

AGNIESZKA PETRYK

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ROZWÓJ INFRASTRUKTURY CIEPŁOWNICZEJ SZANSĄ NA OGRANICZENIE NISKIEJ EMISJI W KRAKOWIE

Abstract: The Development of District Heating Infrastructure as a Chance to Limit Low Emission in Cracow. The aim of the article is to describe the problem of low emission and the way to prevent it through the implementation of tasks adopted in the *Program of Low Emission Limitations* (PONE) especially the development of urban district heating infrastructure. The development of the heating infrastructure in Cracow in the years 2010-2015 managed by MPEC S.A. was studied. The analysis of the data concerning the structure and the number of customers of heating system, the length of utilised heating network, the number of buildings connected to the district heating network and the number of liquidated coal furnaces in the years 2010-2015 was carried out. The dynamic index of the pace of growth of MPEC S.A. end users was calculated. The relation between the number of liquidated coal-fired furnaces to the length of the district heating network and the number of its users was examined.

Keywords: District heating, low-emission, low-emission economy.

Wprowadzenie

Celem opracowania jest analiza stanu rozwoju infrastruktury ciepłowniczej w Krakowie w latach 2010-2015, której operatorem jest Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. (MPEC). Realizacji tego zadania posłuży analiza struktury i liczby odbiorców ciepła systemowego, długości eksploatowanej sieci ciepłowniczej, liczby budynków podłączonych do miejskiej sieci ciepłowniczej oraz liczby zlikwidowanych w latach 2010-2015 palenisk węglowych. Zostaną określone indeks dynamiczny i tempo zmian przyrostu odbiorców MPEC oraz zależność liczby likwidowanych palenisk węglowych od długości sieci ciepłowniczej i liczby jej użytkowników. Zasadność rozbudowy infrastruktury ciepłowniczej dla ograniczenia zanieczyszczeń powietrza w Krakowie wydaje się bezsprzeczna, ze względu na odnotowywane w tym mieście najwyższe, nie tylko w Polsce, ale i w Europie, wskaźniki niskiej emisji. *Ustawa Prawo ochrony środowiska* [2001] definiuje *emisję* jako wprowadzenie do

środowiska przyrodniczego (powietrza, wody, gleby) substancji i energii (w postaci ciepła, hałasu, wibracji lub pola magnetycznego) będących rezultatem działalności człowieka. Emisję produktów spaliny stałych, ciekłych i gazowych do atmosfery ze źródeł emisji (emitorów), znajdujących się na wysokości nie większej niż 40 m, prawodawca określił mianem niskiej emisji. Kaczmarczyk *et al.* [2015] wyróżniają trzy typy niskiej emisji: komunikacyjną, przemysłową oraz emisję wynikającą z produkcji ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. Do produktów spalania wpływających na wystąpienie niskiej emisji autorzy zaliczyli: CO₂, CO, SO₂, NO_x, pyły zawieszone: PM10 i PM2,5.

1. Niska emisja w Krakowie

Niska emisja jest jednym z najpoważniejszych wyzwań dla Gminy Kraków (tab. 1). Położenie geograficzne, ukształtowanie terenu i warunki klimatyczne Krakowa sprzyjają kumulacji zanieczyszczeń powietrza na jego obszarze [Bokwa 2007; German 2007; Matuszko, Wojkowski 2007]. Ograniczenia ruchów mas powietrza wynikają głównie z naturalnych barier w postaci wzgórz zrębowych, do których należą m.in. Wzgórze Wawelu, Krzemionki Podgórskie oraz Skalki Twardowskiego. Występujące mgły zatrzymują zanieczyszczenia, przyczyniając się do powstawania smogu.

Główną przyczyną zanieczyszczenia pyłem zawieszonym na terenie Gminy Miejskiej Kraków są piece na paliwa stałe, zwłaszcza węgiel kamienny [Kłojzy-Kaczmarczyk, Mazurek 2009]. Paleniska węglowe emitują ok. 42,42% pyłów PM10 oraz 19,76% pyłów PM2,5. Piece na paliwa stałe odpowiadają za 54% zanieczyszczeń rakotwórczym benzo(a)piranem, natomiast 85% emisji i immisji dwutlenku azotu stanowią zanieczyszczenia komunikacyjne [*Plan Gospodarki Niskoemisyjnej...* 2015].

W Krakowie przez ok. 30% dni w roku występuje inwersja termiczna, polegająca na wzroście temperatury powietrza wraz z wysokością. Występuje zazwyczaj nocą i po południu, gdy chłodne powietrze gromadzi się przy powierzchni ziemi, a ciepłe kumuluje się wyżej, utrudniając naturalne odprowadzenie zanieczyszczeń z emitorów (niska emisja). W bilansie zanieczyszczeń istotny udział ma napływ zanieczyszczeń spoza Krakowa, głównie z ościennych gmin [*Program ochrony powietrza...* 2013].

Z powyższych zmian w rozpatrywanym pięcioleciu wykazano słabe powiązanie średniorocznego stężenia pyłu zawieszonego PM 2,5 i PM10 (na podstawie tab.1, R=0,244). Można stąd wywnioskować, że również ich źródła pochodzenia mogą być różne. Stężenia istotnie przekraczają graniczne wartości dopuszczalne. Zauważono wyraźną tendencję spadkową stężenia pyłu PM10 oraz niewielkie zmniejszenie stężenia pyłu PM2,5. Świadczy to o właściwym kierunku zmian wprowadzonych przez programy ograniczania emisji.

Rada Miasta Krakowa przyjęła w 2011 r. *Program Ograniczenia Niskiej Emisji dla miasta Krakowa* (PONE). Program przewiduje udzielnie dofinansowania wnioskodawcom na wymianę trwałych systemów ogrzewania paliwami stałymi na jeden

z pięciu ekologicznych systemów: podłączenie do sieci miejskiej, ogrzewanie gazowe, ogrzewanie elektryczne, ogrzewanie olejowe, odnawialne źródło energii lub instalację odnawialnego źródła energii albo podłączenie ciepłej wody użytkowej związane z likwidacją palenisk gazowych [*Program ograniczenia niskiej emisji w Krakowie 2011*].

Tabela 1

Średnioroczne wartości pyłu zawieszonego PM_{2,5} i PM₁₀ w Krakowie w latach 2010-2015

n (liczba lat)	1	2	3	4	5	6
Średnioroczne stężenia pyłu zawieszonego w Krakowie	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PM ₁₀ [μg/m ³] (norma 40[μg·m ⁻³])	79	77	66	60	64	68
PM _{2.5} [μg/m ³] (norma 20[μg·m ⁻³])	41	55	47	44	45	44
i[%] dla PM ₁₀	100,00	97,47	85,71	90,91	106,67	106,25
i _{średni} [%] dla PM ₁₀	97,05					
Średnie tempo zmian T (PM ₁₀)	-2,95					
i[%] dla PM _{2,5}	100,00	134,15	85,45	93,62	102,27	97,78
i _{średni} [%] dla PM _{2,5}	101,42					
Średnie tempo zmian T (PM _{2,5})	1,42					
PM ₁₀ [μg·m ⁻³]	40					
PM _{2.5} [μg·m ⁻³]	25					
Przekroczenie normy PM ₁₀ [%]	98%	93%	65%	50%	60%	70%
Przekroczenie normy PM _{2,5} [%]	64%	120%	88%	76%	80%	76%
R ²	0,060					
R _{pearson}	0,244					

Źródło: [Raporty o Stanie Miasta Krakowa za lata 2010-2015].

Na mocy *Uchwały Rady Miasta Krakowa z 23 października 2013 r. nr LXXXVII/1300/13*, Kraków przystąpił do opracowywania i wdrażania *Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej Kraków (PGN)*. PGN to strategiczny dokument, który wyznacza zasadnicze kierunki rozwoju gospodarki Gminy Kraków na lata 2014-2020, a w przypadku działań długotrwałych do 2040 r. Reguluje m.in. cele i zadania w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawy jakości powietrza. Realizacja działań ujętych w *Planie Gospodarki Niskoemisyjnej* jest zgodna z obowiązującym *Programem ochrony powietrza dla stref województwa małopolskiego*, w części dotyczącej Aglomeracji Krakowskiej. Długoterminowa strategia Krakowa w zakresie rozwoju gospodarki niskoemisyjnej prowadzi do wdrożenia koncepcji *Smart City*

przez wprowadzenie rozwiązań w zakresie poprawy jakości środowiska w mieście (ograniczenie emisji) [Raport o Stanie Miasta Krakowa 2015 2016].

Program PONE jest obecnie priorytetowym zadaniem Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej S.A. Likwidacja pieców i kotłowni opalanych paliwem stałym prowadzona jest w obiektach będących w zasobach Zarządu Budynków Komunalnych w Krakowie, spółdzielni i wspólnot mieszkaniowych oraz osób prywatnych [ibidem].

2. Sieć ciepłownicza instrumentem ograniczenia niskiej emisji w Krakowie

Nantka [2013] definiuje *sieć ciepłowniczą* jako zewnątrzprzewody służące do transportu wytworzonego w centrali czynnika grzejącego do poszczególnych rejonów lub grup budynków. Z systemów ciepłowniczych w Europie korzysta ponad 100 mln mieszkańców. W Polsce ok. 50% obywateli kupuje energię z systemów przedsiębiorstw ciepłowniczych. Pozostały udział procentowy stanowią źródła indywidualne lub małe źródła lokalne [Wojdyga 2013]. W 2015 r. łączna długość sieci ciepłowniczych w Polsce, kontrolowanych przez koncesjonowane przedsiębiorstwa, wyniosła 20 456 km. W jej skład wchodzi sieci ciepłownicze, łączące źródło ciepła z węzłami cieplnymi oraz sieci niskoparametrowe, czyli zewnętrzne instalacje odbiorcze [Energetyka ciepła... 2016].

Operatorem sieci ciepłowniczej Krakowa jest Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. Początki Miejskiej Ciepłowni w Krakowie sięgają końca XIX w. Pod koniec lat 50. XX w. Miejską Ciepłownię przekształcono w Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej. W 2012 r. podpisano wielostronne porozumienie w sprawie ograniczenia niskiej emisji pomiędzy MPEC, EDF Polska, CEZ Skawina, Województwem Małopolskim, Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie, Gminą Miejską Kraków, Polskim Górnictwem Naftowym i Gazownictwem oraz TAURON Sprzedaż. W listopadzie 2013 r. sejmik wojewódzki podejmuje uchwałę w sprawie określenia rodzajów paliw dopuszczonych do stosowania na obszarze gminy miejskiej Kraków. Wymusza ona na właścicielach i zarządcach nieruchomości likwidację palenisk węglowych w ciągu kolejnych pięciu lat [Chojnowska 2016].

Zadania związane z likwidacją niskiej emisji realizowane są priorytetowo przez Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A. w Krakowie. W latach 90. XX w. spółka rozpoczęła likwidację własnych kotłowni na paliwo stałe. Ostatnia kotłownia węglowa znajdująca się na stanie MPEC została zlikwidowana w 2002 r. Od tego czasu realizowane są zadania związane z poprawą jakości powietrza w Krakowie przez likwidację palenisk węglowych w budynkach niewchodzących w zarząd MPEC S.A., a znajdujących się na terenie zarówno Krakowa, jak i Skawiny. Budynki przyłączone

do sieci ciepłej zlokalizowane są na całym obszarze miasta, na którym występują sieci ciepłownicze [Niepublikowany raport... 2016].

Ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej dociera do odbiorców w Krakowie z trzech niezależnych źródeł: EDF Polska SA Oddział nr 1 w Krakowie (72%), CEZ Skawina SA (25%) i Arcelor Mittal Poland S.A. (3%), a także z własnych kotłowni gazowych [Raport roczny...2016]. W 2015 r. MPEC świadczył usługi dostawy energii ciepłej dla 5230 odbiorców (tab. 2).

Tabela 2

Liczba odbiorców ciepła od MPEC S.A w latach 2010-2015

Liczba odbiorców ciepła	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		4830	4875	4900	4916	5054

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [Raport roczny 2015, 2016] (tab. 2-6).

Największy udział w strukturze odbiorców ciepła od MPEC w 2015 r. stanowiły budynki komunalne i wspólnoty mieszkaniowe (32%), spółdzielnie mieszkaniowe (26%). Gospodarstwa domowe tworzyły zaledwie 2% ogólnej liczby odbiorców. Energię ciepłą dostarczono do 8531 obiektów (tab. 3) zlokalizowanych na terenie: Krakowa, Skawiny, Woli Radziszowskiej, Krzęcina, Zelczyny, Miechowa, Radziszowa i Polanki Hallera.

Tabela 3

Liczba obiektów podłączonych do MPEC S.A w latach 2010-2015

Liczba obiektów	2010	2011	2012	2013	2014	2015
		8324	8354	8380	8400	8503

Wyznaczono indeks dynamiczny łańcuchowy $i_{\text{średni}}[\%]$ oraz średnie tempo zmian liczby odbiorców w okresie od 2010 do 2015 r. Indeks ten przedstawia procentową zmianę badanego zjawiska (tab. 4). W omawianym pięcioleciu wykazuje wyraźną tendencję wzrostową. Tempo zmian wyniosło 1,6%. Powyższe wielkości wskazują na rozwój i rozbudowę sieci oraz związaną z nimi większą liczbę odbiorców energetyki ciepłej w odniesieniu do okresu poprzedniego.

MPEC Kraków w 2015 r. eksploatował 830,1 km (tab. 5) sieci ciepłowniczej, z czego 483,85 km to sieci wykonane w technologii rur preizolowanych posiadających system monitoringu uszkodzeń. Eksploatowane są również kotłownie własne w liczbie 85 sztuk, których paliwem jest wyłącznie gaz i olej. Jednocześnie wraz z rozwojem sieci ciepłowniczej, modernizacji i wymianie podlegają wyeksploatowane węzły bezpośrednie i wymiennikowe pozbawione automatyki, na węzły kompaktowe wymiennikowe z urządzeniem do automatycznej regulacji dostaw cie-

pła. Obecnie system ciepłowniczy zarządzany przez MPEC SA liczy 9838 węzłów [Raport roczny... 2016].

Według danych EDF [2014] przy spalaniu tony węgla w tradycyjnym palenisku domowym powstaje ok. 60 kg pyłu wyemitowanego do atmosfery. W krakowskiej elektrociepłowni po oczyszczeniu spalin w elektrofiltrach jest to ok. 0,7 kg.

Tabela 4

Indeks dynamiczny i tempo zmian odbiorców MPC S. A. w latach 2010-2015
(stan na 31.12.2015)

Rok	n	Liczba odbiorców	i (%)	i (średni) (%)	Średnie tempo zmian T
2010	1	4830	100,0	101,60	1,60
2011	2	4875	100,9		
2012	3	4900	100,5		
2013	4	4916	100,3		
2014	5	5054	102,8		
2015	6	5230	103,5		

Tabela 5

Długość eksploatowanej sieci ciepłej tradycyjnej i preizolowanej w latach 2010-2015

Rok	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Sieć ciepła preizolowana (km)	406,64	361,7	356,1	354,16	350,62	346,25
Sieć ciepła tradycyjna (km)	362,36	417,7	432,6	448,03	460,97	483,85
Łączna długość sieci ciepłowniczej	769	779,4	788,7	802,19	811,59	830,1

Tabela 6

Liczba budynków podłączonych do miejskiej sieci ciepłowniczej
oraz liczba zlikwidowanych palenisk węglowych w latach 2010-2015

Likwidacja Niskiej Emisji						
nr	rok	liczba budynków podłączonych (szt)	liczba zlikwidowanych palenisk (szt)	i (%)	$i_{\text{średni}}$ [%]	średnie tempo zmian (T)
1	2010	38	487	100,0	103,27	3,27
2	2011	21	290	59,5		
3	2012	24	370	127,6		
4	2013	27	479	129,5		
5	2014	32	422	88,1		
6	2015	56	572	135,5		
Razem		198	2620			

MPEC realizuje działania proekologiczne, w ramach których realizowane są przedsięwzięcia polegające na podłączeniu do sieci ciepłej budynków dotychczas posiadających paleniska węglowe. W 2015 r. zostało podłączonych 56 budynków i zlikwidowano 572 paleniska węglowe (tab. 6). Średnie tempo zmian w tym okresie wyniosło 3,27%. Wskazuje to na intensyfikację w rozpatrywanym pięcioleciu działań zmierzających do likwidacji palenisk węglowych w Krakowie.

Na podstawie obliczeń (tab. 7) wyznaczono współczynnik korelacji R na poziomie 0,56 pomiędzy liczbą likwidowanych palenisk i długością sieci, co potwierdza umiarkowaną zależność między zmiennymi. Relacja ta wskazuje na średnią zależność między ujawnionymi wielkościami. Obecny stan zmian wymaga zwiększenia intensywności działań proekologicznych, aby w sposób zdecydowany wpływać na poprawę stanu powietrza w mieście. Średnie tempo wzrostu wskazuje natomiast na wyraźny trend wzrostowy w stosunku do 2010 r. Za pomocą współczynnika korelacji R na poziomie 0,50 określono umiarkowaną zależność między liczbą użytkowników i liczbą obsługiwanych obiektów. Stan ten wymaga poprawy, aby wpływać na ograniczenie emisji w mieście w sposób istotny. Analiza wykazała jednak trend wzrostowy, co świadczy o właściwym kierunku związanym z likwidacją palenisk. W 2016 r. w pierwszym kwartale zostało podłączonych do sieci ciepłowniczej 12 budynków, w których zlikwidowano 88 pieców i 3 kotłownie. W 2015 r. spółka podpisała 149 umów przyłączeniowych oraz wydała 867 warunków technicznych zapewniających przyłączenia kolejnych budynków do miejskiej sieci ciepłowniczej. W porównaniu z 2014 r. jest to wzrost odpowiednio o 49% (umowy przyłączeniowe) i 10% (warunki techniczne). Większe zapotrzebowanie na ciepło MPEC S.A. determinuje rozbudowę miejskiej sieci. Największa liczba budynków podłączonych do sieci, w których zlikwidowane zostały paleniska węglowe, znajduje się w rejonach [*Niepublikowany raport... 2016*]:

- Al. Krasińskiego – Kościuszki – Kraszewskiego-Focha,
- Straszewskiego – Zwierzyniecka – Al. Karskiego – Piłsudskiego,
- Piłsudskiego – Podwale – Karmelicka – Mickiewicza,
- Limanowskiego – Legionów Piłsudskiego -Wisła – tory kolejowe,
- wewnątrz I obwodnicy (ul. Bracka, Gołębia, Jagiellońska, Poselska),
- Kazimierz.

W latach 2014-2015 MPEC przysyłał do właścicieli i zarządców budynków posiadających paleniska węglowe oferty, zachęcające do przystąpienia do miejskiego systemu ciepłowniczego. Zawarto w nich preferencyjne warunki dedykowane dla osób, które chcą zmienić dotychczasowy sposób ogrzewania budynku na rozwiązania ekologiczne. Analiza wniosków właścicieli o dofinansowanie do kosztów likwidacji palenisk węglowych, kierowanych do Wydziału Kształtowania Środowiska Urzędu Miasta Krakowa, wskazuje następujący rozkład procentowy aprobowanych proekologicznych systemów grzewczych:

- Ogrzewanie gazowe 90,5%,
- Ogrzewanie elektryczne 6%,

- Miejska sieć ciepłownicza 3%,
- Pompy ciepła 0,3%,
- Ogrzewanie olejowe 0,2%.

Dominacja ogrzewnictwa gazowego wynika z dostępności w każdym budynku energii elektrycznej oraz w zdecydowanej większości budynków instalacji gazowych. W takiej sytuacji nie jest zasadne realizowanie inwestycji sieciowych, ponieważ istnieje możliwość wykorzystania medium znajdującego się już w budynku. Dodatkowo, w przypadku wyboru gazu lub energii elektrycznej istnieje możliwość realizacji zmiany ogrzewania bezpośrednio przez lokatora mieszkania. Nie ma konieczności uzyskiwania zgody współwłaścicieli lub wspólnoty mieszkaniowej. Podłączenie budynku do sieci ciepłowniczej jest już związane z inwestycją sieciową, a co za tym idzie z wymogiem uzyskania oświadczeń woli właścicieli na prowadzenie sieci przez ich nieruchomości, zgody wspólnoty na podłączenie budynku do sieci, a także udostępnienia pomieszczenia na węzeł cieplny. Znaczna liczba właścicieli lub wspólnot nie decyduje się na podłączenie do sieci ciepłowniczej, ponieważ właściciel czy wspólnota (a nie najemca) jest stroną umowy sprzedaży.

Przyłączenie do miejskiej sieci ciepłowniczej jest możliwe na obszarze intensywnej zabudowy. W Krakowie wyjątkiem jest dzielnica Stare Miasto, ze względu na ograniczony dostęp terenowy oraz ograniczenia natury konserwatorskiej. Rejon ten jest zasilany w ciepło pochodzące z kotłowni gazowych oraz indywidualnych systemów grzewczych. Choć przedmieścia Krakowa charakteryzują się małą gęstością zabudowy jednorodzinnej, to system ciepłowniczy nie jest tam doprowadzony. Wynika to bezpośrednio z konieczności poniesienia kosztów inwestycyjnych doprowadzenia sieci w obszar o relatywnie niewielkim zapotrzebowaniu na ciepło [Raport o Stanie Miasta Krakowa 2013 2014].

Na podstawie inwentaryzacji pieców, kotłowni i kominków na paliwa stałe zleconej przez Urząd Miasta Karkowa, MPEC S.A sporządziło 5 koncepcji budowy sieci ciepłej oraz przyłączy w różnych rejonach na terenie miasta Krakowa (tab. 7).

Tabela 7

Koncepcje budowy sieci ciepłowniczej i przyłączy w Krakowie

I koncepcja	II koncepcja	III koncepcja	IV koncepcja	V koncepcja
Dzielnica Stare Miasto Dzielnica Grzegórzki (część zachodnia) Dzielnica Dębniki (część północno-wschodnia)	Dzielnica Bieżanów-Prokocim (część północno-zachodnia i centralna)	Dzielnica Czyżyny (część południowa i centralna) Dzielnica Nowa Huta (część południowo-zachodnia)	Dzielnica Podgórze (część centralna i wschodnia) Dzielnica Krowodrza (część wschodnia)	Obszar wyznaczony przez ul. Halicką, tor kolejowy, ul. Dietla i rzekę Wisłę

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Informacja o realizacji przez MPEC S.A. zadań... 2016].

Podsumowanie

Przeprowadzone powyżej analizy, dotyczące relacji między liczbą likwidowanych palenisk węglowych, długością sieci ciepłowniczej oraz liczbą użytkowników, ujawniają występowanie średniej zależności pomiędzy wymienionymi parametrami. Wskazuje to na umiarkowany rozwój infrastruktury ciepłowniczej w Krakowie. Rozwój ten jest warunkowany zróżnicowanymi zmiennymi, w tym także ograniczeniami konserwatorskimi zabytkowych obiektów i lokalizacją zabudowy wielorodzinnej na obrzeżach miasta. Należy jednoznacznie podkreślić, że poziom rozwoju miejskiej sieci ciepłowniczej jest ściśle związany z działaniami podejmowanymi przez władze samorządowe na rzecz redukcji niskiej emisji. Stanowi bowiem jeden z głównych instrumentów zapobiegania i zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza, przewidzianych w programach gospodarki niskoemisyjnej dla Gminy Kraków.

Literatura

- Bokwa A., 2007, *Zanieczyszczenie powietrza*, [w:] *Klimat Krakowa w XX wieku*, D. Matuszko (red.). Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Chojnowska A., 2016, *MPEC ciepło dla Krakowa*. Dodatek do „Gazety Wyborczej” i „Dziennika Metro”, 29 stycznia.
- Dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń powietrza na podstawie danych Głównego Inspektora Ochrony Środowiska*, [www.powietrze.giov.pl., dostęp: 10.11.2016].
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z 11 czerwca 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszy powietrze dla Europy* (Dz. Urz. UE L 152).
- EDF Polska S.A, 2014, Czystsze i efektywne energetycznie ciepło sieciowe*, Konferencja: *Ciepło sieciowe alternatywa dla palenisk węglowych*, Kraków.
- Energetyka ciepła w liczbach 2015, 2016*, Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa.
- German K., 2007, *Środowisko przyrodnicze Krakowa i jego wpływ na warunki klimatyczne*, [w:] *Klimat Krakowa... op. cit.*
- Głaz R., 2014, *Działania i plany Ministerstwa Środowiska w zakresie poprawy jakości powietrza*, [https://archiwum.mos.gov.pl/g2/big/2014_04/646822371f297d829496d97e0fa2ef3b.pdf. dostęp: 10.11.2016].
- Informacja o realizacji przez MPEC S.A. zadań związanych z likwidacją palenisk węglowych w latach 2003-2016*, 2016, Nielub. raport wewnętrzny spółki, Kraków.
- Kaczmarczyk M., et al., 2015, *Niska emisja od przyczyn występowania do sposobu eliminacji*. Wyd. GLOBEnergia, Kraków.
- Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., 2009, *Zadania samorządów lokalnych w procesie likwidacji niskiej emisji*. „Polityka Energetyczna”, t. 12, z. 2/2.

- Matuszko D., Wojkowski J., 2007, *Zróżnicowanie przestrzenne wybranych cech klimatu Krakowa*, [w:] *Klimat Krakowa... op. cit.*
- Nantka M. B., 2013, *Ogrzewnictwo i ciepłownictwo*. T. 1, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice. *Niepublikowany raport wewnętrzny MPEC S.A. o likwidacji palenisk węglowych za lata 2003-2016*, 2016, MPEC S.A., Kraków.
- Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Miejskiej*, 2015, Urząd Miasta Krakowa, Kraków.
- Program ochrony powietrza dla stref województwa małopolskiego*, [w:] *Program ochrony powietrza dla województwa małopolskiego „Małopolska 2023 – w zdrowej atmosferze*, 2013, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Kraków.
- Program ograniczenia niskiej emisji w Krakowie*, 2011, Urząd Miasta Krakowa, Kraków.
- Raport o Stanie Miasta Krakowa 2013*, 2014, Urząd Miasta Krakowa, Kraków.
- Raport roczny 2015*, 2016, Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A., Kraków.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza*, Dz.U. z 2012 r., poz. 914.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu*, Dz.U. z 2012 r., poz. 1031.
- Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska*, Tekst jednolity, Dz.U. z 2016 r., nr 0, poz. 673.
- Wojdyga K., 2013, *Szanse i bariery rozwoju polskich systemów ciepłowniczych*. „Inżynier Budownictwa”, nr 9.
- Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Krakowa*, T. I *Uwarunkowana*, 2014, Urząd Miasta Krakowa, Kraków.