+0,0587)*x + (0,01212*z-0,0705)$			
Wilgotność 20% v=2			
40	1	0,0406	-0,0513
60	2	0,0303	-0,0382
80	3	0,02	-0,0252
100	4	0,0097	-0,0121
120	5	0,0006	0,0009
Funkcja opisująca: $y = (-0,0101*z+0,0504)*x + (0,0131*z-0,0643)$			
Wilgotność 30% v=3			
40	1	0,0323	-0,0429
60	2	0,0217	-0,0289
80	3	0,0112	-0,0148
100	4	0,0007	-0,0008
120	5	-0,0098	0,0132
Funkcja opisująca: $y = (-0,0105*z+0,0428)*x + (0,014*z-0,0569)$			
Wilgotność 40% v=4			
40	1	0,0236	-0,0329
60	2	0,0128	-0,0179
80	3	0,0021	-0,0028
100	4	-0,0086	0,0122
120	5	-0,0194	0,0273
Funkcja opisująca: $y = (-0,0107*z+0,0343) + (0,0151*z-0,048)$			
Wilgotność 50% v=5			
40	1	0,0146	-0,0213
60	2	0,0036	-0,0052
80	3	-0,0074	0,0109
100	4	-0,0184	0,0271
120	5	-0,0294	0,0432
Funkcja opisująca: $y = (-0,011*z+0,0256)*x + (0,0161*z-0,0375)$			
Wilgotność 60% v=6			
40	1	0,0051	-0,0077
60	2	-0,0061	0,0095
80	3	-0,0174	0,0268
100	4	-0,0286	0,0441
120	5	-0,0398	0,0613
Funkcja opisująca: $y = (-0,0112*z+0,0163)*x + (0,0173*z-0,025)$			
Funkcja opisująca: $y = ((-0,0002*v-0,0097)*z + (-0,0084*v+0,0675))*x + (0,001*v+0,011)*z + (0,0008*v^2+0,0036*v-0,0747)$			
gdzie: x - zawartość procentowa odpadów drzewnych w mieszance paliwowej podawana w liczbach naturalnych kolejnych serii			

Źródło: opracowanie własne