

EMISJA DO ATMOSFERY ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH POWSTAŁYCH ZE SPALANIA RÓŻNYCH PALIW

Leszek Rogalski

Katedra Ochrony Powietrza i Toksykologii Środowiska,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

W trakcie spalania paliw wydzielają się różne substancje zanieczyszczające powietrze atmosferyczne. Ilość tych substancji jest zróżnicowana i zależy w decydującym stopniu od jakości spalanego paliwa. W przypadku nośników energii pierwotnej, największa emisja zanieczyszczeń występuje podczas spalania węgla kamiennego, mniejsza natomiast oleju opałowego [ROGALSKI 2003] i gazu ziemnego [BUCZEK 1997]. W kraju występują już znaczne przewartościowania w kierunku spalania paliw charakteryzujących się mniejszą emisją zanieczyszczeń do atmosfery. W latach 1990–2003 zmniejszyło się zużycie węgla kamiennego o 12,4%, wzrosło natomiast ropy naftowej o 5,9%, gazu ziemnego o 3,2%, torfu i drewna opałowego o 2,7% (tab. 1).

Tabela 1; Table 1

Struktura zużycia ogółem różnych paliw w gospodarce narodowej Polski (%)
Structure of total consumption of fuels in Poland (%)

Wyszczególnienie Specification	1990	2000	2003	Różnica 2003–1990 Difference 2003–1990 (% +,-)
Węgiel kamienny; Hard coal	63,5	50,4	51,1	–12,4
Węgiel brunatny; Brown coal	13,3	13,2	12,9	– 0,4
Ropa naftowa; Petroleum	12,5	20,0	18,4	+5,9
Gaz ziemny; Natural gas	9,5	11,8	12,7	+3,2
Torf i drewno opałowe; Peat and firewood	0,5	3,2	3,2	+2,7
Energia wody, wiatru, słoneczna, geotermalna Water power, wind power, solar energy and geothermal energy	0,1	0,2	0,2	+0,1
Paliwa odpadowe*; Combustible wastes*	0,6	1,2	1,5	+0,9
Ogółem; Total	100	100	100	

* Półprodukty rafinerijne, biogaz; Petroleum intermediate products, biogas

Źródło; Source: Opracowanie własne w oparciu o dane GUS Ochrona Środowiska [2004]; Own study based on data provided by the Central Statistical Office, Environmental Protection [2004]

W stosunku do wybranych państw europejskich, w Polsce nadal zużywa się za dużo węgla kamiennego i brunatnego, a za mało oleju opałowego i gazu ziemnego, co ilustrują dane przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2; Table 2

Struktura zużycia pierwotnych nośników energii
w wybranych krajach europejskich w 1992 r. [KOTOWSKI i in. 2000]

Structure of energy carrier consumption
in selected European countries in 1992 [KOTOWSKI et al. 2000]

Ip. No.	Nośnik energii Energy carrier	Francja France	Niemcy Germany	Węgry Hungary	Czechy Czech Rep.	Polska Poland
1.	Węgiel kamienny i brunatny Hard and brown coal	10	33	22	52	75,2
2.	Gaz ziemny; Natural gas	13	17	36	17	8,2
3.	Paliwo płynne; Liquid fuel	44	39	29	20	15,4
4.	Paliwo jądrowe; Nuclear fuel	31	11	13	10	–
5.	Pozostałe nośniki Other energy carriers	2	–	–	1	1,2

Niezależnie jednak od dużego jeszcze udziału węgla kamiennego w spalanych paliwach, zmniejsza się bardzo znacząco emisja zanieczyszczeń do atmosfery. Całkowitą emisję, analizowanych w pracy zanieczyszczeń w Polsce, charakteryzuje następujące zestawienie (tys. Mg):

	1990	2000	2002	Redukcja (%)
Dwutlenek siarki	3210	1511	1456	54,6
Dwutlenek azotu	1280	838	796	37,8
Tlenek węgla	6389	3463	3410	46,6

Osiągnięta redukcja emisji zanieczyszczeń, szczególnie dwutlenku siarki, jest wynikiem wielu działań restrukturyzacyjnych, modernizacyjnych i innych czynionych w zakresie ochrony środowiska, w tym powietrza.

W energetycznym spalaniu paliw, według danych GUS z 2002 roku, największą emisję dwutlenku siarki (48,5%) i dwutlenku azotu ze źródeł stacjonarnych (29,8%), charakteryzuje się energetyka zawodowa, tlenku węgla zaś – procesy spalania w sektorze komunalnym i mieszkaniowym (52,4%). Według SZKLARZYKA [2001] ograniczanie emisji możemy uznać za czynną ochronę atmosfery, bowiem im mniejsza będzie wielkość emisji, tym mniejszy będzie poziom stężeń imisyjnych.

Są różne sposoby ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery, najczęściej dotyczą emisji spalania paliw, ale są również inne uwzględniające pozyskiwanie energii ze spalania biomasy. Według KRUCZEK i in. [2003] energetyczne używanie biomasy, lub jej współspalanie z węglem jest uzasadnione ze względów ekonomicznych i ekologicznych. Obniża bowiem znacząco emisję SO_2 , NO_x , CO i pierwiastków śladowych.

Podjęte badania mają na celu określenie emisji niektórych zanieczyszczeń do atmosfery, rozpatrywanej w kontekście spalanych paliw stałych, płynnych i gazowych w kotłowniach lokalnych, bowiem różnicują one skład powietrza atmosferycznego i jego oddziaływanie na funkcjonowanie biosfery.

Materiał i metody badań

W 2004 roku przeprowadzono badania określające emisję do atmosfery zanieczyszczeń powstałych ze spalania węgla kamiennego, oleju opałowego lekkiego RGTERM i gazu ziemnego GZ-50 w odpowiednich kotłowniach lokalnych należących do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (UWM). W sezonie grzewczym pomiary wykonano analizatorem gazów spalania GA-21 plus. Stężenia gazów ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) w przewodzie kominowym oznaczono zgodnie z procedurą określoną w Zarządzeniu Głównego Inspektora Ochrony Środowiska [ZARZĄDZENIE 1992]. Jednocześnie w przekroju pomiarowym mierzono objętościowe natężenie przepływu gazów ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$) potrzebne do obliczania emisji rzeczywistej ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$), które wykonano zgodnie z Polską Normą. Charakterystyka spalane go paliwa oraz parametry techniczne spalania paliw w kotłowniach lokalnych uzyskano z dokumentacji będącej w posiadaniu Sekcji Eksploatacji Sieci i Instalacji Ciepłych UWM. Zawartość siarki w poszczególnych paliwach wynosiła: w węgla kamiennym – 1%, w oleju opałowym – 0,25% i w gazie ziemnym – 15 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. W badaniach oznaczono emisję do atmosfery następujących gazów: dwutlenku siarki (SO_2), dwutlenku azotu (NO_2) i tlenku węgla (CO). Ponadto wykonano pomiary emisji zanieczyszczeń w kotłowni miejskiej, w której spalano węgiel kamienny oraz po modernizacji – olej opałowy.

W opracowaniu rozpatruje się emisje zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania różnych paliw, ale przecież już na etapie pozyskiwania tych paliw przedostają się do atmosfery pyły różnego rodzaju i szkodliwości, gazy, jak metan promieniotwórczy radon (^{222}Rn) i inne oraz hałas i wibracje pracującej maszynierii itp. Zatem, zdaniem autora, *zanieczyszczeniem powietrza nazywamy wszystkie substancje stałe, ciekłe i gazowe, hałas i wibracje oraz emisję promieniotwórczą, które występują w ilościach powodujących zakłócenia lub zagrożenia prawidłowego funkcjonowania biosfery, w tym zdrowia człowieka, a także szkodliwie oddziałują na inne elementy środowiska.*

Wyniki i dyskusja

Rodzaj spalane go paliwa ma wpływ na wydzielanie się gazów odlotowych w różnej objętości i o odpowiednim stężeniu. Powyższe ma bezpośredni związek z emisją zanieczyszczeń do atmosfery. Wyniki otrzymane z pomiarów w kotłowniach lokalnych przedstawia następujące zestawienie:

Spalane paliwo	Substancje	Stężenie ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Emisja ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)
Węgiel kamienny	SO_2	316,44	0,3382
	NO_2	158,23	0,1673
	CO	1135,70	1,4000
Olej opałowy	SO_2	119,79	0,0248
	NO_2	93,90	0,0196
	CO	18,40	0,0040
Gaz ziemny	SO_2	2,40	0,0021
	NO_2	64,24	0,0609
	CO	15,86	0,0170

Największe stężenia i emisje wszystkich oznaczonych zanieczyszczeń gazowych wystąpiły w spalaniu węgla kamiennego, mniejsze oleju opałowego oraz najmniejsze, w odniesieniu do SO_2 , gazu ziemnego. Analizując emisję SO_2 ze spalania węgla kamiennego, była ona większa o ok. 14-krotnie, w porównaniu do oleju opałowego i o ok. 160 – odpowiednio gazu ziemnego. Emisja zaś SO_2 ze spalania oleju opałowego była ok. 12-krotnie większa niż z paliwa gazowego. W przypadku NO_2 i CO mniejsza emisja dotyczyła spalania oleju opałowego.

Pomiary emisji zanieczyszczeń ze spalania węgla kamiennego i po modernizacji kotłowni miejskiej – oleju opałowego przed i po modernizacji wykazały, że średnia sumaryczna wartość spalanego węgla była o ok. 3,8 krotnie większa niż oleju opałowego. Oznaczone w sezonach grzewczych średnie emisje godzinowe zanieczyszczeń powietrza wyniosły odpowiednio ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$):

W spalaniu	SO_2	NO_2	CO
węgla kamiennego	7,618	0,680	30,607
oleju opałowego	0,273	0,360	0,043

Emisja SO_2 była większa o ok. 28-krotnie, NO_2 o ok. 1,9-krotnie i CO – o ok. 712-krotnie w spalaniu węgla kamiennego, w porównaniu ze spalaniem oleju opałowego. Otrzymane natomiast średnie roczne emisje zanieczyszczeń ze spalania tych paliw charakteryzują następujące dane ($\text{Mg}\cdot\text{rok}^{-1}$):

Spalane paliwo	Lata	SO_2	NO_2	CO
węgiel kamienny	1996	25,63	3,29	102,98
	1997	20,16	2,90	81,00
olej opałowy	2000	2,15	2,13	0,34
	2001	2,53	2,33	0,40

W wyniku spalania oleju opałowego w 2001 r. zredukowano emisję SO_2 o ok. 23 Mg, NO_2 ok. 1 Mg i CO o ok. 102 Mg, w stosunku do spalania węgla kamiennego w 1996 roku. Odnosząc powyższe do możliwości w skali kraju, obniżenie emisji będzie bardzo istotne przede wszystkim w efektach środowiskowych i ekonomicznych. Według danych KOTOWSKIEGO i in. [2000] wiele państw europejskich zużywa znacznie więcej paliw płynnych i gazowych, w porównaniu z Polską.

Również małą emisję, a w przypadku SO_2 najmniejszą, otrzymuje się w trakcie spalania gazu ziemnego. KOPYDŁOWSKI [1999] podaje, że gaz ziemny jest pod każdym względem najlepszym paliwem w zastosowaniu do kotłów centralnego ogrzewania, w energetyce przemysłowej oraz w ciepłownictwie. Z danych BUCZKA [1997] wynika, że modernizacja kotłowni ze spalania paliwa stałego (koks + węgiel) na gaz ziemny wpłynęła na obniżenie emisji wyrażonej w $\text{kg}\cdot\text{rok}^{-1}$: SO_2 aż o ok. 870-krotnie, NO_2 odpowiednio o 1,5 raza i CO – o ok. 280-krotnie. Powyższe dane dokumentują potrzebę ograniczenia spalania węgla na rzecz oleju opałowego lub gazu ziemnego. SZCZUKOWSKI i in. [2004] dokumentując celowość energetycznego wykorzystania biomasy, na przykład z wierzby krzewiastej pozyskiwanej z plantacji połowych wskazują, że może ona być wykorzystana jako paliwo stałe: zrębki, brykiety, palety lub po przetworzeniu na wtórne nośniki energii – paliwa gazowe (gaz drzewny) czy płynne (biometanol). Spalanie biomasy lub jej współspalanie z paliwem stałym zyskuje w efektach ekonomicznych i ekologicznych.

Według danych KUBICY [2003] pod względem energetycznym 2 Mg biomasy (powietrznie suchej) równoważne jest 1 Mg węgla kamiennego. W spalaniu biomasy oprócz zmniejszonej emisji zanieczyszczeń, szczególnie dwutlenku siarki, bilans CO₂ jest zerowy, ponieważ emisja do atmosfery wynosi tyle ile rośliny pobierają w procesie fotosyntezy. Współspalanie zaś biomasy z węglem również daje korzystne efekty wyrażające się zmniejszoną emisją zanieczyszczeń, w tym i w oddziaływaniu na środowisko.

Zwiększanie udziału biomasy w energetycznym spalaniu paliw, ze względu na bardziej przyjazne oddziaływanie na środowisko, w porównaniu z nieodnawialnymi nośnikami energii pierwotnej, staje się, jako część składowa, coraz bardziej oczywiste w realizacji postanowień zrównoważonego rozwoju.

Wnioski

1. W energetycznym spalaniu paliw emitowane są do atmosfery zanieczyszczenia, których ilość i jakość zależą głównie od parametrów spalanego paliwa, a także od procesów technologicznych i podejmowanych działań organizacyjnych.
2. Niezależnie od uwzględnionego w badaniach źródła emisji zanieczyszczeń, największe ilości SO₂, NO₂ i CO powstają w wyniku spalania węgla kamiennego. Zatem niezbędne są przewartościowania w kierunku większego udziału paliw płynnych i gazowych oraz biomasy.
3. Zwiększający się udział spalania biomasy lub jej współspalania z węglem kamiennym, przyczynia się do ograniczania eksploatacji nieodnawialnych zasobów energii, zmniejszania emisji zanieczyszczeń do atmosfery i zerowej emisji CO₂, tworzenia ekosystemów upraw roślin energetycznych itp., tym samym wpływa na urzeczywistnianie idei zrównoważonego rozwoju.

Literatura

- BUCZEK K. 1997. *Modernizacja kotłowni centralnego ogrzewania*. Gospodarka Paliwami i Energią 2: 18–19.
- GUS 2004. *Ochrona Środowiska*.
- KOPYDŁOWSKI J. 1999. *Jak wykorzystać gaz ziemny jako paliwo*. Gospodarka Paliwami i Energią 9: 28–30.
- KOTOWSKI W., WEBER H., SZMOLKE N. 2000. *Wzrost zużycia lekkiego oleju opałowego*. Gospodarka Paliwami i Energią 4: 21–23.
- KRUCZEK II., MILLER R., TATARAK R. 2003. *Spalanie i współspalanie biomasy – korzyści i zagrożenia*. Gospodarka Paliwami i Energią 3: 13–19.
- KUBICA K. 2003. *Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem*. Biuletyn Ekologiczny 5: 3–5.
- POLSKA NORMA (PN-Z-04030-7). *Pomiar stężenia i strumienia masy pyłu w gazach odlotowych metodą gravimetryczną*.

ROGALSKI L. 2003. *Pollutant emission from local sources to the air*. Pol. J. Natur. Sc. 14(2) 9: 505–510.

SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., STOLARSKI M. 2004. *Wierzbą energetyczna*. Pean-tpress Sp. z o.o. Kraków.

SZKLARCZYK M. 2001. *Ochrona atmosfery*. Wydawnictwo UWM w Olsztynie: 133–134.

ZARZĄDZENIE 1994. Głównego Dyrektora Ochrony Środowiska, nr 69 z dnia 14 sierpnia 1992 roku.

Słowa kluczowe: spalanie paliw, emisja, SO₂, NO₂, CO

Streszczenie

W gazach odlotowych oznaczono SO₂, NO₂ i CO emitowane do atmosfery w wyniku spalania węgla kamiennego oleju opałowego i gazu ziemnego. Spalanie tych paliw w kotłowniach lokalnych charakteryzują odpowiednie wartości stężenia i emisji zanieczyszczeń. Największa emisja SO₂ występuje w spalaniu węgla kamiennego i odpowiednio mniejsza o ok. 14-krotnie – oleju opałowego i ok. 160-krotnie – gazu ziemnego. Spalanie węgla cechuje również największa emisja CO. Przemodernizowanie zaś kotłowni miejskiej ze spalania węgla kamiennego na olej opałowy obniżyło emisję SO₂ o ok. 28-krotnie. Zamieszczone w pracy wyniki dokumentują także znaczne ograniczenia emisji NO₂ i CO w wyniku spalania paliw ciekłych i gazowych, w porównaniu do stałych.

ATMOSPHERIC EMISSION OF GASEOUS POLLUTANTS GENERATED AT COMBUSTION OF VARIOUS FUELS

Rogalski Leszek

Department of Air Protection and Environmental Toxicology,
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: fuel combustion, emission, SO₂, NO₂, CO

Summary

The concentrations of SO₂, NO₂ and CO emitted to the atmosphere as a result of combustion of hard coal, fuel oil and natural gas were determined in waste gases. The process of fuel combustion at local boiler plants is characterized by certain values of pollutant concentration and emission. The highest level of SO₂ emission accompanies hard coal combustion. At combustion of fuel oil and natural gas it was by about 14-fold and 160-fold lower, respectively. CO emission was also the highest in the case of coal burning. Boiler plant modernization (re-

placing coal-fired boilers by oil-fired ones) enabled to reduce the SO₂ emission by about 28-fold. Moreover, the results of study showed that the emission of NO₂ and CO was also considerably reduced as a result of liquid and gaseous fuel combustion, as compared with the solid fuels.

Prof. dr hab. Leszek **Rogalski**
Katedra Ochrony Powietrza i Toksykologii Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
pl. Łódzki 2
10-726 OLSZTYN
e-mail: leszek.rogalski@uwm.edu.pl