

Szymon Pająk, Zakład Techniki Ciepłej, „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Współpraca źródła ciepła zlokalizowanego w spalarni odpadów z miejską siecią ciepłowniczą - studium przypadku

Zarówno przedsiębiorstwa ciepłownicze, jak i wytwórcy/dostawcy ciepła mają świadomość nieuchronności budowy nowych - nowoczesnych, wysokosprawnych, nakierowanych na ochronę środowiska poprzez np. wykorzystywanie odpadów jako paliwa - źródeł, z którymi konieczne będzie współdziałanie na lokalnym rynku ciepła.

Budowa nowego źródła z założenia nie powinna powodować pogorszenia niezawodności dostaw ciepła do odbiorców, a wręcz przeciwnie - przyczyniać się do minimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia pogorszenia komfortu cieplnego odbiorców. Oczywiście jest również, że warunki współpracy źródeł muszą być precyzyjnie określone. Aby jednak podjąć świadome decyzje odnośnie parametrów pracy dla każdego ze źródeł, należy dokładnie przeanalizować możliwości ich współpracy z siecią i przede wszystkim zdefiniować występujące ograniczenia, a następnie określić, jakie zadania będzie miało każde ze źródeł.

Przed problemem omówionym powyżej stanęło niedawno Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Koninie Sp. z o.o. w związku z budową nowego, kogeneracyjnego źródła ciepła, które będzie częścią Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów Komunalnych w Koninie. W ramach niniejszego artykułu omówiono zakres

i wyniki analiz wykonanych dla wysokoparametrowej sieci ciepłowniczej nr 1 zlokalizowanej w Koninie pod kątem współpracy dwóch źródeł na przedmiotową sieć ciepłowniczą. Należy podkreślić, że analizy opisane poniżej prowadzono pod kątem opisanego dostaw ciepła w sytuacjach awaryjnych, przyjmując założenia odnośnie mocy cieplnych, wydajności układów pompowych i tabeli regulacyjnej jako ograniczenia, w ramach których docelowo będą funkcjonować oba źródła. Celem prowadzonych analiz nie była optymalizacja doboru układów pompowych w źródłach, co - jak wynika z przedstawionych wniosków - jest zadaniem wielowątkowym i wymagającym precyzyjnego określenia kryteriów uzyskania optimum. Takie optimum będzie inne z punktu widzenia każdej z zaangażowanych w projekt Stron, które dodatkowo mogą się wzajemnie wykluczać.

■ Warunki przyłączenia źródła do sieci ciepłowniczej

Warunki pracy sieci ciepłowniczej powinny być zawarte w dokumencie o charakterze instrukcji i/lub programu opracowanym przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze dla danej sieci. Z kolei warunki współpracy źródła lub źródeł z siecią ciepłowniczą powinny wynikać z części technicznej Umowy na dostawę ciepła do sieci, której istotne parametry zawarte są we wniosku o przyłączenie źródła do danej sieci. Wieloletnia współpraca źródła z siecią ciepłowniczą pozwoliła na wypracowanie warunków, na jakich to współdziałanie jest realizowane. Do tej pory mieliśmy do czynienia raczej z modernizacjami istniejących źródeł wytwórczych, dla których warunki dostaw ciepła do sieci były znane i niejako oczywiste. Obecnie, ze względu na budowę nowych, najczęściej małych źródeł kogeneracyjnych - w tym również związanych z powstawaniem instalacji

termicznej utylizacji odpadów komunalnych (popularnie zwanych spalarniami) - będziemy mieć do czynienia z sytuacjami, kiedy do dobrze funkcjonującego układu „źródło - sieć” będzie wprowadzany dodatkowy element w postaci nowego źródła, który - przynajmniej na początkowym etapie - może być traktowany jako „zakłócenie”. W tej sytuacji Przedsiębiorstwa Ciepłownicze, które dodatkowo często nie są właścicielami urządzeń wytwórczych, a tylko dystrybuują ciepło dostarczane do sieci z obcych źródeł, będą musiały aktualizować instrukcje eksploatacji oraz programy pracy sieci ciepłowniczych. Dodatkowym wyzwaniem dla służb eksploatacji będzie wydanie odpowiednich warunków przyłączenia nowego źródła, aby współpraca obecnego i nowego źródła na tę samą sieć nie wpłynęła negatywnie na warunki dostaw i odbioru ciepła. Jest to istotne zwłaszcza w przypadku braku możliwości fizycznego wydzielenia części obszaru sieci dla poszczególnych źródeł. Najczęściej nowe źródło będzie musiało się dostosować do istniejących warunków pracy sieci chociażby z racji kolejności przyłączenia, stosunku mocy osiągalnej (lub zamówionej przez odbiorców w źródle) i możliwości zastosowania nowoczesnych technik jego regulacji. Należy pamiętać, że budowa nowego źródła, którego powstanie każdorazowo z założenia powinno poprawiać bezpieczeństwo i pewność dostaw ciepła do odbiorców, będzie wpływać na poprawę bezpieczeństwa zasilania odbiorców, jednakże kosztem obecnie przyłączonego wytwórcy. W nowym układzie sieciowym, gdzie pojawia się kolejny element wymagający skoordynowania po stronie parametrów, zmianie mogą ulec również warunki pracy dotychczasowego źródła ciepła. W związku z tym na Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym będzie ciążyła odpowiedzialność za narzucenie parametrów pracy źródeł (temperatur, strumieni i ciśnień wody sieciowej) właściwych z punktu widzenia prawidłowej eksploatacji sieci ciepłowniczej w zmienionych warunkach.

Poniżej przedstawiono uwarunkowania techniczne, których dotrzymania Przedsiębiorstwo Ciepłownicze może wymagać od producenta/dostawcy ciepła:

- zapewnienia odpowiednich temperatury, nośnika ciepła na zasilaniu - np. poprzez podanie zmienności zgodnie z wymaganą tabelą regulacyjną, która może być, ale nie musi, jednakowa dla wszystkich źródeł współpracujących z daną siecią ciepłowniczą,
- zapewnienia ciśnienia wody sieciowej na zasilaniu - wartość wymagana powinna być właściwa dla punktu wpięcia nowego źródła do sieci ciepłowniczej,
- zdolność układu regulacji do utrzymywania odpowiedniego ciśnienia dyspozycyjnego - wymaganie w tym zakresie będzie uzależnione od planowanych warunków współpracy nowego źródła z siecią i ze źródłem podstawowym,
- wymagania odnośnie jakości nośnika ciepła,
- wymagania odnośnie przyłącza - rozumiane jako wytyczne dla projektantów nowego odcinka sieci, który powinien być spójny ze standardami przyjętymi w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym w obszarze budowy nowych odcinków sieci lub modernizacji istniejących,
- wymagania odnośnie układu regulacji - konfiguracja tego układu będzie uzależniona od tego, jakie funkcje regulacyjne powinno spełniać nowe źródło w ramach planowanego układu pracy obu wytwórców na sieć ciepłowniczą,
- wymagania odnośnie układu pomiarowo-rozliczeniowego - rozumiane jako wytyczne dla projektantów, aby układ był spójny ze standardami przyjętymi w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym w obszarze rozliczeń ze źródłem i z odbiorcami ciepła,
- wymagania odnośnie układu uzupełniania ubytków - konfiguracja tego układu będzie zależna od tego,

jakie funkcje regulacyjne powinno spełniać nowe źródło w ramach planowanego układu pracy obu źródeł na sieć ciepłowniczą.

Przedsiębiorstwo Ciepłownicze powinno przeprowadzić wielowariantowe analizy współpracy źródeł i sieci, aby świadomie i prawidłowo pod względem technicznym zdefiniować ww. parametry dla każdego ze źródeł planowanych do pracy na daną sieć. Jak widać z przedstawionego zestawienia warunki współpracy zdefiniowane przez odbiorcę/dystrybutora ciepła mogą mieć również istotny wpływ na układ technologiczny nowego źródła i założenia, jakie powinni przyjąć projektanci na etapie przygotowania projektów wykonawczych.

Poniżej przedyskutowano warianty współpracy sieci ciepłowniczej z nowym źródłem, które jest przewidziane do współpracy z istniejącą siecią ciepłowniczą zasilaną obecnie przez źródło podstawowe.

■ Opis sieci i źródeł przewidzianych do współpracy

Obiektem podlegającym analizom była wysokoparametrowa sieć ciepłownicza nr 1 zlokalizowana na terenie miasta Konin, zwana dalej „siecią ciepłowniczą”. Tworzy ją łącznie ok. 167 km sieci wykonanych w technologii tradycyjnej (ok. 57% łącznej długości sieci) i preizolowanej (ok. 43% łącznej długości sieci). Ze względu na stosunkowo dużą odległość pomiędzy obecnie eksploatowanym, podstawowym źródłem ciepła oraz najdalej położonymi odbiorcami woda sieciowa jest przesyłana sieciami magistralnymi, które dla średnic przekraczających DN 300 stanowią ok. 22,6% łącznej długości sieci i w dużej części są sieciami napowietrznymi wykonanymi w technologii tradycyjnej (ok. 64% łącznej długości sieci magistralnej).

Sieć ciepłownicza dostarcza ciepło do 2162 węzłów, z czego aż 1499

węzłów (ok. 69% łącznej ilości węzłów) znajduje się w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych. Łącznie tylko ok. 58% węzłów ciepłowniczych jest węzłami dwufunkcyjnymi.

Konsekwencją takiego charakteru odbiorów jest fakt, że ponad 72% wszystkich odbiorców stanowią odbiorcy o mocy zamówionej poniżej 20 kWt, a w tym ok. 61% odbiorców pobiera moc cieplną z przedziału 6-12 kWt.

Sumaryczna moc cieplna zamówiona w źródle podstawowym na potrzeby centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej w 2013 r. wynosiła 127,5 MWt i - jak to ma miejsce w przeważającej większości systemów ciepłowniczych w Polsce - ma tendencję malejącą, która jest wynikiem działań termomodernizacyjnych podejmowanych przez odbiorców i nowych przyłączy nie w pełni rekompensujących ubytek mocy zamówionej u dotychczasowych odbiorców ciepła.

Obecnie sieć ciepłownicza jest zasilana z jednego źródła - Elektrowni Konin, położonego na północnych obrzeżach miasta. Elektrownia Konin, na potrzeby niniejszego artykułu nazywana dalej „źródłem podstawowym”, należy do Grupy Kapitałowej Zespołu Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A. (ZE PAK S.A.), której podstawowym przedmiotem działalności jest wytwarzanie i dystrybucja energii elektrycznej oraz produkcja i dystrybucja ciepła. Źródło podstawowe zostało wybudowane i oddane do eksploatacji w latach 50. XX w. i stanowi najstarszą jednostkę wytwórczą w Grupie Kapitałowej ZE PAK SA. W źródle podstawowym pracuje obecnie 6 kotłów energetycznych opalanych węglem brunatnym i 3 turbozespoły upustowo-kondensacyjne w układzie kolektorowym. Od lipca 2012 r. uruchomiono tam również kotłociół do spalania biomasy pochodzenia leśnego wraz z turbozespołem parowym o mocy elektrycznej 55 MWe.

W ramach pierwszego wariantu analizowano współpracę nowego źródła ciepła z siecią przy pracy równoległej z istniejącym podstawowym źród-

łem ciepła na tę samą sieć.

W wariantcie drugim prowadzonych analiz uwzględniono warunki współpracy źródła podstawowego z siecią po wybudowaniu na terenie Elektrowni Konin bloku gazowo-parowego o nominalnej mocy cieplnej ok. 90 MWt i szczytowej mocy cieplnej na poziomie 120 MWt przy założeniu pracy równoległej nowego źródła budowanego na terenie Zakładu Termicznej Utylizacji Odpadów Komunalnych w Koninie, które w dalszej części artykułu będzie określane jako „nowe źródło”.

”

Przedsiębiorstwo Ciepłownicze, posiadając niezbędną wiedzę w zakresie sieci, odbiorców, planów modernizacji i/ lub rozbudowy sieci, powinno wpływać na decyzje o wielkości nowego źródła, jak i precyzyjnie określać warunki, na jakich każde ze źródeł będzie mogło dostarczać ciepło do sieci ciepłowniczej

Nowym źródłem, które od 2015 r. powinno pracować na sieć ciepłowniczą, będzie układ kogeneracyjny oparty na turbinie parowej ciepłowniczo-kondensacyjnej o nominalnej mocy elektrycznej ok. 4 200 kWe (w ciepłowniczym układzie pracy) i maksymalnej mocy cieplnej 15,60 MWt w obliczeniowych warunkach pracy sieci (temperatura otoczenia -18°C, temperatury wody sieciowej 70/130°C).

■ Podstawowe założenia przyjęte w analizach

Na podstawie informacji przekazanych przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze zdecydowano o przyjęciu następujących założeń, leżących u podstaw dalszych analiz:

- tabela regulacyjna obowiązująca obecnie w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym będzie obowiązywała oba źródła - zarówno obecnie eksploatowane, jak i nowe,
- układ wyprowadzenia mocy cieplnej w nowym źródle będzie zdolny do współpracy z siecią ciepłowniczą z pełną regulacją ilościowo-jakościową wynikającą z warunków otoczenia i obowiązującą w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym tabelą regulacyjną,
- nowe źródło będzie pracowało na potrzeby sieci ciepłowniczej tylko w okresie od stycznia do marca oraz od października do grudnia, czyli tylko w okresie największego zapotrzebowania na ciepło grzewcze na cele CO,
- obecne źródło podstawowe będzie stanowiło w dalszym ciągu podstawę zaopatrzenia w ciepło na cele CO w okresie zimowym oraz będzie jedynym dostawcą ciepła na cele CWU w okresie letnim.

■ Regulacja wydajności przy pracy dwóch źródeł

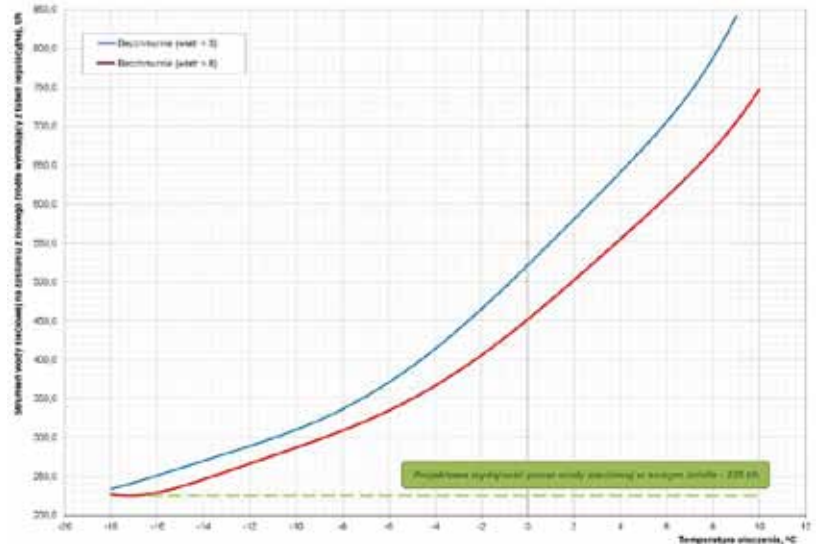
Obecnie, przy pracy na sieć tylko źródła podstawowego, umowa na dostawę ciepła pomiędzy Przedsiębiorstwem Ciepłowniczym i Elektrownią Konin reguluje warunki dostawy i parametry wody sieciowej, jakich musi dotrzymywać źródło podstawowe w punkcie rozliczeniowym. Uruchomienie nowego źródła pracującego na sieć ciepłowniczą zasilaną równoległe z innego, w tym wypadku o znacząco wyższej mocy cieplnej osiągalnej, wymaga wypracowania zasad obciążania każdego ze źródeł przy pracy równoległej. Zasady te będą decydować o roz-

dziale sumarycznego strumienia wody sieciowej kierowanego do odbiorców na każde ze źródeł i o możliwości jego obciążania z uwzględnieniem jego zdolności wytwórczych oraz ograniczeń po stronie układów regulacji. W naszym przypadku punkt rozdzielania strumienia na powrocie i łączenia go w przewodzie zasilającym znajduje się w punkcie wpięcia nowego źródła w magistralę łączącą źródło podstawowe z miastem. W wyniku rozmów z Przedsiębiorstwem Ciepłowniczym uzgodniono, że analizie podlegać będą dwa warianty regulacji strumienia wody sieciowej:

- regulacja proporcjonalna,
- regulacja ciśnieniem dyspozycyjnym.

Dla regulacji proporcjonalnej założono, że nowe źródło będzie obciążane proporcjonalnie do źródła podstawowego udziałem wynikającym z nominalnej mocy cieplnej źródła w łącznej mocy zamówionej przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze. W przypadku Koinina projektowa osiągalna moc cieplna nowego źródła w warunkach obliczeniowych stanowi ok. 12.43% sumarycznej mocy zamówionej przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze. Tym samym udziałem przeliczono strumień wody sieciowej, jaki będzie płynął przez układ wyprowadzenia ciepła nowego źródła w przypadku zastosowania proporcjonalnego rozdziału strumienia wody sieciowej na oba źródła. Każdemu zmniejszeniu strumienia wody sieciowej w źródle podstawowym będzie zatem odpowiadać proporcjonalne zmniejszenie strumienia w nowym źródle.

Jako drugi sposób rozdziału obciążeń wybrano regulację, w której rozdział strumienia wody sieciowej oparto na utrzymywaniu dyspozycji ciśnienia za punktem wpięcia nowego źródła w magistralę. Utrzymywanie przez służby Przedsiębiorstwa Ciepłowniczego w trakcie eksploatacji sieci stałej dyspozycji ciśnienia w ciągu całego roku będzie powodować, że strumień wody sieciowej do nowego źródła pozostawałby na dość stabilnym poziomie. Przy zastosowaniu takiego sposobu regula-



Rys. 1. Strumień wody sieciowej wymagany do wyprowadzenia pełnej mocy z nowego źródła przy założeniu zgodności parametrów wody sieciowej z obowiązującą tabelą regulacyjną

cji jego zmienność byłaby mniejsza niż w przypadku regulacji proporcjonalnej.

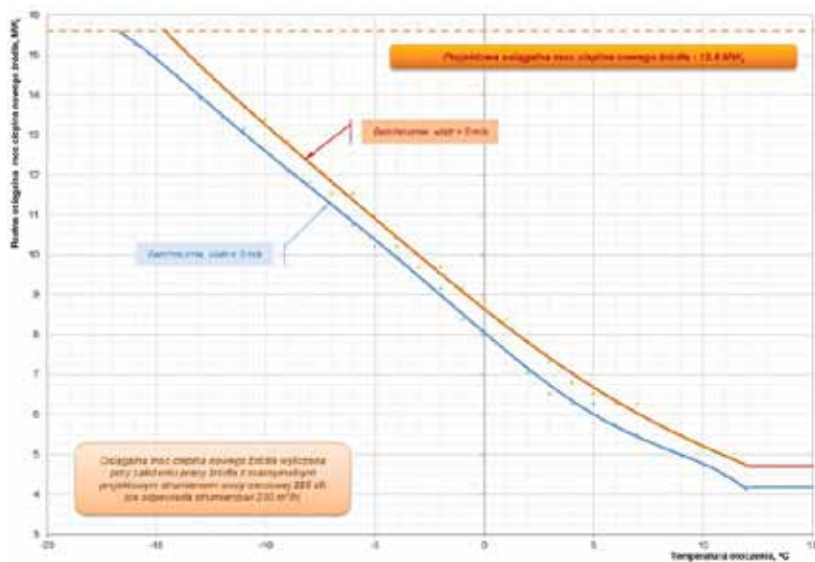
Dla regulacji proporcjonalnej, przy zmniejszeniu zapotrzebowania na ciepło (a co za tym idzie - zmniejszeniu całkowitego przepływu), strumień wody sieciowej do nowego źródła zmalałby. Dla regulacji od dyspozycji ciśnienia przy zmniejszaniu się zapotrzebowania na ciepło strumień wody sieciowej do nowego źródła z kolei wzrosłby. Będzie to spowodowane zmniejszaniem się oporów hydraulicznych w układzie (mniejszym przepływem wody sieciowej) przy jednoczesnym utrzymaniu dyspozycji ciśnienia. Efektem tego byłaby nieco większa dyspozycja występująca w punkcie wpięcia nowego źródła do magistrali.

Z perspektywy Przedsiębiorstwa Ciepłowniczego obie metody regulacji są dobre, a różnice będą widoczne z punktu widzenia źródeł: sposobu ich pracy, zastosowanych układów regulacji i różnic w obciążeniu wymienników ciepła i pomp sieciowych.

Z punktu widzenia warunków eksploatacji sieci ciepłowniczej (czyli Przedsiębiorstwa Ciepłowniczego), zwłaszcza biorąc pod uwagę dotychczasowe doświadczenia eksploatacyj-

ne i sprawdzony system regulacji ciśnienia na poszczególnych gałęziach sieci, nadrzędnym celem każdego ze źródeł pracujących na sieć ciepłowniczą powinna być dostawa wymaganej ilości ciepła i równoczesne utrzymywanie dyspozycji ciśnienia w punkcie rozliczeniowym. W tej sytuacji sposób rozdziału strumienia wody sieciowej na źródła z punktu widzenia Przedsiębiorstwa Ciepłowniczego jest kwestią drugorzędną. Wymaga ona jednak podjęcia trójstronnych uzgodnień pomiędzy zainteresowanymi stronami ze względu na fakt, że każde ze źródeł musi dysponować urządzeniami zdolnymi do pracy w wymaganych przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze warunkach i współpracy z drugim źródłem.

W planowanym układzie współpracy na tę samą sieć ciepłowniczą dwóch źródeł o wyraźnie dominującej roli źródła podstawowego funkcję stabilizacji ciśnienia w układzie powinny spełniać pompy wody uzupełniającej w źródle podstawowym. Próba utrzymania stałego poziomu ciśnienia powrotu jednocześnie pompami wody uzupełniającej w źródle podstawowym oraz nowym może skutkować (w zależności od sposobu działania regulatorów) wzrostem



Rys. 2. Moc cieplna możliwa do wyprowadzenia z nowego źródła na sieć ciepłowniczą przy założeniu dotrzymania temperatur zgodnie z obowiązującą tabelą regulacyjną

ciśnienia na powrocie z sieci oraz destabilizować ciśnienie powrotu w obu źródłach.

W przypadku stabilizacji ciśnienia tylko w źródle podstawowym i w miarę stałym strumieniu wody sieciowej do i z nowego źródła, a także odpowiednim systemie regulacji pomp sieciowych, wynikowe ciśnienie powrotu „widziane” przez urządzenia nowego źródła powinno utrzymywać się na dość stabilnym poziomie.

Ograniczenia we współpracy dla nowego źródła

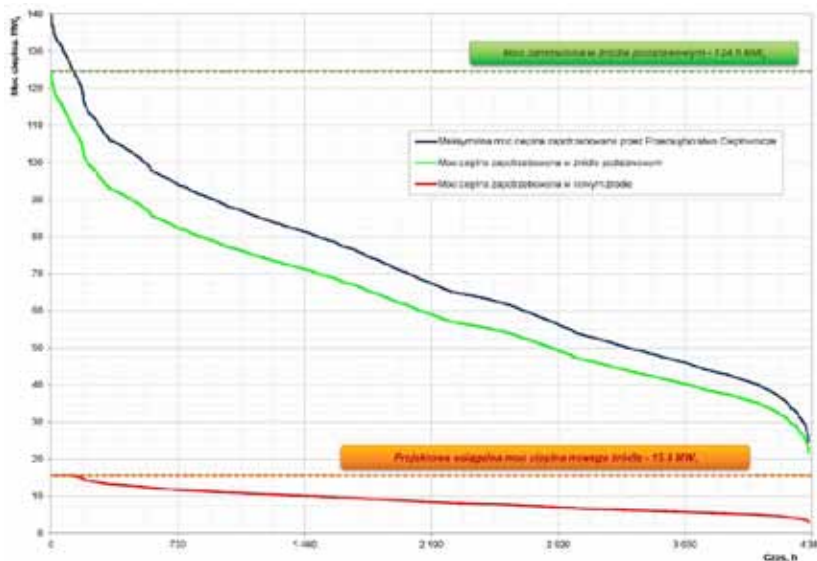
W trakcie analiz okazało się, że wymóg pracy nowego źródła z siecią ciepłowniczą w widełkach temperaturowych wynikających z obowiązującej w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym tabeli regulacyjnej w połączeniu z założoną wydajnością pomp wody sieciowej w nowym źródle skutkuje dość istotnym ograniczeniem zdolności produkcyjnych nowego źródła. Na rysunku 1 zobrazowano wymagania odnośnie strumienia wody sieciowej, na jakim nowe źródło byłoby zdolne doprowadzić do sieci ciepłowniczej nominalną moc cieplną 15.6 MWt. Krzywe zmienności stru-

mienia wody sieciowej przedstawione na wykresie wyznaczono obliczeniowo dla dwóch różnych krzywych, wynikających z tabeli regulacyjnej przypisanych dla bezchmurnej pogody i różnej prędkości wiatru.

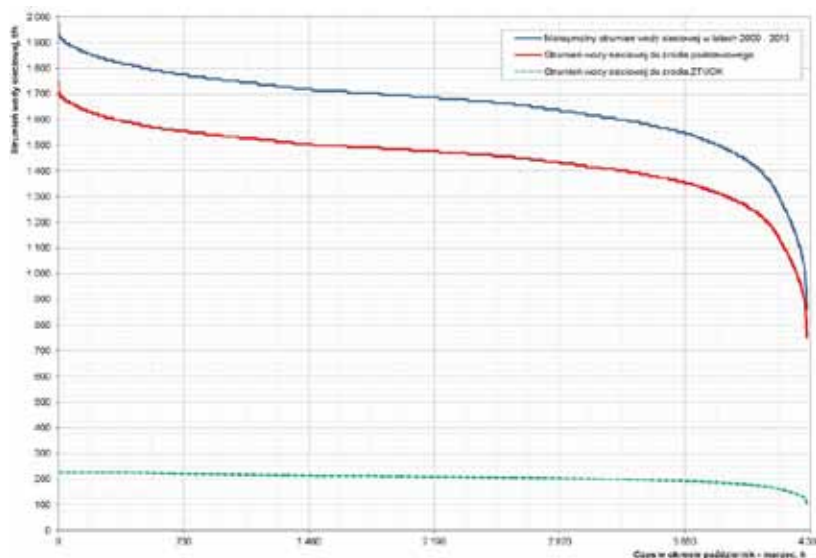
Projektowa wydajność pomp cyrkulacyjnych przewidzianych do zainstalowania w obrębie instalacji wyprowadzenia ciepła w nowym źródle została

dobrana do pracy ze znamionowym strumieniem wody sieciowej obliczonym dla warunków obliczeniowych, czyli w przypadku kiedy temperatura otoczenia będzie wynosić -18°C , a oczekiwana temperatura wody sieciowej na zasilaniu będzie na poziomie 130°C . Takie założenie powoduje brak możliwości pracy nowego źródła z osiągalną mocą cieplną, przy zapewnieniu wymaganych w tabeli regulacyjnej temperatur wody sieciowej na zasilaniu, w sytuacji kiedy temperatury otoczenia będą wyższe niż temperatura obliczeniowa (tzn. -18°C). Wpłyne to na ograniczenie pola pracy nowego źródła w ciągu całego roku kalendarzowego oraz poważnie ograniczy jego zdolności do zwiększenia bezpieczeństwa dostaw ciepła do odbiorców zasilanych z sieci ciepłowniczej.

Uwzględniając powyżej omówione założenie odnośnie maksymalnej wydajności pomp wody sieciowej w nowym źródle, przygotowano wykres obrazujący zmienność mocy cieplnej, jaką nowe źródło będzie w stanie realnie wyprowadzić na sieć, przy założeniu dotrzymywania temperatur wody sieciowej zgodnie z obowiązującą tabelą regulacyjną.



Rys. 3. Wykres uporządkowany mocy cieplnej zapotrzebowanej przez odbiorców w okresie jesienno-zimowym wraz z podziałem obciążeń w podstawowym oraz nowym źródle na podstawie danych dla magistrali zasilającej Konin za lata 2009-2013



Rys. 4. Strumień wody sieciowej do źródeł podstawowego oraz nowego na podstawie danych dla magistrali zasilającej Konin za lata 2009-2013

Przebieg zmienności mocy cieplnej wskazuje, że praca nowego źródła z nominalną mocą cieplną będzie możliwa jedynie przy temperaturach niższych od ok. -15°C . W innych warunkach moc cieplna będzie mniejsza od 15.6 MWt.

Na podstawie udostępnionych przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze historycznych danych eksploatacyjnych przygotowano skróconą wersję wykresów uporządkowanych, które obejmują kolejne tzw. okresy grzewcze od października jednego roku do marca kolejnego. Dla tak przygotowanych danych przedyskutowano warunki współpracy nowego źródła z siecią ciepłowniczą. Dla zaprezentowanych wyników obliczeń założono, że nowe źródło będzie obciążane proporcjonalnie do źródła podstawowego.

Wypłaszczenie krzywej wyznaczonej dla nowego źródła w obszarze największego zapotrzebowania na ciepło wynika z jego osiągalnej mocy cieplnej. Poziom ten stanowi górne ograniczenie dla nowego źródła.

Jak widać proporcjonalny rozdział obciążeń pomiędzy źródłami podstawowym i nowym, w połączeniu z ograniczeniem wynikającym z maksymalnej wydajności pomp wody sieciowej, będzie skutkował pracą nowego źródła

przez większą część roku z mocą cieplną wyraźnie mniejszą niż znamionowa.

Z kolei przebieg krzywej strumienia wody sieciowej wynika z nominalnej wydajności układu pompowego planowanego do zainstalowania w nowym źródle, która to wydajność stanowi górne ograniczenie dla tego układu oraz przyjętego w analizach założenia proporcjonalnego rozdziału obciążeń pomiędzy źródłami.

W związku z powyższym, niezależnie od wymagania pracy obu źródeł zgodnie z jednakową tabelą regulacyjną wydaje się, że już na etapie uzgadniania warunków współpracy źródeł i przyjmowania założeń projektowych dla nowych źródeł o podobnej konfiguracji warto byłoby przeanalizować zasadność zapewnienia szerszego zakresu regulacji wydajności w nowym źródle. Praca nowego źródła z większym strumieniem przekładałaby się na jego zdolność do zapewnienia dostaw ciepła zgodnie z obowiązującą tabelą regulacyjną w szerszym zakresie temperatur otoczenia i realnie zwiększałaby bezpieczeństwo dostaw ciepła do odbiorców w przypadku częściowej lub całkowitej niedyspozycyjności źródła podstawowego.

Argumentem przemawiającym za

podejściem, które pozwoliłoby traktować nowe źródło jako pewniejszy gwarant bezpieczeństwa dostaw ciepła, są również wyniki analiz zmienności zapotrzebowania na moc cieplną w warunkach letnich. Na rysunku 5 zaprezentowano dwa przykładowe przebiegi zmienności.

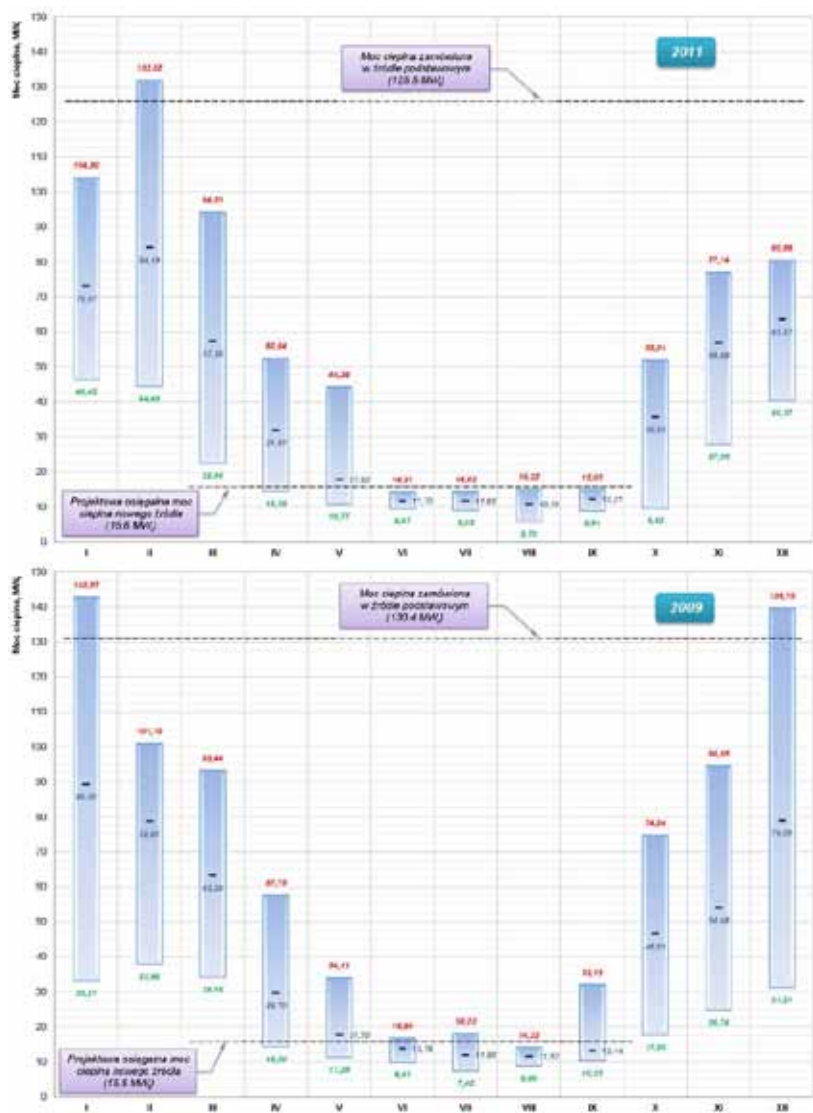
Przedsiębiorstwo Ciepłownicze przyjęło założenie, że nowe źródło będzie przewidziane do pracy na sieć ciepłowniczą jedynie w okresie zimowym. Z wykresów przedstawionych na rysunku 5 wynika, że w okresie letnim nowe źródło byłoby w stanie zapewnić dostawę ciepła do wszystkich odbiorców. Warunkiem koniecznym, który obecnie nie jest przez nowe źródło spełniany, byłaby optymalizacja wydajności układu pomp wody sieciowej, która umożliwiłaby dostawy wody sieciowej o temperaturze wynikającej z obowiązującej tabeli regulacyjnej.

Nawet gdyby nowe źródło nie było przewidziane do pracy ciągłej w warunkach letnich, to odpowiednie zaprojektowanie układu wyprowadzenia mocy cieplnej, który umożliwiłby jego pracę z pełną mocą cieplną i zgodnie z obowiązującą tabelą regulacyjną w warunkach letnich, zapewniłoby 100% rezerwę mocy w przypadku niedyspozycyjności źródła podstawowego w lecie. Zwiększałoby również znacząco rezerwę mocy cieplnej w każdych innych warunkach.

W dalszej części artykułu omówiono wnioski z dotychczasowych analiz pracy dwóch źródeł zasilających sieć ciepłowniczą przy podanych założeniach i ograniczeniach osiągalnej mocy cieplnej, wynikających z założeń projektowych instalacji w nowym źródle.

■ Pogorszenie parametrów nośnika ciepła oraz bezpieczeństwo dostaw ciepła w przypadku awarii jednego ze źródeł

Warunki współpracy źródła podstawowego oraz nowego źródła przeanalizowano



Rys. 5. Zmienność zapotrzebowania na moc cieplną, przez odbiorców w ciągu roku

zapewnienie bezpieczeństwa dostaw ciepła do odbiorców w przypadku postoju (planowego lub wymuszonego) źródła podstawowego.

Różnica w poziomie mocy cieplnej osiągalnej dwóch źródeł przewidzianych do współpracy wskazuje jednoznacznie, że konieczność postoju źródła podstawowego w okresie od października do marca oznaczać będzie przerwę w dostawach ciepła do odbiorców. Nowe źródło nie będzie w stanie samodzielnie zapewnić ciągłości dostaw ciepła w warunkach przejściowych i zimowych. Graficznie sytuacja taka została zaprezentowana na wykresie uporządkowanym przygotowanym dla okresu od października do marca (rys. 6).

Analiza mocy osiągalnych planowanych do wybudowania BGP, kotłów szczytowych oraz nowego źródła na tle mocy zamówionej przez Przedsiębiorstwo Ciepłownicze wskazuje na to, że postój (całkowita niedyspozycyjność) jednego ze źródeł spowoduje ograniczenie dostaw ciepła od 30 do 88% mocy zamówionej. Należy podkreślić, że w sytuacji niedyspozycyjności jednego ze źródeł - aby zminimalizować pogorszenie komfortu cieplnego odbiorców - dostawy ciepła z pozostałych źródeł będą wymagały ich pracy z parametrami niezgodnymi z tabelą regulacyjną. Oczywiście stopień pogorszenia parametrów na sieci będzie przede wszystkim funkcją przebiegu temperatury otoczenia w czasie niedyspozycyjności BGP i okresu postoju BGP, i/lub kotłów szczytowych z racji ich udziału w bilansie mocy cieplnej całego systemu ciepłowniczego Konina.

Z wykresu uporządkowanego wynika, że planowany do wybudowania BGP byłby w stanie samodzielnie zabezpieczyć dostawy ciepła do odbiorców zasilanych w obrębie wysokoparametrowej sieci ciepłowniczej w sprzyjających warunkach atmosferycznych (brak niskich temperatur otoczenia) przez niemal 11 miesięcy w roku.

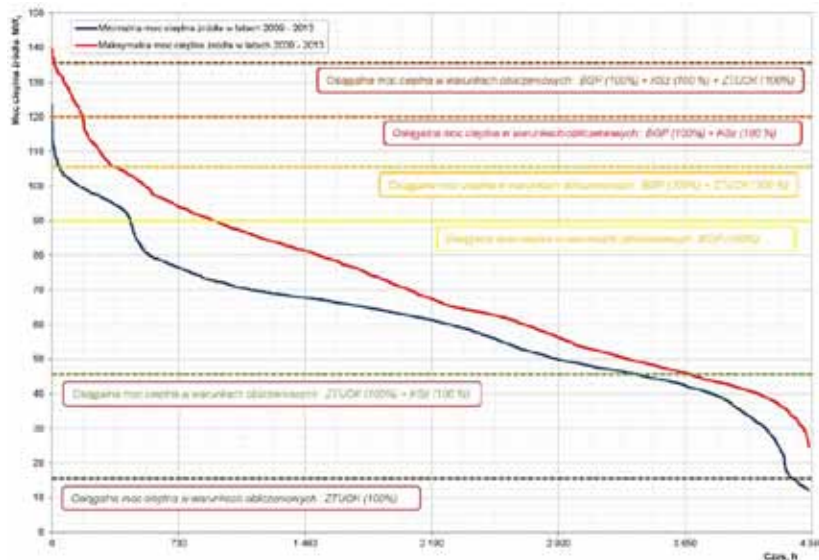
zowano na podstawie udostępnionych danych historycznych oraz założeń projektowych.

Moc cieplna źródła podstawowego wynosi obecnie ok. 130 MWt, a projektowa moc cieplna nowego źródła wyniesie 15.6 MWt, co łącznie da moc cieplną ok. 145.6 MWt w warunkach obliczeniowych (tot = -18°C). Wartość ta przekracza moc cieplną zamówioną przez odbiorców na 2013 r.

Z powyższego porównania widać więc, że warunkiem koniecznym do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw

ciepła do odbiorców ciepła przyłączonych do sieci ciepłowniczej jest praca źródła podstawowego. Ze względu na:

- osiągalną moc cieplną nowego źródła,
- konfigurację układu wyprowadzenia ciepła w nowym źródle,
- wymóg pracy nowego źródła zgodnie z obowiązującą w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym tabelą regulacyjną,
- wymóg pracy nowego źródła w układzie regulacji ilościowo-jakościowej niemożliwe będzie



Rys. 6. Stopień zbilansowania zapotrzebowania na moc ciepłą w okresie zimowym i przejściowym w zależności od dyspozycyjności źródeł

Zakładając współpracę BGP z nowym źródłem (unikamy uruchamiania kotłów szczytowych zwiększających koszty wytwarzania ciepła), można stwierdzić, że współpraca obu tych źródeł pozwoliłaby zabezpieczyć dostawy ciepła przez niemal cały rok, za wyjątkiem dwóch najzimniejszych tygodni.

Z kolei współpraca BGP z kotłami szczytowymi pozwoliłaby na zabezpieczenie dostaw ciepła przez cały rok z wyjątkiem wystąpienia zapotrzebowania na moc ciepłą, przekraczającego 120 MWt, co w ostatnich pięciu latach występowało nie dłużej niż przez 6 kolejnych dni kalendarzowych w styczniu lub lutym.

Wynik analiz, w przypadku kiedy do pracy na sieć będą zdolne tylko pompy wody sieciowej planowane do zabudowy w nowym źródle, a pompy wody sieciowej w źródle podstawowym będą w postoju (planowym lub wymuszonym), wskazuje, że cyrkulacja wody sieciowej będzie możliwa do utrzymania na dość ograniczonym obszarze, którego zasięg jest funkcją warunków otoczenia i mocy cieplnej zapotrzebowanej przez odbiorców. Zmiana (wzrost) temperatury otoczenia powoduje zmniejszenie zapotrzebowania

na ciepło przez odbiorców zasilanych z sieci, co przekłada się na zwiększanie obszaru, na jakim woda sieciowa będzie cyrkulować przy pracy wyłącznie pomp nowego źródła, ale i tak objęcie on wyłącznie osiedla zlokalizowane najbliżej źródła i głównej magistrali. Wtedy będzie miało miejsce odczuwalne pogorszenie komfortu cieplnego u odbiorców na obszarze nieobjętym cyrkulacją wody sieciowej. Pogorszenie komfortu cieplnego zależeć będzie przede wszystkim od temperatury otoczenia oraz czasu niedyspozycyjności źródła podstawowego. Obszary objęte cyrkulacją wody sieciowej w opisanej sytuacji i dla różnych temperatur otoczenia (zaznaczone kolorem obszary należy sumować przy wzroście temperatury otoczenia) przedstawiono na schemacie sieci (rys. 7).

Projektowa wydajność pomp cyrkulacyjnych przewidzianych do zainstalowania w obrębie instalacji wyrowadzenia ciepła nowego źródła została dobrana do pracy ze znamionowym strumieniem wody sieciowej obliczonym dla warunków obliczeniowych, czyli w przypadku kiedy temperatura otoczenia będzie wynosić -18°C , a oczekiwana temperatura wody sie-

ciowej na zasilaniu będzie na poziomie 130°C . Dodatkowo wymóg pracy nowego źródła zgodnie z obowiązującą w Przedsiębiorstwie Ciepłowniczym tabelą regulacyjną, w połączeniu z projektowaną wydajnością pomp cyrkulacyjnych wskazują, że projektowany układ (pompy cyrkulacyjne oraz węzeł cieplny) zawiera ograniczenie górne odnośnie możliwości do wyprowadzenia na sieć mocy cieplnej. Ograniczenie to spowoduje brak możliwości pracy nowego źródła z osiągalną mocą cieplną, przy zapewnieniu wymaganych w tabeli regulacyjnej temperatur wody sieciowej na zasilaniu, w sytuacji kiedy temperatura otoczenia będą wyższe niż temperatura obliczeniowa (tzn. -18°C).

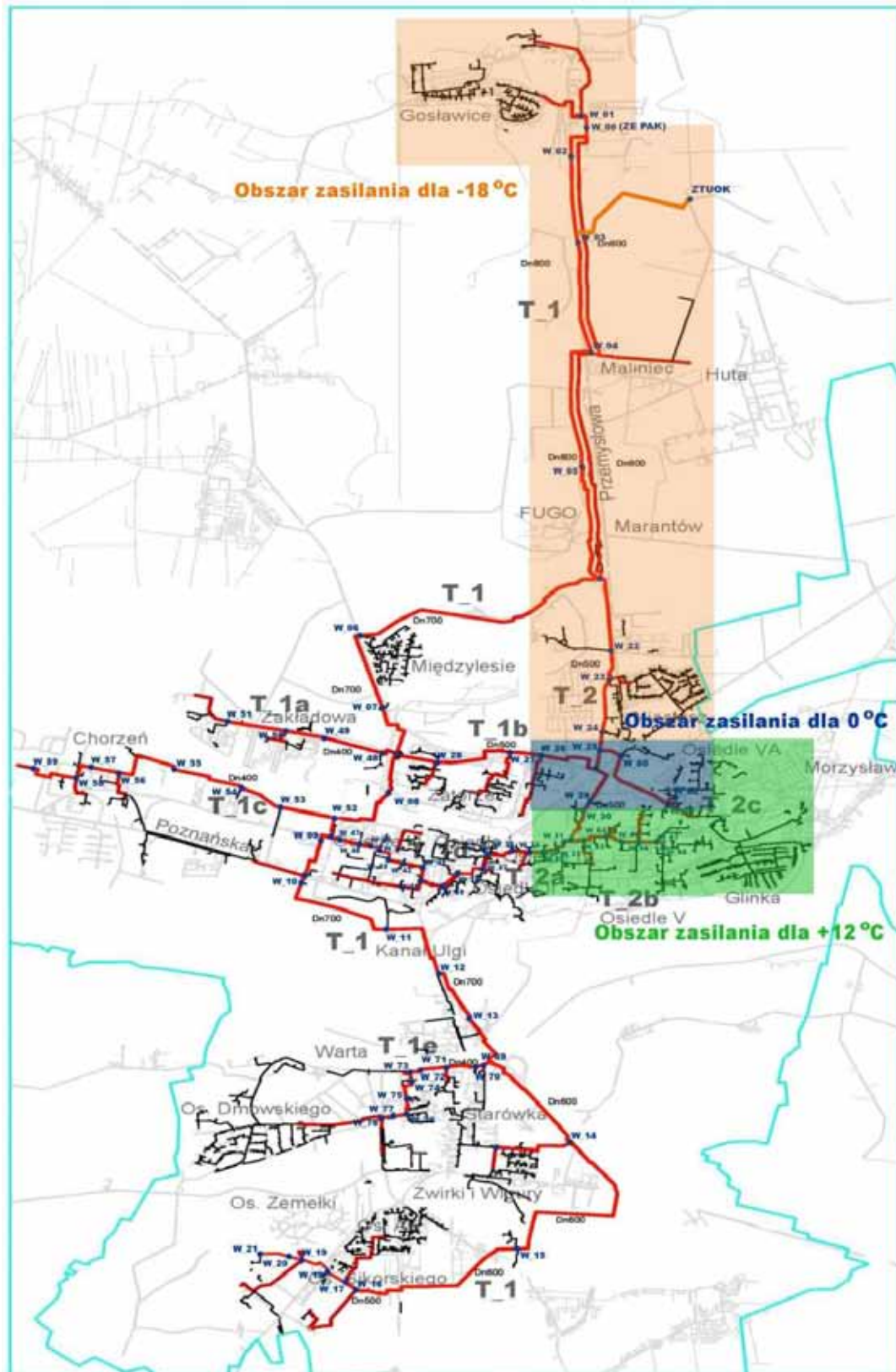
■ Zdolność źródła do pokrycia nadmiernego wzrostu ubytków nośnika

Wydajność instalacji uzupełniania wody w źródle podstawowym z założenia pozwala na pokrycie całego zapotrzebowania na wodę uzupełniającą, jakie występuje na sieci ciepłowniczej. W przypadku modernizacji źródła podstawowego należy przyjąć, że w dalszym ciągu źródło to będzie pracowało w podstawie uzupełniania również ze względu na jego wiodącą rolę w stabilizacji ciśnienia w sieci ciepłowniczej.

W świetle powyższego oraz planowanego okresu współpracy nowego źródła z siecią ciepłowniczą należy stwierdzić, że obowiązek pokrycia ubytków w obrębie ww. sieci ciepłowniczej musi być przypisany do instalacji obecnej lub przyszłej znajdującej się na terenie źródła podstawowego.

■ Wnioski

Na podstawie przytoczonego przykładowo można stwierdzić, że wprowadzenie nowego gracza na lokalny rynek ciepła może być korzystne z punktu widzenia Przedsiębiorstwa Ciepłowniczego, ale z pewnością stanowi mniejsze



Rys. 7. Obszar objęty cyrkulacją wody sieciowej w przypadku postoju pomp wody sieciowej w podstawowym źródle

lub większe (w zależności od spodziewanego udziału w rynku) zagrożenie dla dotychczasowego monopolisty.

W tej sytuacji Przedsiębiorstwo Ciepłownicze, posiadając niezbędną wiedzę w zakresie sieci, odbiorców, planów modernizacji i/lub rozbudowy sieci, powinno wpływać na decyzje o wielkości nowego źródła, jak i precyzyjnie określać warunki, na jakich każde ze źródeł będzie mogło dostarczać ciepło do sieci ciepłowniczej. Warunki odnośnie temperatury, ciśnienia i strumienia nośnika w punkcie rozliczeniowym są istotne, ale omówione powyżej kryzysowe sytuacje występujące podczas eksploatacji sieci również powinny być przedmiotem takich analiz. Na ich podstawie należy wspólnie z dostawcami ciepła - obecnymi i przyszłymi - formułować wnioski oraz uzgodnić sposoby minimalizacji ryzyka braku dostaw ciepła do sieci.

Nowy dostawca ciepła wymusi również zmianę w instrukcjach oraz programach eksploatacji sieci. Warto się przy tej okazji zastanowić, jakie elastyczne formy współpracy każdego ze źródeł wypracować, aby zmniejszyć prawdopodobieństwo lub ograniczyć obszarowo wystąpienie odczuwalnego pogorszenia parametrów nośnika u odbiorców w przypadku awaryjnego wypadnięcia jednego ze źródeł.

Choć uwarunkowania techniczne opisane w artykule jasno wskazują jedno z możliwych rozwiązań pozwalających na zwiększenie bezpieczeństwa i pewności dostaw ciepła do odbiorców w związku z pojawieniem się nowego dostawcy ciepła na lokalnym rynku, to należy mieć na uwadze inne uwarunkowania, które ograniczają pole rozwiązań, jakie Przedsiębiorstwo Ciepłownicze może przejść do realizacji.

Podstawowym argumentem, jaki musi rozważyć Przedsiębiorstwo Ciepłownicze, jest kwestia bezpieczeństwa dostaw ciepła rozumiana jako zdolność do zapewnienia dostaw ciepła przez źródło lub źródła. W przypadku źródła podstawowego jego zdolność do samodzielnej pracy na sieć i pokrycie zapotrzebowania na moc ciepłą za-

mówioną nie podlega w ogóle dyskusji. Tak więc z punktu widzenia źródła podstawowego, które de facto na lokalnym rynku jest monopolistą, pojawienie się każdego innego, nowego producenta/dostawcy ciepła jest niepożądane. Oczywistym jest dążenie dotychczasowego dostawcy do ograniczenia udziału nowego źródła w rynku, a Przedsiębiorstwo Ciepłownicze jest między przysłowiowym młotem i kowadłem.

Przedsiębiorstwo Ciepłownicze jest na ogół spółką miejską (gminną), która realizuje zadanie gmin wynikające z ustawy Prawo energetyczne polegające na zapewnieniu mieszkańcom dostaw m.in. energii elektrycznej, gazu, ciepła, wody, itd. W przypadku powstania zakładu utylizacji odpadów, który często również jest spółką miejską, a dodatkowo z tytułu prowadzonej działalności ma niejako pierwszeństwo w sprzedaży wyprodukowanego ciepła, podstawowe źródło niejako z urzędu zostaje pozbawione części rynku, a na pewno części przychodów na rzecz nowego podmiotu. Z drugiej strony nowe źródło, jeżeli jest nim np. spalarnia odpadów, z założenia nie będzie w stanie samodzielnie pokryć zapotrzebowania na ciepło w warunkach zimowych i tym samym Przedsiębiorstwo Ciepłownicze jest zmuszone do współpracy z dwoma dostawcami ciepła. Rozdział obciążeń, poziom mocy zamówionej w każdym ze źródeł i warunki współpracy obu źródeł są w tej sytuacji kluczowe przede wszystkim z ekonomicznego punktu widzenia i to dla obu producentów/dostawców ciepła. Podstawą opłacalności budowy nowego źródła, zwłaszcza przy wykorzystaniu dopłat z Funduszu Ochrony Środowiska lub środków unijnych, będzie możliwość oddawania do sieci jak największej ilości wyprodukowanego ciepła, co jest sprzeczne z interesem ekonomicznym źródła podstawowego. Decyzje odnośnie remontów, modernizacji lub inwestycji w nowe moce wytwórcze będą bowiem podejmowane w oparciu o przesłanki techniczne, ale ostatecznym argumentem będą przesłanki ekonomiczne.

Wszystkie strony zaangażowane w proces dostaw do sieci i dystrybucji ciepła do odbiorców powinny przeanalizować warunki handlowe zawarte w umowach. Wprawdzie Przedsiębiorstwo Ciepłownicze w osobie nowego dostawcy ciepła zyskuje większą pewność dostaw ciepła, wiąże się to jednak z koniecznością zawarcia z nim wieloletniej umowy na jego odbiór, a to z kolei jest warunkiem opłacalności procesu inwestycyjnego. Dotychczasowy dostawca, któremu nowy podmiot odbierze część przychodów, może w najgorszym przypadku stracić motywację do inwestowania w urządzenia wytwórcze, co w dłuższej perspektywie czasowej odbije się na niezawodności dostaw ciepła lub na zdolności do produkcji ciepła w ogóle. Tak więc trudnym zagadnieniem, nie od strony technicznej, ale właśnie finansowej, pozostanie kwestia mocy zamówionej w źródłach. Wielkość mocy zamówionej będzie dla każdego dostawcy ciepła górną granicą zdolności produkcyjnych źródeł, które jest zmuszony utrzymywać w dobrej kondycji technicznej. Otwartym pozostaje pytanie, w jakim zakresie moc zamówiona powinna być zabezpieczana w obu źródłach jednocześnie. Wymaga to szczegółowych analiz stanu technicznego urządzeń w obu źródłach i spodziewanego poziomu ich dyspozycyjności, a także analizy kosztów stałych związanych z zamawianiem mocy w źródłach.

Jak wynika z przedstawionych wniosków, uzyskanie optymalnego układu mocy w źródłach, sposobu ich współpracy i doboru urządzeń wytwórczych jest zadaniem wielowątkowym i wymagającym precyzyjnego określenia kryteriów uzyskania optimum. Dla każdej z zaangażowanych w projekt Stron takie optimum będzie inne, a dodatkowo, ze względu na rozbieżność interesów, optymalne rozwiązania mogą się wzajemnie wykluczać. □