ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: INŻYNIERIA ŚRODOWISKA z. 48 Nr kol. 1591

Jan KONIECZYŃSKI, Anna PASOŃ-KONIECZYŃSKA
Katedra Ochrony Powietrza,
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice
kop@polsl.gliwice.pl

POPRAWA CZYSTOŚCI POWIETRZA W POLSCE

Streszczenie. *Zwrócono uwagę na znaczenie społecznych, ekonomicznych i technologicznych uwarunkowań postępu w ochronie powietrza. Omówiono postęp dokonany w ostatnich latach w Polsce, podkreślając rolę transformacji ustrojowej i proklamowania polityki ekorozwoju. Przedstawiono korzystne zmiany w energochłonności i emisjogenności polskiej gospodarki, wskazując jednocześnie istniejące zapóźnienia. Podano przykłady rozwiązań technologicznych i technicznych w dziedzinie odpylania i oczyszczania gazów. Wskazano na nowe zadania wynikające z dostosowania do przepisów UE w zakresie najlepszych technik. Przedstawiono przykłady osiągnięć Katedry Ochrony Powietrza w zakresie poznania właściwości zanieczyszczeń, technik ochronnych i zarządzania środowiskiem.*

PROGRESS IN AIR PROTECTION IN POLAND

Summary. *The paper presents some social, technological and economical circumstances of a progress in air protection pollution control devices. The progress in ambient air quality during last decade in Poland was presented in view of economic transformation and enforcement of sustainable development policy. During last years the indexes of energy consumption and indexes of main air pollutants emission in relation to gross domestic product have been declined. Some examples of most effective methods of abatement of dust and toxic gases in power station were described.*

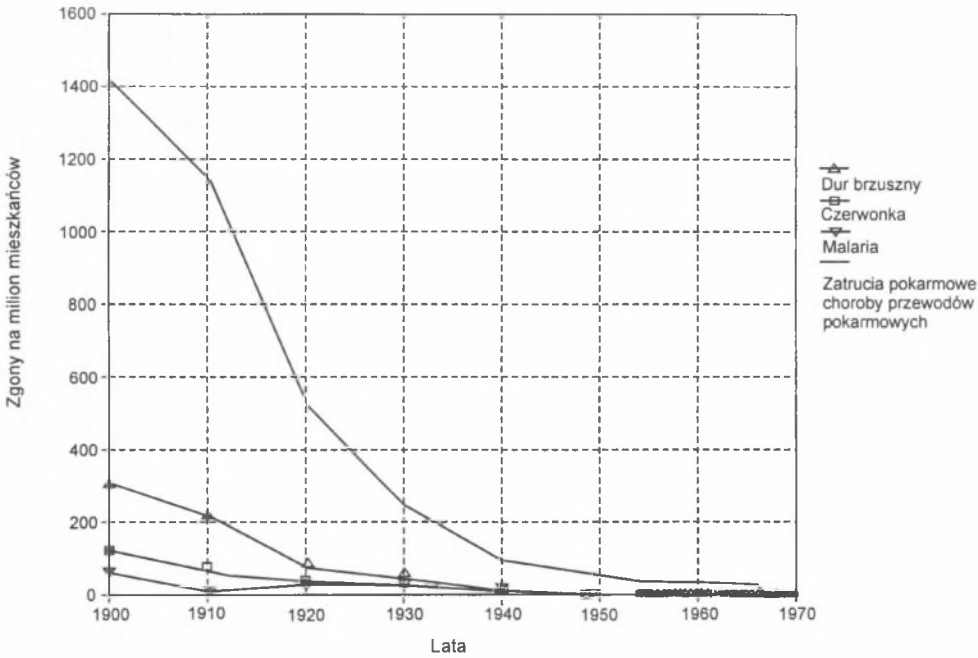
Nevertheless due to the started accession process to the European Union which involves an adjustment Polish environmental law to the EU law the next steps of air quality improvement are necessary. A special attention should be pay to application of best available techniques.

The achievements of the Department of Air Protection in researches on air pollutants, dust and gases emission abatement and environment management were presented.

1. Ogólne tendencje w ochronie powietrza

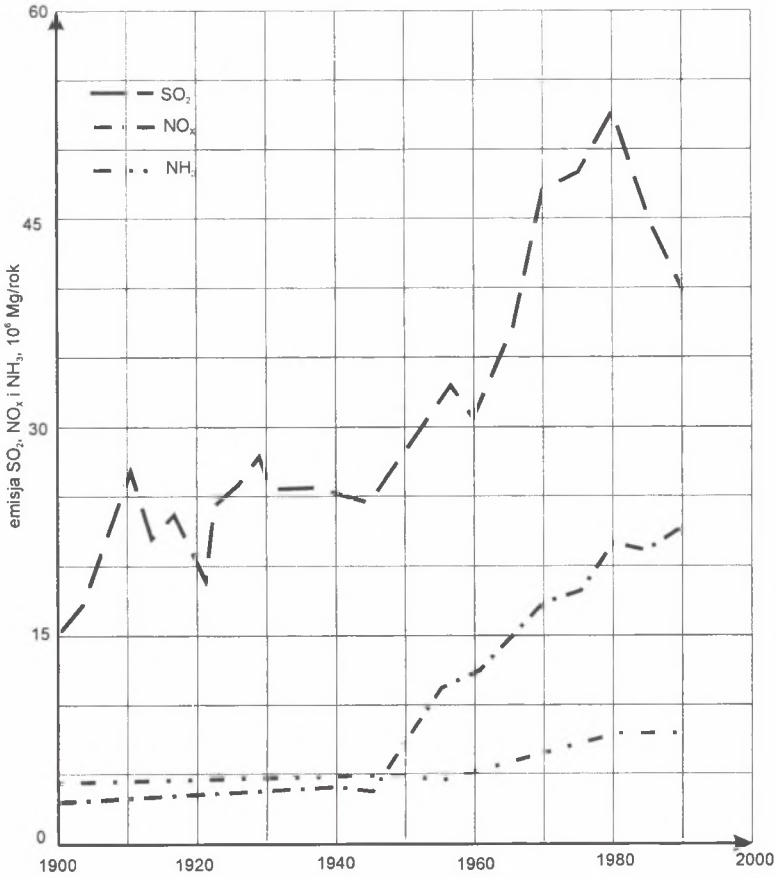
Stan czystości powietrza znalazł się w centrum uwagi znacznie później niż jakość wody. Stało się tak dlatego, że zanieczyszczenie wody bezpośrednio wpływa na stan zdrowia ludzi, a choroby zakaźne spowodowane skażoną wodą w zauważalny sposób skracają długość życia ludzi. Poprawa jakości wody z dobroczynnymi skutkami

następowała przez całe stulecie. Objawiło się to spektakularnym spadkiem wskaźnika zgonów wywołanych chorobami spowodowanymi przez bakterie znajdujące się w zanieczyszczonej wodzie (rys. 1).



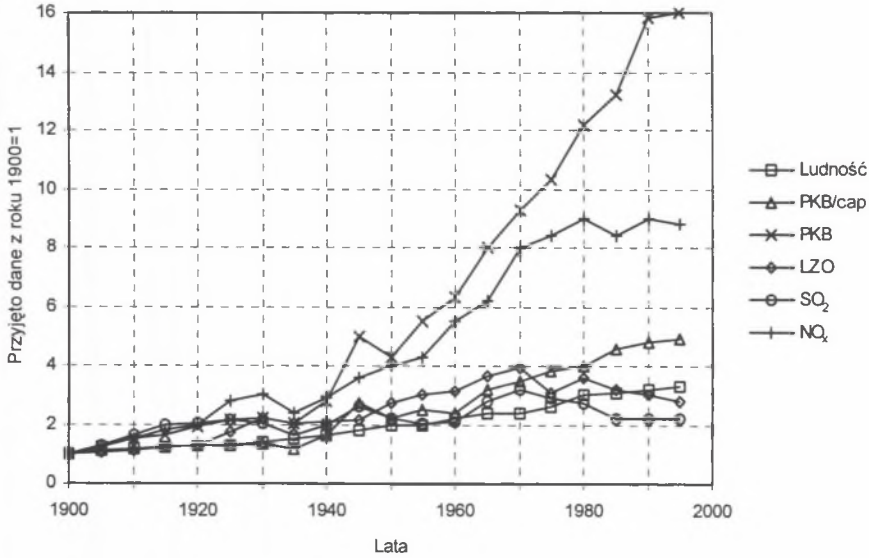
Rys. 1. Wskaźnik zgonów w wyniku różnych chorób w USA, w latach 1900-1970 [9]
Fig. 1. Death rates for various diseases in the United States in 1900-1970

Poprawa stanu czystości powietrza nastąpiła później, po przekroczeniu progu zamożności społeczeństwa, kiedy jakość środowiska zaczynała być traktowana jak czynnik kształtujący jakość życia. Emisja zanieczyszczeń powietrza w państwach uprzemysłowionych, po osiągnięciu apogeum w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, zmniejsza się choć produkcja i konsumpcja społeczeństw nadal rośnie. Ilustruje to wykres emisji trzech wybranych zanieczyszczeń na obszarze Europy (rys. 2) i wykresy emisji zanieczyszczeń, PKB i wskaźnika PKB *per capita* w Stanach Zjednoczonych (rys. 3).



Rys. 2. Emisja trzech głównych zanieczyszczeń powietrza na obszarze Europy w latach 1900-2000 [19]

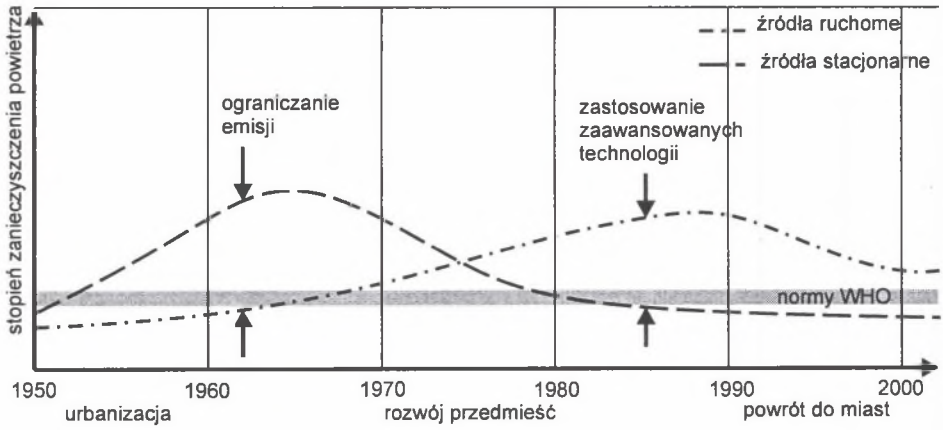
Fig. 2. Emission of main air pollutants in Europe in 1900-1970



Rys. 3. PKB, ludność i emisja zanieczyszczeń powietrza w USA w latach 1900-2000 [9]
Fig. 3. NGP, population and air pollutants emission in the United States in 1900-2000

Warto podkreślić, że produkcja głównych i pomocniczych urządzeń ochrony powietrza, budowa instalacji ochrony powietrza oraz ich eksploatacja są ważnym segmentem gospodarki, polepszającym koniunkturę i przysparzającym miejsc pracy. Doświadczenia zebrane w drugiej połowie XX w. w państwach o rozwiniętej gospodarce pozwoliły na ustalenie ogólnych tendencji. Zauważono mianowicie, że na stan czystości powietrza wpłynęły: sposób, w jaki rozwinęły się miasta, rozwój cywilizacyjny i zmiany legislacyjne.

Wykres na rys. 4 ilustruje przebieg zmian w emisji substancji zanieczyszczających powietrze ze źródeł stacjonarnych i ruchomych w porównaniu z poziomem określającym pożądany stan czystości powietrza (rekomendacje WHO) w okresie od 1950 do 2000 r.

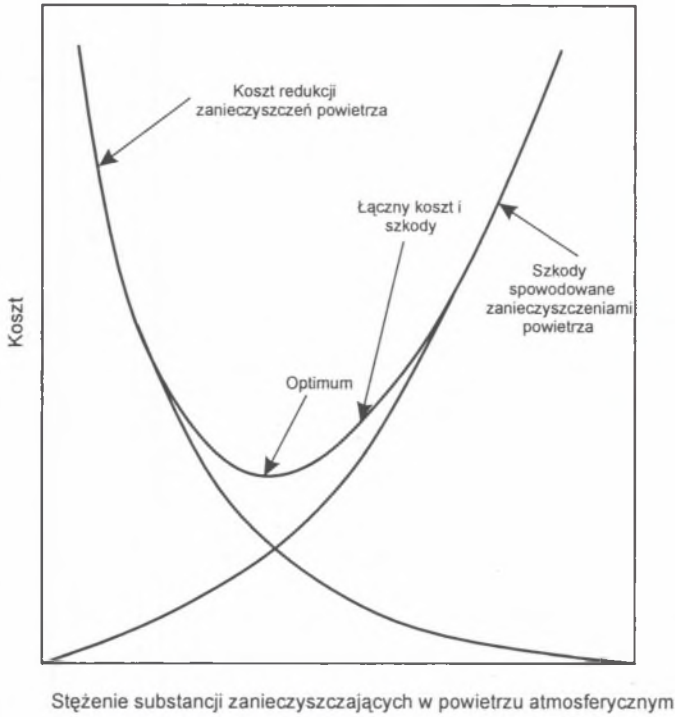


Rys. 4. Urbanizacja, rozwój technologii i jakość powietrza w latach 1950-2000 [19]
Fig. 4. Urbanization, technological progress and air quality in 1950-2000

W odniesieniu do źródeł stacjonarnych wprowadzenie norm emisji spowodowało korzystny przełom, a zastosowanie zaawansowanych technologii doprowadziło do osiągnięcia satysfakcjonującego stanu czystości powietrza. W odniesieniu do źródeł ruchomych postęp osiągnięto później, głównie za sprawą oczyszczania spalin samochodowych, lecz stanu pożądanego jeszcze nie osiągnięto.

Dla ścisłości trzeba wskazać jeszcze inne przyczyny zahamowania degradacji środowiska: kryzys energetyczny początku lat siedemdziesiątych i wymuszoną przez ten kryzys racjonalizację zużycia energii, związaną ze zmniejszeniem jednostkowych wskaźników konsumpcji paliw i zmniejszeniem emisji substancji zanieczyszczających powietrze. Pogodzenie wzrostu gospodarczego i produktu krajowego brutto *per capita* z poprawą stanu czystości powietrza stało się możliwe dzięki postępowi w dziedzinie metod i urządzeń do redukcji zanieczyszczeń i lepszemu ich wykorzystaniu. Lepsze wykorzystanie oznacza racjonalizację nakładów na ochronę powietrza w wyniku **zwiększania relacji:** nakład - efekt ekologiczny. Rachunek ekonomiczny w tej dziedzinie jest nieodzowny, bowiem wzrost nakładów jest ograniczony możliwościami gospodarki. Dotyczy to także państw najbogatszych.

Wykres przedstawiony na rys. 5 wskazuje na istnienie optymalnego stopnia redukcji emisji substancji zanieczyszczających.



Rys. 5. Optymalny stopień redukcji emisji zanieczyszczeń [9]
Fig. 5. Optimum degree of emission reduction

Wraz ze wzrostem stężenia substancji zanieczyszczających w powietrzu atmosferycznym rosną, najpierw wolniej a później szybciej, straty wywołane zanieczyszczeniami. Z kolei wraz ze wzrostem nakładów na ochronę powietrza maleje stężenie zanieczyszczeń. Suma nakładów i strat (które są kosztem ponoszonym przez społeczeństwo) osiąga minimum przy pewnej wartości stężenia zanieczyszczeń, odpowiada mu optimum nakładów na ochronę powietrza. Wydatki wyższe lub niższe są ekonomicznie nieefektywne.

Zracjonalizowane prawidłami gospodarki rynkowej nakłady na ochronę środowiska w krajach o rozwiniętej gospodarce wynoszą od około 1 do 2% PKB.

2. Zmiany w podejściu do spraw ochrony powietrza w Polsce

W Polsce po doprowadzeniu do stanu zagrożenia katastrofą ekologiczną stało się widoczne, że dalszy rozwój gospodarczy kraju nie będzie możliwy bez zmiany dotychczasowych trendów rozwojowych i bez zasadniczej przebudowy struktury produkcyjnej. Aby prowadzić aktywną politykę ekologiczną, polegającą na wdrażaniu w życie ustaw dotyczących ochrony i kształtowania środowiska, niezbędne są odpowiednie środki finansowe. Ocenia się, że dopiero, gdy dochód narodowy przekracza 2000 USD *per capita*, staje się realna kompleksowa ochrona środowiska. Tymczasem dane statystyczne

z roku 1975 wskazywały, że w krajach dawnej RWPG wskaźnik ten wynosił średnio tylko 1825 USD.

Zasadnicza zmiana w podejściu do ochrony środowiska, co znalazło wyraz w przyjętej koncepcji **ekorozwoju,** jest nierozłącznie związana z transformacją ustrojową. Zapoczątkowała ona przemianę gospodarki centralnie planowanej i dyrektywnie zarządzanej w gospodarkę opartą na zasadach rynkowych. Skutkiem transformacji jest likwidacja nieopłacalnej działalności gospodarczej, co zwłaszcza w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych przyczyniło się do ograniczenia wydobycia węgla i produkcji energii oraz produkcji wyrobów przemysłu ciężkiego.

Syntetycznym wskaźnikiem ilustrującym dokonane w Polsce zmiany w gospodarce, rzutujące na stan środowiska, jest *energochłonność tworzenia produktu krajowego* brutto, wyrażona w GJ energii zużytej przy wytwarzaniu strumienia dóbr i usług o wartości 1000 USD. Wskaźnik ten, wynoszący na przełomie lat 80. i 90. 55 GJ/1000USD, spadł do połowy tej wartości (28 GJ/1000USD) w roku 1998. Należy podkreślić, że wskaźnik energochłonności polskiej gospodarki jest ciągle 2-4-krotnie wyższy w porównaniu z krajami o utrwalonej gospodarce rynkowej. Innym miernikiem jest *produktywność energii pierwotnej PKB/EP* , również wyrażona w USD/GJ. Wynosiła ona w roku 1999 w Polsce 39,65 (85,53) wobec 124,4 - średniej wartości w krajach UE. Wartość w nawiasie to wynik korekty PKB z uwzględnieniem realnej siły nabywczej PLN.

Pełniejszym odzwierciedleniem wpływu struktury gospodarki na wielkość krajowej emisji zanieczyszczeń powietrza jest *wskaźnik emisji zastępczej* głównych trzech zanieczyszczeń: pyłu, ditlenku siarki i ditlenku azotu, wyrażonej w kg SO_2 na 1000 USD wytworzonego PKB. Obliczenia wykonane na podstawie danych GUS potwierdzają, że w Polsce nadal wytworzeniu jednostki PKB towarzyszy kilkakrotnie większa emisja zanieczyszczeń powietrza w porównaniu z państwami bardziej rozwiniętymi. Wartość wyżej określonego wskaźnika wynosi dla Polski: 27,1; Stanów Zjednoczonych: 5,3; Wielkiej Brytanii: 3,5; Francji: 2,2 a Niemiec: 1,9 /kg SO_2/1000USD [1].

Tablica 1

Redukcja zanieczyszczeń i emisja zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w Polsce w latach 1975 - 2001

Wyszczególnienie	Jedno-stka miary	1975	1980	1985	1990	1995	1998	1999	2001
Całkowita emisja zanieczyszczeń									
pyły[a)]	10^3 Mg	2225,6	2337,7	1788	1950	1308	871	815	403[b,c]
dwutlenek siarki	10^3 Mg	2081,0	2754,6	2652	3210	2376	1897	1719	1511[c]
tlenki azotu	10^3 Mg	87,6	187,4	670	1280	1120	991	951	838[c]
dwutlenek węgla	10^3 Mg	-	-	477584[d]	381482	348926	338095	329739	314812[c]
Zakłady uciążliwe dla czystości powietrza atmosferycznego,	x	871	928	1101	1622	1665	1711	1718	1696
w tym wyposażone w urządzenia do redukcji zanieczyszczeń	x	736	898	1098	1561	1624	1636	1589	1548
-pyłowych	x	-	799	987	1401	1419	1402	1351	1321
-gazowych	x	-	99	111	161	215	234	238	227
Zanieczyszczenia zatrzymywane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń	10^3 Mg	18262,1	25769,9	26924	22976	18971	17837	17294	17231,2
-pyłowych -gazowych	10^3 Mg	-	663,9	716	766	1048	1379	1425,9	1629,9

[a)] źródła stacjonarne, [b)] dane nieporównywalne z danymi za lata poprzednie z powodu zmiany metodologii szacowania emisji pyłów, [c)] dane z 2000r., [d)] dane z 1998r. Źródło: GUS

Pomimo opóźnień i zaniedbań, uwarunkowanych dziedzictwem przeszłości, restrukturyzacja gospodarki postępuje, a wraz z nią wprowadzanie sprawnych metod ograniczania emisji zanieczyszczeń, przede wszystkim w oparciu o importowaną technologię.

Emisja głównych zanieczyszczeń w kraju wykazywała tendencję wzrostową do roku 1985, a następnie malała. Ostatnie dane dotyczące emisji SO_2 i NO_x wykazują zmniejszenie odpowiednio o 53% i 34% w stosunku do roku 1990.

Znaczną poprawę obserwuje się w województwie śląskim, co ilustruje tabl. 2.

Tablica 2

Porównanie emisji głównych zanieczyszczeń powietrza w woj. śląskim w latach 1996 – 2000

Zanieczyszczenia w tys Mg	1996	2000
pył	89	38,5
gazy bez CO_2	657	590
SO_2	305	152
CO	147	136

Źródło: GUS

3. Wybrane przykłady redukcji emisji pyłu i gazów

Energetyczne spalanie paliw jest, z jednej strony głównym sposobem pozyskiwania energii pierwotnej, z drugiej zaś jednym z głównych źródeł antropogenicznej emisji zanieczyszczeń. W tych procesach wytwarza się ponad 70 szkodliwych substancji lub grup tych substancji. Od 75 do 85% emisji NO_x i SO_2, od 55 do 75% emisji CO, od 55 do 80% emisji pyłów i ok. 100% emisji CO_2 pochodzi z procesów spalania paliw. Substancje szkodliwe lub zanieczyszczające środowisko, emitowane podczas spalania, w pierwszej kolejności zanieczyszczają powietrze atmosferyczne, a następnie wody i glebę. Rodzaj i ilość najważniejszych zanieczyszczeń, występujących w spalinach, był przedmiotem systematycznych badań w Katedrze Ochrony Powietrza, zakończonych wyznaczeniem wskaźników emisji. Szczególnie przydatny, jak wykazały dalsze prace, okazał się scalony wskaźnik emisji, odzwierciedlający udział emisji poszczególnych substancji zanieczyszczających. Umożliwia on ocenę wielkości emisji w szerszym, systemowym podejściu do ochrony powietrza [2,3,4,5,6,7]. Badaniami objęto nie tylko główne substancje zanieczyszczające, występujące w spalinach, lecz także substancje śladowe, jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne i liczne metale. Stosując nowatorskie badania (przy użyciu impaktora kaskadowego) i najnowsze metody analityczne, (PIXE,ICP,GC+MS) wyznaczono nie tylko wskaźniki emisji, lecz także poznano dystrybucję badanych substancji śladowych we frakcjach ziarnowych emitowanego pyłu [8].

Pozycja jednego z głównych „eksporterów" dwutlenku siarki, przenoszonego drogą transgraniczną, spowodowała, że w Polsce podjęto szeroki program redukcji emisji ditlenku siarki wskutek przyjętych zobowiązań Protokołu Helsińskiego z 1985 r. i tzw. Drugiego Protokołu Siarkowego podpisanego w Oslo w 1994 r., które zobligowały Polskę do zmniejszenia całkowitej emisji SO_2 o 66% w okresie od 1980 do 2010 r. Ustalone średnioroczne dopuszczalne stężenie SO_2 w powietrzu wynosi 40 $\mu g/m^3$, a od roku 2005 - 30 $\mu g/m^3$ i dopuszczalne ilości SO_2 w gazach odlotowych. Racjonalizacja zużycia energii, likwidacja części najbardziej energochłonnego przemysłu i poprawa jakości węgla, choć są ważnymi czynnikami poprawy czystości powietrza, nie wystarczają, aby osiągnąć stan zadowalający. Potrzebne są techniczne metody redukcji emisji.

Pierwszą w Polsce instalacją odsiarczania spalin mokrą metodą wapniakową zbudowano w Elektrowni Jaworzno III i uruchomiono w roku 1996. Podobne instalacje zbudowano w Elektrowniach Siersza i Bełchatów. Realizatorem tej inwestycji jest Raciborska Fabryka Kotłów RAFAKO, a licencjodawcą technologii odsiarczania niemiecka firma L&C Steinmüller. Skuteczność odsiarczania w zbudowanych instalacjach

jest wysoka - przekracza 95%, przy pełnym wykorzystaniu absorbenta-wapniaka i produkcji dobrej jakości gipsu, nadającego się do gospodarczego wykorzystania. Mokra metoda odsiarczania przynosi dodatkowe korzyści: pozwala oczyścić spaliny z resztkowych zawartości pyłu, a także chlorowodoru i fluorowodoru, których stężenie w spalinach wynosi często 250 i 50 mg/m^3.

Energetyka jest też właściwym przykładem, aby ocenić postęp dokonany w elektrostatycznym odpylaniu spalin.

Współczesny elektrofiltr zapewnia skuteczność około 99,5% lub też, co bardziej przemawia do potencjalnych klientów, stężenie pyłu w gazach odpylonych nie wyższe jak 20-30 mg/m^3. Zatrzymanie 995 z 1000 części wagowych pyłu wymagało dokonania wielkiego postępu konstrukcyjnego i technologicznego w części mechanicznej EF i w jeszcze większym stopniu postępu w części elektrycznej i w sterowaniu pracą urządzenia [9].

Bardzo wysoka ogólna skuteczność nowoczesnych elektrofiltrów nie może jednak przesłonić mankamentu, jakim jest występowanie minimum skuteczności odpylania w EF, przypadającego na przedział wielkości ziarna od 0.1-0.4 μm i wynikające z tego faktu konsekwencje odnośnie do udziału ziarna submikronowego w emitowanym pyle. Skład ziarnowy emitowanego pyłu i wskaźniki emisji PM 2,5 i PM 10 z kotłów z paleniskami pyłowymi, zainstalowanych w największych polskich elektrowniach, poznano w wyniku badań przy zastosowaniu impaktora kaskadowego [10].

4. Nowe wyzwania

Pomimo radykalnej redukcji emisji pyłu z obiektów energetyki zawodowej nadal stężenie pyłu zawieszonego (TSP), niebezpiecznego dla zdrowia ludzi, w niektórych aglomeracjach, a wśród nich w GOP, dwukrotnie przekracza poziom dopuszczalny i jest nawet czterokrotnie wyższe w porównaniu z podobnymi regionami w Europie Zachodniej. Stężenie benzo(a)pirenu, uważanego za prekursora substancji kancerogennych, w miastach GOP przekracza normę od 7 do 20 razy. W rzeczywistości zagrożenie jest znacznie większe. Drugą, obok bezpośredniej emisji pyłu, przyczyną niskiej jakości powietrza atmosferycznego jest wtórne pylenie, zjawisko nie uwzględniane w modelach rozprzestrzeniania zanieczyszczeń. Wtórne pylenie powoduje podwyższenie stężenia pyłu w powietrzu w stopniu przekraczającym od 2 do 5 razy, poziom prognozowany na podstawie danych o emisji i zwiększenie udziału frakcji respirabilnej. Zjawisko to występuje z dużą intensywnością w miastach, zwłaszcza wzdłuż tras komunikacyjnych i jest spowodowane porywaniem najmniejszych ziaren pyłu osiadłego głównie wskutek ruchu pojazdów.

Stopień zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego ma wpływ na powietrze wewnętrzne, m.in. w mieszkaniach. Powietrze wewnętrzne zanieczyszczone spalinami z gazowych przyborów i innych źródeł, przy na ogół, niewystarczającej wentylacji, nie tylko nie zapewnia właściwego komfortu mieszkańcom, lecz nawet im zagraża. W trakcie przeprowadzonych pomiarów i analiz przekroczenia dopuszczalnych stężeń tlenku węgla występowały w ponad 60% badanych mieszkań w zabudowie wielorodzinnej i 25% w zabudowie jednorodzinnej. [11,12,13].

Ważnym przedmiotem badań w aglomeracjach charakteryzujących się dużym udziałem starej zabudowy mieszkaniowej z piecami węglowymi jest tzw. niska emisja.

W wyniku prac nad optymalizacją nakładów na ograniczenie emisji ze spalania węgla w obszarach miejsko-przemysłowych wykazano dominujący udział rozproszonych źródeł emisji w postaci indywidualnych, domowych palenisk węglowych i dowiedziono, że poprawa stanu powietrza nie jest możliwa bez szeroko zakrojonej substytucji węgla gazem ziemnym. Rozwiązując zadanie optymalizacyjne opracowano metodykę minimalizacji funkcji celu, łączącej stężenia imisyjne, wywołane emisją z grupy emitorów i gęstości zaludnienia, przy założeniu, że wielkość dostępnych środków na ochronę powietrza jest zadana. Obliczenia wykazały, że nakłady stanowiące niewielki procent kosztów wytwarzania energii na terenie badanego miasta, poniesione w celu substytucji węgla, w odniesieniu do optymalnie wybranych źródeł emisji, skutkują istotnym polepszeniem jakości powietrza [14].

Warunkiem osiągnięcia stanu czystości powietrza odpowiadającego standardom Unii Europejskiej jest systemowe podejście do ochrony środowiska, z jednakową uwagą traktujące obszar społeczny, gospodarczy i przyrodniczy. Duże znaczenie ma rozpatrywanie oddziaływania produktu na środowisko w całym cyklu jego istnienia. Narzędziem pomocnym w zarządzaniu środowiskiem jest skumulowana ocena, w ujęciu sekwencyjnym, uciążliwości produkcji wyrobów we wszystkich fazach procesu wytwarzania, ze szczególnym uwzględnieniem kwantyfikacji szkodliwego oddziaływania na środowisko, wskutek wprowadzania zanieczyszczeń do powietrza, wody i gleby. W rezultacie badań i analiz zaproponowano skumulowany wskaźnik uciążliwości produktu, wykorzystując w tym celu obowiązujące opłaty za korzystanie ze środowiska, co pozwoliło na wprowadzenie prostej i czytelnej metody oceny uciążliwości wytwarzania wyrobów [15].

Z problemem tym wiąże się wprowadzany wraz ze zintegrowanymi pozwoleniami wymóg wprowadzania *najlepszej dostępnej techniki*. Przez ten termin rozumie się najbardziej efektywny oraz zaawansowany poziom rozwoju technologii i metod prowadzenia danej działalności, wykorzystywany jako podstawa ustalania granicznych wielkości emisyjnych, mających na celu eliminowanie emisji lub, jeżeli nie jest to praktycznie możliwe, ograniczanie emisji i wpływu na środowisko jako całość [16].

Można stwierdzić, że przedstawione wyżej mokra, wapniakowa metoda odsiarczania spalin, wraz z mutacjami technologicznymi oraz nowej generacji odpylacze elektrostatyczne (elektrofiltry) spełniają postulat *najlepszej dostępnej techniki* w zakresie redukcji emisji. Pojawiają się jednak nowe potrzeby. W energetyce, wybranej za przykład, jest to redukcja tlenków azotu. W technologii spalania odpadów są to jeszcze skuteczniejsze metody odpylania i oczyszczanie gazów odlotowych metodą katalityczną.

Tlenki azotu, drugie obok SO_2 główne gazowe zanieczyszczenie spalin, wymagają bardziej skutecznych od tzw. pierwotnych metod oczyszczania. Należy oczekiwać, że konieczne będzie zastosowanie selektywnej katalitycznej redukcji, metody jeszcze w Polsce praktycznie nie znanej. Stosowana zagranicą metoda oczyszczania spalin kotłowych z ditlenku siarki i tlenków azotu, polegająca na szeregowym połączeniu instalacji do katalitycznej redukcji tlenków azotu i instalacji do odsiarczania spalin, ma istotną wadę. Ciąg dwu instalacji jest kosztowny zarówno inwestycyjnie, jak i eksploatacyjnie, dlatego trwają prace nad różnymi metodami jednoczesnego usuwania tlenków azotu i siarki z gazów odlotowych.

Filtry workowe skutecznie konkurują z elektrofiltrami na rynku urządzeń odpylających. Stało się to możliwe dzięki wprowadzeniu najnowszych materiałów filtracyjnych. Szczególną pozycję zyskały włókniny, obrabiane powierzchniowo metodami

takimi, jak: odprężanie termiczne, opalanie, kalandrowanie, obróbka hydrofobowa, silikonowanie i teflonowanie. Przykładem nowych materiałów, które znacznie rozszerzyły możliwości filtracji zapylonych gazów, są membrany z GORE-TEX-u. Membrana powstaje z politetrafluoroetylenu (PTFE) i jest nanoszona w postaci cienkiej porowatej warstwy na tkaninę lub włókninę.

Zastąpienie przestarzałych materiałów filtracyjnych włókninami poliestrowymi nowej generacji przynosi kilkakrotne zmniejszenie stężenia pyłu w gazach oczyszczonych. Przykładem zastosowania *najlepszej dostępnej techniki* jest Huta Cynku *Miasteczko Śląskie*, gdzie po wprowadzeniu ulepszonych włóknin stężenie pyłu w gazach odlotowych zmniejszyło się do 2–3 mg/m_n^3. Przyczyniło się to zdecydowanego zmniejszenia zagrożenia powietrza metalami ciężkimi, obecnymi zwłaszcza we frakcjach obejmujących ziarna o mikronowej średnicy, w rezultacie procesu wzbogacania spowodowanego parowaniem a następnie kondensacją par ołowiu, cynku i kadmu w trakcie operacji pirometalurgicznych [17].

Rozwój zastosowań katalizy heterogenicznej w procesach spalania domieszek w gazach umożliwia oczyszczanie gazów odlotowych z wielu szkodliwych lub toksycznych substancji, a tym samym skuteczną ochronę powietrza. W przypadku niektórych gazów odlotowych, np. spalin z unieszkodliwiania niebezpiecznych odpadów, znaczenie ma określenie niezbędnej zawartości tlenu w gazach, aby proces katalitycznego spalania był skuteczny. Przeprowadzone badania doświadczalne pozwoliły określić tę granicę [18].

5. Podsumowanie

Wybrane przykłady osiągnięć w badaniach właściwości substancji zanieczyszczających, technologii oczyszczania gazów, w konstrukcji urządzeń i instalacji ochrony powietrza oraz w zarządzaniu środowiskiem pozwalają stwierdzić, że jest możliwe spełnienie coraz ostrzejszych norm emisji substancji zanieczyszczających. Rysuje się więc realna perspektywa urzeczywistnienia zasady zrównoważonego rozwoju: wzrostu dobrobytu bez naruszania równowagi ekologicznej.

Bibliografia

1. Telenga J.: Dynamika emisji substancji zanieczyszczających powietrze a gospodarka Polska w latach 1989-1998. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem prof. dra hab. Jana Konieczyńskiego w Katedrze Ochrony Powietrza Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001
2. Konieczyński J., A. Pasoń, T. Kaczyńska, J. Szeliga: Emisja substancji zanieczyszczających z domowych pieców węglowych, Archiwum Ochrony Środowiska, s. 33-43 bibliogr. 4 poz., 1991
3. Konieczyński J., P. Górka, A. Pasoń, J. Żeliński: Emisja chlorowodoru z procesu spalania węgla, Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, nr 5, s. 86-88, 1993
4. Konieczyński J., A. Pasoń, P. Górka: Wskaźniki emisji metali i pierwiastków śladowych przy spalaniu węgla, Ochrona Powietrza, s. 83-86, Nr 4,
5. Konieczyński J., J. Szeliga, A. Pasoń: Emission of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in The Residentail Zone, Metal. Found. Eng. AGH, vol. 19, no 2, s. 229-237, 1993

6. Konieczyński J., A. Pasoń-Konieczyńska: Scalony wskaźnik emisji substancji zanieczyszczających powietrze w procesie spalania węgla, Archiwum Ochrony Środowiska, R. 25, nr 1, s. 29-40, 1999
7. Staisz J., A. Pasoń-Konieczyńska, J. Konieczyński: Wstępna ocena emisji pierwiastków śladowych w procesie spalania węgla kamiennego, Archiwum Ochrony Środowiska, vol. 26, nr 1, s. 7-20, 2000
8. Konieczyński J.(kier.): Skład ziarnowy pyłu emitowanego z obiektów energetyki komunalnej i zakładowej oraz zawartość i profile WWA projekt badawczy KBN nr 8 T10B 045 20, rok zakończenia 2002.
9. Konieczyński J., A. Pasoń-Konieczyńska: Techniczne możliwości polepszania stanu czystości powietrza, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, t. 5, nr 12, s. 1129-1143, 1998
10. Staisz J.: Emisja pierwiastków śladowych ze źródeł energetycznych. Praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. dra hab. Jana Konieczyńskiego w Katedrze Ochrony Powietrza Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
11. Oparczyk G.: Badanie zanieczyszczeń atmosfery wewnętrznej w pomieszczeniach mieszkalnych i biurowych. Praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. dra hab. Jana Konieczyńskiego w Katedrze Ochrony Powietrza Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
12. Oparczyk G., J. Konieczyński: Badania stężenia formaldehydu w powietrzu pomieszczeń biurowych. Ochrona powietrza i problemy odpadów nr.3 s.91-94,2002
13. Oparczyk G., J. Konieczyński: Tlenek węgla w pomieszczeniach jako efekt eksploatacji kuchni gazowych. Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce 2001r. pod red. T. Jędrzejewskiej – Ścibak. Pol. Warszawska. Warszawa 2002
14. Żeliński J., J. Konieczyński, A.Pasoń-Konieczyńska, E. Mateja : Optymalizacja nakładów na ograniczanie emisji towarzyszącej spalaniu węgla (monografia) Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000
15. Malina A.: Ocena ekologiczna wybranych procesów produkcyjnych. Praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. dra hab. Jana Konieczyńskiego w Katedrze Ochrony Powietrza Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002
16. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U.2001.62.627 z dnia 20 czerwca 2001 r.)
17. Melaniuk – Wolny E., J. Konieczyński :Verteilung der Haupt – und Belgeitmetalle in der Staubfraktionen von Zink- und Bleihütten. Gefahrstoffe. Reinhaltung der Luft. 63 Nr.5,209-213,2003
18. Mucha W., J.Konieczyński :Einfluss der Prozessparameter bei der katalytischen Verbrennung von Dämphen organischer Verbindungen am Beispiel von 1-Butanol und Butylacetat. Gefahrstoffe. Reinhaltung der Luft. **64** Nr.1/2, 53-57, 2003
19. Stanners D., Ph. Bourdeau: Europe's Environment. European Environment Agency, Copenhagen 1995