

Spalarnie resztkowych odpadów komunalnych jako źródła ciepła – uwarunkowania i ograniczenia dostawy ciepła do systemu ciepłowniczego

Waste-to-Energy plants as heat sources – conditions and restrictions in the delivery of heat to the district heating network

MARTA GURIN, OLGIERD NIEMYJSKI

Ilość wytwarzanych odpadów komunalnych stwarza zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi. W zintegrowanej gospodarce odpadami recykling i spalanie odpadów z odzyskiem energii jest sposobem na ich przetworzenie i optymalne odzyskanie surowców oraz energii. W artykule przedstawiono zasady prowadzenia gospodarki odpadami komunalnymi w krajach Unii Europejskiej a w szczególności opisano znaczenie spalarni odpadów komunalnych w procesie przekształcania odpadów resztkowych.

Przedstawiono uwarunkowania i ograniczenia pracy spalarni w zakresie ochrony środowiska i technologii przekształcania termicznego. Na przykładzie jednej ze spalarni odpadów komunalnych w Polsce przedstawiono możliwe do wystąpienia ograniczenia techniczne wykorzystania wytworzonej w spalarni energii.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, spalanie odpadów z odzyskiem energii, Zakład Termicznego Przekształcania Odpadów, system ciepłowniczy

Municipal Solid Waste poses a risk to the environment and human health. In the integrated Waste Management Systems, recycling and waste incineration with energy recovery (Waste-to-Energy) goes hand in hand. It is an optimal way to recover raw materials and energy content from waste. This article describes the principles of integrated Municipal Solid Waste Management Systems in the European Union and shows the role of Waste-to-Energy plants in the treatment of residual waste. Conditions and restrictions of the waste incineration process with energy recovery with respect to the environment and technology are described. Based on the case study of one of the Polish Waste-to-Energy plants, technical restrictions concerning the use of heat produced in the Waste-to-Energy plant and delivered to the local District Heating network are discussed.

Key words: Municipal Solid Waste, waste incineration with energy recovery, Waste-to-Energy plant, district heating network

Wstęp

Spalarnie odpadów z odzyskiem energii (Zakłady Termicznego Przekształcania Odpadów), spalające zmieszane odpady komunalne i inne odpady o podobnej charakterystyce, jak np. przemysłowe, pełnią istotną funkcję zarówno w systemie gospodarki odpadami jak i w systemie energetycznym.

Spalarnie w systemie gospodarki odpadami pozwalają na osiągnięcie wysokiej jakości recyklingu materiałowego (przetwarzanie odpadów nienadających się do recyklingu oraz pozostałości po procesie recyklingu) i zapobiegają składowaniu odpadów resztkowych na składowiskach. Spalanie jest higieniczną metodą przetwarzania odpadów resztkowych oraz zmniejszenia ich objętości o około 90%.

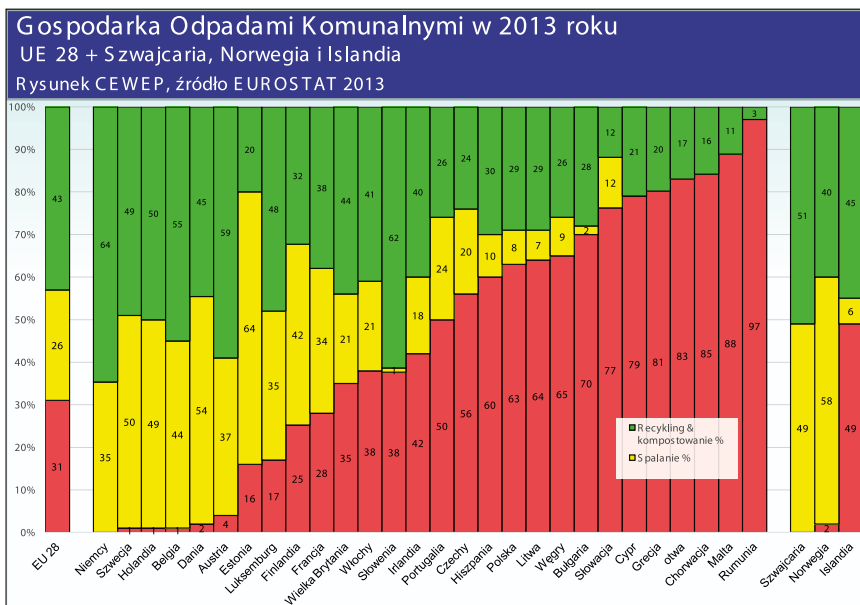
Kraje o najwyższym wskaźniku recyklingu w Unii Europejskiej (UE): Niemcy, Belgia, Szwecja, Holandia, Austria i Dania składują mniej niż 10% odpadów komunalnych – rysunek 1. Jednocześnie ponad 50% odpadów komunalnych jest poddawana recyklingowi. Pozostała część odpadów, która nie nadaje się do recyklingu jest spalana w celu odzyskania i wykorzystania energii w nich zawartej. Wszystkie te kraje wprowadziły zakaz składowania odpadów, aby w jak największym stopniu poddawać je recyklingowi i wykorzystać w optymalny sposób energię w nich zawartą.

Wkład spalarni do systemu energetycznego to zapewnienie taniej, niskoemisyjnej (zastąpienie paliwa kopalnych), wytworzonej lokalnie (z lokalnych surowców) energii w postaci energii elektrycznej, ciepła lub pary procesowej.

Okolo 50% energii wytwarzanej przez spalarnie pochodzi z biodegradowalnej biomasy (zgodnie z definicją zawartą

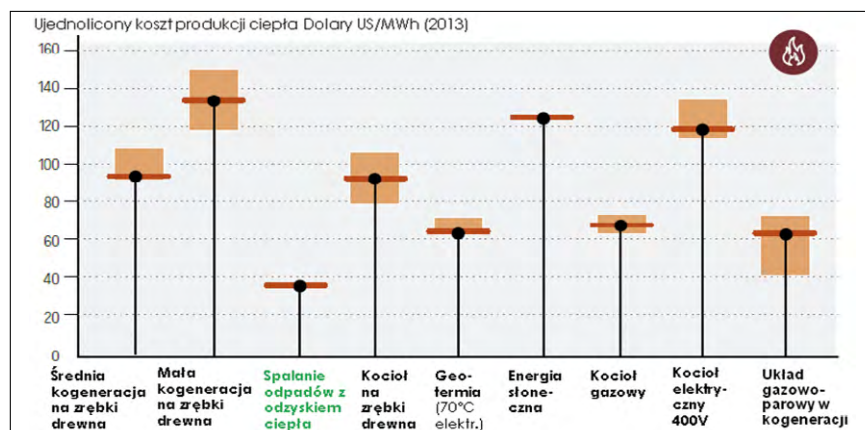
mgr inż. Marta Gurin – CEWEP Stowarzyszenie Europejskich Spalarni Odpadów z Odzyskiem Energii, Bruksela, Belgia,

dr inż. Olgierd Niemyjski – Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska



Rys. 1.
Gospodarka Odpadami Komunalnymi w 2013 roku, UE 28 + Szwajcaria, Norwegia i Islandia, rysunek: CEWEP, źródło: EUROSTAT 2013
Fig. 1. Municipal waste treatment in 2013, EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland, graph by CEWEP, source: EUROSTAT 2013

Rys. 2.
Spalanie odpadów z odzyskiem energii w Europie, rok 2012, źródło: CEWEP
Fig. 2. Waste-to-Energy plants operating in Europe in 2012, source: CEWEP



Rys. 3.
Porównanie kosztów różnych źródeł dostarczających ciepło do systemów ciepłowniczych, źródło: raport Programu Środowiskowego Organizacji Narodów Zjednoczonych „District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable”
Fig. 3. Comparative costs of district heating sources, source: UNEP report “District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable”

w dyrektywie 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, dostarczającej niskoemisyjny wkład do systemu energetycznego. Tym samym część energii produkowana przez spalarnie pomaga osiągnąć założenia strategii Unii Europejskiej w zakresie odnawialnych źródeł energii na pokrycie 20% całego zużycia energii w 2020 r.

Spalarnie w UE i Polsce – ogólna charakterystyka, dane statystyczne

W 2012 roku 456 zakładów termicznego przekształcania odpadów w całej Europie (kraje członkowskie UE + Norwegia i Szwajcaria) odzyskało energię i zapobiegło składowaniu na składowiskach 79 milionów ton odpadów resztkowych. Na rysunku nr 2 przedstawiono rozmieszczenie spalarni odpadów z odzyskiem energii w Europie oraz ich moc przerobową w roku 2012.

Większość spalarni w Europie odzyskuje energię z odpadów w trybie kogeneracji – 59% spalarni. Spalarnie wytwarzające tylko energię elektryczną stanowią 26% a tylko energię ciepłą – 15% (CEWEP Energy Efficiency Report III (2012)). Średnia wartość opałowa odpadów spalanych w spalarniach wynosi 10,3 GJ/Mg (CEWEP Energy Efficiency Report III (2012)).

W wielu europejskich miastach spalarnie zasilają lokalne sieci ciepłownicze zapewniając, niski koszt i zrównoważoną energię. W Paryżu, Brescii, Kopenhagdzie i Malmö zrównoważona energia z odpadów pokrywa ponad 50% zapotrzebowania na ciepło. W Europie energia odzyskana z odpadów przeznaczona do systemów ciepłowniczych stanowi 50 TWh rocznie, czyli około 10% całkowitego ciepła dostarczanego za pośrednictwem systemów ciepłowniczych. Badanie planu działań ciepłowniczych Europa 2050 (Heat Roadmap Europe 2050 (Second pre-study for the EU27)) wskazuje, że potencjał wykorzystania ciepła z odpadów może stanowić 200 TWh rocznie do 2050 roku.

W raporcie na temat sieci ciepłowniczych “District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable” Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych podkreśla, że „Spalarnie odpadów zapewniają tanie ciepło i często inicjują rozwój miejskiej sieci ciepłowniczej.”

Według raportu koszt dostarczenia ciepła ze spalarni jest najtańszy w porównaniu z innymi niekonwencjonalnymi źródłami ciepła zgodnie z porównaniem przedstawionym na rysunku 3.

Energia dostępna z masy odpadów przetworzonych termicznie w spalarniach w 2012 roku stanowi 32 mld kWh energii elektrycznej i 79 mld kWh ciepła. Ta ilość wystarcza, aby zapewnić niskoemisyjną energię elektryczną dla 14 mln mieszkańców oraz ciepła niskoemisyjnego również 14 mln mieszkańców. Energia ta jest dostępna lokalnie i zmniejsza zapotrzebowanie na import paliw kopalnych. Co więcej, można dzięki niej zastąpić rocznie od 8 do 44 mln ton paliw kopalnych (gaz, ropa naftowa, węgiel kamienny i brunatny), które emitują 22-43 mln ton CO₂.

Biorąc pod uwagę fakt, że w 2012 r. kraje członkowskie UE importowały 106 mld m³ gazu ziemnego z Rosji, warto zauważyć, że zawartość energetyczna odpadów przetwarzanych przez spalarnie w 2012 wynosi 19% importu gazu z Rosji w 2012 roku.

W Polsce budowanych jest obecnie 6 spalarni odpadów komunalnych z odzyskiem energii o planowanej mocy przerobowej około 1 miliona ton odpadów resztkowych rocznie (planowane uruchomienie instalacji to koniec 2015 lub rok 2016) o łącznej mocy zainstalowanej w trybie kogeneracji około 55 MW_{el} oraz 170 MW_t. Zestawienie budowanych instalacji przedstawiono w tabeli 1.

Warto zauważyć, że wszystkie budowane w Polsce spalarnie będą dostarczały ciepło do miejskich sieci ciepłowniczych.

Ograniczenia

Głównym zadaniem spalarni odpadów komunalnych jest unieszkodliwienie odpadów tak, aby emisje powstające w wyniku spalania były bardzo niskie i miały możliwie jak najmniejszy wpływ na środowisko naturalne i zdrowie ludzi. Wiąże się to z pewnymi ograniczeniami związanymi z możliwością odzyskania energii zawartej w odpadach.

Spalarnie przeważnie budowane są w przemysłowych rejonach miast i podłączane są do istniejących systemów ciepłowniczych o określonej strukturze rurociągów. Czasem powstają, więc problemy techniczne w wyprowadzaniu wytworzonego ciepła do systemów ciepłowniczych.

a. Ograniczenia środowiskowe

Spalanie odpadów podlega bardzo rygorystycznym wymaganiom związanym z emisją zanieczyszczeń do atmosfery regulowanym przez dyrektywę 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola). Dopuszczalne wielkości emisji do powietrza dla spalarni odpadów regulowane są dla następujących substancji: pył, węgiel organiczny ogółem (TOC), chlorowódor (HCl), fluorek wodoru (HF), dwutlenek siarki (SO₂), tlenki azotu (w przeliczeniu na NO₂), metale ciężkie (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V), dioksyny i furany. Państwa członkowskie mogą ustalić dopuszczalne wielkości emisji na niższym poziomie i dla kolejnych substancji, jeśli uznają to za stosowne.

Spalarnie odpadów muszą być eksploatowane w taki sposób, aby wymagania dotyczące unieszkodliwienia odpadów zostały bezwzględnie spełnione, wiąże się to między innymi z wymogiem zapisanym w Dyrektywie 2010/75/UE, aby temperatura spalin powstających w trakcie procesu spalania wynosiła, co najmniej 850°C przez, co najmniej dwie sekundy.

b. Ograniczenia technologiczne

Zróznicowana charakterystyka resztkowych odpadów zmieszanych wpływa na techniczne możliwości związane z odzyskiem energii. Zwykle parametry pary wytworzonej w spalarni wynoszą 400° C przy ciśnieniu 40 barów. Związane jest to z procesem korozji występującym zwykle na powierzchni przegrzewacza pary i parownika, który przebiega znacznie gwałtowniej w warunkach wysokiej temperatury i wysokiego ciśnienia. Przebieg procesu korozji w spalarniach jest inny niż ma to miejsce w tradycyjnych układach kotłowych elektrociepłowni i elektrowni.

Również wymóg zapewnienia bardzo niskich emisji ma wpływ na ilość odzyskanej energii. Systemy oczyszczania spalin w spalarniach odpadów są bardzo rozbudowane i ich zapotrzebowanie na energię średnio wynosi około 10% energii wytworzonej przez spalarnie (w zależności od konfiguracji systemu oczyszczania spalin).

c. Ograniczenia techniczne współpracy spalarni z sieciami ciepłowniczymi

Spalarnie odpadów komunalnych coraz częściej powstają na terenie polskich miast. Wytwarzane w nich ciepło najczęściej wykorzystywane będzie do ogrzewania budynków oraz na cele ciepłej wody. Dystrybucje ciepła odbywa się rurociągami systemu ciepłowniczego. Podłączenie spalarni do miejskiego systemu ciepłowniczego uwarunkowane jest zapewnieniem odpowiednich parametrów wody w zakresie: temperatury, ciśnienia i przepływu. Włączona do systemu spalarnia stanowi dodatkowe źródło ciepła, które musi być wyposażone w odpowiednie układy pompowe wspomagane automatyką w celu umożliwienia wyprowadzenia do systemu ciepłowniczego odpowiedniej ilości ciepła. Układ automatyki powinien zapewnić jednocześnie brak zakłóceń pracy istniejącego źródła (źródła) ciepła.

Charakterystyczną cechą spalarni odpadów komunalnych jest praca ze stałą mocą wytwarzania ciepła. W wyniku konieczności dostosowania parametrów (temperatury) wody wypływającej ze spalarni do warunków określonych zasadami regulacji systemu ciepłowniczego, strumień objętości wody przepływającej przez spalarnię jest zmienny w poszczególnych okresach roku. Z tego powodu konieczne jest zastosowanie odpowiednich układów automatycznej regulacji pomp obiegowych dostosowujących wartość ciśnienia dyspozycyjnego wody wypływającej ze spalarni do aktualnych warunków i wymagań parametrów pracy systemu ciepłowniczego.

Analizę możliwości włączenia spalarni odpadów komunalnych do miejskiego systemu ciepłowniczego przedstawiono na przykładzie jednego z miast w Polsce. System ciepłowniczy zasilany jest z jednego źródła ciepła – Ciepłowni Miejskiej (CM). Spalarnia

Tabela 1. Lokalizacja i moc przerobowa spalarni odpadów z odzyskiem energii budowanych w Polsce

Table 1. Location and installed treatment capacity of Waste-to-Energy plants in construction in Poland

Miasto	Moc przerobowa [Mg/a]
Białystok	120 000
Bydgoszcz i Toruń	180 000
Konin	94 000
Kraków	220 000
Poznań	210 000
Szczecin	150 000
Σ	974 000

została wybudowana w części przemysłowej miasta w okolicy istniejącego źródła ciepła – CM. Wybudowanie spalarni odpadów komunalnych stwarza konieczność odbioru ciepła przez PEC. Włączenie spalarni do systemu ciepłowniczego wymaga wprowadzenia reguł pracy obu źródeł ciepła na wspólną sieć, więc muszą być zachowane wszystkie techniczne zasady obowiązujące przy prawidłowym sterowaniu takiego układu. Spalarnia odpadów komunalnych podłączona jest do systemu ciepłowniczego rurociągiem DN500 o długości około 5 kilometrów. Rzędna terenu spalarni jest o około 6 metrów większa od rzędnej Ciepłowni Miejskiej. Schemat ideowy układu rurociągów między spalarnią a Ciepłownią Miejską przedstawiono na rysunku 4.

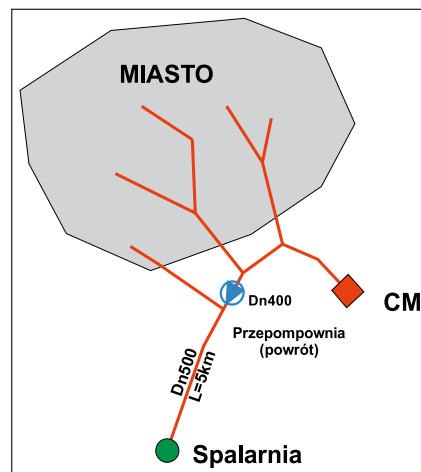
W przeprowadzonej analizie możliwości współpracy spalarni z istniejącym źródłem ciepła przyjęto następujące założenia:

- głównym źródłem ciepła, w którym stabilizowana jest wartość ciśnienia wody jest CM,
- wartość ciśnienia wody w rurociągu powrotnym w spalarni jest wynikowa i zależy od rozkładu ciśnienia w rurociągach łączących oba źródła ciepła,
- w systemie ciepłowniczym realizowana jest regulacja jakościowa,
- ciśnienie dyspozycyjne w CM jest stałe i wynosi 850 kPa,
- ciśnienie wody w rurociągu powrotnym w CM wynosi 150 kPa,
- maksymalna moc cieplna spalarni odpadów komunalnych wynosi 30 MW. Założeniem pracy spalarni jest produkcja i przesył do systemu ciepłowniczego maksymalnej mocy cieplnej:
- minimalne ciśnienie wody w rurociągu powrotnym w spalarni wynosi 50 kPa,
- maksymalne ciśnienie w rurociągu zasilającym w spalarni wynosi 1350 kPa. Maksymalna wartość ciśnienia dyspozycyjnego wynosi 1300 kPa,
- przepływ wody przez spalarnię jest zmienny zależny od bieżących potrzeb ciepłych miasta i wytycznych tabeli regulacyjnej.

Analizę pracy spalarni przeprowadzono dla zmiennych warunków zapotrzebowania miasta na ciepło w zakresie wartości temperatury powietrza zewnętrznego od -18°C do 12°C . Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli nr 2.

Najmniejsza wartość strumienia wody sieciowej przepływającej przez spalarnię występuje przy najniższych temperaturach powietrza zewnętrznego. Wynika to z założeń zasad regulacji jakościowej. Najniższymi wartościami temperatury zewnętrznej odpowiadają największe schłodzenia wody w systemie ciepłowniczym. Przy wzroście temperatury powietrza zewnętrznego różnica pomiędzy temperaturą wody zasilającej i powrotnej maleje. Zgodnie z założeniem pracy spalarni z maksymalną mocą cieplną (30 MW), w warunkach zmniejszonego zapotrzebowania na ciepło (dla wyższej temperatury powietrza zewnętrznego), wartość strumienia wody przepływającej ze spalarni musi wzrosnąć. W celu zapewnienia odpowiedniego przepływu wody konieczne jest zwiększenie ciśnienia dyspozycyjnego w tym źródle ciepła. Wzrost przepływu wody powoduje jednocześnie wzrost strat ciśnienia w rurociągach. Z tego powodu wartość ciśnienia w rurociągu powrotnym obniża się. Przy temperaturze powietrza zewnętrznego wynoszącej $-11,5^{\circ}\text{C}$, ciśnienie wody w rurociągu powrotnym osiąga wartość minimalną czyli 50 kPa.

Dla wyższych wartości temperatury powietrza zewnętrznego konieczne jest zwiększenie ciśnienia w rurociągu powrotnym stosując układ pomp. Zaproponowano, więc umieszczenie pomp na rurociągu powrotnym w miejscu włączenia spalarni do sieci ciepłowniczej (rysunek 4).



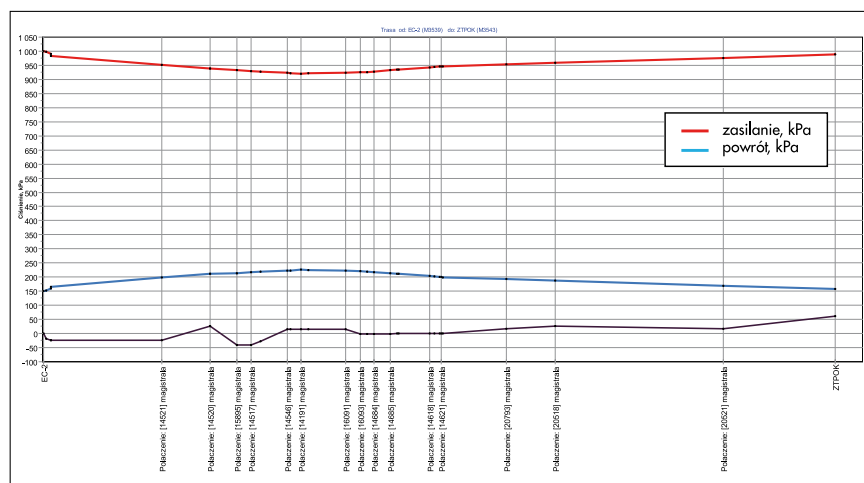
Rys.4 Schemat – model układu rurociągów CM – spalarnia

Fig. 4. Diagram – pipeline connecting heating plant and Waste-to-Energy plant

Tabela 2. Zestawienie wyników obliczeń symulacyjnych współpracy źródeł ciepła: CM i spalarni w sezonie zimowym

Table 2. Calculation results of modeled cooperation between heat sources: heating plant and Waste-to-Energy plant in winter

Temperatura zewnętrzna, $^{\circ}\text{C}$	Strumień wody w spalarni, t/h	Ciśnienie dysp. w spalarni, kPa	Moc cieplna spalarni, MW	Ciśnienie dysp. w CM, kPa	Ciśnienie podnoszenia pomp, kPa	Wykres piezo. na trasie od CM do spalarni
-18,0	342	830	30,0	850	0	5
-13,0	400	895	30,0	850	0	-
-11,5	420	920	30,0	850	0	6
-8,0	478	960	30,0	850	40	7
-5,0	530	1000	30,0	850	80	-
-1,2	642	1100	30,0	850	180	8
1,0	737	1200	30,0	850	280	-
3,8	820	1300	30,0	850	380	9
7,0	820	1300	22,9	850	380	9
10,0	820	1300	21,0	850	380	9
12,0	820	1300	19,6	850	380	9



Rys. 5

Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni ($t_e = -18^{\circ}\text{C}$)

Fig. 5 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant ($t_{ext} = -18^{\circ}\text{C}$)

Wymuszenie większego przepływu wody wymaga wzrostu ciśnienia dyspozycyjnego w źródle ciepła (spalarni). W warunkach zapotrzebowania ciepła przez miasto odpowiadających wartości temperatury powietrza zewnętrznego ok. 3,8°C, wartość ciśnienia wody w rurociągu zasilającym jest maksymalna i wynosi 1350 kPa, co odpowiada wartości ciśnienia dyspozycyjnego: 1300 kPa. W tych warunkach ciśnienie podnoszenia pompowni wynosi 380 kPa, a przepływ osiąga wartość maksymalną: 820 t/h.

Przy wyższych wartościach temperatury powietrza zewnętrznego przepływ wody oraz ciśnienie dyspozycyjne wody w spalarni odpowiadają wartościom maksymalnym. Z tego powodu moc cieplna spalarni obniża się do wartości 19,6 MW odpowiadającej

wartości temperatury powietrza zewnętrznego: 12 °C.

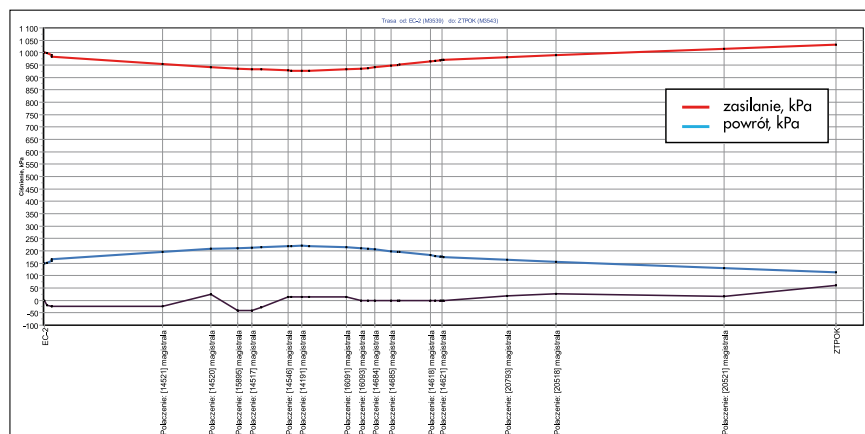
Na rys. 5-10 znajduje się grupa wykresów piezometrycznych przedstawiających rozkład ciśnienia w rurociągach zasilających i powrotnych na trasie od Ciepłowni Miejskiej do spalarni. Wykresy odpowiadają warunkom zapotrzebowania na ciepło dla miasta w różnych okresach sezonu zimowego i odpowiadają wynikom obliczeń przedstawionym w tabeli 2.

W okresie letnim, także oba źródła ciepła: CM i spalarnia odpadów komunalnych produkują ciepło na potrzeby miasta. Podobnie jak dla sezonu zimowego przyjęto, że głównym źródłem ciepła, w którym stabilizowane jest ciśnienie wody jest Ciepłownia Miejska. Wartości ciśnienia wody w rurociągu zasilającym i powrotnym na wyjściu ze spalarni są wynikowe i zależą od rozkładu ciśnienia wody na trasie sieci ciepłowniczej między współpracującymi źródłami ciepła.

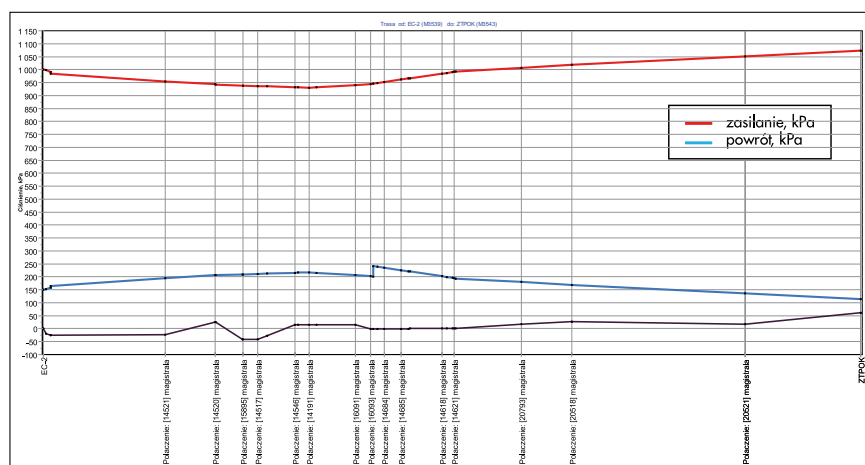
Parametry pracy systemu ciepłowniczego w okresie letnim są inne niż dla okresu zimowego i wynikają z potrzeb energetycznych miasta oraz sposobu regulacji systemu ciepłowniczego. Dodatkowo przyjęto:

- ciśnienie w rurociągu powrotnym w źródle ciepła CM : 200 kPa,
- minimalne ciśnienie w rurociągu powrotnym w spalarni: 50 kPa,
- maksymalna wartość ciśnienia dyspozycyjnego w spalarni: 1300 kPa,

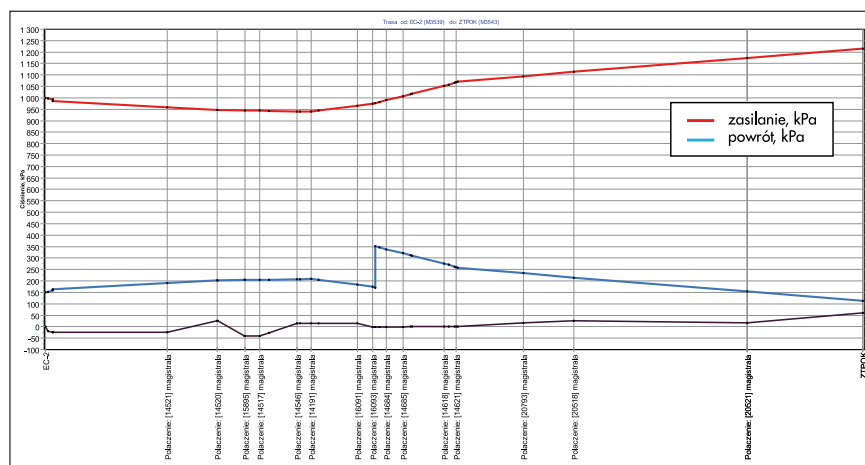
Analiza rozkładu ciśnienia wody w rurociągach łączących oba źródła ciepła w warunkach zapotrzebowania na ciepło odpowiadających sezonowi letniemu wykazała, że zależności parametrów pracy obu źródeł ciepła są podobne jak dla sezonu zimowego. Przy założeniu głównego źródła ciepła – CM, zwiększając ciśnienie dyspozycyjne w rurociągach na wyjściu ze spalarni, wartość ciśnienia w rurociągu powrotnym obniża się. Aby możliwe było dalsze zwiększenie wartości ciśnienia dyspozycyjnego w spalarni, konieczne jest zastosowanie przepompowni na rurociągu powrotnym DN 400 – rysunek 4, której praca zapewni minimalną wartość ciśnienia w rurociągu powrotnym spalarni odpadów komunalnych. Wykres rozkładu ciśnienia w rurociągach na trasie między źródłami ciepła: CM i spalarnią przedstawiono na wykresie piezometrycznym – rysunek 10. Wysokość podnoszenia pomp powin-



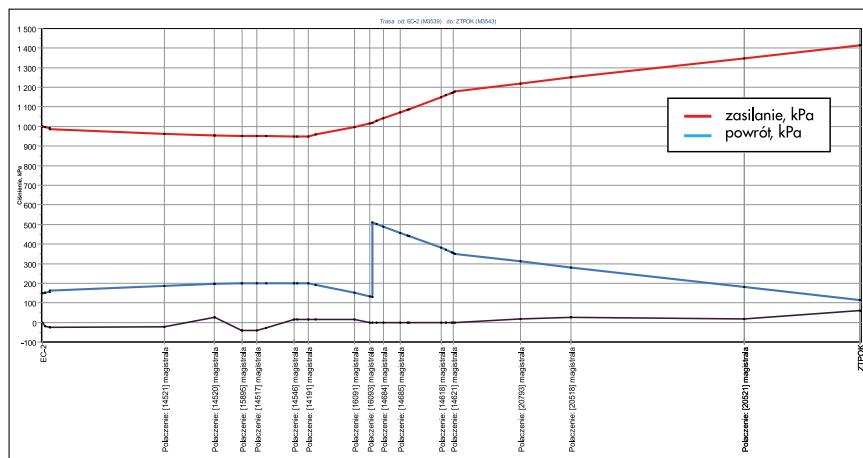
Rys. 6
Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni ($t_e = -11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Fig. 6 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant ($t_{ext} = -11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$)



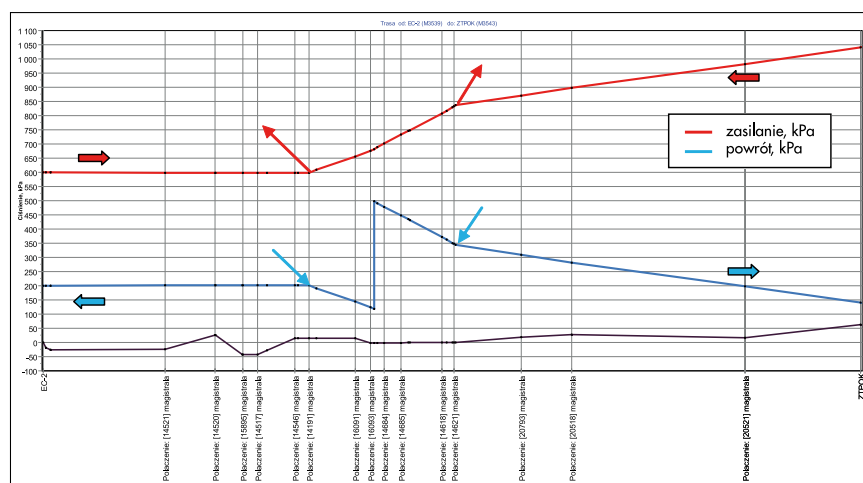
Rys. 7
Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni ($t_e = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Fig. 7 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant ($t_{ext} = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Rys. 8
Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni ($t_e = -1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Fig. 8 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant ($t_{ext} = -1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Rys. 9

Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni ($t_e \geq 3,8^\circ\text{C}$)Fig. 9 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant ($t_{ext} \geq 3,8^\circ\text{C}$)

Rys. 10

Wykres piezometryczny na trasie od CM do spalarni w warunkach odpowiadających okresowi letniemu

Fig. 10 Piezometric head chart on the route from the heating plant to the Waste-to-Energy plant during summer

mane wyniki obliczeń nie można uogólniać, ponieważ każdy przypadek dostawy ciepła ze spalarni jest inny i wymaga wykonania indywidualnych analiz. Przeprowadzona analiza wykazała występowanie technicznych ograniczeń dostarczenia do systemu ciepłowniczego maksymalnej mocy cieplnej wytwarzanej w spalarni wynikającej z układu istniejących rurociągów. Zastosowanie przepompowni sieciowej w znacznym stopniu zmniejsza skutki powyższych ograniczeń, lecz problem dostawy ciepła ze spalarni nasila się przy wyższych wartościach temperatury zewnętrznej w okresie zimowym. W okresie letnim warunki hydrauliczne rurociągów pozwalają na wykorzystanie potencjału wytwórczego spalarni jedynie w 58%.

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na możliwości wyprowadzenia ze spalarni maksymalnej ilości ciepła jest wartość rzędnej terenu spalarni, a w szczególności jej położenie w stosunku do istniejącego źródła ciepła. Korzystne jest położenie spalarni poniżej poziomu głównego źródła ciepła.

LITERATURA

- [1] Wojdyga K., Niemijski O. Hydraulic analysis for a district heating system supplied from two CHP plants, Energy and Buildings, Vol. 54, Pages 81-87, November 2012
- [2] Mańkowski St., Wojdyga K., Niemijski O., Praca wielu źródeł na wspólną sieć – możliwości i efekty. V Forum Ciepłowników Polskich, Międzyzdroje 2001.
- [3] Niemijski O., Wojdyga K. Analiza warunków pracy systemów ciepłowniczych zasilanych z różnych źródeł z wykorzystaniem zaawansowanych technik numerycznych. Instal 6/2003 s. 11-15.
- [4] Reimann D., CEWEP Energy Efficiency Report (Status 2007-2010), CEWEP, December 2012
- [5] Connolly D., Vad Mathiesen B., Østergaard P., Möller B., Nielsen S., Lund H., Persson U., Werner S., Grözinger J., Boermans T., Bosquet M., Trier D., Heat Roadmap Europe 2050 Second pre-study for the EU27, Aalborg University, May, 2013
- [6] UNEP, District Energy in Cities: Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable, February 2015

na być sterowana zdalnym odczytem wartości ciśnienia wody w rurociągu powrotnym w spalarni. Ciśnienie dyspozycyjne w źródle ciepła CM powinno być stabilizowane na wartość minimalną zapewniającą dostateczne warunki pracy węzłów cieplnych w systemie ciepłowniczym. Minimalna wartość ciśnienia dyspozycyjnego w CM umożliwia wyprowadzenie ze spalarni maksymalnej ilości ciepła.

Analizę możliwości współpracy obu źródeł ciepła wykonano przy założeniu maksymalnego wykorzystania produkcji ciepła w spalarni odpadów komunalnych. Dla przyjętych założeń uzyskano maksymalną wartość przepływu wody sieciowej w spalarni równą ok. 775 t/h. Spalarnia pracuje z mocą ok. 17,3 MW, co stanowi około 58% maksymalnej mocy tego źródła ciepła.

Podsumowanie

W Polsce opracowywany i wdrażany jest obecnie zintegrowany system gospodarki odpadami na poziomie lokalnym. W głównych miastach Polski istnieją sieci ciepłownicze, a większość odpadów wciąż trafia na składowiska. W rezultacie traci się energię i potencjał materialny tych odpadów. Zatem istotne jest wdrożenie w Polsce zintegrowanego podejścia w konstruowaniu systemu gospodarki odpadami, który właściwie uwzględni środowisko, energię i aspekty zasobów.

Podsumowując przedstawioną analizę możliwości współpracy istniejącej ciepłowni miejskiej z spalarnią odpadów komunalnych należy podkreślić, że analiza dotyczyła konkretnego przypadku. Otrzy-