

Warszawa, 31 grudnia 2018 roku

## AUDYT ENERGETYCZNY

sporządzony zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury  
z dnia 17 marca 2009 r. (Dz. U. z 2009 nr 43 poz. 346 z późn. zm.) dla przedsięwzięcia:

# Rozbudowa miejskiej sieci ciepłowniczej na odcinku od ul. Próchnika do ul. Żwirki 6 w Piotrkowie Trybunalskim

Dane podmiotu realizującego przedsięwzięcie:	Miasto Piotrków Trybunalski Pasaż Rudowskiego 10 97-300 Piotrków Trybunalski
Miejsce lokalizacji przedsięwzięcia:	Dz. Nr ew. 425/3, 452/2, 426/5 – obręb 21 23, 25/3, 24/2, 507, 63/1, 65/5, 67/2, 70, 133/13, 295 – obręb 32 Jed. Ew. 106201_1 Piotrków Trybunalski
Dane sporządzającego audyt:	mgr inż. Tomasz Świderski



## 1. Karta audytu energetycznego rurociągu

Dane identyfikacyjne lokalnej sieci ciepłowniczej		Miejscowość, data wykonania	
		Warszawa, 31.12.2018	
Nazwa, adres audytowanej sieci ciepłowniczej:	Projektowana, miejska sieć ciepłownicza na odcinku od ul. Próchnika do ul. Żwirki 6 97-300 Piotrków Trybunalski Województwo łódzkie		
Inwestor:	Miasto Piotrków Trybunalski Pasaż Rudowskiego 10 97-300 Piotrków Trybunalski		
Charakterystyka konstrukcyjna			
Wyszczególnienie	Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji	
Ogólna długość sieci [m]	0	993,7	
Zakres średnic [mm]	0	40 - 350	
Temperatury obliczeniowe [°C]	0	135/70	
Przepływ nominalny [t/h]	0	61 794	
Charakterystyka energetyczna			
Straty mocy cieplnej w warunkach obliczeniowych [kW]	0	87	
Całkowite straty ciepła [GJ/rok]	0	1 645,819	
Efekty modernizacji i wyniki analizy ekonomicznej			
Roczne zmniejszenie zużycia energii [%]	Nie dotyczy		
Całkowity koszt wytwarzania wyjściowy [zł/rok]	Nie dotyczy		
Całkowity koszt wytwarzania docelowy [zł/rok]	Nie dotyczy		
Roczne oszczędności [zł/rok]	Nie dotyczy		
Jednostkowy koszt wytwarzania wyjściowy [zł/GJ]	Nie dotyczy		
Planowana kwota kredytu [zł]	Nie dotyczy		
Planowane koszty całkowite [zł]	Nie dotyczy		
Dane sporządzającego audyt			
Imię i nazwisko:	Tomasz Świdorski		
Nr telefonu:	22 299 18 98		
Podpis:			



## 2. Karta oceny efektu rzeczowego i ekologicznego

1. Charakterystyka obszaru			
Wyszczególnienie		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
Źródło ciepła [%]	Węgiel	30	0
	Olej opałowy	0	0
	Gaz ziemny	62	0
	Węzeł cieplny	0	100
	Energia elektryczna	8	0
2. Charakterystyka energetyczna			
Zapotrzebowanie mocy [kW]		Brak danych	4312
Średnie, oszacowane roczne zapotrzebowanie na ciepło [GJ/rok]		19 000	19 000
3. Efekty ekologiczne zadania			
Emisja zanieczyszczeń [Mg]	Pył	5,004	2,542
	SO <sub>2</sub>	8,274	8,370
	NO <sub>x</sub>	1,495	2,918
	CO	17,485	1,459
	CO <sub>2</sub>	1 733,508	1 466,348
Redukcja zanieczyszczeń [%]	Pył	50,80	
	SO <sub>2</sub>	0	
	NO <sub>x</sub>	0	
	CO	91,66	
	CO <sub>2</sub>	15,41	



## Spis treści

<b>1. Karta audytu energetycznego rurociągu .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Karta oceny efektu rzeczowego i ekologicznego .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Wstęp .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Dane identyfikacyjne przedsięwzięcia .....</b>	<b>10</b>
4.1. Źródła pozyskania danych.....	10
4.2. System ciepłowniczy miasta Piotrków Trybunalski .....	10
4.3. Opis przedsięwzięcia .....	11
<b>5. Ocena stanu technicznego przed modernizacją .....</b>	<b>14</b>
5.1. Emisja zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery .....	17
<b>6. Ocena stanu technicznego po modernizacji i analiza zużycia energii .....</b>	<b>20</b>
6.1. Straty na długości rurociągu .....	20
6.2. Emisja zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery .....	24
<b>7. Podsumowanie .....</b>	<b>27</b>
<b>8. Spis wykorzystanych dokumentów, materiałów pomocniczych .....</b>	<b>28</b>
<b>9. Spis rysunków.....</b>	<b>29</b>
<b>10. Spis tabel .....</b>	<b>29</b>



### 3. Wstęp

Celem audytu jest ocena efektywności energetycznej inwestycji polegającej na planowanej rozbudowie sieci ciepłowniczej docelowo eksploatowanej przez Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim.

Niniejszy audyt energetyczny jest opracowaniem zawierającym analizę zużycia energii oraz opis stanu technicznego obiektu, urządzenia lub instalacji uzasadniającym wnioszek o premię termomodernizacyjną.

Audyt efektywności energetycznej został przygotowany zgodnie z Ustawą o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. 223/2008, poz. 1459) oraz Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. z 2009 nr 43 poz. 346 z późn. zm.).

Część obliczeniowa audytu efektywności energetycznej została wykonana na podstawie wytycznych określonych w dokumentach wymienionych w punkcie nr 2 niniejszego audytu: Wykorzystane dokumenty, materiały pomocnicze. Audyt sporządzony został z wykorzystaniem danych i metod określania ilości energii zaoszczędzonej z zastosowaniem metod obliczeń zgodnymi z wiedzą inżynierską zagadnień technicznych.

W obszarze objętym audytem przyjęto ogólną zasadę obliczania CO<sub>2</sub> jako różnica emisji bazowej przed modernizacją i emisji docelowej po wdrożeniu środków poprawy efektywności energetycznej obliczoną w odniesieniu do zużycia energii końcowej na granicy bilansowej budynku, bądź jako sumę iloczynów wartości redukcji zapotrzebowani na energię końcową w poszczególnych obszarach audytu, wyrażonych w jednostkach fizycznych na granicy bilansowej obiektów oraz odpowiednich wskaźników emisji CO<sub>2</sub> w podziale na odpowiadające im nośniki energii przypadające na te obiekty.

Ponieważ nie jest możliwe przygotowanie dla każdej planowanej inwestycji raportu o oddziaływaniu na środowisko, obejmującego potencjalne zagrożenia dla środowiska oraz pełną ocenę skutków ekologicznych, pomija się ocenę oddziaływania na środowisko spowodowanego emisjami powstającymi z powodu prowadzenia prac inwestycyjnych lub modernizacyjnych. Zakłada się, że ocena efektu ekologicznego dotyczyć będzie tylko fazy eksploatacji.

Wskaźniki emisji poszczególnych, punktowych źródeł ciepła oparto o wytyczne zamieszczone w instrukcji KOBIZE [2]. Dane dotyczące emisji otrzymano od pracowników MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim [9].

Ze względu na brak danych nt. zapotrzebowania ciepłego budynków przeznaczonych do zasilania przez miejską sieć ciepłowniczą, wartości obciążeń cieplnych oszacowano na podstawie raportu dotyczącego średniorocznej ilości paliw zużywanych przez te obiekty, przygotowanego przez p. Adama Olczyka [5]

## 4. Dane identyfikacyjne przedsięwzięcia

### 4.1. Źródła pozyskania danych

Dane dotyczące planowanej inwestycji pozyskano od projektanta budowy sieci ciepłowniczej – p. Adama Olczyka (Biuro Projektów Branży Sanitarnej Projektol)

### 4.2. System ciepłowniczy miasta Piotrków Trybunalski

Centralny system ciepłowniczy miasta jest zarządzany przez Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. i składa się z dwóch ciepłowni C-1 i C-2 połączonych siecią ciepłowniczą, w której skład wchodzi ciepłociągi (magistralne, rozdzielcze i przyłączeniowe) oraz komory, punkty rozgałęźne i węzły ciepłownicze wraz z automatyką.

Ciepłownia C-1 - zlokalizowana jest w południowej części miasta przy ul. Orlej, wyposażona w 3 kotły WR-25. Druga ciepłownia C-2 - zlokalizowana jest w północnej części miasta przy ul. Rolniczej 75, wyposażona w 2 kotły WR-25.

Sieć ciepłownicza w Piotrkowie Trybunalskim została wybudowana w latach 1975-1982 i obecnie podlega systematycznym modernizacjom. Modernizacja i rozbudowa sieci ciepłowniczej w technologii preizolowanej rozpoczęła się w 1994 r. W technologii preizolowanej wykonywane są zwłaszcza odcinki ciepłociągów przyłączeniowych do nowych odbiorców.

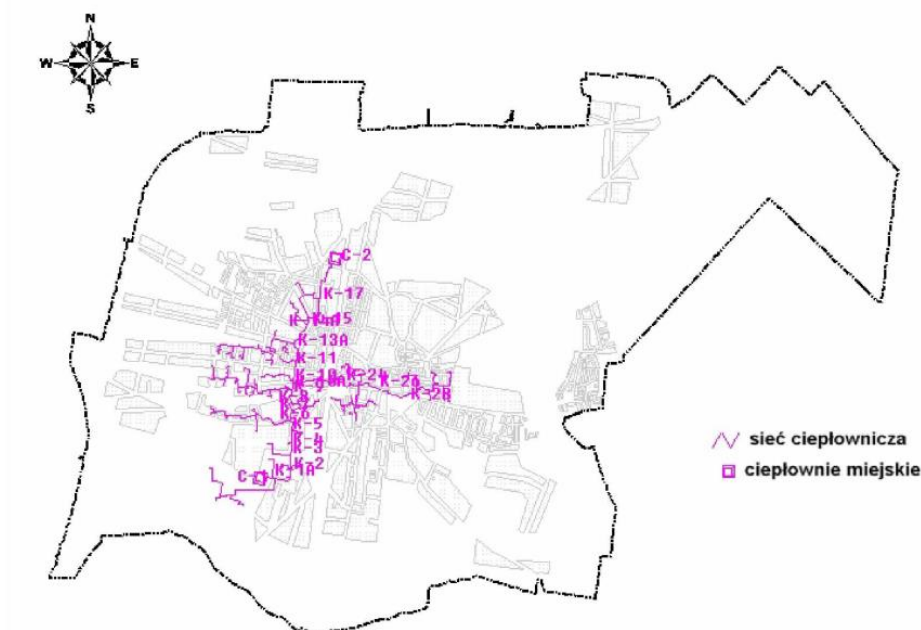
Ciepło na terenie audytowanego przedsięwzięcia dostarczane jest obecnie przez:

- Lokalne kotłownie na potrzeby obiektów stanowiących własność gminy
- Lokalne kotłownie na potrzeby zakładów przemysłowych i innych podmiotów gospodarczych
- Indywidualne źródła ciepła na potrzeby gospodarstw domowych

System ciepłowniczy jest siecią typu promieniowo-pięścieniowego i składa się z:

- sieci magistralnej o długości 13,54 km
- sieci rozdzielczej o długości 12,38 km
- sieci przyłączeniowej o długości 16,50 km

Na poniższym rysunku przedstawiono poglądowy schemat systemu ciepłowniczego w Piotrkowie Trybunalskim.



Rysunek 1. Schemat sieci ciepłowniczej Piotrkowie Trybunalskim [źródło: Program Ochrony Powietrza dla stref województwa łódzkiego: Piotrkowa Trybunalskiego -tom I]

Miasto jest zaopatrywane w ciepło także z lokalnych kotłowni znajdujących się w obiektach położonych poza centralną siecią miejską. Lokalna sieć cieplna zasilają budynki takie jak istniejące osiedla mieszkaniowe, pojedyncze budynki mieszkalne i usługowe. Zakłady również posiadają własne źródła ciepła dla potrzeb grzewczych oraz technologicznych.

### 4.3. Opis przedsięwzięcia

Przedsięwzięcie polega na rozbudowie centralnej miejskiej sieci ciepłowniczej na odcinku od ul. Próchnika do ul. Żwirki 6 w Piotrkowie Trybunalskim. Rozbudowa rurociągu realizowana będzie w technologii preizolowanej.

Obecnie, rury preizolowane stosowane są praktycznie we wszystkich nowych, podziemnych sieciach ciepłowniczych. Charakterystyczną ich cechą jest przygotowanie warstwy izolacyjnej jako stałego elementu, preizolacja polega na nałożeniu warstwy izolacji na rurociąg już na etapie produkcji. Rury tego typu składają się z rurociągu przesyłowego, warstwy izolacyjnej oraz rury osłonowej. Fabryczne wykonanie izolacji ma zapewnić możliwie jak najwyższą jakość połączeń.

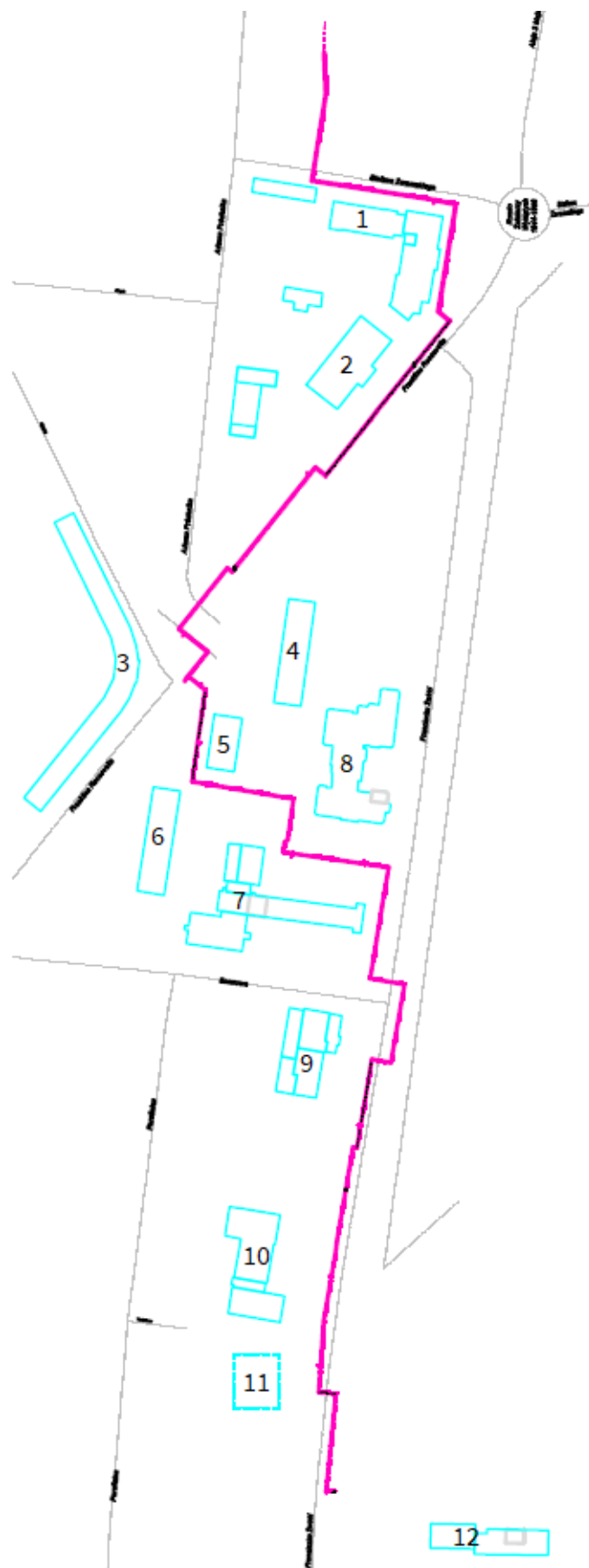
Planowana trasa rurociągu charakteryzuje się łączną długością 993,7 m i zakresami średnic DN350 ÷ DN40.

W poniższej tabeli przedstawiono obiekty w pierwszej kolejności przeznaczone do włączenia w miejską sieć ciepłowniczą.

**Tabela 1. Budynki przeznaczone do planowanego podłączenia do miejskiej sieci ciepłowniczej**

Lp.	Obiekt	Lokalizacja	Sposób zasilania
1	Budynek szkolny ZSP nr 1	ul. S. Żeromskiego 26	węzeł cieplny, zasilanie z dalszego przyłącza
2	Powiatowe Centrum Matki i Dziecka	ul. F. Roosevelta 3	Kotłownia gazowa
3	Budynek mieszkalny	ul. F. Roosevelta 9	Kaflowe piece węglowe - 60 mieszkań
			Kotły gazowe - 25 mieszkań
			Elektryczne podgrzewacze wody
4	Budynek mieszkalny	ul. F. Roosevelta 4a	Piece węglowe - 42 mieszkania
			Kotły gazowe - 18 mieszkań
			Elektryczne podgrzewacze wody
5	Budynek mieszkalny	ul. F. Roosevelta 10	Piece węglowe - 42 mieszkania
			Kotły gazowe - 18 mieszkań
			Elektryczne podgrzewacze wody
6	Budynek mieszkalny	ul. F. Roosevelta 6	Piece węglowe - 21 mieszkań
			Kotły gazowe - 9 mieszkań
			Elektryczne podgrzewacze wody
7	Budynek szkolny ZSP	ul. F. Żwirki 7	Kotłownia węglowa (koks)
8	Dom pomocy społecznej	ul. F. Żwirki 5	Kotłownia gazowa
			Kolektory słoneczne - c.w.u.
9	Budynki firmy 'INSTALZED'	ul. F. Żwirki 9	Kotłownia gazowa
10	Budynki "SPOŁEM" PSS	ul. F. Żwirki 11	Kotłownia gazowa
12	Projektowany budynek mieszkalny	(Dz nr 176/4, 133/12)	Brak
11	Budynek Zaplecza Sportowego Stadionu Miejskiego	ul. F. Żwirki 6	Kotłownia węglowa (węgiel kamienny groszek)

Rysunek na kolejnej stronie przedstawia poglądową trasę planowanego rurociągu.



Rysunek 2. Planowana rozbudowa sieci ciepłowniczej

## 5. Ocena stanu technicznego przed modernizacją

Rejon na którym przeprowadzana będzie budowa rurociągu ciepłowniczego znajduje się w południowo-wschodniej części miasta Piotrków Trybunalski. Teren ulic Żwirki, Roosvelta oraz innych, bezpośrednio otaczających trasę planowanego rurociągu zagospodarowany jest głównie przez budynki mieszkalne oraz zakłady przemysłowe.

Wymienione w tabeli 1 budynki, stanowią odniesienie do określenia efektu ekologicznego planowanego przedsięwzięcia. Większość budynków uzyskuje ciepło na potrzeby ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej poprzez spalanie paliw w indywidualnych źródłach ciepła.

Metodą, która posłuży za określenie emisji poszczególnych systemów ciepłowniczych jest instrukcja Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami - Wskaźniki zanieczyszczeń ze spalania paliw: kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW (Warszawa, styczeń 2015). Wyznaczenie emisji zawarte w instrukcji opiera się na ilości spalonego paliwa. Rodzaj źródła ciepła w poszczególnych lokalizacjach oraz szacunkowe zużycie paliwa zostało określone w raporcie [5] i posłuży do scharakteryzowania zapotrzebowania cieplnego budynków na podstawie przyjętych w opracowaniu sprawności na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015:

- Elektryczne, przepływowe podgrzewacze wody – 94% [1]
- Kotły gazowe kondensacyjne o mocy nominalnej do 50 kW – 91% [1]
- Kotły gazowe z zamkniętą komorą spalania 120-1200 kW – 94% [1]
- Kotły węglowe wyprodukowane w latach 1980-2000 – 65% [1]
- Kaflowe piece węglowe – sprawności różniące się w zależności od sposobu palenia oraz rodzaju w przedziale 30-60%, w opracowaniu przyjęto 45%.

Poniższa tabela zawiera zestawienie ilości paliw oraz energii elektrycznej zużywanych na potrzeby centralnego ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Wartości energii elektrycznej zostały określone wg. statystycznego, procentowego zużycia określonego w raporcie o Zużyciu Energii w Gospodarstwach Domowych w 2015 roku, które wynosi 16,2% energii zużywanej w gospodarstwach domowych.

**Tabela 2. Energia zużywana przez budynki przeznaczone do modernizacji [5]**

Obiekt	Źródło ciepła	Zużywane paliwo	Ilość / rok
Powiatowe Centrum Matki i Dziecka	Kotłownia gazowa	gaz ziemny grupy E	67 100,0 nm <sup>3</sup>

Obiekt	Źródło ciepła	Zużywane paliwo	Ilość / rok
Budynek mieszkalny	Kaflowe piece węglowe - 60 mieszkań	węgiel	90,0 t
	Kotły gazowe - 25 mieszkań	gaz ziemny grupy E	36 125,0 nm <sup>3</sup>
	Elektryczne podgrzewacze wody	energia elektryczna	121 743,0 kWh
Budynek mieszkalny	kaflowe piece węglowe - 42 mieszkania	węgiel	63,0 t
	Kotły gazowe - 18 mieszkań	gaz ziemny grupy E	25 992,0 nm <sup>3</sup>
	Elektryczne podgrzewacze wody	energia elektryczna	85 220,1 kWh
Budynek mieszkalny	kaflowe piece węglowe - 42 mieszkania	węgiel	63,0 t
	Kotły gazowe - 18 mieszkań	gaz ziemny grupy E	25 992,0 nm <sup>3</sup>
	Elektryczne podgrzewacze wody	energia elektryczna	85 220,1 kWh
Budynek mieszkalny	kaflowe piece węglowe - 21 mieszkań	węgiel	31,5 t
	Kotły gazowe - 9 mieszkań	gaz ziemny grupy E	12 996,0 nm <sup>3</sup>
	Elektryczne podgrzewacze wody	energia elektryczna	42 610,1 kWh
Budynek szkolny ZSP	Kotłownia węglowa (koks)	koks	69,0 t
Dom pomocy społecznej	Kotłownia gazowa	gaz ziemny grupy E	90 200,0 nm <sup>3</sup>
	Kolektory słoneczne - c.w.u.	-	-
Budynki firmy 'INSTALZED'	Kotłownia gazowa	gaz ziemny grupy E	7 700,0 nm <sup>3</sup>
Budynki "SPOŁEM" PSS	Kotłownia gazowa	gaz ziemny grupy E	12 000,0 nm <sup>3</sup>
Budynek Zaplecza Sportowego	Kotłownia węglowa (węgiel kamienny groszek)	węgiel	30,0 t

Na podstawie podanych wcześniej sprawności określono szacunkowe zapotrzebowanie budynków przeznaczonych do włączenia do miejskiej sieci ciepłowniczej. Informacje zawiera tabela nr 3. Do obliczeń przyjęto średnie wartości opałowe wynikające z raportu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wartości opałowe (WO) i

wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2016 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2019 (Warszawa, grudzień 2018 r.):

- Gaz ziemny wysokometanowy (grupa E) – 36,62 MJ/m<sup>3</sup>,
- Koks – 28,2 MJ/kg,
- Węgiel do pieców tradycyjnych - brykiety węgla kamiennego – 20,7 MJ/kg.

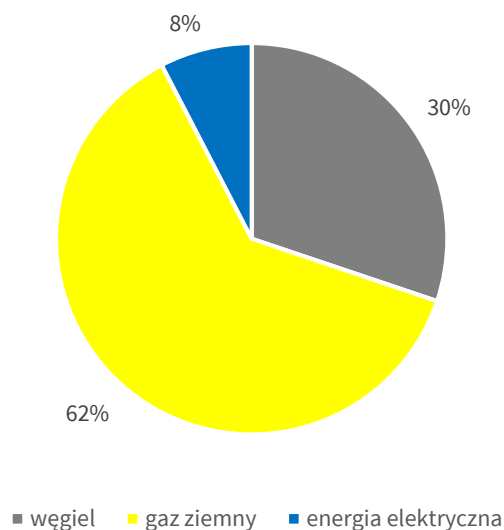
**Tabela 3. Szacunkowe roczne zapotrzebowanie na ciepło obiektów, określone wg. sprawności urządzeń wytwórczych oraz zużytej ilości paliwa**

Obiekt	Roczne zapotrzebowanie na ciepło [GJ/rok]
Powiatowe Centrum Matki i Dziecka	2200
Budynek mieszkalny	2400
Budynek mieszkalny	1600
Budynek mieszkalny	1600
Budynek mieszkalny	800
Budynek szkolny ZSP	1200
Dom pomocy społecznej	3000
Budynki firmy 'INSTALZED'	200
Budynki "SPOŁEM" PSS	400
Budynek Zaplecza Sportowego Stadionu Miejskiego	400

Budynek szkolny ZSP nr 1 przy ul. Żermoskiego 26, będzie w dalszym ciągu będzie korzystał z sieci ciepłowniczej, zmieni się jedynie przyłącze z którego będzie on zasilany. Ewentualne zmniejszenie emisji będzie wynikało w tym przypadku ze zmniejszonej długości rurociągu zasilającego. Ze względu na wielkość redukcji, efekt pominięto w opracowaniu.

Ze względu na brak informacji dotyczących zapotrzebowania ciepłego przez projektowany budynek mieszkalny na dz nr 176/4, 133/12, obiektu nie uwzględniono w opracowaniu zawierającym oszacowanie wskaźnika emisji dotychczasowego systemu.

Na poniższym wykresie zobrazowano zużycie energii w analizowanych budynkach przez poszczególne źródła.



**Rysunek 3. Procentowy udział poszczególnych źródeł energii przed modernizacją**

Jak wynika z wykresu, większość likwidowanych źródeł zasilana jest wysokometanowym gazem grupy E. Gaz charakteryzuje się znacznie mniejszą emisją dwutlenku węgla i tlenków azotu i znikomą, w porównaniu do węgla, emisją pozostałych zanieczyszczeń.

## 5.1. Emisja zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery

Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, emisja zanieczyszczeń do powietrza przez małe źródła obliczona zostanie wg instrukcji KOBIZE [3]. Podaje ona wskaźniki emisji wszystkich zanieczyszczeń w odniesieniu do jednostki spalane paliwa. Rzeczywisty stan kotłów odbiega od modelu, dla którego obliczone zostały ww. wskaźniki. Ich sprawność zmniejszyła się z biegiem czasu, co oznacza także pogorszenie się jakości spalin emitowanych do atmosfery. Z uwagi na brak danych dotyczących rzeczywistej emisji zanieczyszczeń, obliczenia oparte zostały o wartości podane w instrukcji z uwzględnieniem dodatkowych informacji zawartych w raporcie Kampanii STOPSMOG [6].

Szacowanie oparte na modelowych wskaźnikach, może być stosowane w celach porównawczych w przypadku konieczności określenia ekologicznego efektu redukcji CO<sub>2</sub>.

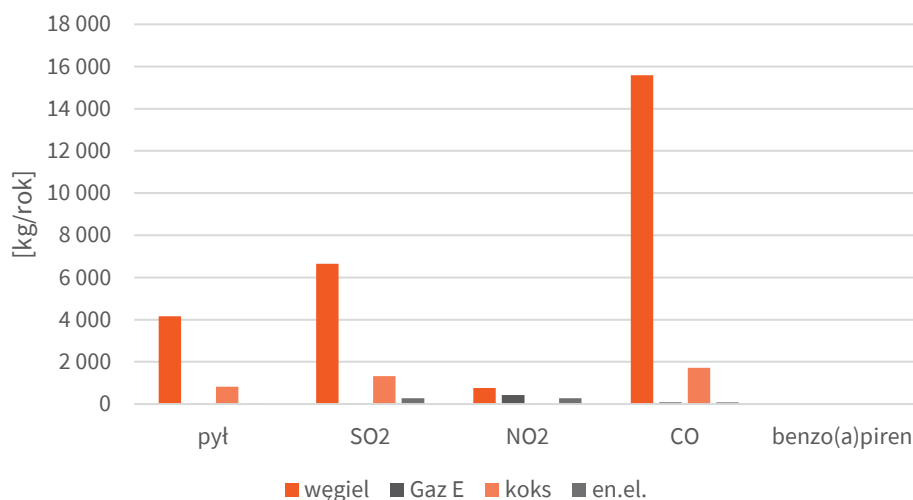
W takim wypadku, wskaźnik emisji ciepłowni, również opierać się będzie na wartościach podanych w instrukcji KOBIZE [2].

Wielkość zanieczyszczeń gazowych i pyłowych z indywidualnych kotłowni zaprezentowano w poniższej tabeli. Wartości emisji zanieczyszczeń wynikających z użytkowania energii elektrycznej przeliczono wg. instrukcji Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok (grudzień, 2017).

**Tabela 4. Wielkość zanieczyszczeń emitowanych przez kotłownie indywidualne**

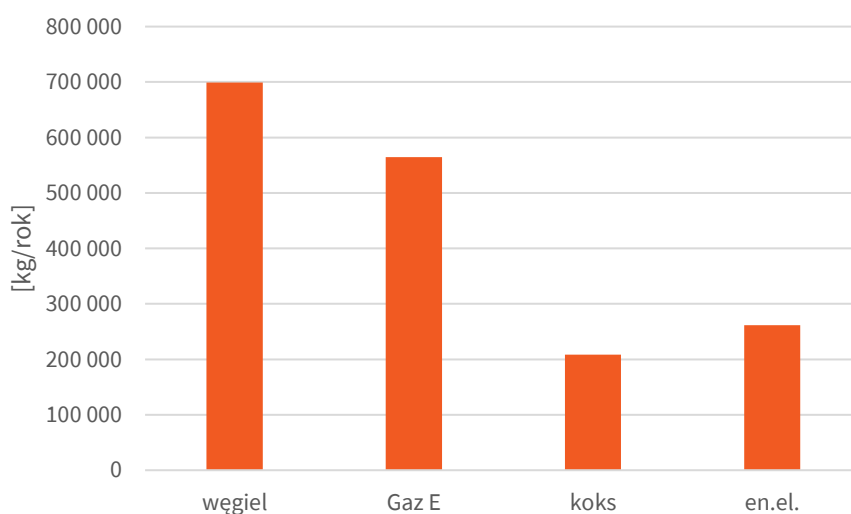
Rodzaj zanieczyszczenia	Ilość [kg/rok]				
	węgiel	Gaz E	koks	en.el.	RAZEM
pył	4 158,00	0,14	828,00	17,74	5 003,88
SO <sub>2</sub>	6 652,80	22,25	1 324,80	273,86	8 273,71
NO <sub>x</sub>	762,30	422,72	34,50	275,87	1 495,39
CO	15 592,50	83,43	1 725,00	84,37	17 485,30
CO <sub>2</sub>	699 323,63	564 510,49	208 200,60	261 473,53	1 733 508,24
benzo(a)piren	4,85	0	0,0069	0,00	4,86

Gaz ziemny, choć odpowiada za ponad 60% energii dostarczanej do budynków, charakteryzuje się mniejszą emisją dwutlenku węgla niż węgiel który odpowiada za dwukrotnie mniejsze zapotrzebowanie. Dodatkowo, warto zauważyć duże ilości pyłu, które emitowane są przez wysokosprawne kotły węglowe dla których przewidziano ten wskaźnik emisji. Rzeczywiste wartości mogą znacząco przewyższać te wskazane w tabeli, zwłaszcza jeżeli chodzi o emisję pyłu oraz SO<sub>2</sub>, których wskaźniki oparte są na teoretycznych wartościach zawartości popiołu oraz siarki w węglu (tutaj przyjęto 12% zawartość popiołu oraz 1,2% zawartości siarki). Brak informacji oraz wpływu na jakość spalanej paliwa, powoduje zakwalifikowanie stabelaryzowanych wartości jako minimalne.



Rysunek 4. Porównanie emisji zanieczyszczeń wynikających z użytkowania różnych źródeł energii w analizowanych budynkach.

Na rysunku 4 zobrazowano ilość [kg/rok] emitowanych zanieczyszczeń w zależności od rodzaju paliwa. Jak można się domyślać węgiel znacząco odbiega od pozostałych nośników energii. Na kolejnym rysunku przedstawiono informacje dotyczące dwutlenku węgla, którego wartości emisji znacznie wybiegają ponad zakres innych zanieczyszczeń.



Rysunek 5. Porównanie emisji dwutlenku węgla wynikającej z użytkowania różnych źródeł energii w analizowanych budynkach.

Jak wynika z powyższych wykresów, nawet niespełna 30% odpowiedzialność węgla za zapotrzebowanie cieplne systemu, do którego się odnosimy, powoduje największe wartości emisji dwutlenku węgla. Jeżeli chodzi o inne zanieczyszczenia, węgiel odpowiada już za znaczną ich większość.

## 6. Ocena stanu technicznego po modernizacji i analiza zużycia energii

Zaplanowane przedsięwzięcie polega na budowie kilku odcinków sieci ciepłowniczej w technologii preizolowanej, ułożonych bezpośrednio w gruncie. Wielkości oraz długości nowych rurociągów wynikają z uwarunkowań projektowych, które dostosowane zostały do aktualnych oraz przyszłych potrzeb MZGK.

Straty ciepłe są generowane w wyniku wymiany ciepła między czynnikiem grzewczym w rurociągu a otoczeniem. Wymiana ta odbywa się poprzez ściany rurociągu, przekazując ciepło do otaczającego go gruntu. Granice bilansowe ustanowione zostały na zewnętrznej powierzchni rurociągu transportującego czynnik grzewczy.

Szczegółowe dane odcinków, wynikające z projektu przedstawiono w tabeli poniżej:

**Tabela 5. Projektowe dane dotyczące odcinków projektowanego rurociągu**

Odcinek	Długość [m]	Średnica (DN/Dz)	Moc na początku odcinka [kW]	Przepływ na początku odcinka [kg/h]
Od trójnika C34-T do zaworu odcinającego C34.1-Z	2 x 449,8	Ø350/500	4 312	61 794
Od zwężki C22.1-R do zwężki do trójnika C34-T	2 x 64,7	Ø150/250	2 637	37 790
Od zwężki C17.2-R do zwężki C22.1-R	2x 139,8	Ø125/225	2 290	32 817
Trójnik C15-T do zwężki C17.2-R	2x 334,8	Ø100/200	1 551	22 227
Od punktu C0 do C15-Z (kontynuacja średnicy sieci istniejącej)	2x 4,6	Ø40/110	63	903

### 6.1. Straty na długości rurociągu

Wzory, na podstawie których zostały wykonane obliczenia strat ciepła na długości rurociągu są zgodne z wytycznymi określonymi w instrukcji NFOŚiGW dla projektów realizowanych w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020, Sposób szacowania zmniejszenia strat ciepła (sieci), Oś priorytetowa I: Zmniejszenie emisyjności gospodarki, Działanie 1.5: Efektywna dystrybucja ciepła i chłodu

Straty ciepła przez przenikanie to suma strat ciepła w okresie sezonu grzewczego i poza nim, dla każdego z wymienionych odcinków sieci ciepłowniczej. Oblicza się je według wzoru:

$$E_0 = E_{s0} + E_{l0} + E_{n0}$$

gdzie:

$E_0$  – straty ciepła przed wykonaniem wymiany sieci ciepłowniczej [GJ/rok],

$E_{s0}$  – straty ciepła przez przenikanie w sezonie grzewczym [GJ/rok],

$E_{l0}$  – straty ciepła przez przenikanie poza sezonem grzewczym [GJ/rok].

$E_{n0}$  – roczne straty ciepła spowodowane nieszczelnością [GJ/rok].

Straty ciepła w sezonie grzewczym oblicza się według wzoru:

$$E_{s0} = 10^{-5} \cdot 8,64 \cdot q_{s0} \cdot L_i \cdot D \left[ \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

$E_{s0}$  – straty ciepła przez przenikanie w sezonie grzewczym [GJ/rok],

$q_{s0}$  – jednostkowe straty ciepła w sezonie grzewczym [W/m],

$L_i$  – długość odcinka sieci o zadanej średnicy (podwójnego rurociągu) [m],

$D$  – liczba dni trwania sezonu grzewczego [dni].

Jednostkowe straty w sieci c.o. w sezonie grzewczym wyznaczono z poniższego wzoru:

$$q_{s0} = a \cdot U_0 \cdot [(t_{1sr} - t_s) + (t_{2sr} - t_s)] \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}} \right]$$

gdzie:

$q_{s0}$  – jednostkowe straty ciepła w sezonie grzewczym [W/m],

$a$  – współczynnik pogorszenia izolacji rurociągu w zależności od wieku rurociągu,

$U_0$  – współczynnik strat ciepła charakteryzujący rurociąg [W/mK],

$t_{1sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym [°C],

$t_{2sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym [°C],

$t_s$  – temperatura zewnętrzna (temperatura otoczenia) [°C].

Straty ciepła poza sezonem grzewczym oblicza się według wzoru:

$$E_{l0} = 10^{-5} \cdot 8,64 \cdot q_{l0} \cdot L_i \cdot (365 - D) \left[ \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

$E_{l0}$  – straty ciepła w sieci poza sezonem grzewczym [GJ/rok],

$q_{l0}$  – jednostkowe straty ciepła w sieci poza sezonem grzewczym [W/m],

$L_i$  – długość odcinka sieci o zadanej średnicy (podwójnego rurociągu) [m],

$D$  – liczba dni trwania sezonu grzewczego [dni].

Średnie jednostkowe straty w sieci poza sezonem grzewczym wyznaczone zostały ze wzoru empirycznego<sup>1</sup>:

$$q_{l0} = a \cdot U_0 \cdot (110 - 2 \cdot t_s) \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}} \right]$$

gdzie:

$q_{l0}$  – średnie jednostkowe straty w sieci poza sezonem grzewczym [W/m],  
 $a$  – współczynnik pogorszenia izolacji rurociągu w zależności od wieku rurociągu,  
 $U_0$  – współczynnik strat ciepła charakteryzujący rurociąg [W/mK],  
 $t_s$  – temperatura zewnętrzna (temperatura otoczenia) [°C].

Straty ciepła spowodowane nieszczelnością sieci oblicza się według wzoru:

$$E_{n0} = 3,26 \cdot L_i \cdot D_{wn}^2 \cdot v_s \cdot (t_{1sr} + t_{2sr} - 24) \cdot 10^{-9} \left[ \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

$E_{n0}$  – straty ciepła spowodowane nieszczelnością sieci [GJ/rok],  
 $L_i$  – długość odcinka sieci o zadanej średnicy [m],  
 $D_{wn}$  – średnica wewnętrzna rurociągu [mm],  
 $v_s$  – stosunek rocznych ubytków wody w sieci do wielkości zładu [-],  
 $t_{1sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym [°C],  
 $t_{2sr}$  – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym [°C].

Całkowite straty z sieci ciepłowniczej przed modernizacją obliczono według poniższego wzoru:

$$E_0 = E_{s0} + E_{l0} + E_{n0} \left[ \frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \right]$$

Rurociągi preizolowane mają zostać oddane do użytkowania w roku 2019. Z tego względu, współczynnik pogorszenia izolacji w stanie po wymianie wynosi 0. Maksymalna (obliczeniowa) temperatura czynnika grzewczego w sieci ciepłowniczej wynosi 135/70°C. Temperatura na zewnątrz rurociągu  $t_s$  dla sieci preizolowanych umieszczonych w gruncie wynosi 8°C.

Współczynnik strat ciepła  $U_0$  dla rurociągów preizolowanych dla określonej średnicy nominalnej wynoszą odpowiednio:

---

<sup>1</sup> Wzór zaczerpnięty z załącznika 4.3 regulaminu naboru dotyczącego działania 1.5 Efektywna dystrybucja ciepła i chłodu w ramach POIiŚ 2014-2020 – Oś priorytetowa I: Zmniejszenie emisyjności gospodarki.

**Tabela 6. Przyjęte współczynniki strat ciepła dla rurociągu preizolowanego w technologii standard**

Odcinek	Średnica DN	Współczynnik strat ciepła $U_0$ [W/mK]
Od punktu C0 do C15-Z (kontynuacja średnicy sieci istniejącej)	350	0,585436
Trójnik C15-T do zwężki C17.2-R	150	0,430765
Od zwężki C17.2-R do zwężki C22.1-R	125	0,367158
Od zwężki C22.1-R do zwężki do trójnika C34-T	100	0,344342
Od trójnika C34-T do zaworu odcinającego C34.1-Z	40	0,236412

W obliczeniach uwzględniono rzeczywistą średnioroczną liczbę dni sezonu grzewczego wynoszącą 192 dni (Wartość średnia z okresu 3 ostatnich lat)

Średnie temperatury zasilania i powrotu w sezonie i poza sezonem grzewczym przedstawiono poniżej.

**Tabela 7. Średnie temperatury zasilania i powrotu w sieci ciepłowniczej**

Lp.	Opis	2015	2016	2017	Średnia
1.	Średnia temperatura zasilania dla sezonu grzewczego [°C]	78,29	79,88	81,48	<b>79,88</b>
2.	Średnia temperatura powrotu dla sezonu grzewczego [°C]	50,20	51,38	52,42	<b>51,33</b>
3.	Średnia temperatura zasilania poza sezonem grzewczym [°C]	74,93	74,40	75,60	<b>74,98</b>
4.	Średnia temperatura powrotu poza sezonem grzewczym [°C]	52,72	53,18	53,36	<b>53,09</b>

W poniższej tabeli wyznaczono straty ciepła dla budowanego odcinka sieci ciepłowniczej w izolacji standardowej.

**Tabela 8. Straty ciepła na odcinku sieci ciepłowniczej od komory K-1 do przewiertu**

Średnica nominalna	Długość [m]	$E_s$ [GJ/rok]	$E_l$ [GJ/rok]	$E_n$ [GJ/rok]	$E_1$ [GJ/rok]
40	449,8	2,082	1,818	0	3,900

Średnica nominalna	Długość [m]	$E_s$ [GJ/rok]	$E_l$ [GJ/rok]	$E_n$ [GJ/rok]	$E_1$ [GJ/rok]
100	64,7	220,729	192,735	0	413,464
125	139,8	98,276	85,812	0	184,088
150	334,8	53,361	46,594	0	99,955
350	4,6	504,176	440,236	0	944,412
<b>Suma</b>					<b>1 645,819</b>

Starty ciepła przez analizowany odcinek sieci ciepłowniczej wynoszą razem 1 645,819 GJ/rok (457 176 kWh/rok), co przekłada się na 200 ton emisji dwutlenku węgla przez ciepłownię (94,94 kg/GJ [2])

## 6.2. Emisja zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery

W tabeli 3 zamieszczono oszacowane zapotrzebowanie cieplne zespołu budynków zakwalifikowanych do analizy redukcji emisji zanieczyszczeń. Całkowite roczne zapotrzebowanie na ciepło wynosi 13800 GJ/rok.

Ze względu na przyjęcie teoretycznych wskaźników emisji dla kotłowni indywidualnych, wartość dla ciepłowni również opierać będzie się na teoretycznej wartości zamieszczonej w instrukcji KOBIZE [2], Tabela nr 3. Wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> (WE) dla ciepłowni wynosi więc 94,94 kg/GJ w przypadku spalania węgla kamiennego. W ten sposób uzyskana zostanie wartość redukcji emisji CO<sub>2</sub>, oparta na jednakowych, teoretycznych wskaźnikach.

Do celu kompletności audytu, pozostałe wartości wskaźników emisji przez ciepłownię, przyjęto wg. danych przedstawionych przez pracownika MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim.

**Tabela 9. Średnia emisja zanieczyszczeń emitowana przez MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim [9].**

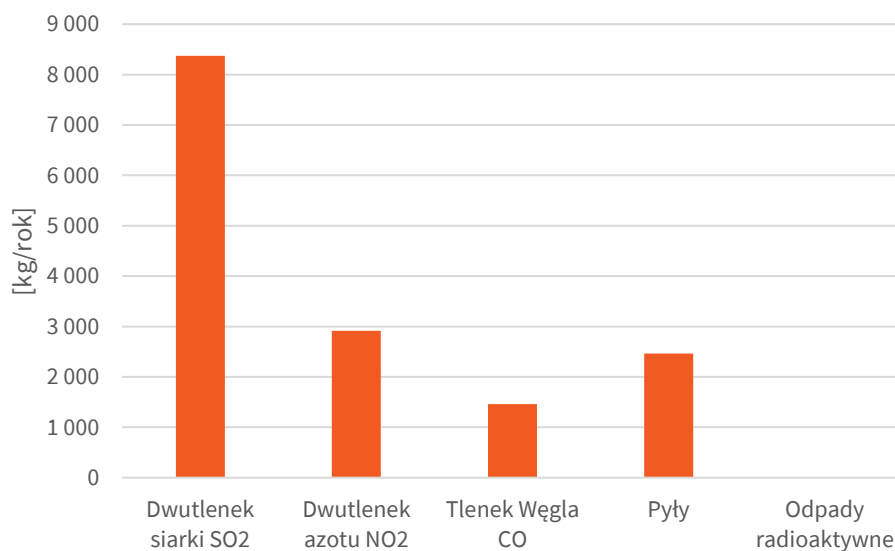
Rodzaj zanieczyszczenia	Mg/GJ
Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	0,00054190
Dwutlenek azotu NO <sub>2</sub>	0,00018890
Tlenek Węgla CO	0,00009445
Pyły	0,00015940
Odpady radioaktywne	0,00000000

Na podstawie powyższych danych, obliczono emisję zaniechaną przedsięwzięcia, wartości przedstawiono w tabeli poniżej. Wartość redukcji emisji zamieszczona w tabeli została już pomniejszona o emisję związaną z eksploataowaniem wybudowanego rurociągu (pkt. 7.1 -200 ton CO<sub>2</sub>).

**Tabela 10. Wzrost emisji zanieczyszczeń z Ciepłowni MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim (z uwzględnieniem strat na przesyłach)**

Rodzaj zanieczyszczenia	Wzrost emisji z ciepłowni [kg/rok]
Dwutlenek węgla CO <sub>2</sub>	1 466 348,30
Dwutlenek siarki SO <sub>2</sub>	8 369,65
Dwutlenek azotu NO <sub>2</sub>	2 917,56
Tlenek Węgla CO	1 458,78
Pyły	2 461,93
Odpady radioaktywne	0,00

Dodatkową emisję zanieczyszczeń gazowych i pyłowych innych niż dwutlenek węgla zobrazowano na rysunku poniżej.



**Rysunek 6. Wzrost emisji zanieczyszczeń z ciepłowni (bez dwutlenku węgla)**

Jak wynika z wykresu zasilanie dodatkowej ilości obiektów poprzez wybudowanie rurociągu spowoduje także znaczny wzrost emisji dwutlenku siarki, co jest związane ze spalaniem w ciepłowni paliwem – węglem kamiennym. Miał węgla kamiennego spalany w ciepłowni ma teoretycznie większą wartość opałową, niż ten stosowany w postaci brykietów, lecz składowo istotnie się nie różni.

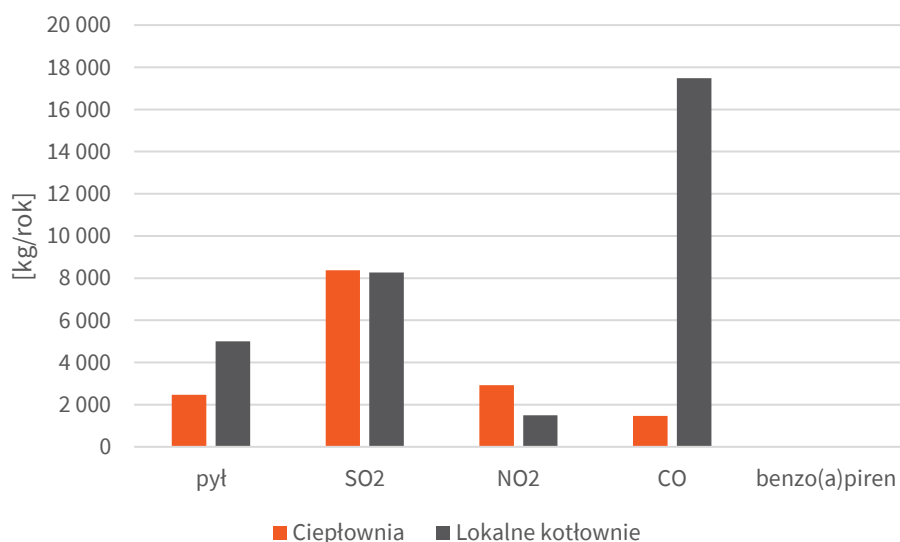
Tabela 11 zawiera wartości emisji zaniechanej jakie przyniesie wybudowanie nowego odcinka rurociągu ciepłowniczego zasilanego z miejskiej kotłowni.

**Tabela 11. Redukcja emisji zanieczyszczeń w wyniku likwidacji lokalnych źródeł ciepła**

Emisja zaniechana	
Rodzaj zanieczyszczenia	Ilość [kg/rok]
pył	2 541,95
SO <sub>2</sub>	-95,94
NO <sub>x</sub>	-1 422,17
CO	16 026,52
CO <sub>2</sub>	267 159,94

Wartości ujemne w tabeli wynikają z przyjętych, rzeczywistych pomiarów emisji zanieczyszczeń wykonywanych przez MZGK. Przyjęte, teoretyczne wskaźniki emisji dla małych kotłów podane w instrukcjach KOBIZE, są zaniżone w stosunku do użytkowanych, często przestarzałych urządzeń zainstalowanych w budynkach mieszkalnych.

Jak widać na poniższym wykresie, centralne spalanie węgla może przynieść znaczną redukcję zanieczyszczeń jeżeli chodzi o pyły oraz tlenek węgla. Wynikająca z modernizacji różnica jest widoczna już w przypadku dysproporcji pomiędzy przyjętymi wskaźnikami. Rzeczywista wartość prawdopodobnie jest znacznie większa, dotyczy to również innych rodzajów zanieczyszczeń, które wg. obliczeń teoretycznych nie różnią się np. dwutlenek siarki, NO<sub>x</sub>.



**Rysunek 7. Porównanie emisji zanieczyszczeń ciepłowni oraz istniejących indywidualnych źródeł ciepła (bez CO<sub>2</sub>)**

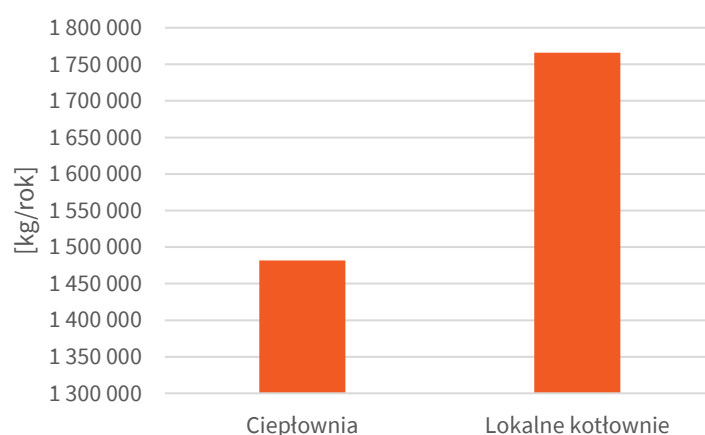
## 7. Podsumowanie

Z powyższych wyliczeń można zauważyć, że największy udział w emisji mają kotły opalane węglem. W przyjętym modelu budynków, które w pierwszej kolejności mają być zasilane z nowego rurociągu miejskiej sieci ciepłej, ponad 60% źródeł jest zasilane wysokometanowym gazem ziemnym. Sytuacja powoduje zniekształcenie spodziewanych wartości redukcji zanieczyszczeń ze względu na niską emisję zanieczyszczeń spalin ze spalania gazu typu E.

Dodatkową kwestią, o której należy pamiętać przy interpretacji wyników audytu jest poziom szacunków przy określaniu wartości emisji zanieczyszczeń. Bez specjalistycznych pomiarów, rzeczywista emisja nie może być precyzyjnie określona. Ponadto, nie ma pewności, że w kotłach spalane są tylko zadeklarowane paliwa stałe. Jak pokazuje praktyka, często mamy do czynienia ze spalaniem różnego rodzaju odpadów, co powoduje nie tylko znaczny wzrost emisji dodatkowych zanieczyszczeń, ale także pogorszenie sprawności urządzeń wytwórczych.

W audycie szczególnie nacisk położono na widoczne zmniejszenie emisji pyłów (popiołu, żużli paleniskowych). Zastąpienie wielu źródeł, jednym zcentralizowanym, zajmującym się energetyką zawodową, znacznie ogranicza uciążliwe dziś, emitowane do atmosfery pyły oraz ułatwia zagospodarowanie powstającego odpadu.

Poniższy wykres przedstawia końcowe, sumaryczne porównanie emisji zanieczyszczeń w miejskiej ciepłowni i systemie indywidualnych kotłowni.



**Rysunek 8. Porównanie sumarycznej emisji zanieczyszczeń wynikającej z zasilania obiektów na terenie rozbudowy rurociągu**

Inwestycja budowy sieci ciepłowniczej przewidziana jest do dalszej rozbudowy w celu zastąpienia przestarzałych kotłów zlokalizowanych w miejskich budynkach mieszkalnych. Przedstawiony w audycie wycinek obiektów, stanowi przykład systemu, którego likwidacja przyniesie określoną redukcję zanieczyszczeń.

## 8. Spis wykorzystanych dokumentów, materiałów pomocniczych

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2015 poz. 376),
- [2] Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2016 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2019 (Warszawa, grudzień 2018 r.),
- [3] Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wskaźniki zanieczyszczeń ze spalania paliw: kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW (Warszawa, styczeń 2015),
- [4] Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok (grudzień, 2017),
- [5] Adam Olczyk. Budynki przewidziane do zasilania z projektowanej rozbudowy sieci ciepłowniczej do ul. Żwirki 6 w Piotrkowie Trybunalskim – szacunkowe roczne zużycie paliwa,
- [6] STOP SMOG – Kampania Edukacyjna, Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. Wielowariantowa analiza eliminowania przestarzałych, niskoefektywnych energetycznie i wysokoemisyjnych źródeł wytwarzania energii użytkowej ze spalania węgla w indywidualnych gospodarstwach domowych (Praca wykonana w ramach projektu Kampania Edukacyjna STOP SMOG, finansowanego ze środków mechanizmu finansowego EOG 2009-2014 w ramach Funduszu Współpracy dwustronnej na poziomie programu operacyjnego PL04),
- [7] Główny Urząd Statystyczny. Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015 r. (Warszawa, 2017),
- [8] Instrukcja NFOŚiGW: Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014–2020, Sposób szacowania zmniejszenia strat ciepła (sieci), Oś priorytetowa I: Zmniejszenie emisyjności gospodarki, Działanie 1.5: Efektywna dystrybucja ciepła i chłodu,
- [9] Tomasz Mądry (Specjalista ds. sprzedaży i umów, Miejski Zakład Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. 97-300 Piotrków Trybunalski, ul. Rolnicza 75)– dane dotyczące średnich wskaźników emisji z ciepłowni w latach 2017-2018.

## 9. Spis rysunków

Rysunek 1. Schemat sieci ciepłowniczej Piotrkowie Trybunalskim [źródło: Program Ochrony Powietrza dla stref województwa łódzkiego: Piotrkowa Trybunalskiego -tom I].....	11
Rysunek 2. Planowana rozbudowa sieci ciepłowniczej .....	13
Rysunek 3. Procentowy udział poszczególnych źródeł energii przed modernizacją.....	17
Rysunek 4. Porównanie emisji zanieczyszczeń wynikających z użytkowania różnych źródeł energii w analizowanych budynkach.....	19
Rysunek 5. Porównanie emisji dwutlenku węgla wynikającej z użytkowania różnych źródeł energii w analizowanych budynkach.....	19
Rysunek 6. Wzrost emisji zanieczyszczeń z ciepłowni (bez dwutlenku węgla) .....	25
Rysunek 7. Porównanie emisji zanieczyszczeń ciepłowni oraz istniejących indywidualnych źródeł ciepła (bez CO <sub>2</sub> ) .....	26
Rysunek 8. Porównanie sumarycznej emisji zanieczyszczeń wynikającej z zasilania obiektów na terenie rozbudowy rurociągu.....	27

## 10. Spis tabel

Tabela 1. Budynki przeznaczone do planowanego podłączenia do miejskiej sieci ciepłowniczej ...	12
Tabela 2. Energia zużywana przez budynki przeznaczone do modernizacji [5] .....	14
Tabela 3. Szacunkowe roczne zapotrzebowanie na ciepło obiektów, określone wg. sprawności urządzeń wytwórczych oraz zużytej ilości paliwa .....	16
Tabela 4. Wielkość zanieczyszczeń emitowanych przez kotłownie indywidualne .....	18
Tabela 5. Projektowe dane dotyczące odcinków projektowanego rurociągu .....	20
Tabela 6. Przyjęte współczynniki strat ciepła dla rurociągu preizolowanego w technologii standard.....	23
Tabela 7. Średnie temperatury zasilania i powrotu w sieci ciepłowniczej .....	23
Tabela 8. Straty ciepła na odcinku sieci ciepłowniczej od komory K-1 do przewiertu .....	23
Tabela 9. Średnia emisja zanieczyszczeń emitowana przez MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim [9].....	24
Tabela 10. Wzrost emisji zanieczyszczeń z Ciepłowni MZGK Sp. z o.o. w Piotrkowie Trybunalskim (z uwzględnieniem strat na przesyle).....	25
Tabela 11. Redukcja emisji zanieczyszczeń w wyniku likwidacji lokalnych źródeł ciepła.....	26