

*Tomasz Szul*

**WPŁYW POSZCZEGÓLNYCH GRUP  
KONSUMENTÓW ENERGII  
NA ZANIECZYSZCZENIE  
POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO  
W GMINIE KOCMYRZÓW-LUBORZYCA**

**Streszczenie**

W pracy przedstawiono analizę zużycia energii finalnej oraz obliczono wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na obszarze gminy Kocmyrzów-Luborzyca. Zapotrzebowanie na energię objęło wszystkie grupy obiektów znajdujących się na terenie gminy. Dla potrzeb pracy gminę podzielono na następujące sektory: mieszkaniowy (obejmujący gospodarstwa domowe i rolne), użyteczności publicznej (w którego skład weszły obiekty: administracji samorządowej, oświatowe, kulturalne, ośrodki zdrowia i remizy OSP) oraz uprawy pod osłonami (gdzie produkcja ogrodnicza jest prowadzona w szklarniach i podgrzewanych tunelach foliowych). Pozwoliło to na obliczenie wielkości i struktury zużycia nośników energetycznych w poszczególnych grupach odbiorców i na tej podstawie określenie jaki mają wpływ na zanieczyszczenie powietrza na terenie gminy. Na podstawie badań i obliczeń modelowych stwierdzono, iż największy wpływ na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w gminie ma sektor mieszkaniowy, który jest głównym konsumentem energii finalnej. Obiekty użyteczności publicznej, dzięki przeprowadzonej modernizacji i konwersji systemów ogrzewania na gazowe, mają znikomy udział w zanieczyszczeniu powietrza.

**Słowa kluczowe:** zużycie energii w gminie, zanieczyszczenie powietrza, niska emisja, emisja równoważna.

## WPROWADZENIE

W Polsce w tzw. sektorze komunalno-bytowym zużywa się obecnie około 42% globalnego zużycia energii pierwotnej, z czego ponad 80% przypada na ogrzewanie budynków i przygotowanie ciepłej wody użytkowej [Robakiewicz 1998; Szul 2004], a więc na cele, w których zużycie energii jest uzależnione nie tylko od zachowania odbiorców, ale również od przyjętych rozwiązań techniczno-ekonomicznych. Potrzeby tego sektora zaspokajane są głównie poprzez spalanie paliw stałych, czego efektem ubocznym jest emisja szkodliwych zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego. Duży udział w zanieczyszczeniu powietrza ma tzw. „niska emisja” [Dobrowolski 2000; Lipiński 1997]. Niska emisja pochodząca głównie z małych kotłowni i gospodarstw domowych oraz rolnych stanowi lokalnie poważny problem, w szczególności na terenach wiejskich gdzie dominują indywidualne źródła ciepła [Trojanowska, Szul 2003]. Specyfiką terenów wiejskich, szczególnie w gminach podkrakowskich jest produkcja ogrodnicza, która w dużym stopniu opiera się na produkcji szklarniowej i podgrzewanych tunelach foliowych, co nie bez znaczenia odbija się na zanieczyszczeniu powietrza na tym obszarze.

Celem niniejszego opracowania jest oszacowanie zużycia energii finalnej na terenie gminy i określenie wielkości oraz wpływu poszczególnych grup obiektów na emisję zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego.

## METODYKA

Realizację celu pracy poprzedziła analiza zużycia nośników energii na obszarze gminy. W szczególności badano wielkość zużycia energii i zróżnicowanie nośników energetycznych zaspokajających poszczególne potrzeby energetyczne w gospodarstwach i innych obiektach znajdujących się na obszarze gminy.

W ramach realizacji celu zbudowano model zapotrzebowania na energię odwzorowujący potrzeby energetyczne, które mogą być zaspokajane poprzez zużycie różnych nośników energetycznych.

Należą do nich:

- zapotrzebowania na energię do ogrzewania obiektów,
- zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej,
- zapotrzebowania na energię do przygotowania posiłków.

Zapotrzebowanie na energię objęło wszystkie grupy obiektów znajdujących się na terenie gminy, dlatego dla jego prawidłowego oszacowania należało przeprowadzić odrębną analizę każdej z nich. Dla potrzeb pracy gminę podzielono na następujące sektory:

- mieszkaniowy,
- użyteczności publicznej,
- uprawy pod osłonami (dotyczy obiektów, które są ogrzewane).

Dla realizacji założonego celu zostały przeprowadzone badania w 130 losowo wybranych gospodarstwach domowych i rolnych, a także w obiektach infrastrukturalnych gminy oraz zebrano dane zakładu energetycznego i gazowniczego obsługujących gminę Kocmyrzów-Luborzyca.

Badania miały na celu zebranie informacji na temat wielkości i struktury zużycia energii pierwotnej. W ramach badań, obok danych dotyczących wielkości zużycia opału w sezonie grzewczym, powierzchni ogrzewanej, zebrano informacje m.in. na temat: sposobu ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej, rodzaju i roku produkcji kotłów c.o., sposobu przygotowania posiłków. Danymi wejściowymi do obliczeń były informacje pochodzące z:

- wykazu budynków indywidualnych, wielorodzinnych, użyteczności publicznej oraz
- podmiotów gospodarczych dla miejscowości z obszaru gminy Kocmyrzów-Luborzyca,
- spisu powszechnego
- oraz spisu rolnego z roku 2002 dla gminy Kocmyrzów-Luborzyca [Rocznik Statystyczny 2003].

## **CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ**

Gmina Kocmyrzów-Luborzyca jest częścią powiatu krakowskiego. Zajmuje powierzchnię 8250 ha, zamieszkuje ją około 12 740 osób. W jej skład wchodzi 25 sołectw. Na terenie gminy znajdują się 3284 budynki mieszkalne jednorodzinne. Użytki rolne stanowią ok. 86%, lasy ok. 5% powierzchni gminy. Wśród upraw dominują zboża, ziemniaki, rośliny przemysłowe oraz warzywa. Rozwojowi rolnictwa sprzyja położony opodal gminy duży rynek zbytu, jakim jest miasto Kraków. Gmina Kocmyrzów-Luborzyca od strony południowej sąsiaduje bezpośrednio z gminą Kraków, czego owocem jest udostępnianie ludności miejskiej terenów pod zabudowę, gdyż wielu mieszkańców hałaśliwej metropolii postanawia przenieść się w spokojniejszą

i atrakcyjniejszą krajobrazowo okolicę. Dowodem na to jest liczba wydawanych pozwoleń na budowę, w latach 1990–1995 liczba udzielanych corocznie pozwoleń wynosiła ok. 100, podczas gdy w ostatnich latach już ok. 160 [źródło: U.G. Kocmyrzów-Luborzycal, z wyraźną przewagą dla sołectw sąsiadujących bezpośrednio z gminą Kraków. Na terenie gminy wyróżnić można następujące obiekty użyteczności publicznej [Rocznik Statystyczny 2003]: 13 szkół podstawowych, dwa gimnazja, trzy biblioteki gminne w tym jedna główna i dwie filialne, dwa ośrodki zdrowia, sześć obiektów OSP, bank spółdzielczy oraz urząd pocztowy zlokalizowany w budynku urzędu gminy.

### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W tabeli 1 przedstawiono ogólną charakterystykę obiektów gminnych w poszczególnych sektorach. Zestawienie zawiera również powierzchnię upraw pod osłonami, ponieważ część gospodarstw zajmuje się uprawą warzyw wczesnych w szklarniach i tunelach foliowych dogrzewanych paliwami stałymi.

**Tabela 1.** Zestawienie zabudowy w gminie Koniusza  
**Table 1.** Specification of built up areas in the Koniusza commune

Wyszczególnienie	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Kubatura [m <sup>3</sup> ]
sektor mieszkaniowy	420 300	1 096 983
sektor użyteczności publicznej	13 190	43 510
uprawy pod osłonami	6 100	–

Źródło: Urząd gminy Kocmyrzów-Luborzycal Source; Kocmyrzów-Luborzycal commune Office

### SZACOWANIE ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ W GMINIE

Ze względu na swoją specyfikę, potrzeby energetyczne poszczególnych sektorów są silnie zróżnicowane pod względem rodzaju i sposobu wykorzystania energii. Zapotrzebowanie obejmuje bowiem zarówno energię cieplną, jak i elektryczną. Energia cieplna jest zużywana na potrzeby ogrzewania pomieszczeń, podgrzania ciepłej wody użytkowej oraz przygotowania posiłków.

Obliczenia oparte na modelu wykorzystującym metodę końcowego zużycia *end-use* i metodę ekonometryczną [Bąkowski 1996; Dobrzańska 2002; Kamler 1976; Krygier i in. 1992; Malko 1995; Mańkowski 1981; Oniaszk-Popławska i in. 2002; StatSoft 1996; Tro-

janowska, Szul 2003; von Zabeltitz 1991] pozwoliły na obliczenie całkowitego zużycia energii finalnej [Robakiewicz 1998] w gminie Kocmyrzów-Luborzyca. W tabeli 2 zestawiono zużycie energii finalnej w poszczególnych sektorach wyrażone w tonach paliwa umownego (1 tpu = 29,3 GJ) [Górniak, Szymczyk 1982].

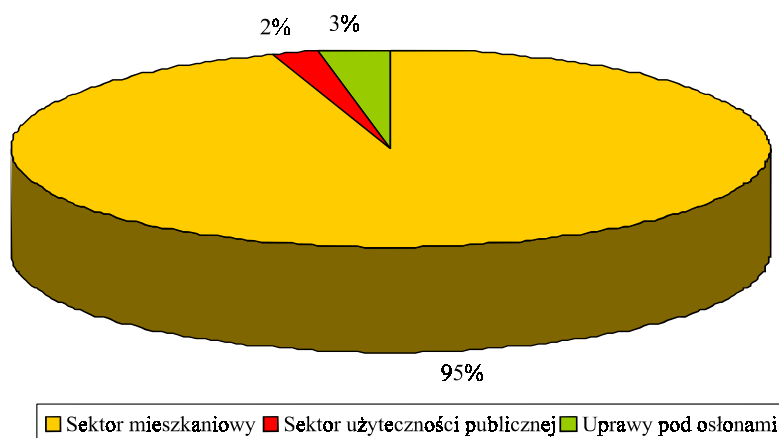
**Tabela 2.** Zużycie energii finalnej w poszczególnych sektorach

**Table 2.** Final energy consumption in individual sectors

Wyszczególnienie	Zużycie energii finalnej [tys. tpu]
sektor mieszkaniowy	14,1
sektor użyteczności publicznej	0,3
uprawy pod osłonami	0,5
suma	14,9
jednostkowe zużycie energii w przeliczeniu na jeden hektar powierzchni gminy [tpu/ha]	1,8

Źródło: obliczenia własne; Source: own computations

Strukturę zużycia energii finalnej w gminie przedstawiono na rysunku 1. Dominującą pozycję w zużyciu energii zajmuje sektor mieszkaniowy, pozostałe sektory zużywają zaledwie 5% energii w skali gminy.



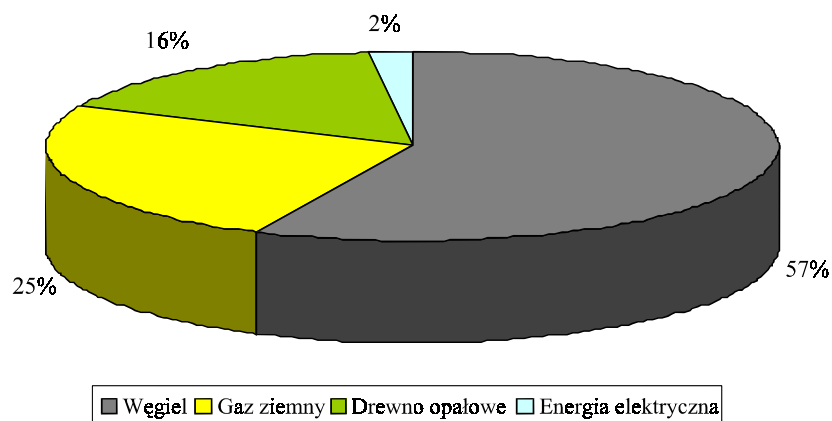
**Rysunek 1.** Struktura zużycia energii finalnej

**Figure 1.** Structure of final energy consumption

Źródło: opracowanie własne

## STRUKTURA PALIWOWA ENERGII ZUŻYWANEJ W POSZCZEGÓLNYCH SEKTORACH

Przy szacowaniu udziału paliw zużywanych przez poszczególne grupy odbiorców w gminie, brano pod uwagę dane pochodzące bezpośrednio od dostawców energii (Zakład Energetyczny, Zakład Gazowniczy), jak również informacje uzyskane od konsumentów energii. Struktura zużycia poszczególnych nośników energetycznych w skali gminy została przedstawiona na rysunku 2. Na badanym obszarze podstawowym nośnikiem energetycznym jest węgiel kamienny, którego udział stanowi 57% całości zużywanej energii. Znaczną pozycję, bo aż 25% zużywanej energii uzyskuje się ze spalania gazu, a tylko 2% w ogólnym bilansie energetycznym przypadło na energię elektryczną.

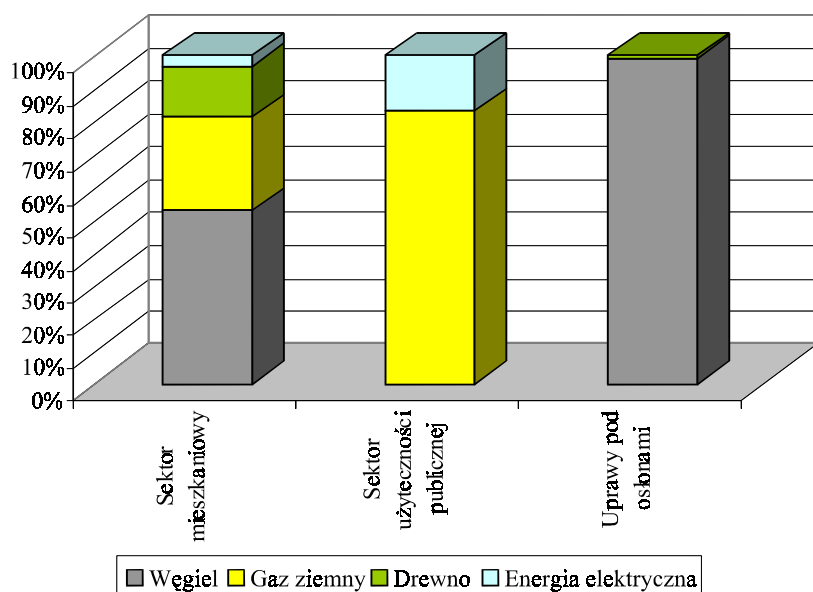


**Rysunek 2.** Struktura zużycia nośników energetycznych w skali gminy  
**Figure 2.** Structure of energy carriers consumption in the scale of commune

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 3 przedstawia udział zużywanych paliw w poszczególnych sektorach. W gospodarstwach domowych i rolnych nadal podstawowym nośnikiem energetycznym jest węgiel, ale ze względów ekonomicznych bądź praktycznych zaczyna być zastępowany innymi nośnikami. Najczęściej zastępuje go drewno opałowe i gaz ziemny, który coraz częściej jest wykorzystywany do ogrzewania – szczególnie w budynkach nowych, bądź poddanych termomodernizacji. Drewno, jako podstawowy nośnik energetyczny znalazło zastosowanie w około 5 % gospodarstw. W pozostałych obiektach opalanych paliwami stałymi stosowane jest jako paliwo uzupełniające węgiel. Całkowity

udział drewna opałowego kształtuje się na poziomie 16%. Sektor użyteczności publicznej jest nastawiony całkowicie na wykorzystanie gazu ziemnego, jest to następstwem sukcesywnej modernizacji systemu ogrzewania w obiektach administrowanych przez Urząd Gminy i Starostwo Powiatowe. Ciepło wykorzystywane przy produkcji ogrodniczej pochodzi całkowicie ze spalania węgla kamiennego (miału węglowego).



**Rysunek 3.** Struktura zużycia nośników energetycznych w poszczególnych sektorach

**Figure 3.** Structure of energy carriers consumption in individual sectors

Źródło: opracowanie własne

### EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

W celu określenia uciążliwości produkcji energii cieplnej w gminie dla stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego obliczono wielkości emisji substancji zanieczyszczających na terenie gminy, z podziałem na poszczególne grupy odbiorców. W obliczeniach za punkt wyjścia przyjęto obliczone całkowite potrzeby energetyczne (co, cwu, posiłki) poszczególnych sektorów. Wielkości emisji poszczególnych zanieczyszczeń obliczono metodą wskaźnikową, uwzględniając wielkości wskaźników emisji, zgodnie z Ustawą o Ochronie

i Kształtowaniu Środowiska [Ustawa.. 1980], a także zaleceniami Ministerstwa Środowiska dotyczącymi sposobu szacowania wielkości zanieczyszczeń [Ministerstwo... 2003]. W pracy zastosowano wskaźniki emisji dla różnych paliw będące stosunkiem ilości emitowanych zanieczyszczeń do ilości zużywanego paliwa [SOZAT 2002; EMEP 2001; Ministerstwo... 2003]. Aby móc porównywać uciążliwość emisji różnych gazów wprowadzono dodatkowy wskaźnik tzw. emisję równoważną  $E_r$  [Butcher, Pierce 1995; Górka, Kowalski 2000]. Emisja równoważna jest to emisja dwu lub więcej rodzajów gazów z jednego źródła emisji, przeliczonych na dwutlenek siarki ( $SO_2$ ).  $E_r$  oblicza się, mnożąc masę każdego z osobna składnika emisji przez współczynnik jego toksyczności, a następnie dodając otrzymane iloczyny. Współczynnik toksyczności jest to stosunek wartości dopuszczalnego stężenia średniorocznego  $SO_2$  do wartości dopuszczalnego stężenia średniorocznego danego gazu. Emisję równoważną oblicza się według wzoru:

$$E_r = \sum E_i \cdot k_i$$

gdzie:

$E_r$  – emisja równoważna [Mg],

$E_i$  – emisja danego zanieczyszczenia [Mg],

$k_i$  – współczynnik toksyczności danego zanieczyszczenia, wynoszący dla  $SO_2$  –1; dla  $NO_2$  –2,9; dla CO–0,5; dla pyłu – 2,9.

Wielkość emisji poszczególnych zanieczyszczeń na terenie gminy przedstawia tabela 3. Procentowy udział poszczególnych sektorów w emisji całkowitej na terenie gminy przedstawia rys 4.

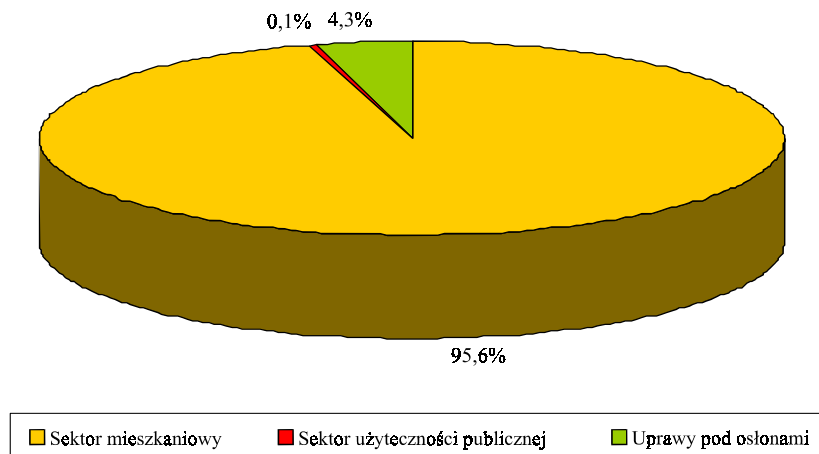
**Tabela 3.** Wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza w gminie Kocmyrzów-Luborzycza

**Table 3.** Air pollution emission in the Kocmyrzów-Luborzycza commune

Emisja zanieczyszczeń powietrza [Mg/a]						
wyszczególnienie	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Pył	Er
sektor mieszkaniowy	84	15	398	23 143	180	847
sektor użyteczności publicznej	0	0,3	0,1	507	0	1
produkcja pod osłonami	5	0,5	23	1010	7	37
razem	89	16	421	24 660	187	885
wielkość emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na 1 ha powierzchni gminy						
wyszczególnienie	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Pył	Er
[kg/ha]	11	2	21	2989	22	107

Źródło: opracowanie własne Source; own elaboration





**Rysunek 4.** Udział poszczególnych sektorów w emisji zanieczyszczeń powietrza na terenie gminy Kocmyrzów-Luborzyca  
**Figure 4.** Share of individual sectors in air pollution emission in the are of Kocmyrzów-Luborzyca commune

Źródło: opracowanie własne

Z przedstawionych wyników obliczeń można stwierdzić, że na terenie gminy Kocmyrzów-Luborzyca podstawowym źródłem wszystkich zanieczyszczeń jest sektor mieszkaniowy – wynika to z jego niekorzystnej struktury paliwowej, gdzie większość gospodarstw zużywa węgiel kamienny jako podstawowy nośnik energetyczny. Produkcja ogrodnicza, zużywając około 3% energii finalnej, emituje ponad 4% zanieczyszczeń, jest to wynikiem spalania węgla przy produkcji ciepła. Sektor użyteczności publicznej praktycznie nie wpływa na stan zanieczyszczenia powietrza, ponieważ całkowicie opiera się na wykorzystaniu gazu ziemnego.

#### STWIERDZENIA I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy zużycia energii finalnej i jej wpływu na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego gminie Kocmyrzów-Luborzyca można sformułować następujące wnioski:

1. Całkowite roczne zużycie energii finalnej w gminie wynosi około 15 tys. ton paliwa umownego.
2. Największym odbiorcą energii w gminie jest sektor mieszkaniowy, którego udział wynosi 95%.

3. Sektor mieszkaniowy przy produkcji ciepła opiera się głównie na spalaniu paliw stałych – węgla (ok. 53%) i drewna (ok. 16%). Potrzeby grzewcze sektora użyteczności publicznej są w całości zaspokajane przy wykorzystaniu gazu ziemnego.

4. Blisko 96% zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery na terenie gminy pochodzi z sektora mieszkaniowego – wynika to z jego wielkości i niekorzystnej struktury paliwowej. Wykorzystanie ekologicznego paliwa, jakim jest gaz ziemny do ogrzewania budynków użyteczności publicznej administrowanych przez Urząd Gminy i Starostwo Powiatowe, zaowocowało praktycznie zerową emisją zanieczyszczeń.

5. Władze gminy, chcąc wpłynąć na zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza powodowane tzw. „niską emisją”, powinny rozpocząć kampanię informacyjną zachęcającą właścicieli budynków do konwersji ogrzewania węglowego na inne bardziej ekologiczne źródła ciepła. Kampania powinna przedstawiać korzyści związane z zamianą ogrzewania jak również wskazać możliwości wsparcia finansowego działań modernizacyjnych ze źródeł Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska (i innych jednostek), które udzielają dotacji (bądź kredytów preferencyjnych) na wymianę ogrzewania węglowego na ekologiczne kotły do spalania biomasy lub gazu ziemnego.

## BIBLIOGRAFIA

- Bąkowski K. *Gazyfikacja*. PWN, Warszawa 1996.
- Butcher T., Pierce B. *Kraków Clean Fossil Fuels and Energy Efficiency Program*. Office of Fossil Energy. United States Department of Energy. Washington, D.C. 20585, 1995.
- Dobrzańska J. *Prognozowanie w elektroenergetyce. Zagadnienia Wybrane*. WPCz, Częstochowa 2002.
- Dobrowolski G. *Ochrona powietrza. Zagadnienia administracyjno-prawne*. Kantor Wydawniczy Zakamycze, Zakamycze 2000.
- EMEP / CORINAIR*. Emission Inventory Guidebook – 3rd edition, European Environment Agency. Copenhagen 2001.
- Gawrońska G. *Ocena zasobów energetycznych biomasy słomy w województwach nowosądeckim, tarnowskim i krośnieńskim. Efekty ekologiczne, energetyczne i ekonomiczne wykorzystania energii odnawialnej*. Seminarium z cyklu: Energia odnawialna – krok w kierunku ekologii. Wyd. CPPGSME PAN, s. 81–89. Kraków 19–20 czerwca, 1997.
- Górka P., Kowalski S. *Badania zanieczyszczeń powietrza. Cz.1. Gazowe substancje zanieczyszczające*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2000.
- Górniak H., Szymczyk J. *Podstawy termodynamiki, cz. II*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1982.

- Kamler W. *Ciepłownictwo*. PWN, Warszawa 1976.
- Krygier K., Klinke T., Sewernik J. *Ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja*. PWN, Warszawa 1996.
- Lipiński A. *Dlaczego nie ma zakazów. Niska emisja przed sądem*. Ekoprofit nr 1. Katowice 1997.
- Malko J. *Wybrane zagadnienia prognozowania w elektroenergetyce. Prognozowanie zapotrzebowania energii i mocy elektrycznej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1995.
- Mańkowski S. *Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1981.
- Ministerstwo Środowiska. *Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji na potrzeby ocen bieżących i programów ochrony powietrza*. Warszawa 2003.
- Oniaszk-Popławska M., Rogulska M., Sokołowski G. *Planowanie energetyczne na szczeblu lokalnym i regionalnym z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii*. Europejskie Centrum Energii Odnawialnej, IBMER, Warszawa 2002.
- Robakiewicz A. *Jak zmniejszyć koszt ogrzewania budynków*. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa 1998.
- Rocznik Statystyczny – gmina Kocmyrzów-Luborzycza*. GUS, Warszawa 2003.
- SOZAT. *Zintegrowana Baza Zanieczyszczeń Środowiska, ATMOTERM S.A.* Opole, 2002.
- StatSoft, Inc. *STATISTICA for Windows (Computer program manual)*, Tulsa 1995.
- Szul T. *Zużycie energii a poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w gminie wiejskiej na przykładzie gminy Koniusza*. Inżynieria Rolnicza 2(57). Warszawa 2004.
- Trojanowska M., Szul T. *Techniczna i gospodarcza analiza oraz prognozowanie nakładów energetycznych na ogrzewanie budynków mieszkalnych na terenach wiejskich*. Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria 2(2). Lublin 2003.
- Ustawa o Ochronie i Kształtowaniu Środowiska z dnia 31 stycznia 1980 r.* Dz.U. nr. 49 z 1994 r., poz.196 oraz Dz.U. nr.133, poz. 885 z 1997 r.
- Von Zabeltitz Ch. *Szklarnie – projektowanie i budowa*. PWRiL, Warszawa 1991.

Mgr inż. Tomasz Szul  
 Zakład Energetyki Rolniczej  
 Akademia Rolnicza w Krakowie  
 ul. Balicka 104, 30 – 149 Kraków  
 tel.: (12) 662-46-48 ; e-mail: szultom@poczta.fm

Recenzent: *Prof. dr hab. Krzysztof Wierzbicki*

*Tomasz Szul*

## **THE EFFECT OF INDIVIDUAL ENERGY CONSUMER GROUPS ON AIR POLLUTION IN THE KOCMYRZÓW-LUBORZYCA COMMUNE**

### **SUMMARY**

The analysis of final energy consumption and computed air pollution emission in the area of Kocmyrzów-Luborzyca commune were presented in the work. Energy demand included all groups of objects localized in the area of the commune. For the sake of presented work the commune was divided into the following sectors: housing sector (including households and farms), public facilities (including self-government, educational and cultural facilities, health centers and Volunteer Fire Brigade stations) and finally cultivation under covers (where horticultural production is conducted in greenhouses and heated plastic tunnels). It allowed for computing the amount and structure of energy carrier consumption in individual recipient groups and on this basis to determine the effects they have on air pollution in the commune area. On the basis of research and model computations it was established that housing sector, which is the main consumer of final energy, has the greatest impact upon air pollution in the commune. Public facilities, due to their modernization and conversion of heating to gas heating systems have a slight share in air pollution.

**Key words:** energy consumption in the commune, air pollution, low emission, equivalent emission