

ANALIZA PRACY SIECI CIEPLNEJ

za rok 2022

(sporządzana raz na trzy lata)

Podstawa opracowania:

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 stycznia 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych (Dz. U. 07.16.92)

Analizę wykonała:

Natalia Karmelita-Barczyńska

luty – kwiecień 2023

Spis treści

1.	Charakterystyka systemu.....	3
2.	Ocena stanu technicznego sieci i węzłów	5
a)	Określenie stanów awaryjnych.....	5
b)	Określenie stopnia wykorzystania zdolności przesyłowych sieci ciepłych, natężenia przepływów i spadki ciśnienia	5
c)	Określenie schłodzenia.....	6
3.	Ocena.....	7
a)	Ocena „ubytków” nośnika.....	7
b)	Ocena strat ciepła i mocy podczas przesyłania	8
c)	Ocena jakości pracy węzłów ciepłych.....	8
4.	Porównanie kosztów planowanych i rzeczywistych dostarczania ciepła	11
5.	Obliczenie współczynnika niejednoczesności.....	11
6.	Końcowa ocena pracy systemu, wnioski i zalecenia.....	12
7.	Termin następnej analizy.....	12
8.	Wykaz załączników.....	13

1. Charakterystyka systemu

System ciepłowniczy miasta Ustki zasilany jest z jednego centralnego źródła ciepła KR-1:

- Moc zainstalowana w źródle KR-1: 29,08 MW (koncesjonowana)
- Moc zamówiona na dzień 31.12.2022: 29,8268 MW (zasilanie z KR-1), w tym moc zamówiona na potrzeby podgrzania ciepłej wody użytkowej – 6,1788 MW

Długość sieci wysokiego i niskiego parametru (stan na dzień 31.12.2022 r.):

Stan na dzień 31.12.2022 r.					
	Długość sieci [m] niski parametr				
Średnica	preizolowana	tradycyjna	sieć zewnętrzna (2+3)	sieć w budynkach	Razem (4+5)
1	2	3	4	5	6
20	0	0	0	0	0
25	47	0	47	45	92
32	69	0	69	13	82
40	122	0	122	23	145
50	59	14	73	262	335
65	23	56	79	228	307
80	79	0	79	149	228
100	0	25	25	69	94
125	3	0	3	24	27
150	0	92	92	0	92
SUMA	402	187	589	813	1402

Średnica nominalna	Długość sieci [m] wysoki parametr		
	preizolowana	tradycyjna	razem
20	20	81	101
25	2848	265	3113
32	1198	16	1214
40	2082	14	2096
50	2937	136	3073
65	3904	223	4127
80	3145	11	3156
100	3001	315	3316
125	1126	106	1232
150	1707	214	1921
200	523	684	1207
250	48	0	48
300	16	815	831
Suma całkowita	22555	2880	25435

Pojemność zładu liczona jest jako suma pojemności sieci wysokiego i niskiego parametru oraz pojemności instalacji C.O. za węzłami. Pojemność zładu w latach 2020-2022 wynosiła:

Rok	Pojemność zładu [m ³]
2020	794
2021	796
2022	777

W Załączniku Nr 1.7 przedstawiono obliczenia pojemności zładu na dzień 31.12.2022 r.

Ilość węzłów ciepłowniczych przyłączonych do sieci ciepłowniczej: 421 szt., w tym węzłów własnych 140 szt. (129 szt. węzłów indywidualnych oraz 11 szt. węzłów grupowych).

Własnością odbiorców jest 281 węzłów (I grupa taryfowa). Łączna moc zamówiona węzłów w grupie I wynosi 11,4348 MW i stanowi udział ok. 38,34 % w mocy zamówionej (w KR-1) oraz ok. 40,2 % w sprzedaży (dotyczy sprzedaży energii cieplnej [GJ] z KR-1 w 2022 r.).

Sezon grzewczy w roku 2022 pod względem temperatur zewnętrznych był sezonem dość ciepłym. Sezon trwał 252 dni, a średnia temperatura zewnętrzna wynosiła +6,33°C i była wyższa niż w roku 2021. Ilość stopniodni wyniosła 3445, przy średniej pięcioletniej równej 3411 (tabela STD stanowi Załącznik Nr 1.6).

Tabele regulacyjne dla systemu na sezon 2022/2023 dla sieci wysokoparametrowej stanowią Załącznik Nr 1.3, natomiast dla instalacji odbiorców 95/70, 90/70, 80/60°C dołączono w formie Załączników Nr 1.4

2. Ocena stanu technicznego sieci i węzłów

Modernizacja istniejących ciepłociągów przeprowadzana jest sukcesywnie. W miejscach przeprowadzania remontów lub nowych podłączeń istniejącą sieć kanałową zastępuje się siecią preizolowaną z alarmem.

W 2022 r. EMPEC dokonał przebudowy sieci Grunwaldzka 39-41 – 136 m sieci kanałowej zastąpiono 71 m sieci preizolowanej z alarmem. Modernizacja tej sieci będzie kontynuowana w 2023r.

W związku z likwidacją węzła grupowego dostarczającego ciepło do budynków Spółdzielni Mieszkaniowej „Stoczniovec” zlikwidowano ponad 400 mb sieci kanałowej (w tym sieć niskoparametrową czteroprzewodową). Przyłączono do sieci 3 węzły indywidualne za pomocą sieci preizolowanej.

Z uwagi na powyższe można uznać, że stan techniczny sieci ciepłowniczych jest dość dobry.

Wszystkie węzły będące własnością EMPEC są zautomatyzowane. Pracuje w nich automatyka firm Danfoss, TA oraz Siemens. Ogólnie stan techniczny węzłów jest dobry – są one remontowane i serwisowane na bieżąco.

Od roku 2013 rozpoczął się i dalej trwa proces stopniowej zamiany węzłów grupowych na węzły indywidualne z dodatkowym odbiorem ciepłej wody.

a) Określenie stanów awaryjnych

W latach 2020-2022 nie było poważnych awarii na sieci ciepłowniczej oraz w węzłach ciepłych. Odbiorcy nie zgłaszali skarg na niedogrzewania.

b) Określenie stopnia wykorzystania zdolności przesyłowych sieci ciepłych, natężenia przepływów i spadki ciśnienia

Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej „EMPEC” Sp. z o. o. posiada 25,435 km sieci ciepłowniczej wysokoparametrowej, którą odbywa się przesyłanie czynnika grzewczego do węzłów ciepłych.

W roku 2022 kotłownia KR-1 w zależności od warunków atmosferycznych dostarczała czynnik grzewczy o określonej temperaturze (starając się robić to zgodnie z tabelą regulacyjną (Załącznik Nr 1.4) oraz w ilości odpowiedniej dla potrzeb miasta Ustka.

Utrzymywane średnie ciśnienia dyspozycyjne w 2022r. w okresie zimowym (październik – marzec) dla Ustki Zachód to 0,34 MPa oraz dla Ustki Wschód 0,22 MPa, zaś w okresie letnim (kwiecień – wrzesień) dla Ustki Zachód 0,35 MPa oraz dla Ustki Wschód 0,19 MPa. Powyższe wartości ciśnienia pozwoliły na prawidłowy przesył i zaopatrzenie wszystkich węzłów w czynnik grzewczy. Rząd ciśnień stosowanych w KR-1: Z/P = 0,65 MPa / 0,29 MPa (kolumny S, T, U w raportach pracy kotłowni).

Wskaźnik zużycia energii do pompowania w roku 2022 wynosił: $544200 \text{ kWh} / 175027 \text{ GJ} = 3,11 \text{ kWh} / \text{GJ}$ (dot. tylko pomp obiegowych w kotłowni). Ogółem zużycie energii dla potrzeb systemu wyniosło 1250162 kWh (produkcja + pompowanie + węzły), co daje wskaźnik systemowy zużycia energii elektrycznej na jednostkę sprzedanej energii cieplnej równy $7,17 \text{ kWh} / \text{GJ}$.

UWAGA:

Niestety nie posiadamy (nie zbieramy) danych dot. natężenia przepływów i spadków ciśnienia w poszczególnych odcinkach sieci wysokoparametrowej. Węzły grupowe są nieopomiarowane po stronie wysokiego parametru (odbiorcy opomiarowani są w rozdzielniach po stronie niskiego parametru). Brak systemu komputerowego do analizy wszystkich zebranych danych z odczytów liczników ciepła praktycznie uniemożliwia szczegółową analizę rzeczywistego natężenia przepływu i spadków ciśnień. Dane rzeczywistych spadków ciśnień „zbierane” są w miarę potrzeb, np. do wykonania szybkiej analizy (roboczej) wybranej gałęzi sieci ciepłowniczej.

c) Określenie schłodzenia

Wyznaczono schłodzenie dla systemu ciepłowniczego PEC „EMPEC” Ustka. Prezentowane poniżej wartości obliczone zostały na podstawie danych z KR-1 za 2022r. (dołączonych do niniejszego opracowania na płycie CD). Za metodę obliczania schłodzenia przyjęto wyznaczenie różnic pomiędzy temperaturą zasilania, a temperaturą powrotu czynnika z poszczególnych części miasta dla każdego z pomiarów, następnie wyciągnięto średnią miesięczną oraz roczną. W tabeli zamieszczonej poniżej znajdują się wartości średniego miesięcznego schłodzenia dla Ustki Zachód oraz dla Ustki Wschód.

Średnie schłodzenie w roku 2022r. dla całego systemu ciepłowniczego wyniosło $29,42 \text{ }^\circ\text{C}$.

SCHŁODZENIE	ΔT Zachód	ΔT Wschód	ŚREDNIA MIASTO
styczeń	31,16	38,02	34,59
luty	30,69	38,44	34,57
marzec	29,27	37,83	33,55
kwiecień	26,20	33,94	30,07
maj	23,97	34,93	29,45
czerwiec	19,20	28,03	23,61
lipiec	19,09	27,47	23,28
sierpień	18,61	27,13	22,87
wrzesień	20,09	29,74	24,91
październik	23,35	35,22	29,29
listopad	28,03	36,59	32,31
grudzień	31,49	37,56	34,53
ŚREDNIA ROCZNA	25,10	33,74	29,42

3. Ocena

a) Ocena „ubytków” nośnika

Ubytki wody w roku 2022 wyniosły 1307 m³, co stanowi około 168% pojemności zładu (777 m³). Obejmują one oprócz nieszczelności technologicznych również uzupełnianie sieci i instalacji przed sezonem grzewczym oraz napełnianie sieci po jej rozbudowie.

W roku 2022 nie było znaczących awarii na sieci ciepłowniczej.

Ubytki wody rejestrowane w KR-1

<i>Rok</i>	<i>Ilość m³/rok</i>	<i>m³/dobę</i>	<i>m³/h</i>
2020	990	2,70	0,11
2021	1360	3,73	0,16
2022	1307	3,58	0,15

b) Ocena strat ciepła i mocy podczas przesyłania

W przedsiębiorstwie określamy rzeczywiste straty energii na przesyłanie. Dotyczy to strat od „zacisków” kotłowni KR-1 do Odbiorcy. Nie mamy możliwości technicznych analizowania strat energii osobno dla wysokiego oraz osobno dla niskiego parametru.

Ogółem straty w roku 2022 wyniosły 28 783,4 GJ i stanowiły 14,1% produkcji (pomniejszonej o potrzeby własne). Taki poziom strat wynika z sukcesywnego rozrostu sieci ciepłowniczej i małej gęstości odbioru.

Tabele zbiorczą strat energii na przesyłanie umieszczono jako Załącznik Nr 3.1.

Ocenę strat mocy przeprowadza się w sposób teoretyczny dla warunków obliczeniowych, przy pomocy programu obliczeniowego CALIDIUS (2010) i uzupełnionych o obliczenia własne (2011-2022).

Wyniki obliczeń wykorzystywane są do obliczeń przy składaniu wniosków taryfowych oraz przy obliczaniu współczynnika niejednoczesności występowania mocy szczytowej.

Ponieważ we wzorze na współczynnik korzysta się z mocy zamówionej przez Odbiorców (dla warunków obliczeniowych), straty na sieci również muszą być odniesione do takich samych warunków.

W roku 2022, dla istniejącego stanu sieci straty mocy wyniosły dla $T_z = 116\text{ °C}$ oraz $T_p = 74\text{ °C}$:

- Wysoki parametr (z+p) 1,1144 MW
- Niski parametr (obliczenia własne, wskaźnikowe): (z+p) 0,0464 MW

Straty mocy łącznie w 2022 r. wyniosły 1,1608 MW.

Tabele obliczeniowe stanowią Załącznik Nr 3.2

c) Ocena jakości pracy węzłów ciepłych

Wszystkie węzły EMPEC są zautomatyzowane, pracują wg zadanych krzywych grzania, zależnych od temperatury zewnętrznej (95/70, 90/70 lub 80/60°C).

Ponieważ nie ma systemu wizualizacji i sterowania pracą węzłów, codzienny nadzór nad nimi jest utrudniony. Bezpośrednia kontrola pracy węzłów będących własnością Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej „EMPEC” (zwłaszcza węzłów grupowych) następuje raz na tydzień (przy zgłoszeniu odbiorcy dotyczącym choćby jednego lokalu, następuje natychmiastowe sprawdzenie parametrów pracy węzła ciepłego).

Codziennie mamy podgląd na dane zdalnie odczytywane z liczników ciepła (przepływy, temperatury); w ten sposób pośrednio obserwujemy pracę węzłów.

Zdarza się, że na życzenie Odbiorcy w trakcie sezonu zmieniane są „nachylenia” krzywych grzania lub przechodzi się na inne krzywe grzania (dot. to np. zasobów SM Korab, Agencji

Mienia Wojskowego – przykładowo zamówienie parametrów w umowie wynosi 95/70°C, a parametry zmieniane okresowo na życzenie to 90/70°C lub 80/60°C).

Naczelną zasadą naszego przedsiębiorstwa jest dostarczanie energii cieplnej w taki sposób, aby Odbiorca był zadowolony, miał zapewniony odpowiadający jego potrzebom komfort cieplny w ogrzewanych pomieszczeniach i wymaganą temperaturę ciepłej wody użytkowej.

W roku 2022 nie było skarg Odbiorców na nieprawidłową pracę węzłów i niedogrzenia. Żaden węzeł nie uległ poważnej awarii.

d) Dotrzymanie warunków dostarczania i odbioru ciepła

- ***Regulacja hydrauliczna***

Regulacja hydrauliczna węzłów opiera się na nastawach przepływów na zaworach regulacyjnych ręcznych, dodatkowo na odpowiednich nastawach zaworów różnicy ciśnień. Pozostałą regulację przejmują na siebie automatycznie zawory obiegu CO i CWU, reagujące na wielkość poboru ciepła przez Odbiorcę i stosowaną przez niego regulację miejscową (termozawory), do której falowniki dostosowują również pracę pomp obiegowych.

Celem nadrzędnym w węzłach jest osiągnięcie właściwych temperatur nośnika ciepła po stronie instalacyjnej Odbiorcy. W tym celu do węzła cieplnego dostarczany jest czynnik grzewczy w odpowiedniej ilości i o odpowiedniej temperaturze zasilania.

W KR-1 stosuje się regulację ilościowo-jakościową. Rząd ciśnień stosowanych w KR-1 wynosi: Z/P = 0,65 MPa / 0,29 MPa (jest to średnie roczne ciśnienie zasilania i powrotu z 2022 roku).

W roku 2022 średnie roczne ciśnienie dyspozycyjne utrzymywane w KR-1 dla systemu ciepłowniczego, wahało się w zależności od potrzeb od 0,19 do 0,35 MPa. Zróznicowano ciśnienie dyspozycyjne w części wschodniej miasta oraz części zachodniej (wartości opisano w pkt 2.b) niniejszego opracowania).

Na podstawie danych ruchowych KR-1 wykonano wykresy przepływów w roku 2022 (Załącznik Nr 3.3). Widać na nich, że przepływy rzeczywiste zarówno we wschodniej jak i zachodniej części miasta wykazywały odchylenia od przepływów planowanych.

Zmienność (w skali dobowej) potrzeb miasta (Odbiorców, „zamykanie i otwieranie się węzłów cieplnych”) ma odzwierciedlenie w zmienności przepływów w kotłowni.

Dane ruchowe z KR-1 z 2022 roku załączono do opracowania na płycie CD.

- ***Zgodność temperatur z tabelą regulacyjną***

W roku 2022 kotłownia KR-1 pracowała w zakresach temperaturowych czynnika jak w latach ubiegłych 116/74 °C.

Na podstawie danych ruchowych KR-1 wykonano wykresy temperatury zasilania i powrotu w roku 2022 (załączniki nr 3.7). Na wykresach można zauważyć, że temperatura zasilania (czynnik wychodzący z KR-1) nie odbiega znacznie od grafiku. Temperatury powrotu z Ustki Zachód są zawyżone w stosunku do grafiku, natomiast temperatury powrotu z Ustki Wschód są lekko zaniżone w stosunku do grafiku.

Dla większości węzłów (ze względu na niedużą odległość od źródła ciepła) temperatura zasilania może być określana zgodnie z tabelą regulacyjną kotłowni. Tylko najbardziej oddalone (newralgiczne) węzły, na końcówkach sieci wysokoparametrowej powinny mieć w swojej tabeli regulacyjnej temperaturę zasilania obniżoną o co najmniej 10% w stosunku do tabeli regulacyjnej „wyjściowej” dla KR-1, w innym przypadku EMPEC nie zachowa standardów jakościowych wymaganych przepisami.

- ***Przekroczenia mocy zamówionej i obliczeniowego natężenia przepływu***

Ze względu na brak systemu wizualizacji i nadzoru pracy węzłów w roku 2022 niemożliwa była analiza szczegółowa przepływów. Dane z liczników ciepła zbierane są poprzez system AIUT Gliwice.

Na podstawie danych, w przyszłości (ewentualnie) można będzie dokonywać analizy szczegółowej przepływów i temperatur w węzłach ciepłych, w tej chwili odbywa się jedynie archiwizacja danych i tylko w przypadkach jednostkowych służy ona do przeprowadzenia bardziej szczegółowych analiz.

Ponieważ (z przyczyn technicznych i kadrowych) nie jesteśmy w stanie przeprowadzić analizy mocy miesięcznych w okresach rozliczeniowych, dokonujemy takiej analizy raz w roku szacując z sumy pobranej energii cieplnej, ilość energii zużytej na potrzeby CWU (ponieważ często energia cieplna na CO i CWU rozliczane są z jednego licznika). Na podstawie odebranej energii cieplnej w roku 2022, określona została moc wykorzystana przez odbiorców (w przeliczeniu na warunki obliczeniowe).

Odbiorców, którzy przekroczyli moc zamówioną o ponad 10% dotyczyć będzie specjalna wewnętrzna procedura postępowania ostatecznej weryfikacji. Nadal większość odbiorców wykorzystuje moc zamówioną w zakresie 65-80% (po przeliczeniu na warunki obliczeniowe), dlatego należy spodziewać się redukcji mocy zamówionej z ich strony.

Przypadki przekroczenia mocy zamówionej nie wpływają negatywnie na dostawę energii do pozostałych Odbiorców.

Arkusze obliczeniowe zawierający analizę mocy zamówionej stanowią Załącznik Nr 3.9

4. Porównanie kosztów planowanych i rzeczywistych dostarczania ciepła

Porównanie planowanych i rzeczywistych kosztów dostarczania ciepła do odbiorców nie jest możliwe, ze względu na brak planów rocznych w podziale na koszt przesyłu i koszt wytworzenia. Dlatego porównano koszty planowane z rzeczywistymi za 2022 r. w układzie rodzajowym.

Koszt amortyzacji zaplanowano na kwotę 1.072,6 tys. zł, natomiast wykonanie wyniosło 1.077,1 tys. zł. Zużyto materiały eksploatacyjne o wartości w wysokości 140,1 tys. zł, co stanowiło 97,29 % planu.

Materiały remontowe kosztowały firmę 185,7 tys. zł w stosunku do 120 tys. zł zaplanowanych; usługi remontowe wykonano na kwotę 174,9 tys. zł, co stanowiło 81,35 % planu.

Koszt paliw (węgiel, olej, gaz) wyniósł 9.053,2 tys. zł w stosunku do 4.823,1 tys. zł zaplanowanego. Przyczyną odstępstwa od planu były wyższe niż zakładane ceny węgla. Koszt energii elektrycznej wyniósł 736 tys. zł i wykonanie to stanowiło 94,3 % planu. Koszt wody technologicznej wyniósł 25 tys. zł i stanowił 69,06 % zaplanowanych na 2022 r. kosztów.

Fundusz płac zaplanowano na poziomie 3558,9 tys. zł, a wykonanie wyniosło 97,3%. Inne świadczenia na rzecz pracowników wykonano w kwocie 132,2 tys. zł, co stanowiło 87,3 % zaplanowanych kosztów. Podatki i opłaty to koszt 515,1 tys. zł

Koszty działalności operacyjnej w 2022r. ukształtowały się powyżej wielkości planowanych o 3.834,2 tys. zł i wyniosły 21.492,7 tys. zł.

5. Obliczenie współczynnika niejednoczesności

Obliczenia wykonywane są na podstawie danych ruchowych kotłowni KR-1 w przeliczeniu na warunki obliczeniowe (-16 °C). Współczynnik niejednoczesności obliczono metodą uproszczoną polegającą na przeliczeniu mocy oddanej do sieci w określonej temperaturze zewnętrznej do temperatury obliczeniowej. W metodzie tej zakłada się, że moc dla potrzeb ciepłej wody użytkowej również zależy od temperatury zewnętrznej. Takie założenie zawyża współczynnik niejednoczesności w sposób znaczący, co jest korzystne dla Odbiorców ciepła w postępowaniu taryfowym. Wyznaczony powyższą metodą współczynnik wynosi 0,71. W roku 2022 w obliczeniach taryfowych przyjęto współczynnik niejednoczesności na poziomie 0,94.

Opisane wyżej obliczenia zamieszczone są w opracowaniu jako Załącznik Nr 5.1.

6. Końcowa ocena pracy systemu, wnioski i zalecenia

Analizując wnioski i komentarze z poszczególnych rozdziałów można stwierdzić, że system ciepłowniczy funkcjonuje na poziomie zadowalającym. Najważniejszą sprawą jest dotrzymanie standardów jakości i obsługi Odbiorców ciepła przy jednocześnie jak najmniejszych stratach ciepła i nośnika.

Ponieważ Odbiorca samodzielnie określa poziom mocy zamówionej i parametry instalacji centralnego ogrzewania, obowiązkiem naszym jest dostarczenie właściwej ilości ciepła wynikającej z warunków klimatycznych i mocy zamówionej.

Służby eksploatacyjne sieci powinny przed rozpoczęciem każdego sezonu grzewczego sprawdzić i odpowiednio ustawić urządzenia regulujące oraz krzywe grzania na węzłach ciepłych – zgodnie z zamówieniem Odbiorcy.

We wszystkich przypadkach, w których nastąpiły przekroczenia mocy zamówionej (arkusz roczny) należy w sposób szczególny sprawdzać pracę węzłów ciepłych, jakość i ilość dostarczanego czynnika, pracę urządzeń (w tym liczników ciepła) oraz należy archiwizować dane z liczników z przeznaczeniem do dalszych analiz.

Do sprawdzenia dotrzymania standardów jakościowych u Odbiorcy konieczny jest pełen komplet danych archiwalnych zarówno w kotłowni KR-1, jak i ze zdalnego odczytu liczników. System odczytu i archiwizacji danych powinien działać niezawodnie.

Ponieważ istniało zagrożenie niedotrzymania odpowiednich przepływów oraz ciśnień dyspozycyjnych dla niektórych budynków, w KR-1 przygotowano dodatkową przepompownię dla Ustki Zachodniej. Jednakże nie było jeszcze konieczności jej uruchamiania.

7. Termin następnej analizy

Termin następnej analizy: **do dnia 31 sierpnia 2026** (za rok 2025)

8. Wykaz załączników

- 1.1 Schemat kotłowni KR-1
- 1.2 Plan miasta z siecią ciepłowniczą
- 1.3 Grafiki kotłowni
- 1.4 Tabele regulacyjne:
 - 1.4.1 95/70
 - 1.4.2 90/70
 - 1.4.3 80/60
- 1.5 Tabela Odbiorców
- 1.6 Tabela stopniodni (STD)
- 1.7 Obliczenia pojemności zładu

- 3.1 Zestawienie strat energii
- 3.2 Obliczenia strat mocy
- 3.3 Wykresy przepływów
- 3.4 Wykres uporządkowany
- 3.5 Wykres uporządkowany lato
- 3.6 Wykres rzeczywisty mocy lato
- 3.7 Wykresy temperatur zasilania i powrotu
- 3.9 Analiza mocy zamówionej

- 5.1 Obliczenia współczynnika niejednoczesności