



## **Koszty środowiskowe a użytkowanie węgla kamiennego w obiektach o mocy do 50 MW**

*Zbigniew Grudziński, Katarzyna Stala-Szlugaj*  
*Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi*  
*i Energią PAN, Kraków*

### **1. Wprowadzenie**

Unia Europejska od lat kładzie nacisk na ochronę środowiska m.in. poprzez ograniczenie oddziaływania przemysłu. Jednym z istotnych unijnych aktów prawnych jest Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych (tzw. Dyrektywa IED – 2010/75/UE). Dyrektywa IED zastąpiła siedem wcześniejszych dokumentów, a jej podstawowym celem było ujednoczenie i konsolidacja dotychczasowych przepisów unijnych. Postanowienia tej dyrektywy odnosiły się zarówno do obiektów istniejących, jak również do takich, które korzystały z tzw. derogacji traktatowych.

Jednakże pod koniec 2013 r. w celu uzupełnienia luki prawnej Komisja Europejska wystosowała do Parlamentu Europejskiego komunikat, w którym wezwała do podjęcia działań na rzecz kontroli emisji substancji zanieczyszczających powietrze ze średnich obiektów energetycznego spalania. Zaproponowała wówczas projekt Dyrektywy *Medium Combustion Plants* (tzw. Dyrektywy MCP – Projekt COM(2013)919). Celem tej dyrektywy jest zwiększenie synerгии pomiędzy obszarami polityki dotyczącymi zanieczyszczenia powietrza i zmiany klimatu. Dyrektywa ta ma odnosić się do obiektów, których nominalna moc źródła zawarta jest w przedziale od 1 do 50 MW.

Unia Europejska zwraca szczególną uwagę na szeroko rozumianą ochronę środowiska, a w efekcie kraje członkowskie koncentrują się m.in. na edukacji ekologicznej (Pawul & Sobczyk 2011), rekultywacji terenów pogórnicych (Sobczyk i in. 2012), ochronie przyrody (Sobczyk

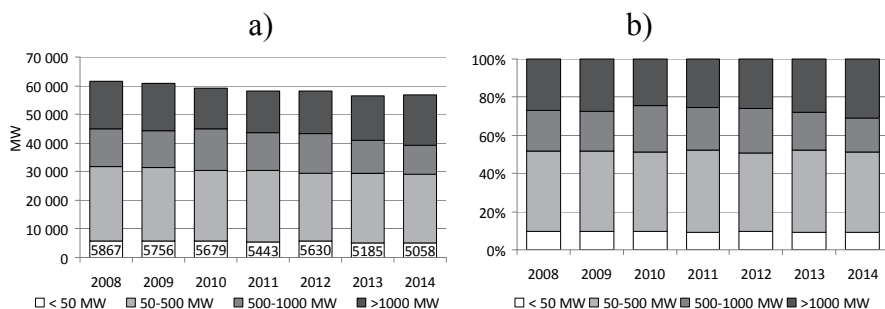
i in. 2014), czy też racjonalnej gospodarce odpadami (Klojzy-Karczmarczyk & Makoudi 2011).

W związku z projektem nowych przepisów unijnych (dyrektywa MCP) zaistnieje konieczność dotrzymania krajowych pułapów emisji. By móc im sprostać, istniejące obiekty o mocy do 50 MW opalane węglem kamiennym (kotły rusztowe) muszą liczyć się z potrzebą ich odtworzenia w nowej technologii spalania. Mogą one być zastąpione np. kotłami fluidalnymi również na węgiel kamienny lub na inne paliwo. Dodatkowo może się to wiązać z koniecznością spalania węgla o lepszych (niż dotychczas) parametrach jakościowych.

Celem niniejszego artykułu jest oszacowanie kosztów środowiskowych dla obiektów o mocy do 50 MW, zużywających węgiel kamienny.

## 2. Węgiel kamienny a produkcja ciepła w Polsce

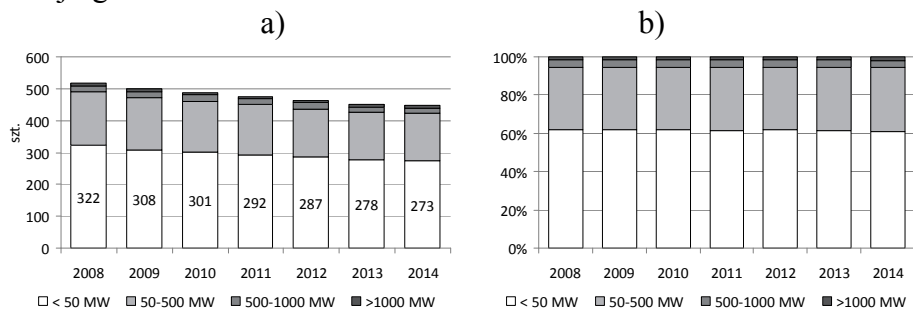
Rynek ciepłowniczy w Polsce ma charakter lokalny, spowodowany dużym rozdrobnieniem przedsiębiorstw ciepłowniczych. Według danych za rok 2014 (Energetyka ciepła... 2015) ciepło wytwarzano w 451 przedsiębiorstwach, w których zainstalowana łączna moc cieplna wyniosła 56 796 MW (rys. 1, 2).



**Rys. 1.** Przedsiębiorstwa ciepłownicze według źródeł mocy, a) MW, b) %  
**Fig. 1.** Heating plants according to heat generation capacity, a) MW, b) %  
*Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła... 2009-2015)*

Najliczniej reprezentowaną grupą wśród wytwórców ciepła są przedsiębiorstwa ciepłownicze o mocy źródeł do 50 MW. Choć ich przeciętny udział w liczbie koncesjonowanych przedsiębiorstw ciepłowniczych wynosi aż 61-62% (lata 2008-2014), to łączna moc zain-

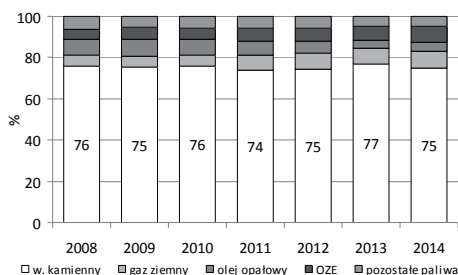
stalowana w tych przedsiębiorstwach stanowi 8-10% mocy zainstalowanej ogółem.



**Rys. 2.** Moc zainstalowana w przedsiębiorstwach ciepłowniczych, a) szt., b) %  
**Fig. 2.** The installed heating power in heating plants with specification groups of heat generation capacity, a) numbers, b) %

Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła... 2009-2015)

Ciepło oraz ciepła woda użytkowa w przedsiębiorstwach ciepłowniczych w Polsce produkowana jest głównie w oparciu o węgiel kamienny. Jego przeciętny udział w strukturze wytwarzania ciepła w latach 2008-2014 wynosi aż 74-77% (rys. 3). Spośród pozostałych paliw w ostatnich latach rośnie udział gazu ziemnego (do ok. 8%) i paliw odnawialnych (gł. biomasy, 6-8%).



**Rys. 3.** Struktura produkcji ciepła w Polsce wg stosowanych paliw, lata 2008-2014

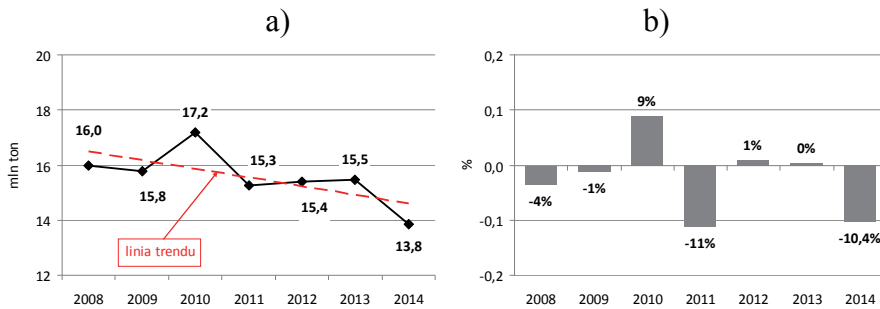
**Fig. 3.** Structure of heat generation by the fuels in Poland, 2008-2014

Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła... 2009-2015)

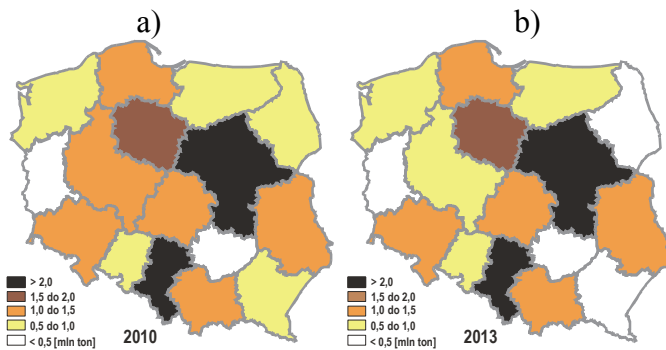
Od 2008 r. zużycie węgla kamiennego do produkcji ciepła w Polsce utrzymuje się w lekkim trendzie spadkowym (rys. 4). W latach 2008-2014 przedsiębiorstwa ciepłownicze przeciętnie rocznie zużywały

14-17 mln ton tego paliwa. Największy wzrost w stosunku rocznym wystąpił w roku 2010 (o 9%), a największy spadek w 2011 (o 11%). Zmiany te można powiązać z różną długością sezonu grzewczego. Względem 2010 r. liczba stopniodni grzania (Efektywność...2015) wydłużyła się o 442 i w 2011 r. wyniosła 3881.

Według podziału administracyjnego największe zużycie węgla kamiennego do produkcji ciepła występuje w woj. mazowieckim i śląskim (rys. 5). W porównywanym przykładowym latach w przypadku pierwszego województwa zużycie mieściło się w klasie powyżej 2 mln ton/rok, a drugiego – od 1,5 do 2,0 mln ton/rok.



**Rys. 4.** Zużycie węgla kamiennego do produkcji ciepła, a) mln ton, b) zmiana r/r  
**Fig. 4.** Hard coal consumptions for heat generation, a) million t, b) change Y-on-Y  
*Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła... 2009-2015)*



**Rys. 5.** Zużycie węgla kamiennego do produkcji ciepła w układzie wojewódzkim, a) w 2010 r., b) w 2013 r.

**Fig. 5.** Hard coal consumptions in heat generation by voivodeships, a) 2010, b) 2013

*Źródło: opracowanie własne na podst. (Statystyka ciepłownictwa...2012, 2014)*

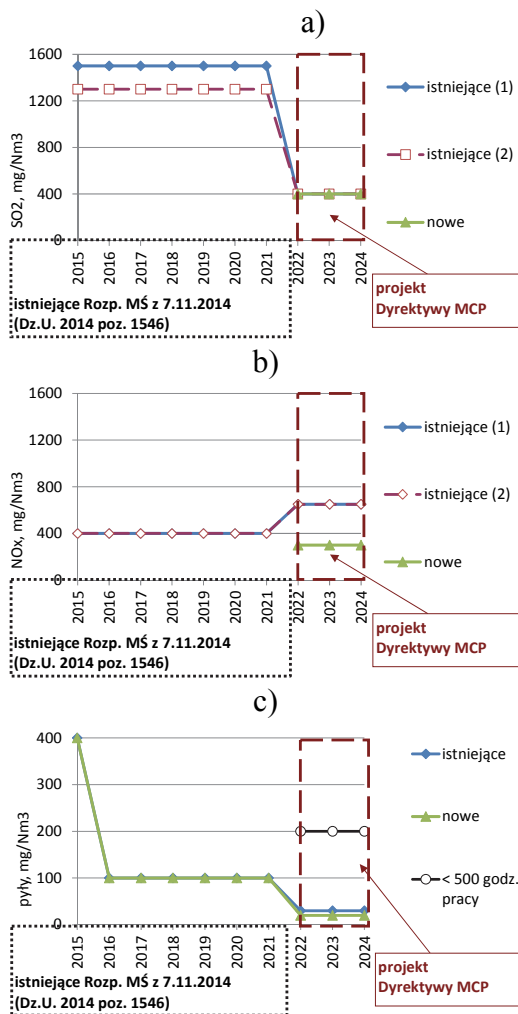
Z obecnych trendów zużycia węgla w kamiennego w sektorze ciepłowniczym można wnioskować, że w dłuższej perspektywie surowiec ten nadal pozostanie najważniejszym paliwem stosowanym w tej grupie odbiorców.

### 3. Standardy emisyjne według projektu Dyrektywy MCP

Obecnie obowiązującym dokumentem regulującym standardy emisyjne wprowadzanych do powietrza zanieczyszczeń powstałych w wyniku spalania różnego rodzaju nośników energii (w tym węgla kamiennego) jest Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 7 listopada 2014 r. (Rozporządzenie...Dz.U. 2014 poz. 1546). W dokumencie tym – w zależności od mocy źródła oraz od daty złożenia wniosku na budowę źródła lub daty oddania źródła do użytkowania – podana jest wielkość dopuszczalnej emisji  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  oraz pyłów.

Jednakże – w celu poprawy jakości powietrza oraz mając na względzie ochronę środowiska – w Unii Europejskiej trwają prace nad Dyrektywą *Medium Combustion Plants* (tzw. Dyrektywa MCP – Projekt COM(2013)919). Dyrektywa ta ma mieć zastosowanie od 2025 roku i odnosi się do średnich obiektów energetycznego spalania (niezależnie od rodzaju wykorzystywanego paliwa), których nominalna moc źródła jest równa lub większa niż 1 MW i mniejsza niż 50 MW. Tym samym wspomniana Dyrektywa uderzy w liczną grupę ciepłowni o mocy do 50 MW, które zasilają krajowy system ciepłowniczy. Przykładowe wielkości dopuszczalnych emisji tych trzech zanieczyszczeń dla źródeł o mocy 5-50 MW według obowiązującego w Polsce aktu prawnego (Rozporządzenie...Dz.U. 2014 poz. 1546) oraz projektu Dyrektywy MCP prezentują wykresy na rysunku 6.

Nowe dopuszczalne wielkości emisji do powietrza dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłów (zwanych w Dyrektywie MCP cząstkami stałymi) z istniejących obiektów o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW mają obowiązywać od dnia 1 stycznia 2030 r., a powyżej 5 MW – od dnia 1 stycznia 2025 r. Dopuszczalna wielkość emisji  $\text{SO}_2$  ma zmniejszyć się do  $400 \text{ mg/Nm}^3$  (rys. 6a). Emisja  $\text{NO}_x$  ma wynieść  $650 \text{ mg/Nm}^3$  w przypadku obiektów istniejących, a dla obiektów nowych – zmniejszyć się do  $300 \text{ mg/Nm}^3$  (rys. 6b). Natomiast dopuszczalna wielkość emisji pyłów (cząstek stałych) dla obiektów istniejących ma wynieść  $30 \text{ mg/Nm}^3$ , a dla nowych –  $20 \text{ mg/Nm}^3$  (rys. 6c).



(1) źródła oddane do użytkowania przed 29.03.1990 r.

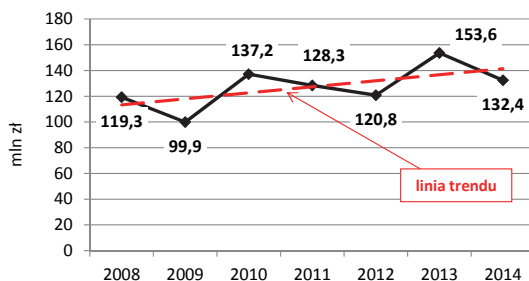
(2) źródła oddane do użytkowania po 28.03.1990 r.

**Rys. 6.** Standardy emisyjne SO<sub>2</sub> (a), NO<sub>x</sub> (b) i pyłów (c) pochodzących ze spalania węgla kamiennego dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej  $\geq 5$  i  $< 50$  MW wg obowiązującego Rozporządzenia MŚ i Dyrektywy MCP  
**Fig. 6.** SO<sub>2</sub> (a), NO<sub>x</sub> (c) and dust (c) emission standards from hard coal combustion for sources with thermal power lower than 5 MW according to the current regulation the Minister of Environment and MCP Directive  
*Źródło: opracowanie własne na podst. (Rozporządzenie...Dz.U. 2014 poz. 1546, Projekt COM(2013)919)*

Część z istniejących instalacji o mocy do 50 MW może zostać zwolniona z obowiązku przestrzegania dopuszczalnych wielkości emisji, których roczny czas funkcjonowania wynosi nie więcej niż 500 godzin. Wówczas dla obiektów spalających paliwa stałe (w tym węgiel kamienny) dopuszczalna wielkość emisji dla cząstek stałych (pyłów) będzie wynosić  $200 \text{ mg/Nm}^3$  (rys. 6c).

#### 4. Koszty środowiskowe a użytkowanie węgla kamiennego w ciepłowniach

Zaostrzone normy emisji zanieczyszczeń do powietrza w pewien sposób wpłyną również na koszty środowiskowe (związane z użytkowaniem węgla) ponoszone przez dane przedsiębiorstwo ciepłownicze. Od 2008 r. opłaty za korzystanie ze środowiska znajdują się w trendzie wzrostowym (rys. 7) oraz są mniej więcej porównywalne z poziomem inflacji. Na wielkość tych opłat m.in. mają wpływ zmieniające się corocznie jednostkowe stawki za wprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza (rys. 8). W przypadku opłat za emisję pyłów średni wzrost stawek od 2008 roku wyniósł ok. 3%, a pozostałych zanieczyszczeń – ok. 4%. Jedynie zmianom nie uległy stawki ze emisję CO, które wynoszą 0,11 zł/kg. W latach 2014-2015 – ze względu na ujemną inflację – zmiany uległy tylko stawki za składowanie odpadów.



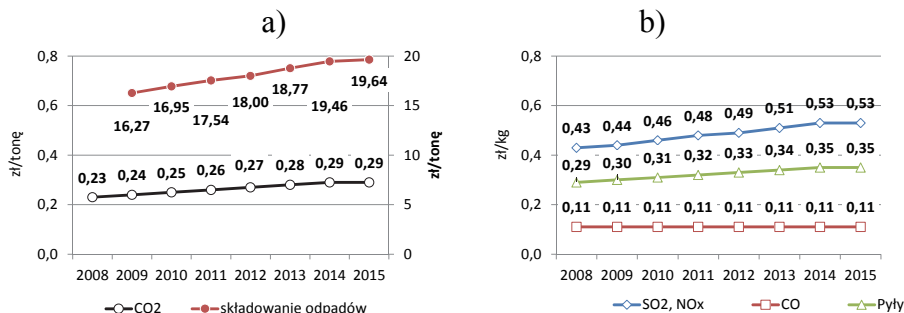
**Rys. 7.** Opłaty za korzystanie ze środowiska przez przedsiębiorstwa ciepłownicze, lata 2008-2014

**Fig. 7.** The fees for using the environment by heating plants, 2008-2014

*Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła... 2009-2015)*

Jednakże proponowane nowe standardy emisyjne według Dyrektywy MCP mogą spowodować, że przedsiębiorstwa, które nie będą w stanie sprostać wymogom Dyrektywy – poprzez m.in. przeprowadza-

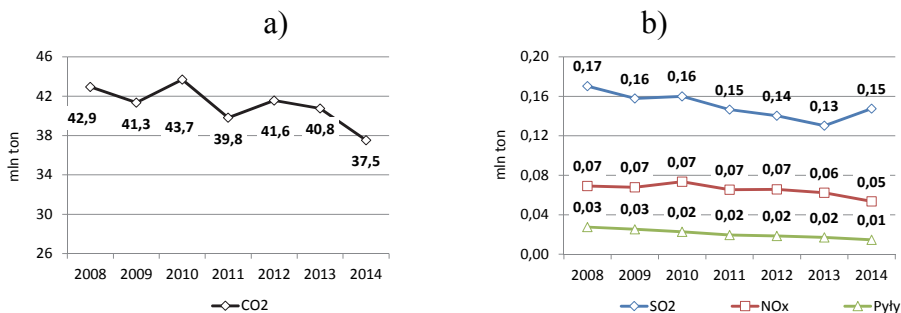
nie kolejnych modernizacji lub też instalację nowych, nowoczesnych urządzeń grzewczych czy też instalacji wychwytyjących zanieczyszczenie – będą musiały ponosić wysokie koszty środowiskowe.



**Rys. 8.** Jednostkowe stawki opłat za emisję CO<sub>2</sub> i składowanie odpadów (a) oraz SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i pyłów (b)

**Fig. 8.** Charges for emission CO<sub>2</sub>, waste disposal (a), and emission SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dust (b)

Źródło: opracowanie własne na podst. (Obwieszczenie Ministra...2008-2015)



**Rys. 9.** Emisja CO<sub>2</sub> (a) oraz SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i pyłów (b) przez przedsiębiorstwa ciepłownicze, lata 2007-2014

**Fig. 9.** CO<sub>2</sub> (a), and SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and dust (b) emissions by heating plants, 2007-2014

Źródło: opracowanie własne na podst. (Energetyka ciepła 2009-2015)

## 5. Oszacowanie kosztów środowiskowych w zależności od parametrów jakościowych węgla kamiennego

W celu oszacowania kosztów środowiskowych, jakie muszą ponieść ciepłownie o mocy do 50 MW przeprowadzono symulacje, pozwalające określić zależność zmian kosztów wytwarzania energii w kotłach



rusztowych (wynikających ze zmian opłat związanych z gospodarczym korzystaniem ze środowiska) od zmian parametrów jakościowych węgla.

W obliczeniach tych uwzględniono tylko tę grupę kosztów związanych z produkcją energii, która wynika z gospodarczego korzystania ze środowiska a zależna od parametrów spalane go węgla.

Opłaty środowiskowe ponoszone przez elektrownie to problem związany przede wszystkim z kosztami związanymi z emisją  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  oraz pyłów i składowaniem odpadów. W obliczeniach wykorzystano stawki za emisję  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  oraz pyłów i składowaniem odpadów z 2015 r., a zmiany tych stawek w latach 2008-2015 ilustruje rysunek 8. Zmiany poziomu tych stawek zbliżone są do poziomu inflacji.

Spalanie węgla o określonej zawartości popiołu powoduje nie tylko emisję pyłów, ale również powstawanie odpadów stałych, proporcjonalnie do zawartości popiołu w węglu i w zależności od skuteczności odpylania spalin. Przy określaniu skutków finansowych wynikających z zawartości popiołu obliczono, poza kosztami emisji pyłowej także koszty składowania wytworzonych odpadów stałych (popiołów lotnych i żużli). Koszty te określono na podstawie obowiązującej stawki opłaty z uwzględnieniem oszacowanego kosztu powiększenia składowiska (przyjmowanego zazwyczaj w wysokości stawki opłaty podstawowej). W obliczeniach uwzględnia się także koszty związane z odsiarczaniem spalin (Grudziński 2012).

Koszt redukcji emisji siarkowej oszacowano w następujący sposób:

- dla wyliczonego koniecznego stopnia odsiarczania (dla danej pary parametrów  $S$  i  $Q$ ) obliczono zapotrzebowanie na sorbent wapienowy (mielony kamień wapienny) o czystości 95% (przyjmując molowy stosunek  $\text{Ca}/\text{S} = 2$  – tzw. współczynnik nadmiaru),
- założono, że produkt odsiarczania jest odpadem, podlegającym składowaniu – koszt składowania oszacowano w taki sam sposób, jak dla odpadów ze spalania (czyli w wysokości dwukrotnej stawki opłaty podstawowej).

Dla oszacowania pozostałych emisji gazowych: tlenków węgla i azotu wykorzystano wskaźniki przedstawione w tabeli 1.

W wykonanej analizie założono, że koszty związane z emisją są tylko związane z opłatami za emisję, a ciepłownia posiada darmowe limity emisji  $\text{CO}_2$  i nie musi kupować praw do emisji na rynku. Podstawowe

stałe przyjęte do obliczeń symulacyjnych kosztów gospodarczego korzystania ze środowiska w wyniku spalania węgla w ciepłowni zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 1.** Podstawowe stałe przyjęte do wyliczeń kosztów gospodarczego korzystania ze środowiska w wyniku spalania węgla kamiennego

**Table 1.** The basic parameters applied to the calculation of the economic costs of using the environment as a result of hard coal combustion

Przyjęte stałe do obliczeń	Jednostka	Przyjęta wartość
Wskaźnik emisji NO <sub>2</sub>	g/GJ	148
Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub>	kg/GJ	93,74
Wskaźnik emisji NO <sub>2</sub>	g/GJ	10
ilość siarki przechodzącej w SO <sub>2</sub>	%	80
ilość popiołu przechodzącego do pyłu		20
ilość popiołu przechodząca do żużla		80
cena sorbentu	zł/tonę	130

*Źródło: opracowanie własne na podst. (Obwieszczenie Ministra... 2008-2015, Rozporządzenie...Dz.U. 2014 poz. 1546, Grudziński 2012)*

**Tabela 2.** Wielkość opłat za emisje SO<sub>2</sub> w zależności od wartości opalowej i zawartości siarki (opłaty obejmują także koszty odsiarczania spalin) [zł/tonę]

**Table 2.** Fees for emissions of SO<sub>2</sub> depending on calorific value and Sulphur content (including the costs of flue gas desulphurization) [PLN/t]

Zaw. siarki $S_r$ [%]	Wartość opalowa $Q_i$ [MJ/kg]						
	25	24	23	22	21	20	19
0,3	2,5	2,5	2,6	2,5	2,6	2,5	2,6
0,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
0,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
0,6	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
0,7	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1
0,8	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0	7,0	7,1
0,9	7,8	7,8	7,9	7,9	8,0	8,0	8,0
1,0	8,8	8,8	8,9	8,9	8,9	9,0	9,0
1,1	9,7	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9	10,0
1,2	10,7	10,7	10,8	10,8	10,8	10,9	10,9

*Źródło: obliczenia własne*

W wykonanych obliczeniach wykorzystano procedury liczenia kosztów środowiskowych oraz metodyki prezentowane w pracach (Radivič 1997, Lorenz 1999, Grudziński 2011, 2012). Metodyka ta została dostosowana do warunków spalania węgla w kotłach rusztowych.

Oszacowane koszty emisji gazowych (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) oraz pyłów i składowania odpadów stałych, wytworzonych w procesie spalania, w zależności od zmian parametrów jakościowych węgla (odpowiednio): wartości opałowej ( $Q_r^1$ ), zawartości siarki ( $S_r^1$ ) i zawartości popiołu ( $A^1$ ) zestawiono w tabelach 2-4. Wszystkie wyniki podają koszty w przeliczeniu na tonę spalonego węgla o danej jakości. W obliczeniach uwzględniono tylko opłaty związane z korzystaniem ze środowiska – nie uwzględniono kar, gdyż jednostka, która w dłuższym czasie przekraczałaby normy emisji musiałyby zostać zamknięta. W tej części obliczeń nie uwzględniono także kosztów związanych z nabyciem pozwoleń na emisję CO<sub>2</sub>.

**Tabela 3.** Wielkość opłat za emisje NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> [zł/tonę]

**Table 3.** Fees for emissions of NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> [PLN/t]

Substancja zanieczyszczająca	Wartość opałowa $Q_r^1$ [MJ/kg]						
	25	24	23	22	21	20	19
NOx	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
CO+CO <sub>2</sub>	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6

Źródło: obliczenia własne

**Tabela 4.** Wielkość opłat za emisje pyłów i składowanie odpadów w zależności od wartości opałowej i zawartości popiołu [zł/tonę]

**Table 4.** Fees for emissions particulate matter and solid waste disposal [PLN/t]

Substancja zanieczyszczająca	Zawartość popiołu $A^1$ [%]						
	12	14	16	18	20	22	24
Pyły	2,5	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0
Odpady stałe	4,4	5,2	5,9	6,7	7,4	8,1	8,9
Razem	7,0	8,1	9,3	10,4	11,6	12,8	13,9

Źródło: obliczenia własne

Prezentowane w tabelach 2-4 wyliczenia symulacyjne pokazują, jak zmieniają się opłaty w zależności od zmian odpowiednich parametrów jakościowych węgla.

Poziom emisji pyłów oraz ilość tworzących się odpadów stałych zależą od dwóch parametrów: wartości opałowej i zawartości popiołu. Jednak w przeliczeniu kosztów na 1 tonę węgla – ich wielkość zmienia się tylko w zależności od zawartości popiołu (inaczej byłyby w przypadku wyrażenia tych kosztów na 1 GJ – wtedy byłyby one zróżnicowane także dla różnych kaloryczności). Dla CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> zmiany opłat uzależnione są w tym wyliczeniu tylko od wartości opałowej. W przypadku emisji SO<sub>2</sub> zmiany opłat wynikają zarówno ze zmian wartości opałowej, jak i zawartości siarki.

Specyficzną symulację, uwzględniającą równoczesne zmiany trzech parametrów jakościowych (Q, A, S) w tabeli „dwuwymiarowej” prezentuje tabela 5. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zależności funkcyjnej, wiążącej zawartość popiołu i wartość opałową, gdyż dla większości polskich węgli można zaobserwować silną liniową zależność między tymi parametrami.

**Tabela 5.** Suma opłat za emisje SO<sub>2</sub> (wraz z kosztami odsiarczania), NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, pyłów i składowanie odpadów, w zł/tonę węgla kamiennego

**Table 5.** Total fees for emissions of SO<sub>2</sub> (including the costs of flue gas desulphurization), NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> and solid waste disposal in PLN per 1 t of hard coal

Zawartość siarki S <sub>t</sub> <sup>t</sup> [%]	Zawartość popiołu A <sup>t</sup> [%]						
	11,6	14	16,4	<b>18,7</b>	<b>21,1</b>	23,4	25,8
	Wartość opałowa Q <sub>t</sub> <sup>t</sup> [MJ/kg]						
	25	24	23	<b>22</b>	<b>21</b>	20	19
0,3	12,5	13,3	14,1	14,9	15,8	16,6	17,4
0,4	13,6	14,4	15,3	16,1	16,9	17,8	18,6
0,5	14,8	15,6	16,5	17,3	18,1	18,9	19,8
<b>0,6</b>	16	16,8	17,6	<b>18,4</b>	<b>19,3</b>	20,1	20,9
<b>0,7</b>	17,1	17,9	18,8	<b>19,6</b>	<b>20,4</b>	21,3	22,1
<b>0,8</b>	18,3	19,1	19,9	<b>20,7</b>	<b>21,6</b>	22,4	23,2
<b>0,9</b>	19,4	20,2	21,1	<b>21,9</b>	<b>22,7</b>	23,6	24,4
1,0	20,6	21,4	22,2	23	23,9	24,7	25,5
1,1	21,7	22,5	23,4	24,2	25	25,9	26,7
1,2	22,9	23,7	24,5	25,3	26,2	27	27,8

Źródło: obliczenia własne

Równanie (1) przedstawia wspomnianą zależność funkcyjną, która została opracowana na podstawie informacji o parametrach jakościowych obejmujących produkcję 36 mln ton miałów energetycznych. Współczynnik regresji  $R^2$  dla tej zależności wyniósł 0,93, a błąd szacowania wynosi 1,6%  $A^r$  (Grudziński 2012):

$$A^r = -2,36 Q_i^r + 73 [\%] \quad (1)$$

gdzie:

$Q_i^r$  – wartość opałowa w stanie roboczym [MJ/kg],

$A^r$  – zawartość popiołu [%].

Sumę opłat środowiskowych przy zmianach trzech parametrów (wartości opałowej, zawartości siarki i popiołu) prezentuje tabela 5. Zawartość popiołu jest tu zmienną zależną, a zmiennymi niezależnymi – zawartość siarki i wartość opałowa.

By móc sprostać zaostrzającym się normom emisyjnym niektóre przedsiębiorstwa ciepłownicze muszą podjąć decyzję o modernizacji obiektu oraz rozważyć możliwość spalania węgla o lepszych parametrach jakościowych.

W sektorze ciepłowniczym głównie zużywany jest węgiel krajowy o wartości opałowej rzędu 21-22 MJ/kg, 19-21% zawartości popiołu i 0,6-0,9% zawartości siarki (Ceny zbytu...2012-2015). Parametry te zostały wyróżnione kolorem szarym w tabeli 5. Przy przyjętych założeniach (patrz tab. 1) suma oszacowanych opłat środowiskowych dla 1 tony węgla kamiennego zawierałaby się w przedziale od 18 do 23 złotych.

## 6. Podsumowanie

Prezentowany w artykule zestaw tabel pokazuje, jak dla danej ciepłowni o mocy do 50 MW będą kształtowały się koszty środowiskowe przy zmianie parametrów węgla takich, jak: wartość opałowa, zawartość siarki i zawartość popiołu. Analizowane parametry węgla są również jego głównymi parametrami handlowymi.

Zmiana parametrów jakościowych węgla dostarczanego do użytkowników wpływa na koszty wytwarzania energii. Poziom kosztów wynikający z gospodarczego korzystania ze środowiska jest związany z poziomem parametrów jakościowych. W wynikach przedstawionej procedury obliczeniowej zaprezentowano jak zmieniają się wielkości

kosztów związanych z użytkowaniem węgla w zależności od zmian określonych parametrów jakościowych. Koszty te są związane z opłatami za emisje pyłów, za składowanie odpadów oraz za emisje SO<sub>2</sub> (opłaty te obejmują także koszty odsiarczania spalin).

Przeprowadzone obliczenia są pomocne w określaniu tych gatunków węgla (klas), które – z punktu widzenia użytkownika – mogą być bardziej konkurencyjne w stosunku do innych.

W polskim sektorze ciepłowniczym przedsiębiorstwa ciepłowni-  
cze najczęściej spalają węgiel kamienny o parametrach jakościowych (Q/A/S) zawierających się w zakresie: 21-22 MJ/kg, 19-21% popiołu i 0,6-0,9% siarki. Suma opłat środowiskowych dla zużycia 1 tony węgla tej klasy wynosiłaby 18-23 zł/tonę. Spalanie węgla o wspomnianych parametrach będzie się wiązać z koniecznością stosowania urządzeń odpylających o sprawności na poziomie 62-69%. Obecnie nowoczesne kotły rusztowe spełniają te wymagania, gdyż oferują sprawność odpylania na poziomie ok. 70%. W przypadku emisji SO<sub>2</sub> tylko w przypadku węgla o parametrach Q wynoszących 21-22 MJ/kg i 0,6% siarki – nie będzie wymagana technologia odsiarczania. Natomiast w przypadku spalania gorszych gatunków węgla wymagane jest odsiarczanie o sprawności rzędu 6-30% (w zależności od parametrów jakościowych węgla uwzględnionych w tabeli 5). Szacunki te dotyczą norm, które będą obowiązywać od początku 2016 roku.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że koszty gospodarczego korzystania ze środowiska w zależności od parametrów jakościowych spalanego węgla mogą zwiększyć koszty spalane go węgla o 9-11%.

Wprowadzenie nowych, ostrzejszych norm emisji przemysłowych dla obiektów o mocy od 1 do 50 MW (głównie małych, lokalnych ciepłowni) dla wielu zakładów wymusi konieczność inwestycji w modernizację urządzeń grzewczych oraz w modernizację lub montaż instalacji wychwytyjących zanieczyszczenia. W efekcie końcowym – poniesione nakłady inwestycyjne spowodują podwyższenie cen ciepła dla końcowego odbiorcy. Według wstępnych szacunków Izby Gospodarczej Ciepłownictwa Polskiego wzrost ten może nawet wynieść 25%.

*Publikacja zrealizowana w ramach badań statutowych Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.*

## Literatura

- Ceny zbytu i wielkość sprzedaży sortymentów grubych, średnich i drobnych oraz miałów do wybranych grup odbiorców w kraju w 2014 r. (Opracowania z lat 2012-2015).* Opracowano na podstawie danych źródłowych pozyskanych przez ARP S.A. Oddział w Katowicach w ramach „Programu badań statystycznych statystyki publicznej” – badanie statystyczne „Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego” prowadzone przez Ministra Gospodarki. Katowice: Wyd. Agencja Rozwoju Przemysłu SA.
- Dyrektywa IED – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola).* (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:p1:PDF>; dostęp: 26-10-2015).
- Dyrektywa MCP – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ograniczenia niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania. Projekt COM(2013)919.* ([http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2013\\_442](http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2013_442); dostęp: 26-10-2015)
- Efektywność wykorzystania energii w latach 2003-2013 (2015).* Warszawa: Wyd. Główny Urząd Statystyczny.
- Energetyka ciepła w liczbach – 2014 (2015).* Warszawa: Wyd. Urząd Regulacji Energetyki.
- Energetyka ciepła w liczbach (Wydania z lat 2009-2015).* Warszawa: Wyd. Urząd Regulacji Energetyki.
- Grudziński, Z. (2011). Wpływ opłat środowiskowych wynikających z parametrów jakościowych węgla na koszty produkcji energii elektrycznej. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 27(1), 115-127.
- Grudziński, Z. (2012). *Metody oceny konkurencyjności krajowego węgla kamiennego do produkcji energii elektrycznej.* Studia Rozprawy Monografie Nr 180, Kraków: Wyd. Instytutu GSMiE PAN.
- Klojzy-Karczmarczyk, B. & Makoudi, S. (2011). Szacowanie wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich wybranych gmin. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 13, 1823-1834.
- Lorenz, U. (1999). *Metoda oceny wartości węgla kamiennego energetycznego uwzględniająca skutki jego spalania dla środowiska przyrodniczego.* Studia Rozprawy Monografie Nr. 64, Kraków: Wyd. Instytutu GSMiE PAN.
- Obwieszczenie Ministra Środowiska w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska za lata 2008-2015.*

- Pawul, M. & Sobczyk, W. (2011). Edukacja ekologiczna w zakresie gospodarki odpadami jako narzędzie realizacji zrównoważonego rozwoju. *Problems of sustainable development*, 6(1), 147-156.
- Radovič, U. (1997). *Zanieczyszczenie atmosfery. Źródła oraz metodyka szacowania wielkości emisji zanieczyszczeń*. Warszawa: Wyd. Centrum Informatyki Energetyki
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 7 listopada 2014 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów*. Dz.U.2014 poz. 1546.
- Sobczyk, W., Biedrawa-Kozik, A., Kowalska, A. (2012). Threats to Areas of Natural Interest. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 14, 262-273.
- Sobczyk, W., Kowalska, A. & Sobczyk, E.J. (2014). Wykorzystanie wielokryterialnej metody AHP i macierzy Leopolda do oceny wpływu eksploatacji złóż żwirowo-piaskowych na środowisko przyrodnicze doliny Jasiołki. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 30(2), 157-172.
- Statystyka ciepłownictwa polskiego 2011 (2012)*. Warszawa: Wyd. Agencja Rynku Energii SA.
- Statystyka ciepłownictwa polskiego 2013 (2014)*. Warszawa: Wyd. Agencja Rynku Energii SA.
- Zużycie paliw i nośników energii (Wydania z lat 2007-2014)*. Warszawa: Wyd. Główny Urząd Statystyczny.

## **Environmental Costs Resulting from the Use of Hard Coal in Heating Plants of Thermal Power Under 50 MW**

### **Abstract**

The purpose of this article is to estimate the environmental costs for Polish heating plants with thermal power lower than 50 MW, using hard coal. The draft new EU legislation (the Medium Combustion Plant (MCP) Directive) have the need to meet the national emission limits. To address them, the existing heating plants with thermal power lower than 50 MW using hard coal (stoker-fired boilers) must reckon with the need to upgrade or restore them in the new technologies. The heat generation market in Poland is local, due to high fragmentation of heating companies. The most strongly represented group of producers of heat are heat generation plants with capacity lower than 50 MW.



These heating plants are equipped mainly stoker-fired boilers. In Poland, the production of heat and hot water in heating plants is mainly based on hard coal. Its average share in the structure of heat generation in the period 2008-2014 is as high as 74-77%.

The article estimated costs of emissions of: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, particulate matter and costs of solid waste disposal, which are produced in the combustion process of hard coal. The calculations focused on heating plants with stoker-fired boilers. These costs were calculated according to changes in hard coal quality parameters (calorific value – Q, Ash content – A, Sulphur content – S). These costs were calculated for one tone of hard coal burned for a particular quality.

The companies involved in the Polish heating sector are usually using hard coal of quality parameters (Q/A/S) containing in the range of: 1-22 MJ/kg calorific value, 19-21%A and 0.6-0.9%S. Total fees for emissions of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> and solid waste disposal of 1 t hard coal this class would be 18-23 PLN/t. The combustion of coal for these parameters will require the need for the use of dust collecting equipment with an efficiency of 62-69%. Today, modern stoker-fired boilers meet these demands because they offer efficiency of extraction of approx. 70%. Considering the SO<sub>2</sub> emission only in the case of hard coal of Q parameters amounting to 21-22 MJ / kg and 0.6%S – not required for desulfurization technology. In the case of burning low-grade coal is required desulfurization efficiency of the order of 6-30%. These estimates relate to the standards that will apply from the beginning of 2016. The conducted calculations show that the cost of the economic use of the environment depending on the quality parameters of coal burning may increase the cost of coal burned by 9-11%.

## Streszczenie

Celem niniejszego artykułu jest oszacowanie kosztów środowiskowych dla średnich obiektów energetycznych spalających węgiel kamienny w Polsce. W związku z projektem nowych przepisów unijnych (*the Medium Combustion Plant (MCP) Directive*) zaistnieje konieczność dotrzymania krajowych pułapów emisji. By móc im sprostać, istniejące średnie obiekty energetycznego opalane węglem kamiennym spalania (kotły rusztowe) muszą liczyć się z potrzebą ich modernizacji lub odtworzenia w nowych technologiach. Rynek ciepłowniczy w Polsce ma charakter lokalny, spowodowany dużym rozdrobnieniem przedsiębiorstw ciepłowniczych. Najliczniej reprezentowaną grupą wśród wytwórców ciepła są przedsiębiorstwa o mocy do 50 MW a w nich obiekty wyposażone w kotły rusztowe.

Ciepło oraz ciepła woda użytkowa w przedsiębiorstwach ciepłowniczych produkowana jest głównie w oparciu o węgiel kamienny. Jego przeciętny udział w strukturze wytwarzania ciepła w latach 2008-2014 wynosi aż 74-77%.

W artykule oszacowano koszty emisji gazów ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) oraz pyłów i składowania odpadów stałych, wytworzonych w procesie spalania (w kotłach rusztowych). Wzięto pod uwagę ciepłownie z kotłami rusztowymi. Koszty te obliczono w zależności od zmian parametrów jakościowych węgla ( $Q$ ,  $A$ ,  $S$ ) w przeliczeniu na tonę spalonego węgla o danej jakości.

Poziom emisji pyłów oraz ilość tworzących się odpadów stałych zależą od dwóch parametrów: wartości opałowej i zawartości popiołu. W przeliczeniu kosztów na jedną tonę węgla ich wielkość zmienia się tylko w zależności od zawartości popiołu. Dla emisji  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{NO}_x$  zmiany opłat uzależnione są tylko od wartości opałowej, a przypadku emisji  $\text{SO}_2$  wynikają zarówno ze zmian wartości opałowej, jak i zawartości siarki.

Przedsiębiorstwa ciepłownicze w Polsce najczęściej spalają węgiel kamienny o parametrach jakościowych (wartość opałowa –  $Q$ , zawartość popiołu –  $A$ , zawartość siarki –  $S$ ) zawierających się w zakresie: wartość opałowa rzędu 21-22 MJ/kg, 19-21%  $A$  i 0,6-0,9%  $S$ . Obliczona suma opłat środowiskowych dla zużycia 1 tony węgla tej klasy wyniosłaby 18-23 zł/tonę. Spalanie węgla o wspomnianych parametrach będzie się wiązać z koniecznością stosowania urządzeń odpylających o sprawności na poziomie 62-69%. Obecnie nowoczesne kotły rusztowe spełniają te wymagania, gdyż oferują sprawność odpylania na poziomie ok. 70%. W przypadku emisji  $\text{SO}_2$  tylko dla węgla o wartości opałowej rzędu 21-22 MJ/kg i zawartości siarki 0,6%  $S$  – nie będzie wymagana technologia odsiarczania. Natomiast przy spalaniu gorszych gatunków węgla będzie wymagane odsiarczanie o sprawności ok. 6-30%. Przedstawione szacunki dotyczą norm, które będą obowiązywać od początku 2016 r.

**Słowa kluczowe:**

opłaty środowiskowe, węgiel kamienny, ciepłownie

**Keywords:**

fees for emissions, hard coal, heating plants