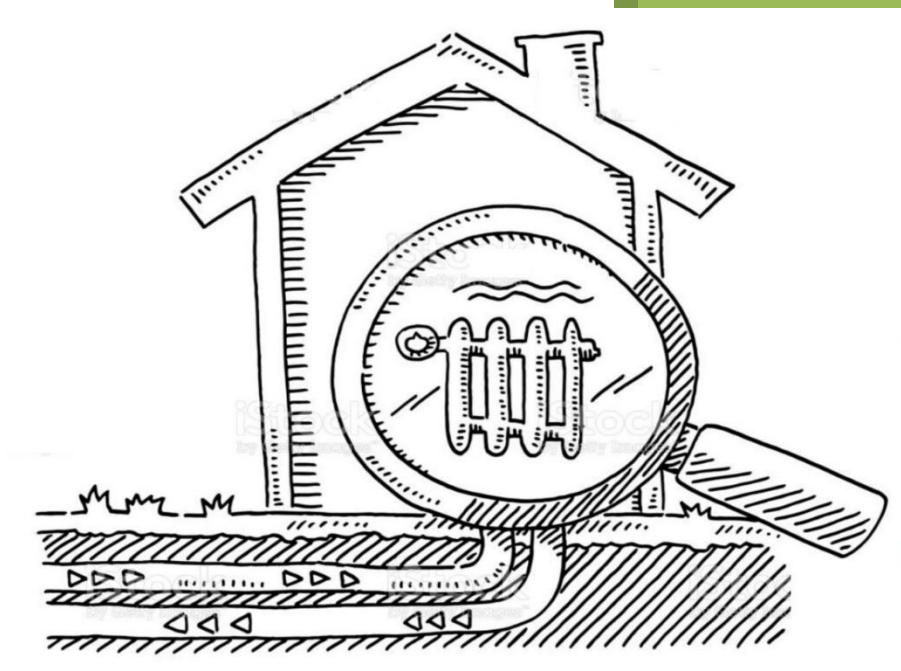


Audyt sieci ciepłowniczej w przedsiębiorstwie ciepłowniczym
PEC Gniezno (audyt ex ante)



2023



ENERGO SKANER

Michał Rynkowski

2023-04-14

1	Wstęp – podstawa i zakres opracowania.....	4
2	Opis techniczny istniejącej infrastruktury energetycznej.....	6
2.1	Źródła ciepła	6
2.2	Sieć ciepłownicza	7
2.2.1	Prowadzenie sieci ciepłowniczej	11
2.2.2	Straty ciepła w sieci ciepłowniczej	20
2.3	Węzły cieplne.....	24
2.3.1	Regulatory pogodowe	24
2.3.2	Przetworniki ciśnienia	26
2.3.3	Liczniki ciepła	27
2.3.4	Wodomierze	29
2.3.5	Uzupełnianie wody w instalacji	30
2.4	Analiza stanu aktualnego systemu SCADA i obsługi urządzeń	31
2.4.1	System wizualizacji i sterowania	31
2.4.2	Odczyt danych z liczników ciepła i wodomierzy	33
2.4.3	Alarmy z sieci preizolowanej	34
2.5	Wnioski i rekomendacje z analizy.....	35
2.5.1	Przygotowanie wyposażenia węzłów cieplnych do wdrożenia systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą.....	36
2.5.1.1	Wymiana regulatorów pogodowych.....	36
2.5.1.2	Wymiana liczników ciepła	37
2.5.1.3	Instalacja modułów komunikacyjnych do liczników ciepła.....	38
2.5.1.4	Instalacja przetworników ciśnienia	39
2.5.1.5	Wodomierze.....	40
2.5.1.6	Układy automatycznego uzupełniania instalacji	41
2.5.1.7	Komory z zaworami/klapami odcinającymi.....	41
2.5.1.8	Wykaz zadań w zakresie telemetrii	41
2.6	Wypełnienie kryterium efektywnego systemu ciepłowniczego	43
3	Analiza hydrauliczna systemu ciepłowniczego w Gnieźnie (analiza techniczna i technologiczna)	44
3.1	Założenia do obliczeń.....	44
3.2	Opis metodyki obliczeń.....	45
3.3	Wyniki analizy hydraulicznej dla stanu istniejącego	45

3.3.1	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla 5°C	45
3.3.2	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla 0°C	50
3.3.3	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -3°C (połowa mocy obliczeniowej)	54
3.3.4	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla -5°C	59
3.3.5	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C (moc obliczeniowa)	64
3.3.6	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -5°C (Zasilanie tylko z C13 69	69
3.3.7	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla lata (Zasilanie tylko z C14 76	76
3.4	Obliczenia dla propozycji poprawy efektywności – nowe SPC	81
3.4.1	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego oraz ul. Strumykowej	81
3.4.2	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego	87
3.4.3	Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego oraz magistrali wyjściowej z C-14	92
3.4.4	Schematy technologiczne nowych przepompowni (Zabłockiego i Strumykowa)	97
3.5	Wnioski z analizy hydraulicznej.....	99
3.6	Nakłady, efekt rzeczowy i ekologiczny dla poszczególnych wariantów	102
3.6.1	Metodyka obliczeniowa dla udokumentowania efektów ekologicznych	102
3.6.2	Wariant I	102
3.6.2.1	Planowany efekt rzeczowy	103
3.6.2.2	Planowany efekt ekologiczny	103
3.6.2.3	Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady	103
3.6.3	Wariant II	105
3.6.3.1	Planowany efekt rzeczowy	105
3.6.3.2	Planowany efekt ekologiczny	105
3.6.3.3	Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady	105
3.6.4	Wariant III	107
3.6.4.1	Planowany efekt rzeczowy	107
3.6.4.2	Planowany efekt ekologiczny	107
3.6.4.3	Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady	107
3.6.5	Wskaźniki jednostkowe dla rozpatrywanych wariantów	109
4	Oczekiwania od systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą.....	110

4.1	Oczekiwania użytkowników od nowego systemu	110
4.2	Role użytkowników w nowym systemie	114
4.3	Limitacja funkcji nowego systemu (co jest nie wymagane)	114
4.4	Rekomendacje do wyboru systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą	115
4.4.1	Kluczowe cechy systemu	115
4.4.1.1	Łatwość obsługi	115
4.4.1.2	Bezpieczeństwo systemu	115
4.4.1.3	Otwartość na rozbudowę	116
4.4.1.4	Dostępność	116
4.4.1.5	Adekwatność technologii transmisji danych	116
4.5	Strategia wdrożenia systemu	117
4.6	Korzyści z wdrożenia systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą	118
4.7	Zalecane działania eksploatacyjne wykorzystujące zdigitalizowany system ciepłowniczy	119
4.7.1	Działania w zakresie telemetrii	119
4.7.2	Działania w zakresie prowadzenia systemu ciepłowniczego	120
5	Podsumowanie	121
6	Spis tabel	124
7	Spis rysunków	126
8	Spis wykresów	128

Spis treści

1 Wstęp – podstawa i zakres opracowania

Niniejszy audyt systemu ciepłowniczego PEC Gniezno został opracowany w celu określenia zakresu możliwych działań w zakresie digitalizacji sieci ciepłowniczej, określeniu ich optymalnego zakresu i niezbędnych nakładów. Audyt zawiera:

- ✓ opis i inwentaryzację elementów sieci ciepłowniczej wskazanej do digitalizacji
- ✓ informację o statusie efektywnego systemu ciepłowniczego oraz informację, czy przed digitalizacją wskazany system spełnia kryteria "efektywnego systemu ciepłowniczego"
- ✓ wskazanie elementów systemu ciepłowniczego do objęcia digitalizacją
- ✓ uzasadnienie celowości digitalizacji wskazanych elementów systemu ciepłowniczego
- ✓ wariantowa analiza możliwości poprawy efektywności energetycznej systemu ciepłowniczego poprzez jego digitalizację
- ✓ wskazanie zalecanych działań eksploatacyjnych wykorzystujących zdigitalizowany system ciepłowniczy niezbędnych dla uzyskania oszczędności energii z podziałem na pierwotną i końcową
- ✓ zebranie miesięcznych danych roku odniesienia wg Metodyki Programu Priorytetowego "digitalizacja sieci ciepłowniczej"

Paliwem wykorzystywanym w dwóch źródłach pracujących na system ciepłowniczy PEC Gniezno jest miał węglowy. Jest to system promieniowo-pierścieniowy z jedną stacją podnoszenia ciśnień. Regulacja temperatury wyjściowej z ciepłowni oraz wysokości podnoszenia pomp realizowana jest przez obsługę ciepłowni w oparciu o wiedzę i doświadczenie w zależności od warunków pogodowych (temperatury zewnętrznej) oraz ciśnień dyspozycyjnych w wybranych węzłach krytycznych (7 węzłów), dla których istnieje ciągły podgląd w systemie telemetrycznym.

Istniejący w PEC Gniezno system telemetryczny TelWin pobiera dane z urządzeń pomiarowych znajdujących się tylko w 14 węzłach cieplnych. Zbierane są dane z urządzeń takich jak regulatory, ciepłomierze, wodomierze, przetworniki ciśnienia i przesyłane do systemu za pomocą koncentratorów telemetrycznych. Zgromadzone dane zostają wysłane do stacji operatorskiej zlokalizowanej w ciepłowniach C-13 i C-14.

W docelowym systemie zdigitalizowanej sieci do systemu telemetrycznego powinny być włączone wszystkie węzły, ciepłownie oraz stacje podnoszenia ciśnień.

W systemie tym odebrane informacje będą przetwarzane, generowane będą raporty i w trybie ciągłym monitorowany stan systemu ciepłowniczego. Proces ten pozwala zastąpić pracę operatorów przy zbieraniu danych w celach bilingowych, oszczędzając czas pracy i koszt dojazdu ekip odczytowych do odczytu urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych. Dodatkowo, unika się błędnego przepisania wartości, a pomiary zapisywane są od razu w formie cyfrowej pozwalającej na szybsze fakturowanie.

Codziennie zbieranie danych z liczników umożliwi wykrycie większych zmian w poborze ciepła, obrazując kiedy wzrosło zużycie, co może być niezwykle użyteczne w przypadku reklamacji od klientów. Częstszy odczyt wartości z ciepłomierzy to również możliwość dopasowania pracy ciepłowni do aktualnego zapotrzebowania na ciepło, co wiąże się z lepszym zaspokojeniem potrzeb odbiorców (wzrostem sprzedaży).

Ważnym aspektem digitalizacji sieci ciepłowniczej są alarmy, powiadamiające o odchyleniach od normy i stanach awaryjnych, co umożliwi szybką reakcję operatorów na sytuacje krytyczne. Dostęp do danych historycznych z pracy sieci jest kluczowy przy analizie pracy sieci ciepłowniczej, pozwalając na optymalizację parametrów jej pracy. Warto również wspomnieć o szeregu zabezpieczeń, takich jak autoryzacja zmian nastaw regulatorów, kontrola wejść do węzła czy historia potwierdzeń alarmów. Tego typu funkcje systemu inteligentnej sieci ciepłowniczej zapobiegają samowolnym zmianom nastaw w urządzeniach dokonywanych przez odbiorców, co przekłada się na zmniejszenie odsetka kradzieży, lepszą pracę sieci oraz pewność, że Przedsiębiorstwo ciepłownicze, ma pełną kontrolę nad działaniami w węzłach cieplnych i podgląd aktualnych parametrów pracy węzłów.

W zakresie telemechaniki sieci ciepłowniczej PEC Gniezno posiada aktualnie jedną stację podnoszenia ciśnień (SPC Sobieskiego), której zadaniem jest zapewnienie możliwości dostawy ciepła w całym systemie ciepłowniczym i obniżanie sumarycznego zużycia energii pompowania.

Wdrożenie systemu telemetrii i telemechaniki w ramach digitalizacji sieci ma na celu redukcję kosztów utrzymania sieci ciepłowniczej, zapewnienie dostarczenia odpowiedniej ilości ciepła do odbiorców, co przełoży się na wzrost sprzedaży, a także usprawnienie procesu bilingowania poprzez odczyt wartości pobranego ciepła i zużytej wody w czasie rzeczywistym. Dodatkowo nadzór nad procesem dystrybucji ciepła odbywa się z jednego miejsca, co znacznie ułatwia pracę operatorom sieci, przyspiesza reakcje na awarie, obniża koszty napraw i umożliwia monitoring stanu urządzeń.

Efektem końcowym niniejszego audytu systemu ciepłowniczego jest wybór odpowiedniego narzędzia zapewniającego oczekiwany rozwój systemu telemetrii i automatyzacji odczytu

urządzeń z węzłów oraz określenie niezbędnych modernizacji sieci ciepłowniczej w zakresie telemechaniki, budowy nowych stacji podnoszenia ciśnień (SPC), modernizacji węzłów ciepłych oraz montażu systemów alarmowych dla rurociągów preizolowanych.

2 Opis techniczny istniejącej infrastruktury energetycznej

2.1 Źródła ciepła

System ciepłowniczy miasta Gniezno jest zasilany w ciepło pochodzące z 2 ciepłowni opalanych miałem węglowym o łącznej mocy 87,225 MW.

Wytwarzanie ciepła odbywa się w dwóch ciepłowniach należących do Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej w Gnieźnie Sp. z o.o.:

1. Ciepłownia C-13 - ciepłownia wyposażona jest w następujące kotły:

- kocioł wodny WR-25M (moc cieplna 29,075 MW),
- kocioł wodny WR-5 (moc cieplna 5,815 MW),
- kocioł wodny WLM-5 (moc cieplna 5,815 MW),
- 3 szt. kotłów wodnych WR-10M (moc cieplna 11,63 MW każdy),

Ciepłownia C-13 jest w dobrym stanie technicznym.

2. Ciepłownia C-14 - ciepłownia wyposażona jest w:

- kocioł wodny WR-10 (moc cieplna 11,63 MW),

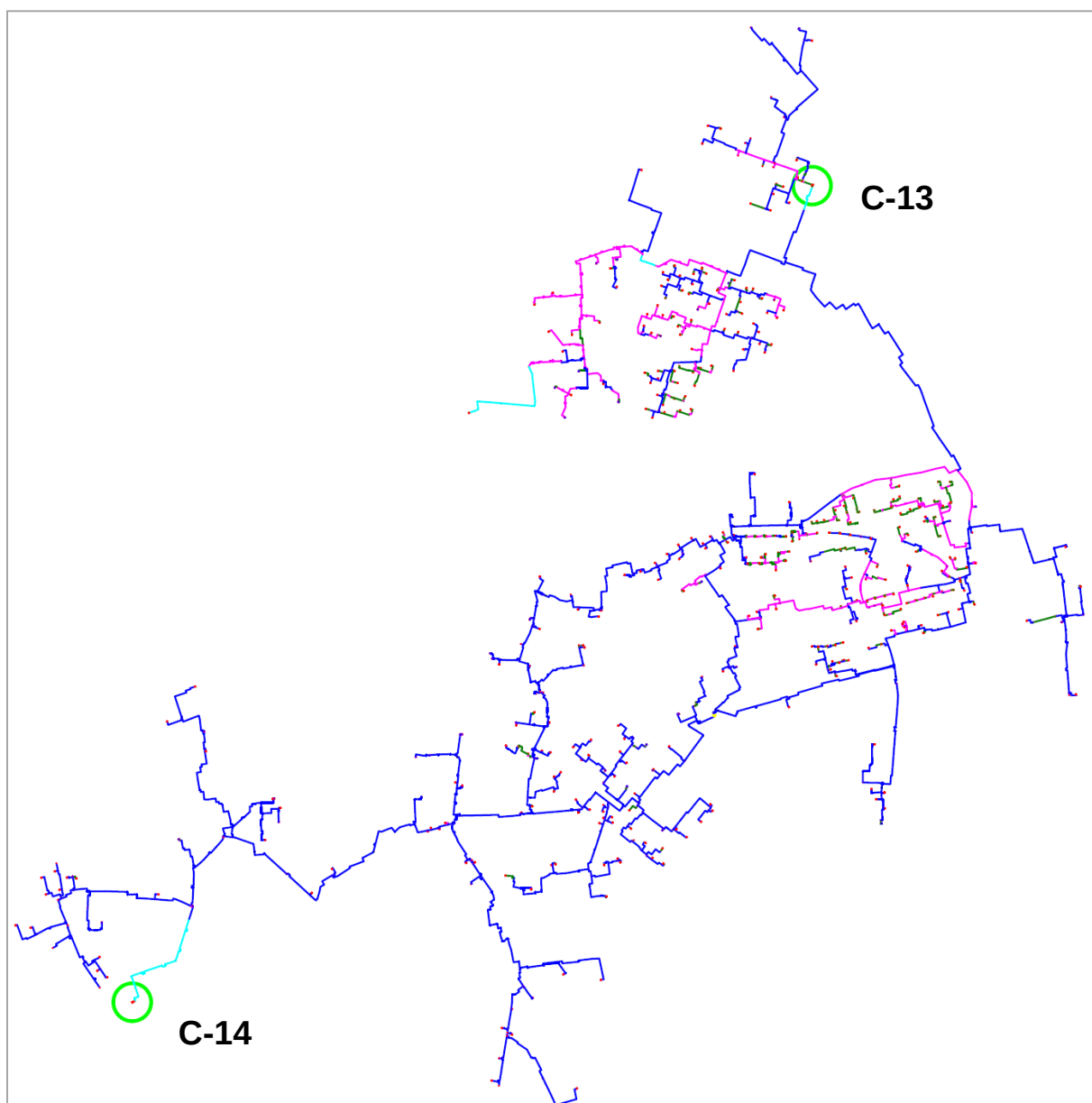
Ciepłownia wymaga przeprowadzenia działań remontowych kotła celem zapewnienia wieloletniej bezawaryjnej dostawy ciepła.

2.2 Sieć ciepłownicza

System ciepłowniczy miasta Gniezno posiada sieć ciepłowniczą o łącznej długości ok. 51,95 km. Sieć ta jest siecią promieniowo-pierścieniową zasilaną z 2 niezależnych źródeł - ciepłowni węglowych (C-13 i C-14).

Ponadto w systemie ciepłowniczym istnieje stacja podnoszenia ciśnień, przy ul. Sobieskiego.

Stacja ta ma zainstalowane 3 pompy Wilo typ IL-e80/200-22/2 zamontowane na rurociągu powrotnym. Układ technologiczny SPC Sobieskiego umożliwia pracę rewersyjną (zmianę kierunku tłoczenia w zależności czy pracuje ciepłownia C-13, czy obie ciepłownie).



Rysunek 1 Schemat sieci ciepłowniczej wraz z zaznaczonymi źródłami ciepła

Największa średnica sieci ciepłowniczej wynosi DN 500 mm. Jest to odcinek napowietrznej magistrali wyjściowej ze źródła ciepła C14 o długości ok. 320 m (do komory K-69). Magistrala ciepłownicza w kierunku źródła C13 przebiega w kierunku północno-wschodnim. Jest to ciepłociąg o średnicy DN 200. W podstawowym układzie pracy sieci ciepłowniczej oba źródła tj. C-13 i C-14 działają na wspólną sieć.

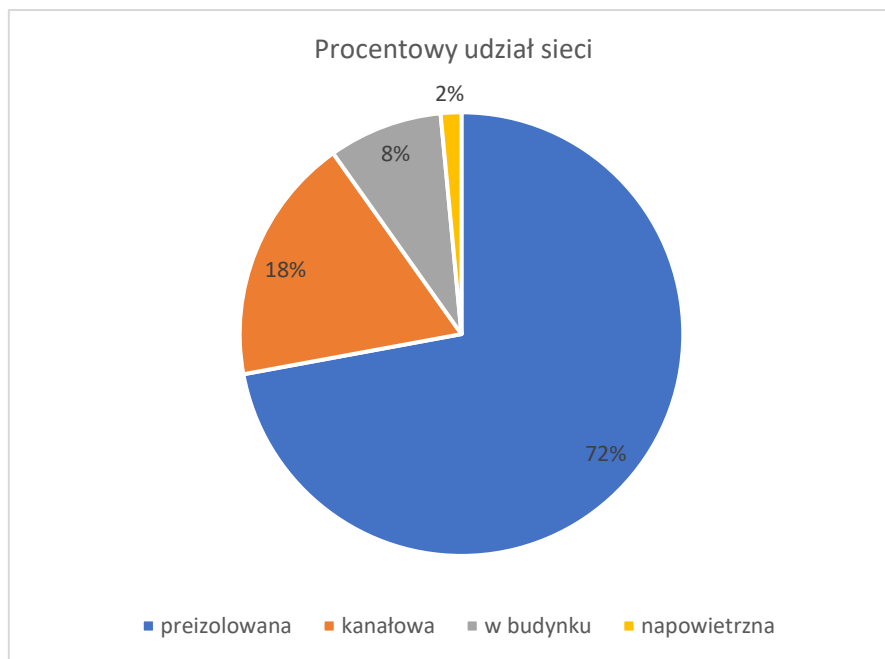
W centralnej części systemu ciepłowniczego (centrum miasta) sieć ciepłownicza ma charakter pierścieniowy. Taka budowa sieci ciepłowniczej jest niewątpliwym atutem w przypadku wystąpienia awarii związanej z koniecznością wyłączenia z ruchu danego odcinka sieci ciepłowniczej lub jednego ze źródeł ciepła. Wiąże się to jednak zazwyczaj z większą długością sieci w systemie ciepłowniczym, niż w przypadku sieci promieniowej, zwiększając udział strat przesyłu ciepła.

Cała sieć ciepłownicza stanowiąca własność Przedsiębiorstwa w większości jest wykonana w technologii preizolowanej (około 72% całej sieci). W technologii kanałowej pozostało około 18% sieci. Jest to sieć podziemna z wyjątkiem fragmentów sieci tradycyjnej w budynkach co stanowi około 8% całości oraz około 760 m (2%) sieci napowietrznej.

Poniżej przedstawiono procentowy udział sieci ciepłowniczej wysokoparametrowej wg typu sieci.

Tabela 1 Zestawienie sieci wysokoparametrowych wg typu sieci

Sieci ciepłownicze wg typów [m]					
	Preizolowana	Kanałowa	W budynku	Napowietrzna	Suma
Magistrala	7276,1	2591,9	77,1	762,4	10707,5
Rozdzielcza	18166,1	3820,7	1174,7		23161,5
Przyłącza	11068,3	2741,1	2960,2		16769,6
Suma	36510,5	9153,7	4212,0	762,4	50638,6
Udział [%]	72%	18%	8%	2%	100%



Wykres 1 Przedstawienie procentowego udziału poszczególnych typów sieci

Poniżej przedstawiono zbiorcze zestawienie średnic i długości sieci ciepłowniczych

Najmniejsza średnica trasy rozdzielczej wynosi DN 25, najmniejsza średnica sieci magistralnej wynosi DN 100.

Tabela 2 Zbiorcze zestawienie sieci ciepłowniczej

Zbiorcze zestawienie sieci wysokoparametrowych			
Średnica nominalna DN [mm]	Rodzaj trasy	Długość [m]	Pojemność [m ³]
20	PREIZOLOWANA	19,0	0,01
25	PREIZOLOWANA	113,7	0,1
	TRADYCYJNA	199,6	0,3
32	PREIZOLOWANA	544,4	1,2
	TRADYCYJNA	260,1	0,6
40	PREIZOLOWANA	1411,0	4,1
	TRADYCYJNA	726,6	2,1
50	PREIZOLOWANA	2762,9	12,9
	TRADYCYJNA	1097,1	5,1
65	PREIZOLOWANA	4224,4	32,8
	TRADYCYJNA	2200,3	17,1
80	PREIZOLOWANA	3717,2	39,8
	TRADYCYJNA	1454,0	15,6
100	PREIZOLOWANA	4640,6	83,6
	TRADYCYJNA	1810,9	32,6
125	PREIZOLOWANA	3137,2	86,5
	TRADYCYJNA	1351,6	36,8
150	PREIZOLOWANA	5297,8	213,8
	TRADYCYJNA	1331,7	53,1
200	PREIZOLOWANA	6636,0	460,1
	TRADYCYJNA	956,0	64,0
250	PREIZOLOWANA	812,2	88,2
	TRADYCYJNA	574,0	61,1
300	PREIZOLOWANA	1425,9	219,0
	TRADYCYJNA	1639,0	246,9
350	PREIZOLOWANA	1385,0	258,0
	TRADYCYJNA	196,4	35,6
450	PREIZOLOWANA	235,0	72,9
	TRADYCYJNA	124,0	37,2
500	TRADYCYJNA	355,0	131,7
Razem		50 638,60	2 313,17

Nośnikiem ciepła w miejskiej sieci ciepłownej jest woda o temperaturze 125°C/70°C przy równoczesnej pracy ciepłowni C-13 i C-14 na wspólną sieć lub 130°C/80°C w trybie pracy tylko ciepłownią C-13 na całą sieć. Regulacja systemu ciepłowniczego jest ilościowo-jakościowa tzn. polega na zmiennym przepływie czynnika grzewczego i zmiennych temperaturach regulowanych na podstawie „Tabeli regulacyjnej temperatury wody sieciowej”. Ciepło dostarczane jest do odbiorców na potrzeby centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej jak również potrzeb technologicznych.

Sieć ciepłownicza jest regulowana według wyznaczonych węzłów krytycznych. To w tych węzłach szczególnie istotny jest monitoring parametrów takich jak ciśnienia i temperatury.

Tabela 3 Węzły krytyczne od których regulowana jest sieć ciepłownicza miasta Gniezno

Źródło zasilania	Nr węzła	Adres	Czy jest obecnie w wizualizacji	Komunikacja
Zasilanie z ciepłowni C-13	W170	Ul. Słowackiego 11	Tak	Dwukierunkowa
	W309	Ul. Orzeszkowej 29E	Tak	Dwukierunkowa
	W374	Ul. Czarneckiego 7	Tak	Dwukierunkowa
	W390	Ul. Witkowska 26	Tak	Dwukierunkowa
	W397	Ul. Wrzesińska 30	Nie	Jednokierunkowa
Praca ciepłowni C-13 i C-14 na wspólną sieć	W170	Ul. Słowackiego 11	Tak	Dwukierunkowa
Zasilanie z ciepłowni C-14	W098	Ul. Wł. Łokietka 15	Tak	Jednokierunkowa
	W351	Ul. Fabryczna 7 (ZOM)	Tak	Dwukierunkowa
		Przepompownia sieciowa ul. Sobieskiego	Tak	Dwukierunkowa

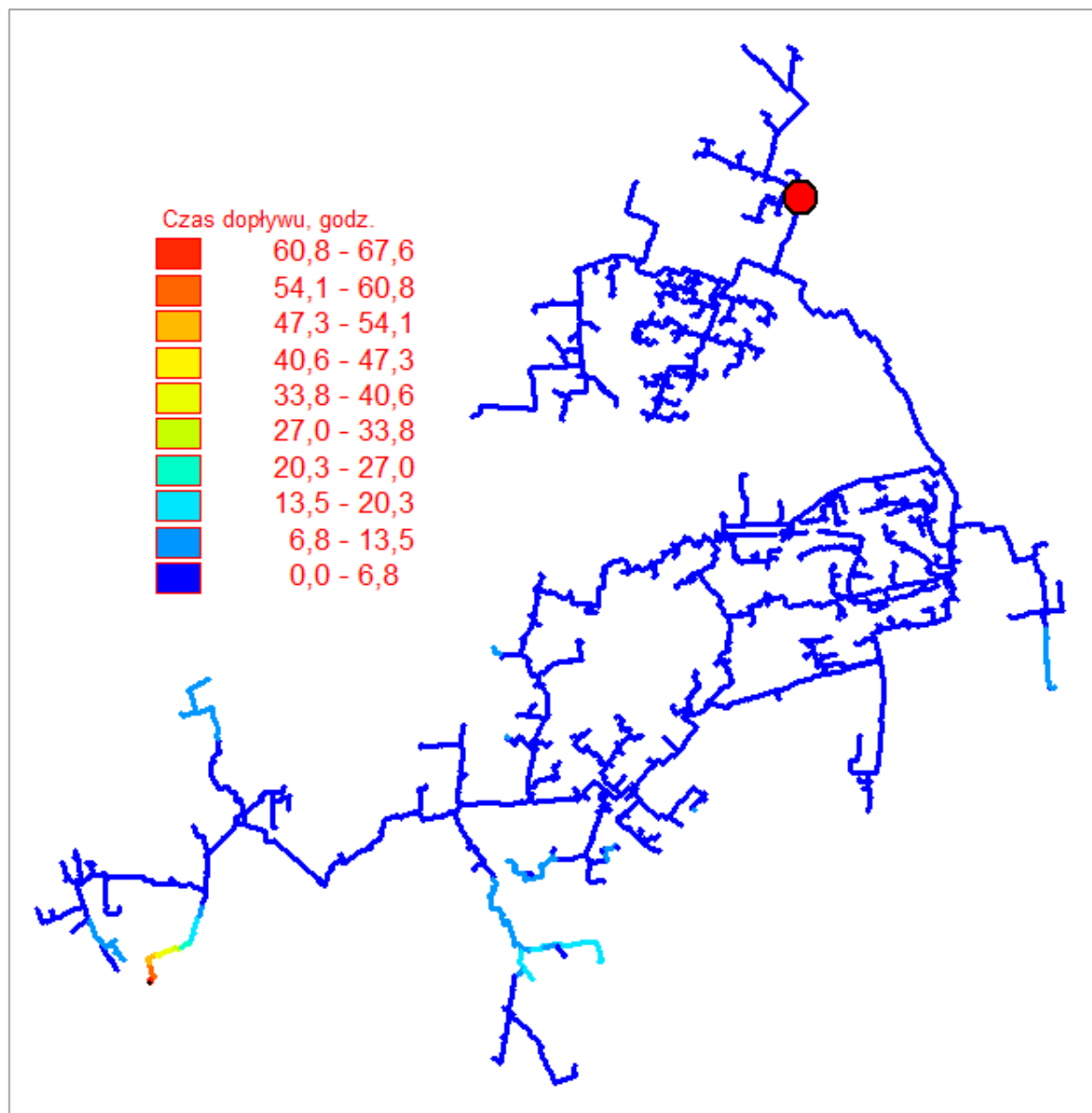
2.2.1 Prowadzenie sieci ciepłowniczej

System ciepłowniczy Gniezna może być zasilany w okresie grzewczym z obu źródeł ciepła (C-13 i C-14) pracujących na wspólną sieć lub tylko ze źródła C-13. W przypadku pracy w okresie grzewczym tylko źródła C-13 uruchamiana jest SPC Sobieskiego. Może ona być sterowana lokalnie lub zdalnie przez operatora ciepłowni C-13 z wykorzystaniem istniejącego systemu TelWin.

Natomiast w okresie lata zapotrzebowanie na dostawę ciepła realizowane jest w pierwszej kolejności przez źródło C-14. W przypadku awarii tej ciepłowni zasilanie zapewnia ciepłownia C-13.

Podczas prowadzenia sieci ciepłowniczej w Gnieźnie stosuje się regulację mieszaną jakościowo-ilościową. Regulacja jakościowa to utrzymywanie na wyjściu ze źródła temperatury stosownej do panującej temperatury zewnętrznej zgodnie z prognozowanym zapotrzebowaniem (tabelą regulacyjną) i ciśnienia do (1MPa). Wielkość przepływu nośnika na sieci jest zmienna i wynika z aktualnego zapotrzebowania odbiorców na ciepło wynikającego z pracy regulatorów pogodowych c.o. i stałotemperaturowych c.w.u. w węzłach z uwzględnieniem przesunięcia czasowego między wyjściem nośnika ze źródła, a jego dotarciem do odbiorcy. Taki sposób prowadzenia sieci nie jest optymalny w zakresie efektywności energetycznej, ponieważ opiera się w dużej mierze nie na rzeczywistych

parametrach węzłów cieplnych oraz rzeczywistym zapotrzebowaniu sieci w danym okresie, a na przewidywaniu zapotrzebowania co skutkuje utrzymywaniem nadmiernych (zawyżonych) parametrów w sieci ciepłowniczej. W okresie letnim obieg wody w sieci może trwać ok. 60 godzin przy założeniu, że cała sieć zasilana jest z ciepłowni C-13, w sezonie grzewczym 3 - 13 godzin – w zależności od warunków atmosferycznych i konfiguracji sieci.

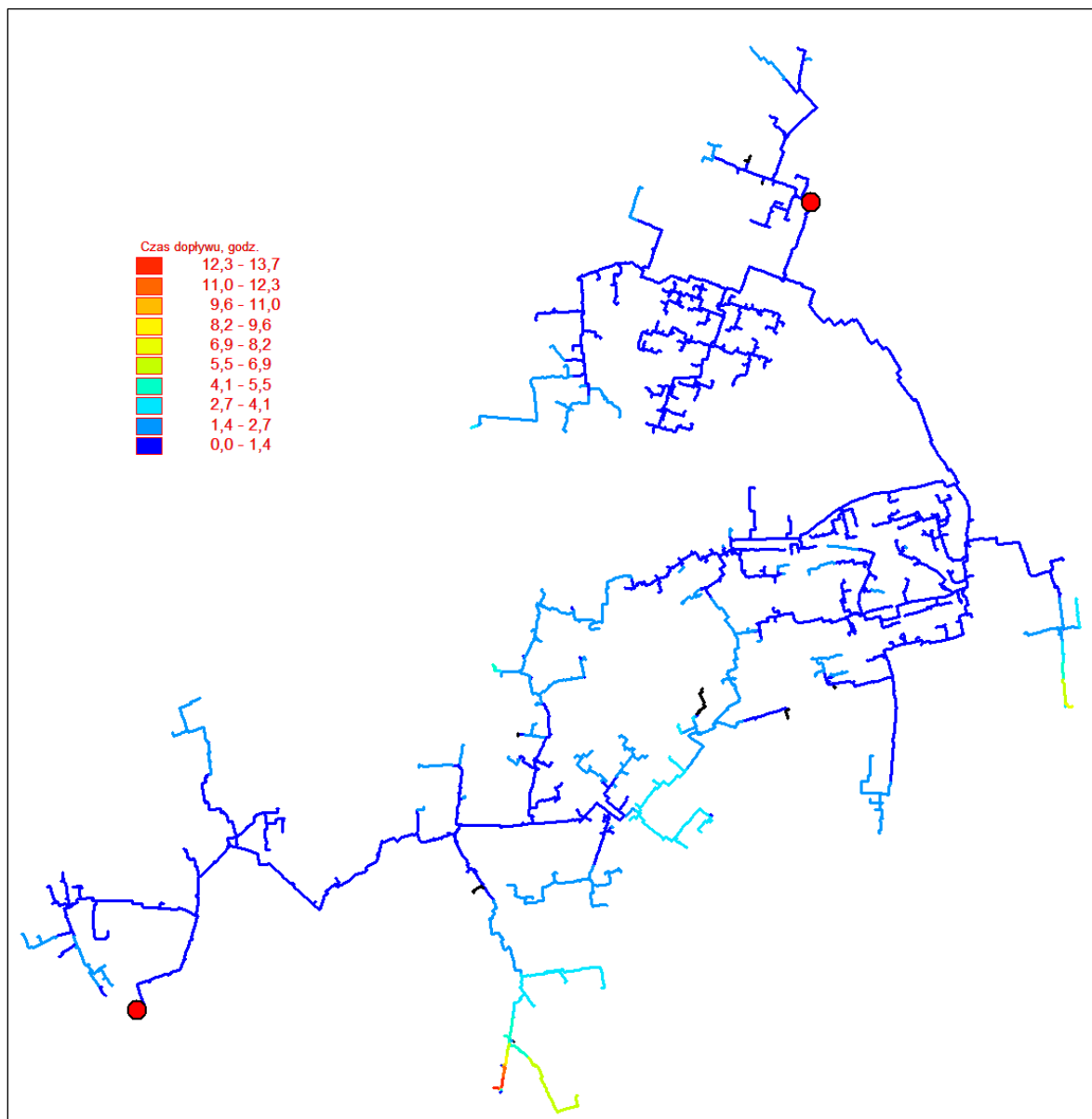


Rysunek 2 Mapa czasu dopływu wody sieciowej do węzłów w okresie letnim¹

Ciemniejsze odcinki następujące po jaśniejszych to przyłącza z węzłami jednofunkcyjnymi na CWU lub brak odbioru w danym miejscu sieci (zamknięta sieć). Najdłuższy czas dopływu wody

¹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

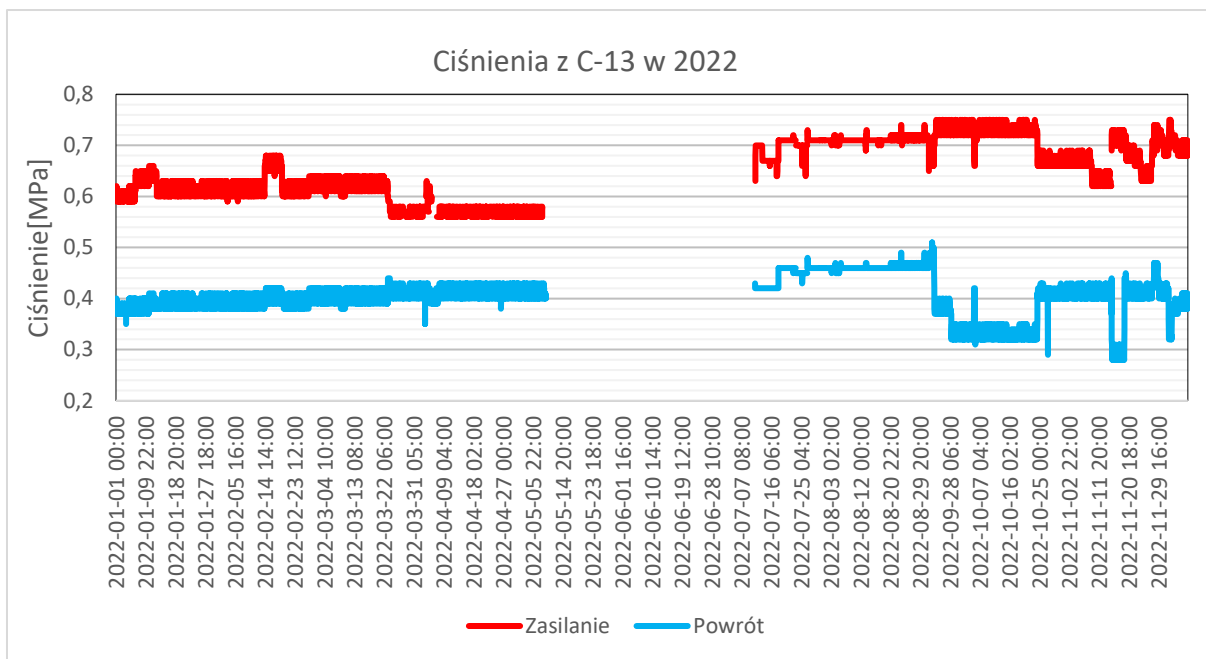
sieciowej w lecie jest do węzła cieplnego W-353 w okolicy ciepłowni C-14 i wynika z dużych średnic przyłącza sieci do C-14 (DN 500 i DN 350).



Rysunek 3 Mapa czasu dopływu wody sieciowej do węzłów przy temperaturze zewnętrznej -8°C^2

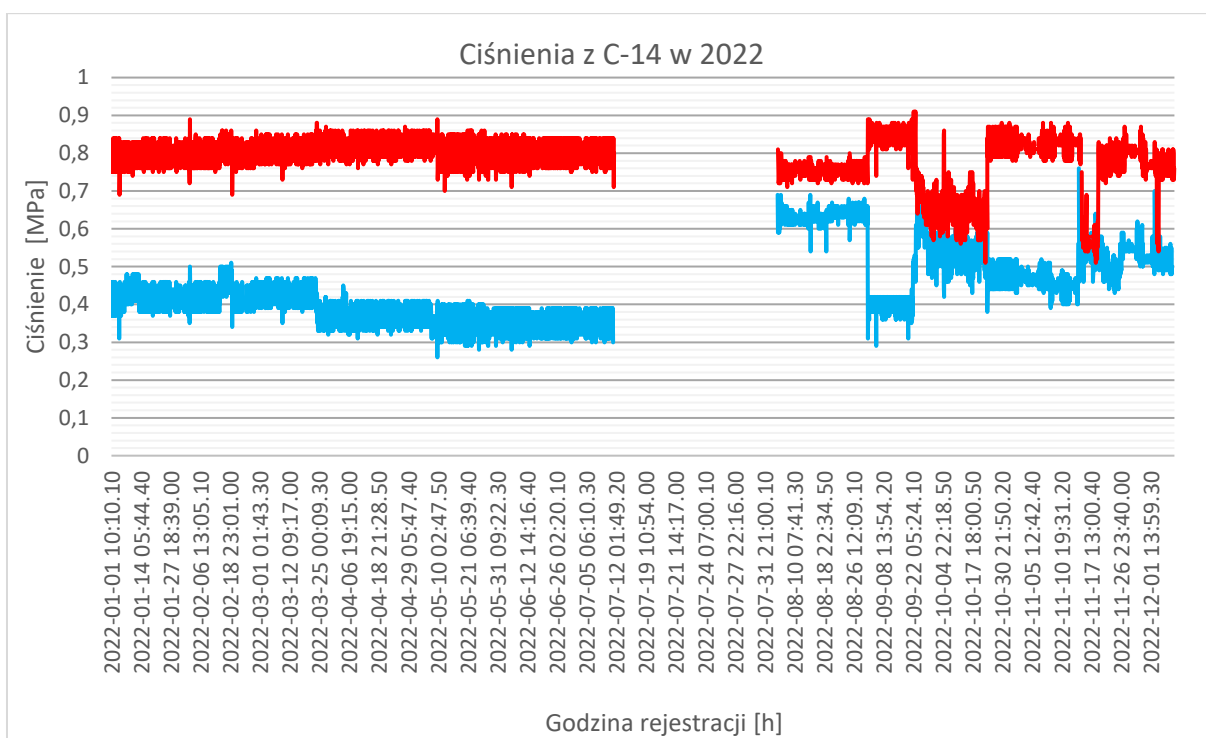
W okresie zimowym, przy pracujących obu ciepłowniach, najdłuższy czas dopływu jest do rejonu ul. Wrzesińskiej i ul. Fabrycznej (węzeł Fabryczna 7).

² Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.



Wykres 2 Ciśnienia z ciepłowni C-13³

Wykres obejmuje okres od 01.01.2022 do 08.12.2022



Wykres 3 Ciśnienia z ciepłowni C-14⁴

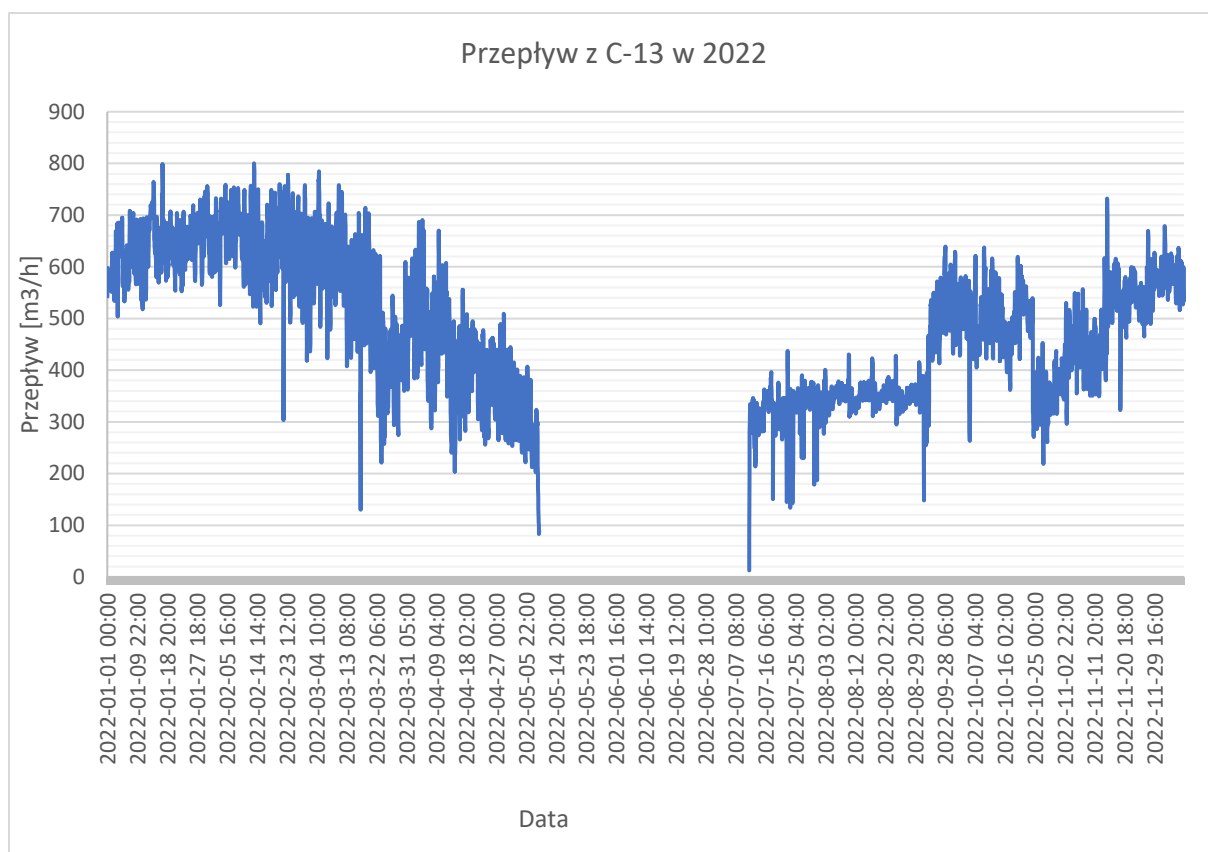
³ Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez PEC Gniezno.

⁴ Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez PEC Gniezno.

W całym badanym okresie ciśnienie zasilania na wyjściu ze źródła ciepła C-13 ciśnienie zmieniało się w zakresie od około 0,56 MPa do 0,75 MPa. Ciśnienie powrotu wykazywało zmienność w zakresie od około 0,28 MPa 0,51 MPa. W okresie od 09.05 do 11.07 ciepłownia nie pracowała.

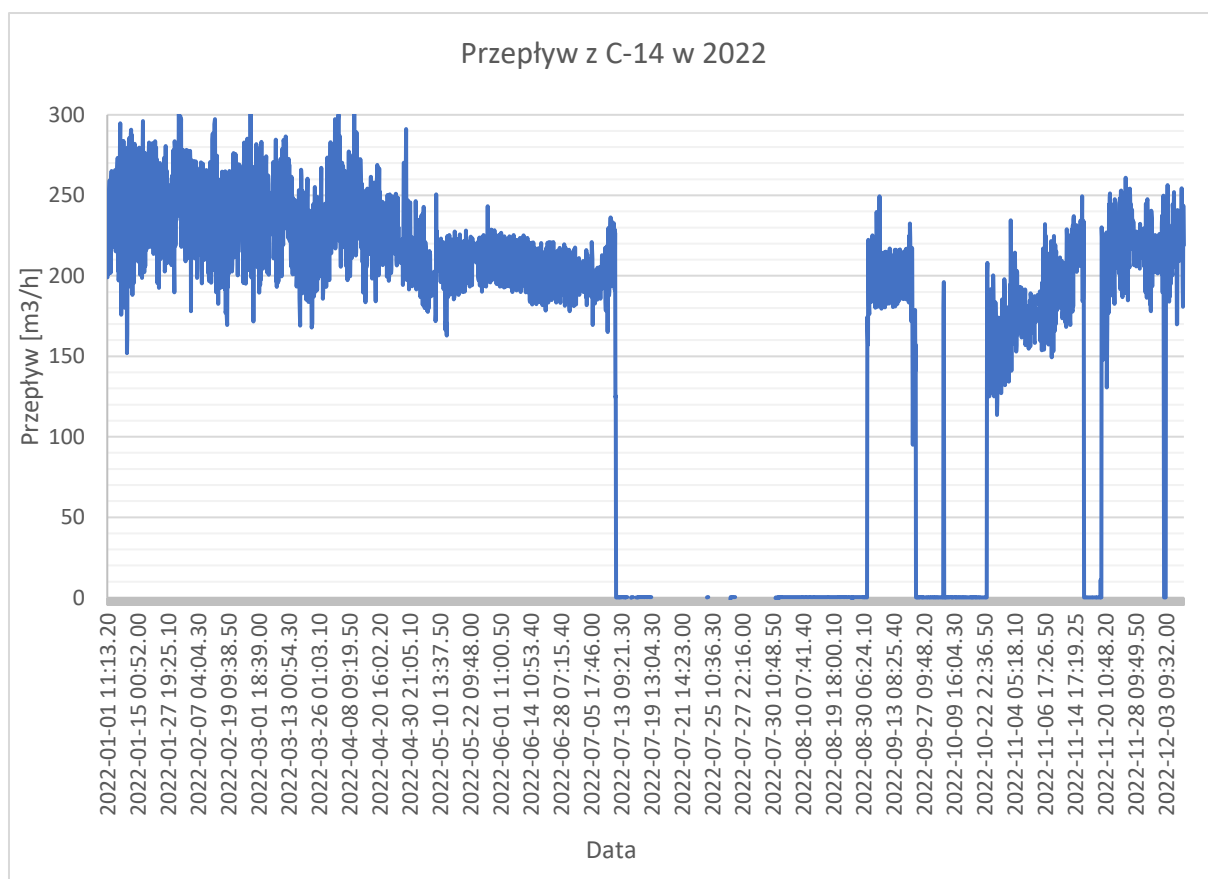
Ciśnienie zasilania z C-14 zmieniało się w zakresie od około 0,51 MPa do 0,91 MPa, powrotu od 0,26 MPa do 0,76 MPa. Wartości ciśnienia zależały od wielkości przepływu z ciepłowni oraz od konfiguracji sieci, tj. czy pracowały oba źródła ciepła czy jedno. Dodatkową zmienną wpływającą na wysokość ciśnień ze źródeł ciepła jest prowadzenie sieci przez obsługę na podstawie ciśnień z węzłów krytycznych znajdujących się w systemie.

Na uwagę zasługuje również kwestia akwizycji danych dotyczących konfiguracji zaworów sieciowych, gdyż obecnie nie archiwizuje się takich danych. Nie pozwala to w prosty sposób sprawdzić i powrócić do układu sieci z konkretnego dnia w celu porównania rzeczywistych parametrów pracy w poszczególnych konfiguracjach i wybraniu najlepszej pod względem energetycznym. Z otrzymanych informacji wynika jednak, że sieć ciepłownicza pracuje z otwartymi wszystkimi zaworami sekcijnymi, tj. pierścienie pozostają otwarte.



Wykres 4 Przepływ z C13 w sieci ciepłowniczej w 2022 r.⁵

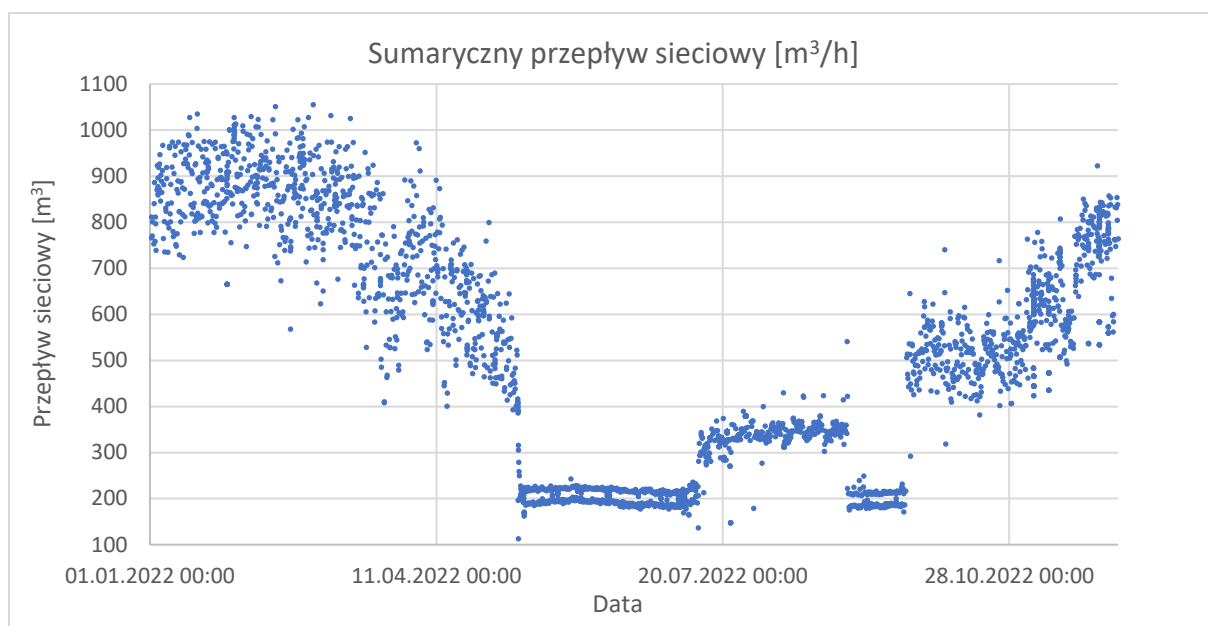
⁵ Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez PEC Gniezno.



Wykres 5 Przepływ z C-14 w sieci ciepłowniczej w 2022 r.⁶

Jak widać wykres pracy ciepłowni C-13 nie wykazuje przestojów w okresie grzewczym. Wynika to z faktu, że jest to podstawowe źródło ciepła. Z kolei źródło C-14 w okresie letnim pracuje jako podstawowe, dodatkowe przestoje wynikają z awaryjnych wyłączeń kotła.

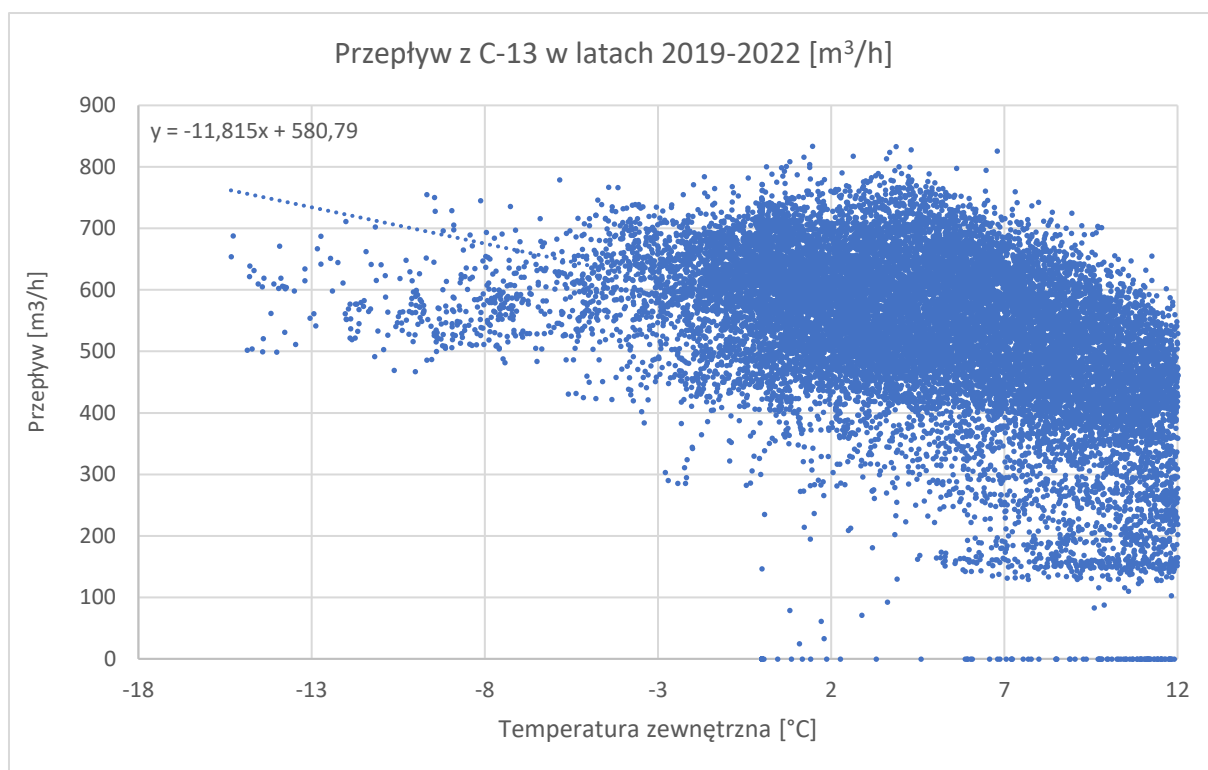
⁶ Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez PEC Gniezno.



Wykres 6 Sumaryczny przepływ sieciowy

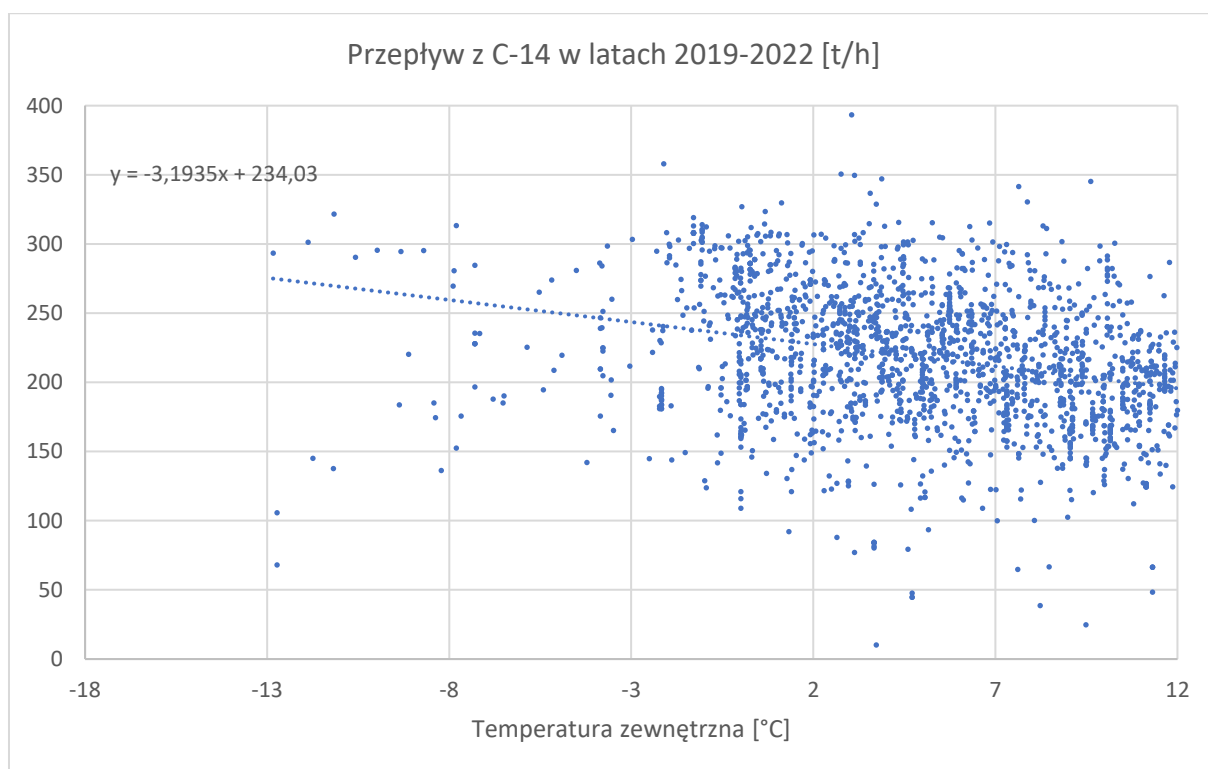
W miesiącach zimowych przepływ czynnika grzewczego w sieci ciepłowniczej osiąga sumarycznie około 900 [t/h], przekraczając tą wielkość w krótkich okresach czasu związanych z występowaniem najniższych temperatur zewnętrznych.

Dla każdej z ciepłowni oszacowano maksymalny przepływ sieciowy przy temperaturze obliczeniowej systemu -18 °C.



Wykres 7 Przepływ z C-13

W ciepłowni C-13, dla $t_z = -18$ °C przepływ sieciowy wyniósł $Q = 793,46$ m³/h



Wykres 8 Przepływ z C-14

W ciepłowni C-14 dla $t_z = -18$ °C przepływ sieciowy wyniósł $Q = 291,513$ m³/h

2.2.2 Straty ciepła w sieci ciepłowniczej

Straty sieciowe w roku 2021 wyniosły 75127 GJ, co w odniesieniu do długości sieci daje wynik na poziomie 1483,59 GJ/km. Stanowi to 15,97% ciepła dostarczonego do sieci.

Z uwagi na fakt, że udział sieci preizolowanej w systemie wynosi 72% należy uznać poziom rocznych strat za przeciętny. Elementami, które uzasadniają poziom strat jest wysoki stosunek mocy zamówionej do długości sieci ciepłowniczej (wskaźnik mocy zamówionej w proporcji do długości sieci ciepłowniczej wynosi 1,6 MW mocy zamówionej na 1 km długości sieci ciepłowniczej), a także niezły wskaźnik sprzedaży ciepła odniesiony do długości sieci, który wynosi 9 284,9 [GJ/km]. Dodatkowo ważnym aspektem wpływającym negatywnie na poziom strat ciepła jest konieczność utrzymywania wysokiej temperatury zasilania ze względu na niewielką tj. DN 200 średnicę części magistral przechodzących przez miasto, ograniczając tym samym możliwość zasilania sieci tylko z jednej ciepłowni lub znacząco ograniczając czy wręcz uniemożliwiając obniżenie temperatury zasilania (obniżenie krzywej grzewczej).

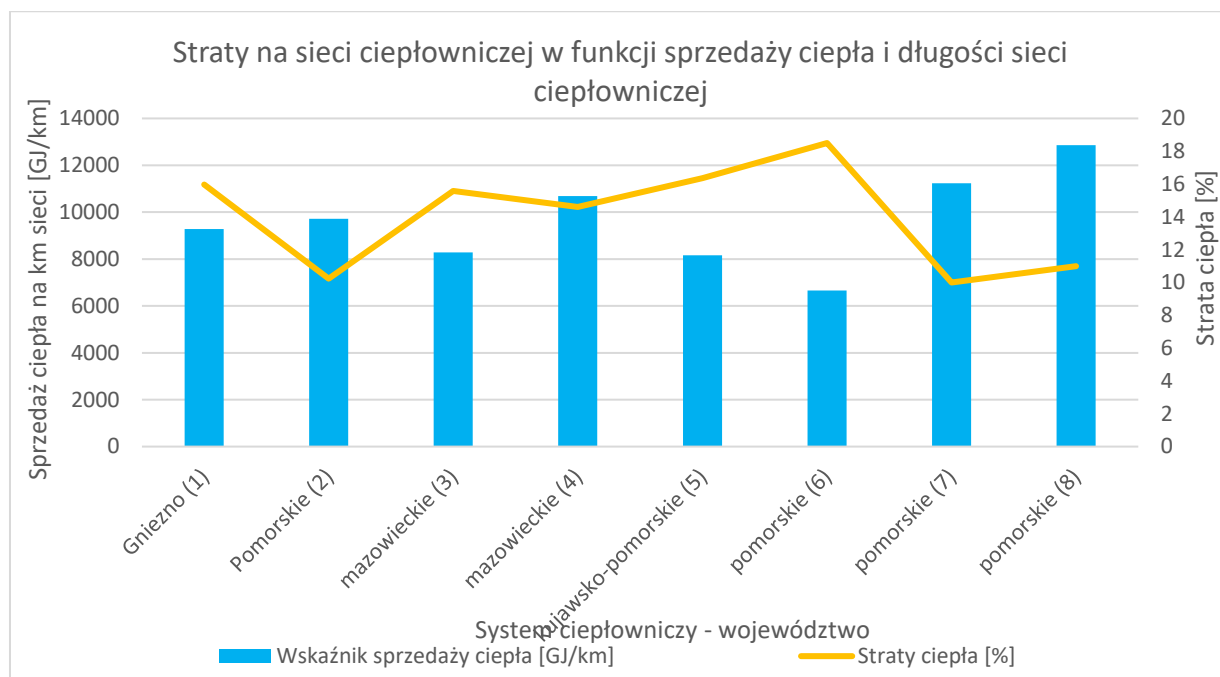
W poniższej tabeli przedstawiono wartość wskaźników mocy zamówionej i sprzedaży ciepła odniesione do długości sieci ciepłowniczej i osiąganego poziomu strat ciepła dla wybranych systemów ciepłowniczych audytowanych w innych przedsiębiorstwach ciepłowniczych w Polsce. System ciepłowniczy z pozycji 5 ma wskaźnik [MW/km] oraz straty przesyłu najbardziej zbliżone do Gniezna. Jest to także system wysokoparametrowy.

Tabela 4 Straty sieciowe w funkcji mocy zamówionej i długości sieci

Straty na sieci w funkcji mocy zamówionej i długości sieci ciepłowniczej				
Lp.	System ciepłowniczy - województwo	Wskaźnik [MW/km]	Straty przesyłu [%]	Wskaźnik sprzedaży ciepła [GJ/km]
1	Gniezno (1)	1,60	15,97	9 285
2	Pomorskie (2)	1,32	10,23	9 725
3	mazowieckie (3)	1,19	15,59	8 290
4	mazowieckie (4)	1,43	14,60	10 689
5	kujawsko-pomorskie (5)	1,60	16,37	8 163
6	pomorskie (6)	1,10	18,50	6 653
7	pomorskie (7)	1,44	10,00	11 233
8	pomorskie (8)	1,53	10,99	12 864

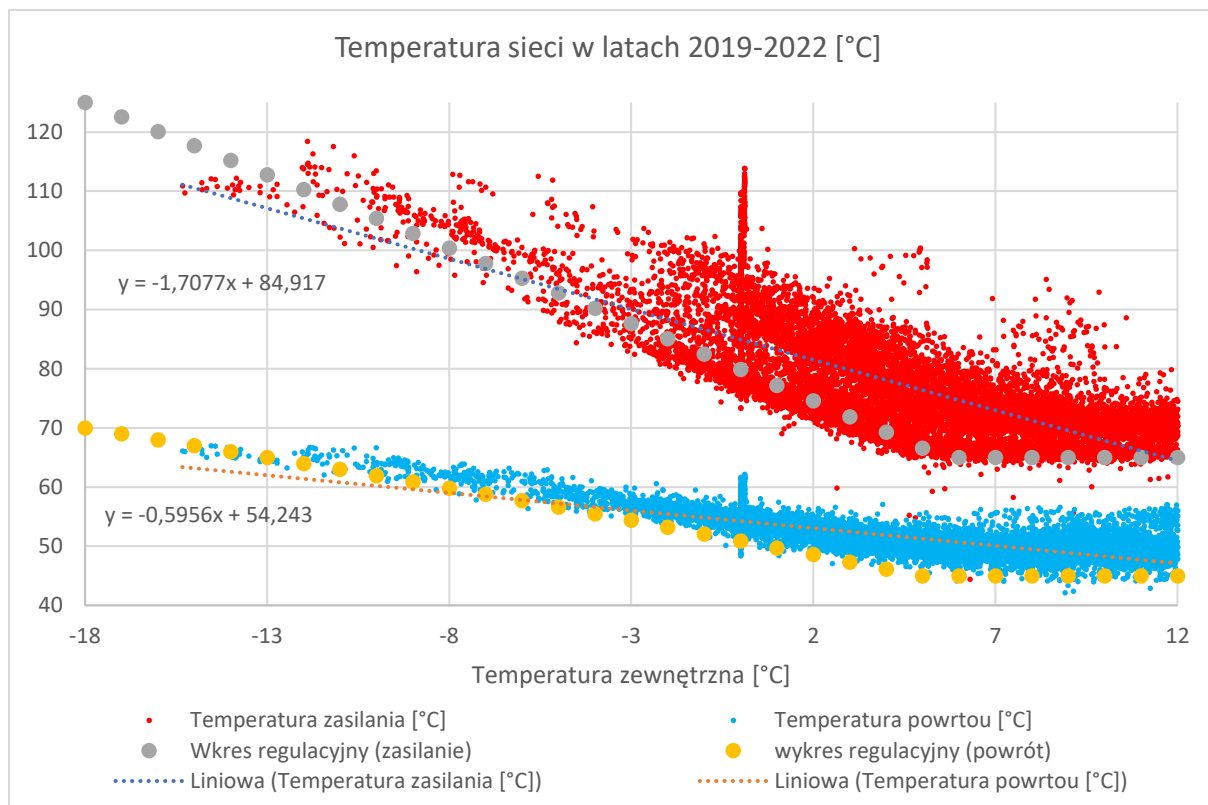
Jeszcze większą korelację do strat ciepła niż wskaźnik wielkości mocy zamówionej na km długości sieci ciepłowniczej ma wielkość sprzedaży w odniesieniu do długości sieci ciepłowniczej. Zależność ta została przedstawiona na poniższym wykresie. Zmniejszaniu jednostkowej sprzedaży ciepła towarzyszy jednoczesny wzrost strat ciepła. W zestawieniu tym Gniezno ma zarówno wskaźnik sprzedaży ciepła odniesiony do długości sieci ciepłowniczej jak i procent strat ciepła dokładnie w środku zestawienia. W tym przypadku najbardziej zbliżony

jest system z pozycji 2. System ten ma zarówno nieco mniejsze procentowe straty ciepła, jak i większy wskaźnik sprzedaży ciepła. Jest to jednak system niskoparametrowy.



Wykres 9 Straty na sieci ciepłowniczej w funkcji sprzedaży ciepła i długości sieci ciepłowniczej

Niewątpliwie głównym czynnikiem decydującym o poziomie strat ciepła przy posiadanej infrastrukturze jest temperatura w sieci ciepłowniczej. Na poniższym wykresie przedstawiono rzeczywistą realizację temperatury zasilania i powrotu w funkcji temperatury zewnętrznej dla roku 2021.



Wykres 10 Realizacja temperatur zasilania i powrotu w roku 2021

Wyznaczono linie trendów dla temperatur w sieci ciepłowniczej o równaniach:

Zasilania $y = -1,7077x + 84,917$

Powrotu $y = -0,5956x + 54,243$

W zależności od aktualnej konfiguracji pracującej sieci stosuje się jedną z dwóch krzywych grzewczych (125/70°C przy pracy obu ciepłowni lub 130/80°C przy pracy tylko C-13). Jednakże obsługa na podstawie parametrów w 7-miu węzłach krytycznych dostosowuje parametry wyjściowe z tych źródeł w celu poprawienia sytuacji hydraulicznej w sieci. Na powyższym wykresie przedstawiono rzeczywiste temperatury zasilania i powrotu (na podstawie danych z lat 2019-2022) oraz podstawową krzywą grzewczą (125/70°C). Rzeczywiste wykonanie temperatur zasilania i powrotu zbliża się do krzywej grzewczej dopiero poniżej temperatury zewnętrznej -10°C, natomiast powyżej tej temperatury zewnętrznej rzeczywiste temperatury czynnika grzewczego są wyższe od przewidzianych w tabeli regulacyjnej. Przy czym temperatury zasilania w większym stopniu przekraczają wykres regulacyjny niż temperatury powrotu. Wynika to z konieczności zapewnienia minimalnych ciśnień dyspozycyjnych we wszystkich węzłach ciepłych przy rzeczywistych średnicach rurociągów. Co prawda w centrum miasta istnieje kilka pierścieni umożliwiających zasilanie

odbiorców z różnych kierunków. Są to jednak pierścienie o stosunkowo niedużych średnicach (w większości DN 200 i DN 150).

Zawyżanie temperatur w sieci ciepłowniczej powoduje zwiększone straty ciepła.

Stosunkowo płaski charakter wykresu na powrocie świadczy o dobrych schłodzeniach przy niższych temperaturach zewnętrznych. Widać również, że schłodzenie spada w wyższych temperaturach zewnętrznych (powyżej 7°C). Może to być spowodowane zbyt wysokimi temperaturami zasilania oraz niskimi schłodzeniami w wymiennikach ciepłej wody użytkowej.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, że schłodzenia czynnika grzewczego są różne w poszczególnych węzłach. W poniższej tabeli przedstawiono rzeczywiste schłodzenia dla temperatur odnotowanych w grudniu 2021 r. w kilku przykładowych węzłach ciepłych.

Tabela 5 zestawienie schłodzeń dla temperatur zewnętrznych z roku 2021.

		Temperatura zewnętrzna [°C]			
		10	5	0	-5
Schłodzenie w węźle [°C]	Fabryczna 7	11,5	10,8	18,6	19,3
	Laubitz	14,3	22,8	26,1	25,4
	Orzeszkowej 27E	24,3	28,5	25,1	35,6

2.3 Węzły cieplne

Sieć ciepłownicza dostarcza ciepło do **375** indywidualnych węzłów cieplnych (319 nich jest własnością przedsiębiorstwa, 56 szt. to własność klientów indywidualnych tzw. węzły obce).

Dla urządzeń znajdujących się w węzłach cieplnych przeprowadzono analizę pod kątem możliwości wdrożenia systemu pozwalającego na digitalizację sieci ciepłowniczej. Pod uwagę brano możliwości komunikacyjne urządzeń (dostęp do ich rejestrów w celu zdalnego odczytu), stan techniczny urządzeń oraz czy urządzenia są aktualne względem standardów aparatury używanej w ciepłownictwie.

2.3.1 Regulatory pogodowe

Węzły ciepłownicze standardowo wyposażone są w elektroniczne regulatory pracy węzła, zadaniem których jest dopasowanie temperatury czynnika grzewczego do temperatury zewnętrznej (względem nastawionej krzywej grzewczej) i w odpowiedzi na indywidualne potrzeby budynków.

Regulatory dwufunkcyjne oprócz regulacji pogodowej umożliwiają regulację temperatury obiegu ciepłej wody użytkowej. Węzły ciepłownicze PEC Gniezno wyposażone są w następujące regulatory pogodowe:

Tabela 6 Regulatory pogodowe znajdujące się w węzłach ciepłych PEC Gniezno

Lp.	Typ regulatora	Producent	Ilość	Komunikacja
1.	AVTB	Danfoss	1	Brak
2.	ECL Comfort 310	Danfoss	60	RS 485, M-Bus, Ethernet
3.	ECL Comfort 310 + A266	Danfoss	3	+klucz aplikacji
4.	Eurotermostat	Danfoss	1	brak
5.	RVD 115/109	Siemens	11	Brak
6.	RVD 125	Siemens	6	RS 485
7.	RVD 130	Siemens	52	Brak
8.	RVD 135/109	Siemens	2	Brak
9.	RVD 140	Siemens	5	RS 485
10.	RVD 140 C	Siemens	5	RS 485
11.	RVD 145	Siemens	4	RS 485
12.	RVD 145/109	Siemens	5	RS 485
13.	RVD 145/109-A	Siemens	13	RS 485
14.	RVD 230	Siemens	34	M-Bus
15.	RVD 235	Siemens	1	M-Bus
16.	RVD 240	Siemens	18	M-Bus
17.	RVD 240 oraz RVA 46.531	Siemens	2	M-Bus
18.	RVD 265/109	Siemens	2	M-Bus
19.	RVD 255/109	Siemens	1	M-Bus
20.	RVL 55 - wycofany	LANDIS	12	Brak – urządzenie wycofane
21.	TROVIS 5573	Samson	83	M-Bus, RS 485
22.	TROVIS 5578	Samson	1	M-Bus, RS 485

Regulatory zaznaczone na zielono spełniają wymagania komunikacyjne, tzn. wykorzystują protokół Modbus RTU, co umożliwia pełne dwukierunkowe zarządzanie.

Zgodnie z powyższą tabelą nie wszystkie regulatory posiadają moduły komunikacyjne umożliwiające zdalny odczyt nastaw oraz ewentualną zmianę parametrów pracy urządzeń.

Wszystkie węzły będące własnością Przedsiębiorstwa posiadają regulatory pogodowe. W większości węzłów ciepłych wyposażone są one w interfejsy komunikacyjne, dzięki którym możliwy jest odczyt, bądź zmiana poszczególnych rejestrów pamięci danego regulatora przez zewnętrzne urządzenie obsługujące protokoły komunikacyjne zaimplementowane w regulatorach. Regulatory Siemens RVD-115/109, Siemens RVD-130, Siemens RVD-135/109, Danfoss AVTB i LANDIS RVL 55 nie posiadają złącza komunikacyjnego pozwalającego na odczyt i zmianę ich parametrów. Dodatkowo regulatory LANDIS RVL 55 obecnie nie są już produkowane.

1.3.4 Komunikacja

Regulatory RVD110 / RVD130 przeznaczone są do pracy autonomicznej. Nie ma możliwości podłączenia do magistrali.

Rysunek 4 Fragment dokumentacji SIEMENS RVD110 / RVD130

Brak modułu komunikacyjnego nie pozwala na włączenie węzła do systemu digitalizującego sieć. Zdalne zadanie nastaw jest niemożliwe w takim przypadku, dlatego konieczna jest wymiana tych modeli regulatorów, na urządzenia z modułem komunikacyjnym na etapie modernizacji wyposażenia węzłów ciepłych PEC Gniezno realizowanych w ramach programu digitalizacja sieci.

Tabela 7 Ilość regulatorów pogodowych w węzłach własnych PEC Gniezno i ich możliwości komunikacji

Komunikacja	Ilość regulatorów
Dwukierunkowa	185
Jednokierunkowa	58
Brak komunikacji	79

W zestawieniu nie uwzględniono regulatorów w węzłach obcych. W przypadku węzłów obcych system telemetryczny realizuje jedynie odczyt stanu licznika ciepła i wodomierza.

2.3.2 Przetworniki ciśnienia

Przetworniki ciśnienia zainstalowano jedynie w 21 węzłach ciepłych, które obecnie znajdują się w systemach wizualizacji. Tak niewielka liczba znacząco nie pozwala na dokładną obserwację ciśnień w sieci.

Operatorzy ciepłowni C-13 mają podgląd na wskazanie przetworników ciśnienia w węzłach dostępnych w systemie TelWin i wg ich wskazań zadają parametry pracy pomp obiegowych w źródłach ciepła i parametry w SPC Sobieskiego.

Przetworniki ciśnienia są bardzo ważnym elementem wyposażenia sieci ciepłowniczej. Umożliwiają one monitorowanie pracy układów pompowych, przekazując informacje o aktualnym rozkładzie ciśnień w sieci. Dodatkowo nagły spadek ciśnienia może sugerować np. wyciek z ciepłociągu.

Informacja o ciśnieniach w sieci jest bardzo istotna z punktu widzenia optymalnego prowadzenia pracy systemu ciepłowniczego. Docelowym stanem pożądanym jest wyposażenie w przetworniki ciśnienia wszystkich węzłów krytycznych i automatyczne prowadzenie wg ich wskazań pracy pomp obiegowych, tak aby w każdym węźle ciepłym zapewnić co najmniej minimalne ciśnienie dyspozycyjne (proponowana wielkość to 50 [kPa]).

Efektywne automatyczne sterowanie pracą pomp obiegowych wymaga zainstalowania przetworników ciśnienia w dodatkowych 19 węzłach cieplnych.

2.3.3 Liczniki ciepła

Przedsiębiorstwo do pomiaru zużycia ciepła przez swoich Klientów wykorzystuje ciepłomierze różnych producentów. Najczęściej występujący model to ULTRAHEAT T550, stanowią one ponad jedną trzecią (36,2%) liczników ciepła w systemie ciepłowniczym PEC Gniezno.

Tabela 8 Ciepłomierze zainstalowane w węzłach ciepłych PEC Gniezno

Lp.	Typ licznika	Ilość	Możliwości komunikacji
1.	Brak danych	14	GMS
2.	EWZ 350	4	b.d.
3.	ENERGY – INT (5)	15	Możliwość: M-Bus
4.	Multical 403	1	Możliwość: M-Bus
5.	LANDIS GYR UH-50	4	Ma możliwość instalacji dwóch modułów
6.	APATOR SA RT T94 235	1	M-Bus, RS485, LonWorks
7.	Multical RTP 9630	3	
8.	Multical 401	1	Możliwość: M-Bus, RS232, radio, impulsowe
49.	Multical 601	18	Dużo możliwości
10.	Multical 602	3	Dużo możliwości modułów
11.	Multical 66C	28	M-Bus, Radio, LonWorks
12.	Multical III	1	RS232
13.	PolluStat E	32	Minibus(standard) Możliwości: M-Bus, LonWorks, impulsowe
14.	POLLUSTAT	1	M-Bus, Wireless M-Bus
15.	PolluStat E2	40	
16.	SANTECH UH-50	7	Zainstalowano M-Bus
17.	SHARKY 773	9	M-Bus (inf optyczny) Możliwości: radio, RS232, M-Bus
18.	SHARKY 775	42	Możliwości: M-Bus, RS232, RS485, radio, impulsowe
19.	SIEMENS 2WR5	94	Możliwość: M-Bus, CL
20.	Siemens UH-50	2	Możliwości: M-Bus, RS485, GSM, CL
21.	ULTRAHEAT T550 (UH-50)	241	
22.	Siemens PT500	11	
23.	Vortex-8800D	1	
24.	WSC1-3,0	1	
25.	WSD2C-0,75 K5	6	
26.	WSD2C-1,50 K5	5	
27.	WSD4-3,0	3	
28.	WSD4-3,00 K5	3	
29.	WSD4-3,00 S5	1	
30.	WSD4-4,5	1	
31.	WSD4-4,5 S5	2	
32.	WSD4-4,50 K5	1	
33.	WSD5-6,0	22	
34.	WSD5-6,00 F5	5	
35.	WSD5-6,00 S5	6	
36.	WSD6-12,0	16	
37.	WSD6-12,0 F5	13	
38.	WSD7-15,0	2	
39.	WSD7-15,0 F5	3	
40.	WSD7-25,0	2	
41.	WSD7-25,0 F5	1	

Brak danych o liczniku ciepła występuje w przypadku 14 węzłów obcych, gdzie ciepłomierze zostały zainstalowane po stronie właścicieli obiektu.

Kolorem pomarańczowym zaznaczono liczniki ciepła, które zostały wycofane z produkcji oraz sprzedaży. Uniemożliwia to dokupienie do nich nowych modułów komunikacyjnych.

Liczba liczników ciepła, z którymi nie jest możliwa komunikacja i konieczna jest ich wymiana w PEC Gniezno wynosi: 113.

2.3.4 Wodomierze

Wodomierze zamontowano w węzłach ciepłowniczych w celu rozliczania klientów za zużytą wodę do uzupełnienia instalacji.

Niewiele, nie więcej niż 10% wodomierzy posiada nakładki z wyjściem impulsowym. Wodomierze z nadajnikami impulsów są fizycznie podłączone do ciepłomierzy (do modułu radiowego wejście A- dla wodomierza uzupełnienia zładu i wejście B dla wodomierza zimnej wody). Dzięki temu, na ekranie licznika ciepła istnieje możliwość odczytu stanu wodomierza, pozyskując także w ten sposób do bazy danych niezbędne dane o stanie wodomierzy.

Takie rozwiązanie jest korzystne z punktu widzenia wykorzystania już gotowych możliwości technicznych ciepłomierza, bez konieczności zakupu dodatkowych urządzeń. Z drugiej strony wadą takiego rozwiązania jest to, że na linii pomiędzy wodomierzem, a licznikiem ciepła przesyłane są stany w postaci zwarcia i rozwarcia, które następnie są zliczane. Podczas zliczania impulsów przez układ zliczający licznika ciepła mogą pojawić się błędy wynikające z zakłóceń sygnałów, bądź niewłaściwie dobranej impulsacji nakładki impulsowej do wodomierza. Z czasem może również pojawić się przesunięcie wskazań stanu wodomierza odczytanego z licznika ciepła względem rzeczywistego stanu odczytanego z wodomierza.

Odczyt pomiaru wodomierza z wykorzystaniem wyjścia impulsowego charakteryzuje się niską dokładnością pomiaru, szczególnie przy niewielkich wartościach. Przy małej ilości impulsów „zagubienie” sygnału lub wystąpienie rozbieżności w zliczaniu impulsów wprowadza dużo większe błędy pomiarowe. Taka sytuacja ma miejsce w wodomierzach przedsiębiorstwa PEC Gniezno – ze względu na małe ilości wody pobranej do uzupełnienia zładu, odczyty z nakładek z wyjściem impulsowym są przekłamane.

Stan obecny wodomierzy nie pozwala na umieszczenie ich w systemie digitalizującym sieć ciepłowniczą. Nie stanowią one kluczowej roli w systemie, dlatego możliwe jest wdrożenie systemu z pominięciem tego elementu. Jest to jednak rozwiązanie niezalecane – pomiar

z wodomierzy może pomóc w wykrywaniu wycieków z instalacji. Dodatkowo możliwość zdalnego odczytu danych znacząco usprawni proces rozliczeń z klientami.

2.3.5 Uzupełnianie wody w instalacji

Jedynie w pięciu węzłach zainstalowano automatyczne uzupełnianie wody. Jako automat uzupełniający użyto zaworów napełniania instalacji SYR 2128. Są one przeznaczone do bezobsługowego wykonywania napełniania instalacji grzewczych. Zawory te posiadają reduktory ciśnienia, które podtrzymują właściwe ciśnienie napełnianej instalacji. Dodatkowo, zawory zwrotne przeciwdziałają przepływowi zrotnemu z instalacji grzewczej do obwodu wody napełniającej.

12 węzłów posiadało stabilizację z układem pompowym, ale w trzech z nich została ona wyłączona i zamieniona na zawory do automatycznego uzupełniania.

Tabela 9 Lista węzłów posiadających układy uzupełniania wody w instalacji

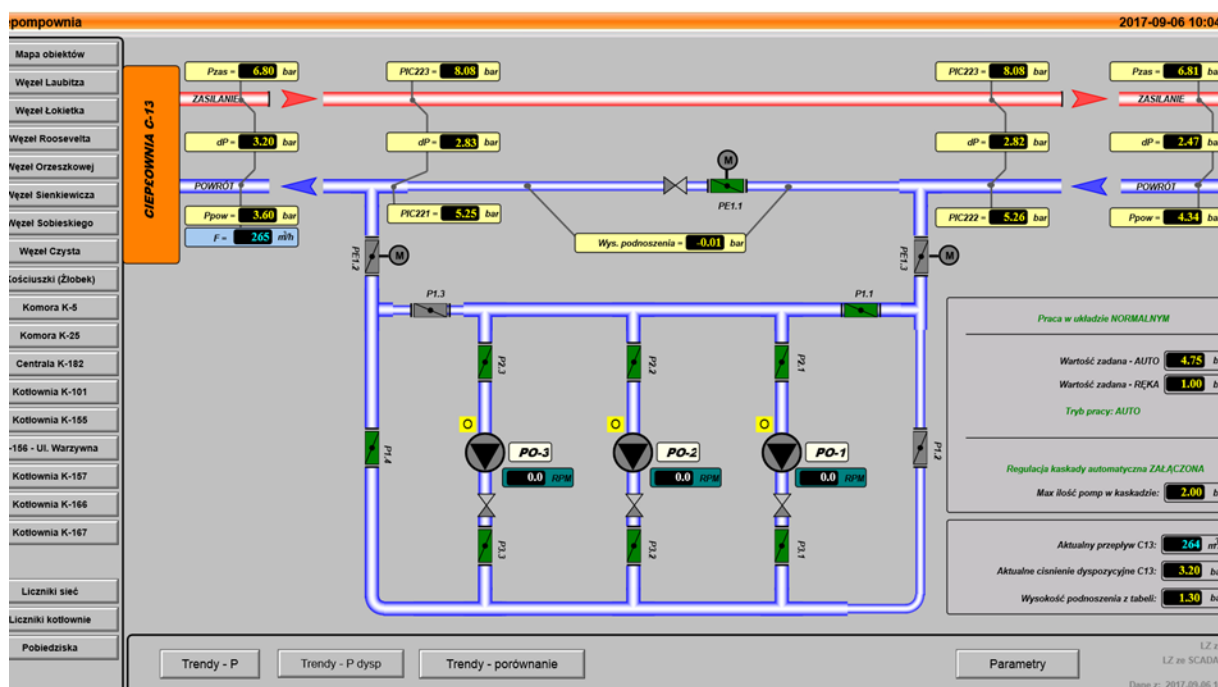
Lp.	Nr węzła	Adres	Rodzaj zabezpieczenia
1.	R005	Ul. Poznańska 15	stabilizacja z układem pompowym
2.	W081	Os. Kazimierza Wielkiego 11	automat uzupełniający (stabilizacja z układem pompowym została wyłączona)
3.	W083	Os. Kazimierza Wielkiego 2	stabilizacja z układem pompowym
4.	W084	Os. Kazimierza Wielkiego 34	automat uzupełniający (stabilizacja z układem pompowym została wyłączona)
5.	W085	Os. Kazimierza Wielkiego 39	automat uzupełniający (stabilizacja z układem pompowym została wyłączona)
6.	W086	Os. Kazimierza Wielkiego 16	stabilizacja z układem pompowym
7.	W087	Os. Kazimierza Wielkiego 20	stabilizacja z układem pompowym
8.	W095	Os. Władysława Łokietka 4	stabilizacja z układem pompowym
9.	W096	Os. Władysława Łokietka 20	stabilizacja z układem pompowym
10.	W118	Ul. Laubitzka WG-7	stabilizacja z układem pompowym
11.	W131	Ul. Budowlanych 35	stabilizacja z układem pompowym
12.	W133	Ul. Budowlanych 44	automat uzupełniający
13.	W140	Ul. Budowlanych 27	automat uzupełniający
14.	W185	Ul. Bł. Jolenty 5	stabilizacja z układem pompowym

2.4 Analiza stanu aktualnego systemu SCADA i obsługi urządzeń

2.4.1 System wizualizacji i sterowania

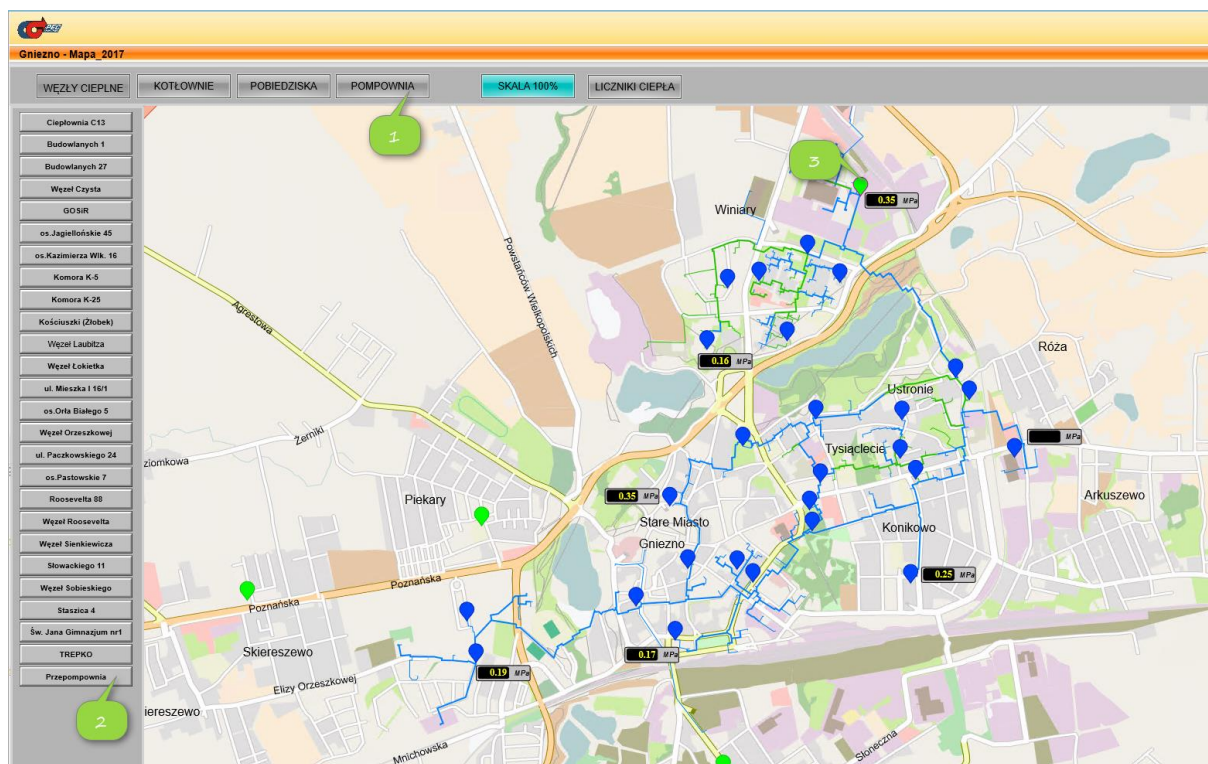
Obecnie przedsiębiorstwo PEC Gniezno korzysta z oprogramowania TelWin firmy Telster Poznań. System ten jest modułowy, posiada serwer alarmowy, moduł generacji raportów oraz wizualizację za pomocą schematów.

System TelWin pozwala na odczyt danych z 14 węzłów przyłączonych do systemu, a także zdalną zmianę nastaw w 8 węzłach (w których zapewniona jest komunikacja dwukierunkowa). Dodatkowo z poziomu operatora możliwe jest sterowanie ciepłownią C-14 oraz przepompownią sieciową, która znajduje się na ul. Sobieskiego. Ciepłownia C-13 jest sterowana z wykorzystaniem systemu Citect.



Rysunek 5 Główny ekran synoptyczny pompowni w systemie SCADA firmy TelWin

W systemie możliwy jest podgląd węzłów ciepłowniczych na mapie wraz z odczytem zmierzonego ciśnienia na węźle. Taki sposób prezentacji danych znacząco ułatwia analizę i zbieranie danych o rozkładzie ciśnień w sieci oraz obserwację pracy układu ciepłowniczego.



Rysunek 6 Ekran pompowni oraz węzły umieszczone w wizualizacji zaznaczone na mapie

System pozwala na sterowanie pracą pomp, rejestruje czas ich pracy oraz historię błędów, jakie wystąpiły. Dodatkowo możliwy jest pogląd ciśnień w węzłach dzięki zainstalowanym przetwornikom ciśnienia. Program umożliwia definiowanie progów alarmowych (np. maksymalne i minimalne dopuszczalne ciśnienie zasilania) co pozwala zagwarantować poprawną pracę systemu, a także znacznie skraca pracę na niewłaściwych parametrach – operatorzy dostają natychmiastowe powiadomienie o awarii.

Tabela 10 Lista węzłów ciepłych dostępnych w wizualizacji TelWin w PEC Gniezno

Lp.	Nr węzła	Adres	Komunikacja
1.	R001	Ul. Orzeszkowej 29E	Dwukierunkowa
2.	K182	Ul. Poznańska	Jednokierunkowa
3.	W390	Ul. Witkowska Galeria Handlowa	Dwukierunkowa
4.	W236	Ul. Mieszka I 16-18	Jednokierunkowa
5.	W172	Ul. Sobieskiego 3/6 (K-110)	Dwukierunkowa
6.	W170	Ul. Słowackiego 11	Dwukierunkowa
7.	W174	Ul. Roosevelta 42 (MDK)	Jednokierunkowa
8.	W152	Ul. Paczkowskiego 24	Dwukierunkowa
9.	W333	Ul. 3 Maja 37 – Szpital	Dwukierunkowa
10.	W140	Ul. Budowlanych 27	Jednokierunkowa
11.	W118	Ul. Laubitz (WG-7)	Jednokierunkowa
12.	W317	Ul. Sportowa 1 (Hala sportowa)	Dwukierunkowa
13.	W079	Os. Orła Białego 5	Jednokierunkowa
14.	W086	Os. K Wielkiego 16 (W-7)	Dwukierunkowa

W powyższej tabeli na zielono zaznaczono węzły, w których regulatory posiadają komunikację dwukierunkową. Nie w każdym węźle jest ona wykorzystywana przez system wizualizacji TelWin.

W węzłach ciepłych, gdzie regulatory posiadają jedynie komunikację jednokierunkową, bądź nie wykorzystują możliwości dwukierunkowej komunikacji, nie ma możliwości zmiany nastaw i zewnętrznego sterowania. Operator może jedynie odczytać aktualne parametry regulatora, prowadząc nadzór nad stanem węzła, ale aby wprowadzić zmiany, konieczne jest fizyczne przebywanie w węźle.

Numery węzłów zaznaczone na czerwono oznaczają punkty krytyczne sieci. Zgodnie z tabelą Tabela 3 tylko dwa węzły krytyczne są ujęte w systemie wizualizacji i nadzoru.

Na czas opracowania tego dokumentu Przedsiębiorstwo PEC Gniezno jest w trakcie testowania dwóch systemów telemetrycznych pozwalających na digitalizację sieci ciepłowniczej. Są to system Globe OMS firmy NetLand Sp. z o.o. oraz system OSC firmy Control Sp. z .o. o. Testami zostały objęte następujące węzły:

Tabela 11 Lista węzłów ciepłych PEC Gniezno testowanych w systemie Globe OMS firmy NetLand

Lp.	Nr węzła	Adres	Komunikacja
1.	R001	Ul. Orzeszkowej (komora PEC)	Jednokierunkowa
2.	W256	Ul. Św. Jana 2a (Gimnazjum nr 1)	Dwukierunkowa
3.	W374	Ul. Czernieckiego 7 (Szkoła podstawowa)	Dwukierunkowa

Tabela 12 Lista węzłów ciepłych PEC Gniezno testowanych w systemie OCS firmy Control

Lp.	Nr węzła	Adres	Komunikacja
1.	W098	Os. Wł. Łokietka 15 (W-2)	Jednokierunkowa
2.	W390	Ul. Witkowska 26 (po kotłowni K157)	Dwukierunkowa
3.	W398	Ul. Chrobrego 22 (PPS)	Dwukierunkowa
4.	W399	Ul. Składowa (Galeria III)	Dwukierunkowa

2.4.2 Odczyt danych z liczników ciepła i wodomierzy

Dane pomiarowe z liczników ciepła, niezbędne do rozliczeń z klientami, odczytywane są obecnie metodą objazdową. Pracownik Przedsiębiorstwa, wyposażony w urządzenia do zdalnego odczytu Workabout, objeżdża tereny, gdzie znajdują się liczniki ciepła z których należy odczytać stanu energii ciepłej. Liczniki ciepła zostały wyposażone w moduły radiowe firmy Aiut, umożliwiające zdalny odczyt rejestrów urządzenia.

Zebrane dane są weryfikowane przez system Kombit. Następnie pliki są przekazywane do systemu Unisoft, gdzie po dodatkowej weryfikacji poprawności danych wystawiane są faktury dla klientów.

Radiowy realizowany z comiesięczną przerwą odczyt liczników ciepła staje się coraz mniej popularną metodą. Wpływa na to ograniczona dostępność urządzeń wspierających tę metodę. Zmniejsza się ilość modułów radiowych do ciepłomierzy dostępnych na rynku, a niektóre z nich (np. moduł do UH50) stały się niedostępne.

Obecnie odczyt danych z wodomierzy odbywa się metodą objazdową – pracownicy PEC Gniezno okresowo przyjeżdżają do węzłów i odczytują pobór wody. Spis stanów wodomierzy w celach rozliczeń z odbiorcami odbywa się 2 do 3 razy w roku. Stan wodomierzy nie jest przedstawiony w żadnym z testowanych systemów telemetrycznych.

2.4.3 Alarmy z sieci preizolowanej

Ponad 70% sieci ciepłej w Gnieźnie jest w technologii rur preizolowanych. Stwarza to potrzebę nadzoru nad stanem sieci poprzez system alarmowy. Aktualnie Przedsiębiorstwo posiada kilka stałych urządzeń do monitoringu alarmów z sieci preizolowanej. Jeden z detektorów sieci alarmowej znajduje się w węźle nr R001 – ul. Orzeszkowej, komora PEC.

Tabela 13 Urządzenia do monitoringu sieci preizolowanej PEC Gniezno

Lp.	Typ urządzenia	Dostawca	Ilość [szt.]
1.	NP- 4	Control	1
2.	Rat - 1	Ratmon	1
3.	EDRAL	VECTOR SMART DATA	1

Pętle alarmowe nie podłączone do powyższych urządzeń są mierzone objazdowo. Część z pętli jest obecnie odtwarzana.

2.5 Wnioski i rekomendacje z analizy

Pośród wszystkich węzłów ciepłowniczych znajdujących się w zasobach PEC Gniezno wytypowanych zostało 7 węzłów krytycznych, przy czym 6 z nich znajduje się w systemie wizualizacji i nadzoru sieci ciepłowniczej będący w zasobach przedsiębiorstwa. Tylko 4 węzły posiadają możliwość zdalnej zmiany parametrów, 1 węzeł ma możliwość jedynie zdalnego odczytu danych, co oznacza konieczność zmiany regulatora pogodowego na model umożliwiający komunikację dwukierunkową. Węzeł krytyczny, który nie znalazł się w systemie zdalnego nadzoru, podobnie jak znaczna część węzłów nieujętych obecnie w systemach wizualizacji, ma regulator pogodowy z komunikacją jednokierunkową. Nie wyklucza to możliwości włączenia węzła do systemu SCADA, ale znacząco ogranicza funkcjonalność.

Aktualnie posiadany system do odczytu parametrów z 14 wybranych węzłów ciepłowniczych nie posiada zaawansowanych funkcji analitycznych, rozbudowanego modułu kontroli czy alarmowania przekroczenia wartości granicznych ustalonych przez obsługę. Aktualne oprogramowanie daje zdecydowanie za mało możliwości do rozpoznania stanów w węzłach ciepłowniczych i w całym systemie ciepłowniczym miasta Gniezno. Jest to rozwiązanie niewystarczające i de facto nie wspierające pracy operatora systemu ciepłowniczego, szczególnie gdy pracują 2 źródła wytwarzania na wspólną lub rozłączoną sieć ciepłowniczą. Ograniczone i bardzo ubogie są możliwości wyciągania informacji o punktach pracy i nastawach w węzłach ciepłowniczych ponieważ automatyka jest częściowo przestarzała, albo pozwala tylko odczytywać parametry nie pozwalając jednocześnie na zmianę lub optymalizację nastaw. Dodatkowo realizacja odczytów ponad 99% ciepłomierzy z zasobów przedsiębiorstwa z czasookresem jednego miesiąca służy tylko i wyłącznie wystawianiu faktur, a nie jest narzędziem do szybkich i skomplikowanych analiz odpowiadających na pytania o efektywność pracy instalacji na węzłach, nie pozwala wprowadzać optymalnych nastaw i zmian jeśli byłoby to konieczne. W aktualnym stanie faktycznym wytypowanie instalacji działających niepoprawnie (np. wysokie wartości schłodzenia czynnika) jest zadaniem, które wymaga zaangażowania znacznych zasobów pracowników eksploatacji i jest wykonywany bardzo rzadko, albo praktycznie wcale. Także informacja o rozkładzie ciśnień i przepływów w sieci ciepłowniczej jest niepełna i w ocenie audytora absolutnie niewystarczająca jak na potrzeby skutecznego i optymalnego prowadzenia systemu ciepłowniczego tej wielkości i mocy zainstalowanej.

Dodatkowo na uwagę zasługuje także fakt, że dość rozległy pierścieniowy system ciepłowniczy, zasilany z więcej niż jednego źródła ciepła posiada tylko jedną przepompownię – stację podnoszenia/redukcji ciśnienia. Jego miejsce instalacji w sieci ciepłowniczej sprawia,

że wpływ tejże stacji na poprawę parametrów jest bardzo nieznaczny przy aktualnie prowadzonym sposobie zasilania systemu ciepłowniczego z ciepłowni C13 oraz C14. Regulacja parametrów ilościowo-jakościowa realizowana zasadniczo tylko i wyłącznie poprzez układy pompowe znajdujące się w ciepłowniach C13 i C14 sprowadza się do konieczności zawyżania krzywej grzewczej (szczególnie w C14) i/lub konieczności utrzymywania wysokich temperatur na wyjściu z obu źródeł i relatywnie wysokich ciśnień dyspozycyjnych, aby skutecznie dostarczyć ciepło do odbiorców w audytowanej sieci ciepłowniczej. Taki stan rzeczy skutkuje tym, że straty ciepła na przesyłach są relatywnie dość wysokie, a dodatkowo zużywany jest za duży wolumen energii przez układy pompowe w ciepłowniach. W ocenie audytora obszar ten, tj. poprawa i ograniczenie strat oraz optymalizacja zużycia energii elektrycznej na pompowanie i wykorzystanie energii OZE na potrzeby układów pompowych, posiada znaczny potencjał do poprawy zużycia energii elektrycznej (końcowej) oraz ograniczenia CO₂.

2.5.1 Przygotowanie wyposażenia węzłów ciepłych do wdrożenia systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą.

Proces digitalizacji sieci ciepłowniczej wiąże się z licznymi przygotowaniem, a głównym etapem jest dostosowanie urządzeń, które znajdują się w systemie. Zapewnienie możliwości komunikacyjnych jest niezbędne, aby odczytywać dane oraz sterować parametrami aparatury.

2.5.1.1 Wymiana regulatorów pogodowych

Aby zapewnić prawidłowe działanie systemu inteligentnej sieci ciepłowniczej, tzn. zagwarantować możliwość zdalnej zmiany nastaw na poszczególnych węzłach, niezbędna jest komunikacja dwustronna z regulatorami pogodowymi. Dlatego bezwzględnie należy zastąpić regulatory bez możliwości podłączenia do magistrali komunikacyjnej, w tym przypadku to modele znajdujące się na poniższej liście.

Tabela 14 Lista regulatorów pogodowych przedsiębiorstwa PEC Gniezno, które powinny zostać bezwzględnie wymienione

Lp.	Model regulatora	Ilość
1.	Siemens RVD-115/109	11
2.	Siemens RVD-130	52
3.	Siemens RVD-135/109	2
4.	Danfoss AVTB	1
5.	Danfoss Eurotermostat	1
6.	LANDIS RVL 55	12

Ponadto należy wymienić pozostałe regulatory nie pozwalające na sterowanie węzłami ciepłymi (tj. posiadające komunikację jednokierunkową).

Łączna liczba regulatorów rekomendowanych do wymiany w systemie ciepłowniczym PEC Gniezno dla węzłów własnych wynosi 162. Pozwoli to na zdalne sterowanie wszystkimi węzłami cieplnymi, w tym uaktywnienie funkcji regulacji temperatury powrotu czynnika grzewczego.

Wymiana obecnych regulatorów pogodowych na nowsze modele pozwoli zapewnić możliwość zdalnej zmiany nastaw po wprowadzeniu systemu telemetrii, co znacząco ułatwi pracę obsługi sieci ciepłowniczej. Dodatkowo, regulacja z poziomu komputera w stacji operatorskiej możliwa jest w czasie rzeczywistym i nie wymaga od obsługi przyjazdu do węzła w celu ręcznej zmiany nastaw regulatora. Pozwoli to zaoszczędzić energię, a także koszt przejazdu oraz czas pracy.

2.5.1.2 Wymiana liczników ciepła

Na początku tego etapu powinna zostać dokonana wymiana liczników ciepła. Modele, które nie posiadają modułów komunikacyjnych, jak również brakuje możliwości zainstalowania takowych, powinny być wymienione. Obsługiwanie ich przez centralki komunikacyjne systemu telemetrycznego jest niemożliwe.

Zalecana jest wymiana ciepłomierzy typu WSDX-X ze względu na brak możliwości komunikacyjnych oraz niekompatybilność z obecnymi standardami urządzeń do obsługi ciepłownictwa.

W poniższej tabeli przedstawiono zestawienie niezbędnych do wymiany liczników ciepła.

Tabela 15 Lista liczników ciepła przedsiębiorstwa PEC Gniezno, które powinny zostać wymienione

Lp.	Model licznika ciepła	Ilość
1.	EWZ 350	4
2.	Multical 401	1
3.	Multical III	1
4.	Multical RTP 9630	3
5.	Siemens PT500	11
6.	WSC1-3,0	1
7.	WSD2C-0,75 K5	6
8.	WSD2C-1,50 K5	5
9.	WSD4-3,0	3
10.	WSD4-3,00 K5	3
11.	WSD4-3,00 S5	1
12.	WSD4-4,5	1
13.	WSD4-4,5 S5	2
14.	WSD4-4,50 K5	1
15.	WSD5-6,0	22
16.	WSD5-6,00 F5	5
17.	WSD5-6,00 S5	6
18.	WSD6-12,0	16
19.	WSD6-12,0 F5	13
20.	WSD7-15,0	2
21.	WSD7-15,0 F5	3
22.	WSD7-25,0	2
23.	WSD7-25,0 F5	1
	Razem:	113

2.5.1.3 Instalacja modułów komunikacyjnych do liczników ciepła

Z uwagi na różnorodność protokołów komunikacyjnych, które mogą zostać zainstalowane w ciepłomierzach, zaleca się, aby zakupione moduły rozszerzeń posiadały standardowe protokoły stosowane w ciepłownictwie, tj. M-Bus lub Modbus RTU. Gwarantuje to, że zakupiony moduł będzie spełniał standardy komunikacyjne umożliwiające odczyt danych z ciepłomierza przez centralkę telemetryczną. Dodatkowo wykorzystanie standardowych protokołów komunikacyjnych daje większe możliwości wyboru urządzeń oraz przyszłej rozbudowy lub modernizacji węzłów ciepłych.

Dostawcy rozwiązań digitalizujących sieć ciepłowniczą w swojej ofercie posiadają moduły komunikacyjne do popularnych modeli liczników ciepła. Niweluje to konieczność zakupu osobnego przez PEC Gniezno modułów komunikacyjnych. Przedsiębiorstwo powinno jedynie dostarczyć dostawcy systemu pełną listę liczników ciepła (po wymianie modeli zgodnie z powyższą listą Tabela 3Tabela 19 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła).

2.5.1.4 Instalacja przetworników ciśnienia

Obserwacja rozkładu ciśnień w sieci ciepłowniczej dostarcza informacji o jej działaniu i daje narzędzia do prowadzenia systemu ciepłowniczego w sposób optymalny dla danych warunków. Utrzymanie dyspozycji na progu węzła ciepłowniczego na prawidłowym poziomie jest kluczowe w utrzymaniu optymalnych wysokości podnoszenia i przepływów na progu źródła ciepła. Zbyt niska wartość ciśnienia dyspozycyjnego może powodować, że do odbiorców nie jest sprzedawane ciepło, co przekłada się na dyskomfort oraz straty przedsiębiorstwa ciepłowniczego. Istotne jest również utrzymanie ciśnienia poniżej dopuszczalnych wartości optymalizując w ten sposób koszty pompowania. Aby sterować przepompownią w optymalny sposób – uwzględniając aktualny rozkład ciśnień w sieci, należy mieć podgląd on-line na wartości ciśnienia w możliwie wielu punktach systemu ciepłowniczego. Umożliwiają to przetworniki ciśnienia zainstalowane w węzłach cieplnych, które po podłączeniu do systemu telemetrycznego pozwolą zbadać, czy rozkład ciśnień w sieci jest prawidłowy. Kolejną zaletą instalacji czujników ciśnienia jest możliwość wykrycia na podstawie aktualnych wartości, gdzie wystąpiła anomalia w funkcjonowaniu systemu ciepłowniczego np. wyciek lub inna awaria na sieci. Korzyścią będzie także cykliczny pomiar ciśnień w dostatecznie wielu miejscach sieci ciepłowniczego i analiza wsteczna funkcjonowania sieci ciepłowniczego na podstawie danych historycznych o dostatecznie dużej rozdzielczości czyli krótkim czasokresie odczytu danych.

Biorąc pod uwagę korzyści wynikające z posiadania czujników ciśnienia w systemie telemetrycznym, który umożliwia odczyt on-line parametrów ciśnienia, rekomenduje się instalację takich przetworników w węzłach które ich nie posiadają, jednak nie mniej niż w kolejnych 19 węzłach, które zostały wytypowane na podstawie modelu hydraulicznego, jako kluczowe do prawidłowego sterowania pracą systemu ciepłowniczego PEC Gniezno. Zestawienie tych węzłów przedstawiono w poniższej tabeli;

Tabela 16 Nowe węzły krytyczne

Nowe węzły krytyczne			
Lp.	Nr węzła		Adres
1	R	005	Poznańska 15
2	R	010	Kostrzewskiego 5/7
3	W	040	Os. Jagiellońskie 20
4	W	079	Os. Orła Białego 5
5	W	090	Wodna 20
6	W	098	Os. Łokietka 15
7	W	124	Roosevelta 116
8	W	196	Pałucka 2
9	W	212	Paczkowskiego 20
10	W	217	Kościuszki 21
11	W	220	Jana Pawła II 9-10
12	W	222	Jolenty 5
13	W	239	Kaszarska 3
14	W	335	Budowlanych 19
15	W	348	Zabłockiego 26
16	W	350	Kasprowicza 10
17	W	387	Juliana Tuwima 6
18	W	399	Składowa (Galeria)
19	W	404	Parkowa

Przetworniki ciśnienia w pozostałych węzłach mogą zostać zamontowane zarówno przed jak i po wdrożeniu systemu telemetrii, należy jednak mieć na uwadze wcześniejsze uzgodnienie włączenia zdalnego odczytu ciśnień we wdrażany system.

2.5.1.5 Wodomierze

Metoda objazdowa odczytu wodomierzy wymusza okresowość spisywania stanów wodomierzy. Niska częstotliwość odczytów ilości pobranej wody znacząco wydłuża czas reakcji na anomalnie, takie jak zwiększony pobór sugerujący wyciek wody. Aby zapobiec sytuacjom długotrwałych wycieków i usprawnić proces rozliczania z klientami należy włączyć wodomierze do systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą. W tym celu konieczny jest montaż nakładek umożliwiających zdalny odczyt wartości z liczników pobranej wody. Ze względu na niską dokładność nakładek impulsowych, zaleca się użycie nakładek z komunikacją M-Bus. Gwarantuje to wysoką precyzję odczytywanych danych.

Jeśli instalacja nakładki z komunikacją M-Bus jest niemożliwa, zalecana jest wymiana wodomierza na nowoczesny model, który umożliwia komunikację w tym protokole.

2.5.1.6 Układy automatycznego uzupełniania instalacji

Aby wdrożyć automatyczne uzupełnianie instalacji do systemu digitalizującego i umożliwić zdalne sterowanie tym elementem, należy określić węzły, w których taki system powinien się znajdować. Jest to dodatkowy element systemu telemetrycznego, a ze względu na koszt wdrożenia, może być nieopłacalne instalowanie go w każdym węźle, który zawiera układ uzupełniania wody.

2.5.1.7 Komory z zaworami/klapami odcinającymi

Istnieje możliwość włączenia armatury odcinającej w komorach do systemu telemetrycznego, co pozwoli na zdalną zmianę ich nastaw. Aby to zrealizować niezbędne jest zapewnienie zasilania sieciowego energii elektrycznej do komory, ponieważ zasilanie bateryjne nie jest zalecane w tego typu rozwiązaniach z uwagi na bezpieczeństwo systemu. Istotne jest również aby zawory/klapy odcinające posiadały interfejs komunikacyjny (lub minimalnie sterowanie sygnałem analogowym), co pozwoli na precyzyjne zadawanie stopnia otwarcia i ew. informację zwrotną o stanie rzeczywistym .

W przypadku wdrażania automatycznego sterowania zasuwami istotne jest aby zwrócić uwagę na zastosowanie odpowiedniego algorytmu sterowania, który nie pozwoli na zbyt gwałtowne odcięcia.

2.5.1.8 Wykaz zadań w zakresie telemetrii

W poniższej tabeli przedstawiono ilościowo i wartościowo zbiorcze zestawienie działań w zakresie telemetrii i wyposażenia węzłów niezbędnych do digitalizacji w systemie ciepłowniczym PEC Gniezno.

Tabela 17 Wykaz zadań w zakresie telemetrii rekomendowany w ramach digitalizacji sieci

Telemetria				
1	Węzeł bez zasilania ee (obcy): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adresie (baterijny moduł z adapterem ciepłomierza oraz odczyt wodomierza po mbus)	2 000 zł	56	112 000 zł
2	Węzeł zasilany w ee (własny): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adres (moduł telemetryczny sieciowy z zasilaczem i kartą wejść/wyjść (obsługa 3xczujnik temp PT1000, 3x czujnik ciśnienia 4-20mA)	4 500 zł	319	1 435 500 zł
3	Montaż 2 przetworników ciśnienia w węźle cieplnym wraz z okablowaniem i montażem	2 000 zł	19	38 000 zł
4	Montaż wodomierza z mbus w węźle cieplnym	600 zł	375	225 000 zł
5	Wymiana licznika ciepła w węźle cieplnym	1 985 zł	113	224 305 zł
6	Dostawa i montaż detektora awarii sieci preizolowanej (1 szt. na pętlę)	3 000 zł	40	120 000 zł
7	Dostosowanie systemu telemetrii o wizualizację, odczyt i komunikację dwukierunkową po MODBUS z 2 stacjami podnoszenia ciśnienia - opracowanie i wdrożenie algorytmu sterującego pracą pomp wg ciśnienia dyspozycyjnego na wskazanych węzłach krytycznych	7 500 zł	2	15 000 zł
8	Koszt zakupu licencji systemu IT do nadzorowania pracy, komunikacji i wdrożenie rozwiązania w PEC - rozwiązanie chmurowe	230 000 zł	1	230 000 zł
9	Modernizacja rozdzielni zasilającej i AKPiA w węźle cieplnym - montaż rozdzielni wraz z regulatorem, okablowaniem i aparatami, bez wymiany pomp, napędów i zaworów	5 300 zł	162	858 600 zł
Telemetria razem:				3 258 405 zł

2.6 Wypełnienie kryterium efektywnego systemu ciepłowniczego

Przeprowadzony audyt systemu ciepłowniczego PEC Gniezno wykazuje, że obecnie system ten nie spełnia wymogów efektywnego systemu ciepłowniczego zarówno w myśl aktualnie obowiązujących uregulowań prawnych jak i w projektowanych zapisach pakietu Fit for 55.

Wobec powyższego możliwość ubiegania się przez PEC Gniezno o bezzwrotne dofinansowanie w ramach ogłoszonego, przez NFOŚiGW, programu priorytetowego Digitalizacja Sieci Ciepłowniczych uwarunkowane jest złożeniem przez PEC Gniezno wiążącego zobowiązania do podjęcia, w ciągu trzech lat od podpisania umowy na dofinansowanie digitalizowanej sieci, prac dla osiągnięcia przez system ciepłowniczy PEC Gniezno statusu systemu efektywnego.

3 Analiza hydrauliczna systemu ciepłowniczego w Gnieźnie (analiza techniczna i technologiczna)

3.1 Założenia do obliczeń

W systemie ciepłowniczym znajdują się następujące układy pompowe:

Tabela 18 Parametry układów pompowych

Źródło ciepła/pompownia	Nazwa układu pompowego	Wysokość podnoszenia [m]	Wydajność [m³/h]
C-13	2 Pompy 20W39 GV	98	400
	2 Pompy ETN 125-100-250/260	80	300
C-14	ETN 125-100-250/260	80	300
	100PJM290	97	168
	2 Pompy 100 PJM270	97	150
ul. Sobieskiego	3 pompy Wilo typ IL-e 80/200-22/2	30	110

Maksymalne temperatury pracy - zima (-18 °C) 130°C/80°C

Węzły cieplne

Zapotrzebowanie ciepła na cele c.o. i c.w.u. przyjęto zgodnie z dostarczonymi danymi.

Przyjęto obciążenie cieplne węzłów cieplnych zgodnie z mocą podaną przez PEC Gniezno.

Geometria sieci

Dane odnośnie długości, średnic i połączeń przyjęto zgodnie z danymi PEC Gniezno.

Przyjęto chropowatość $k = 0,3$ mm.

3.2 Opis metodyki obliczeń

Obliczeń hydraulicznych dokonano programem komputerowym Audytor SCW 3.07.01.558.

Metodyka obliczeń dla analizowanego systemu polegała na spełnieniu wymaganych ciśnień dyspozycyjnych w węźle (węzłach) położonych najbardziej niekorzystnie pod względem hydraulicznym w stosunku do źródła ciepła dla założonych ciśnień dyspozycyjnych w źródłach.

3.3 Wyniki analizy hydraulicznej dla stanu istniejącego

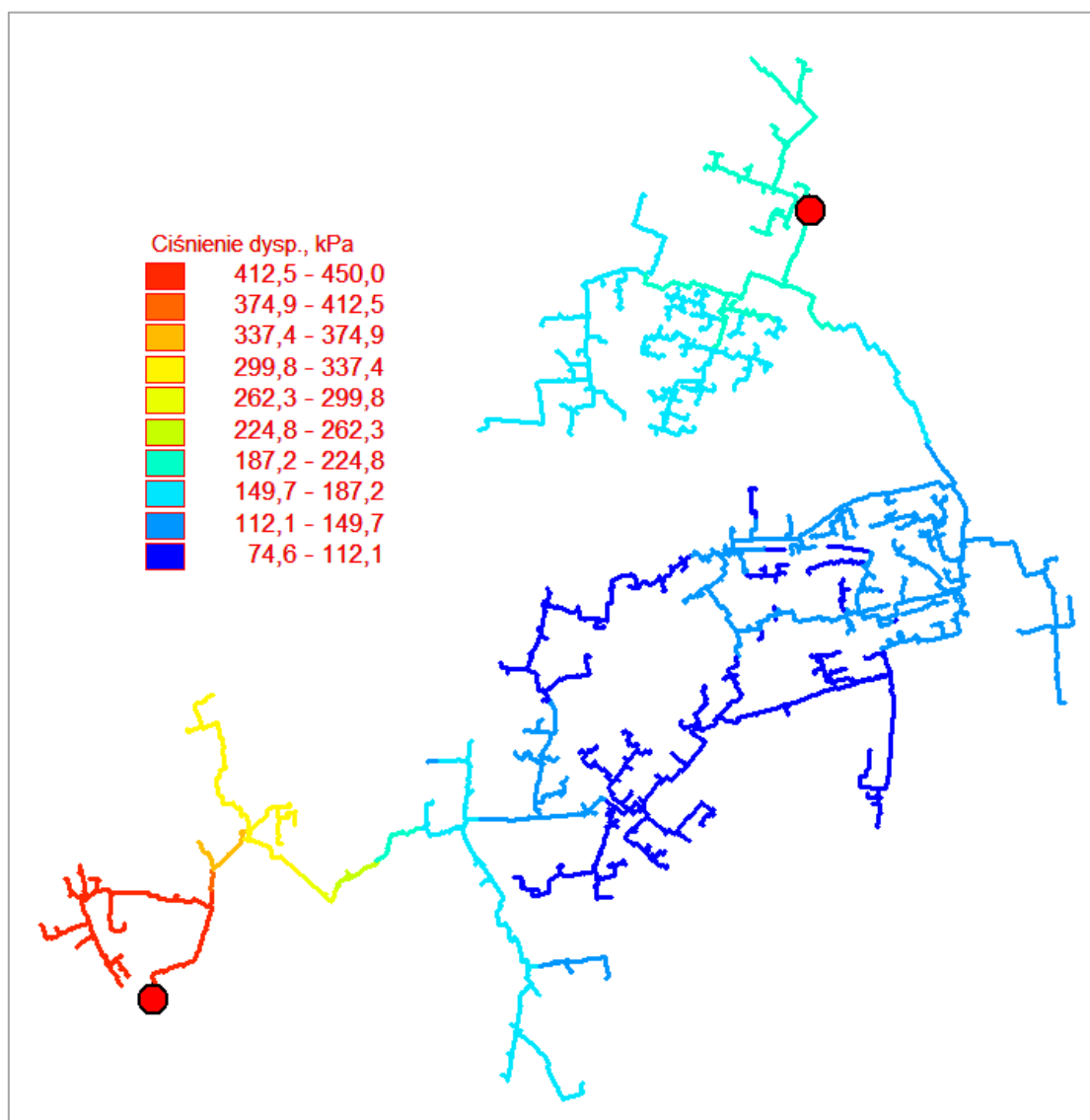
3.3.1 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla 5°C

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Temperatura zasilania $T_z = 75^\circ\text{C}$

Tabela 19 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]
C-13	630	220	410	519	75	54	12,6	2,45	211,3
C-14	730	420	310	240	75	54,6	5,7		



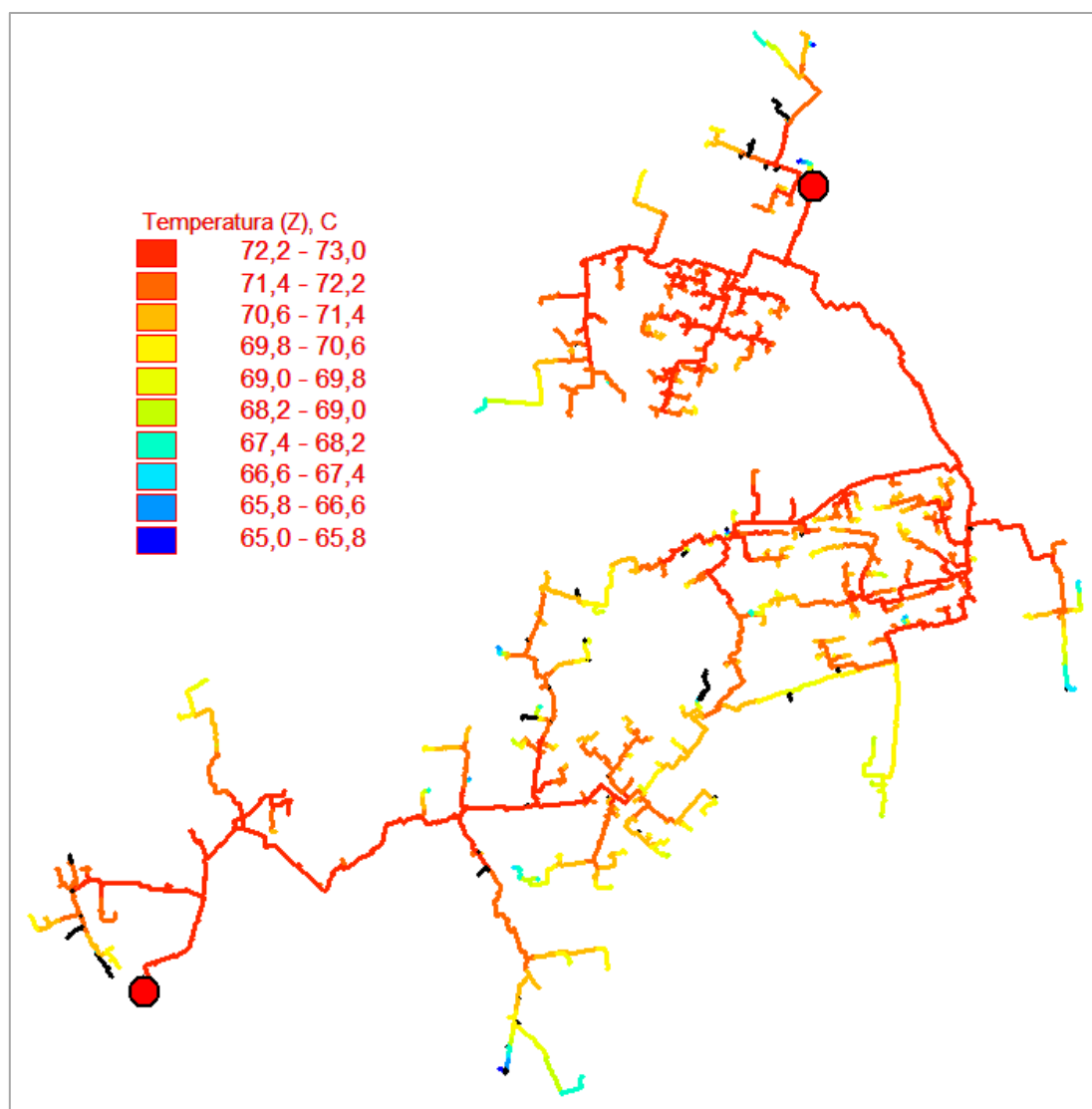
Rysunek 7 wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej⁷

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (450kPa) obserwowane są w okolicy ciepłowni C-14, wynikają one z konieczności przetłoczenia czynnika przez sieć DN200 w kierunku centrum miasta. Najniższe ciśnienia obserwowane są w centralnej części sieci i wynoszą one około 90 kPa.

⁷ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 20 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W350	Kasprowicza	10	4,7	2,301	86,9
W341	Cieszkowskiego	17	4,1	3,058	91,1
W202	Słowackiego	3A	4,5	1,845	95,2
W167	Słowackiego	5	3,9	1,886	97,4
W168	Słowackiego	7	3,8	1,886	98,3
W169	Cieszkowskiego	20	4,5	0,774	98,7
W170	Słowackiego	11	3,7	1,490	99,5



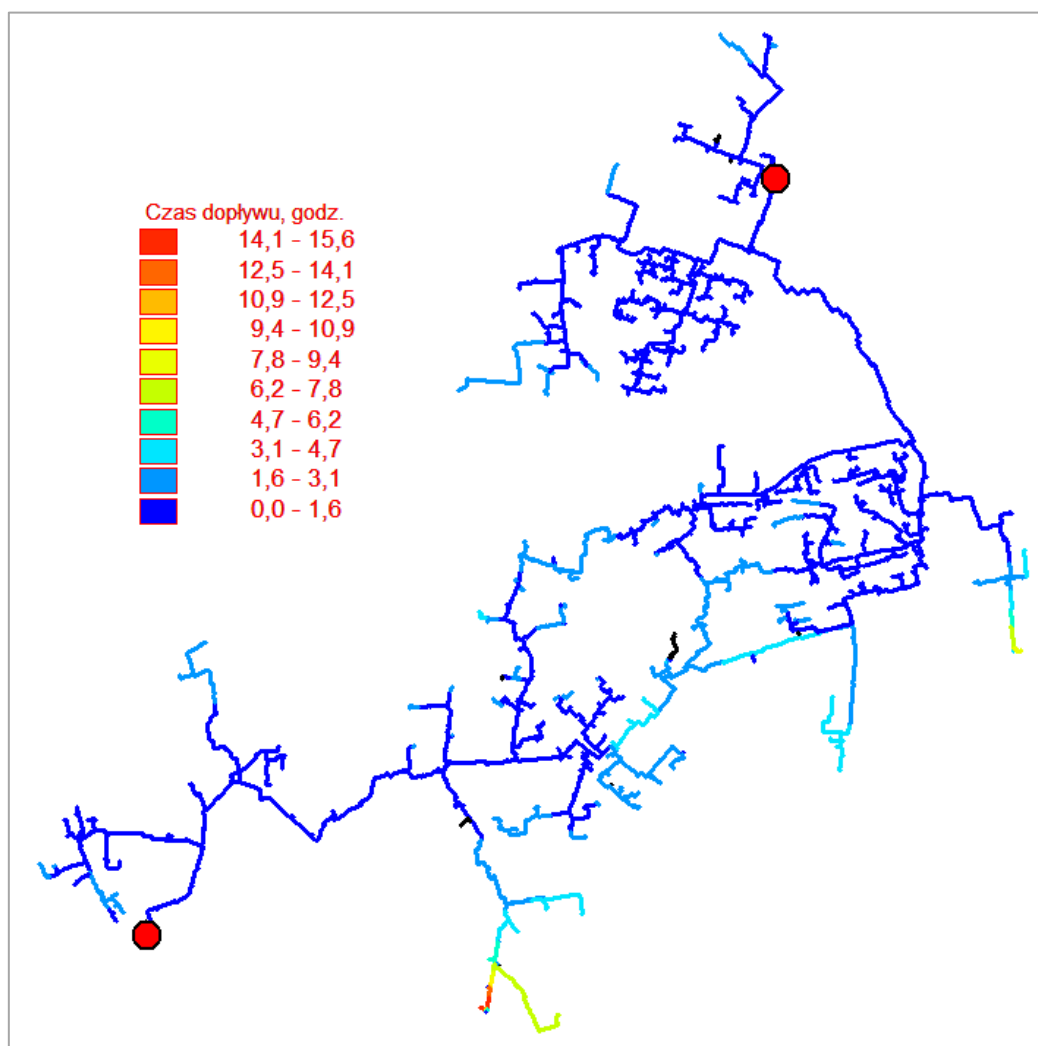
Rysunek 8 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej⁸

⁸ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Obserwowane spadki temperatur na końcówkach wynikają z niewielkich prędkości przepływu wody sieciowej na końcówkach sieci. Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobieralskiego 14 i wynosi on 11,1°C.

Tabela 21 Zestawienie spadków temperatur

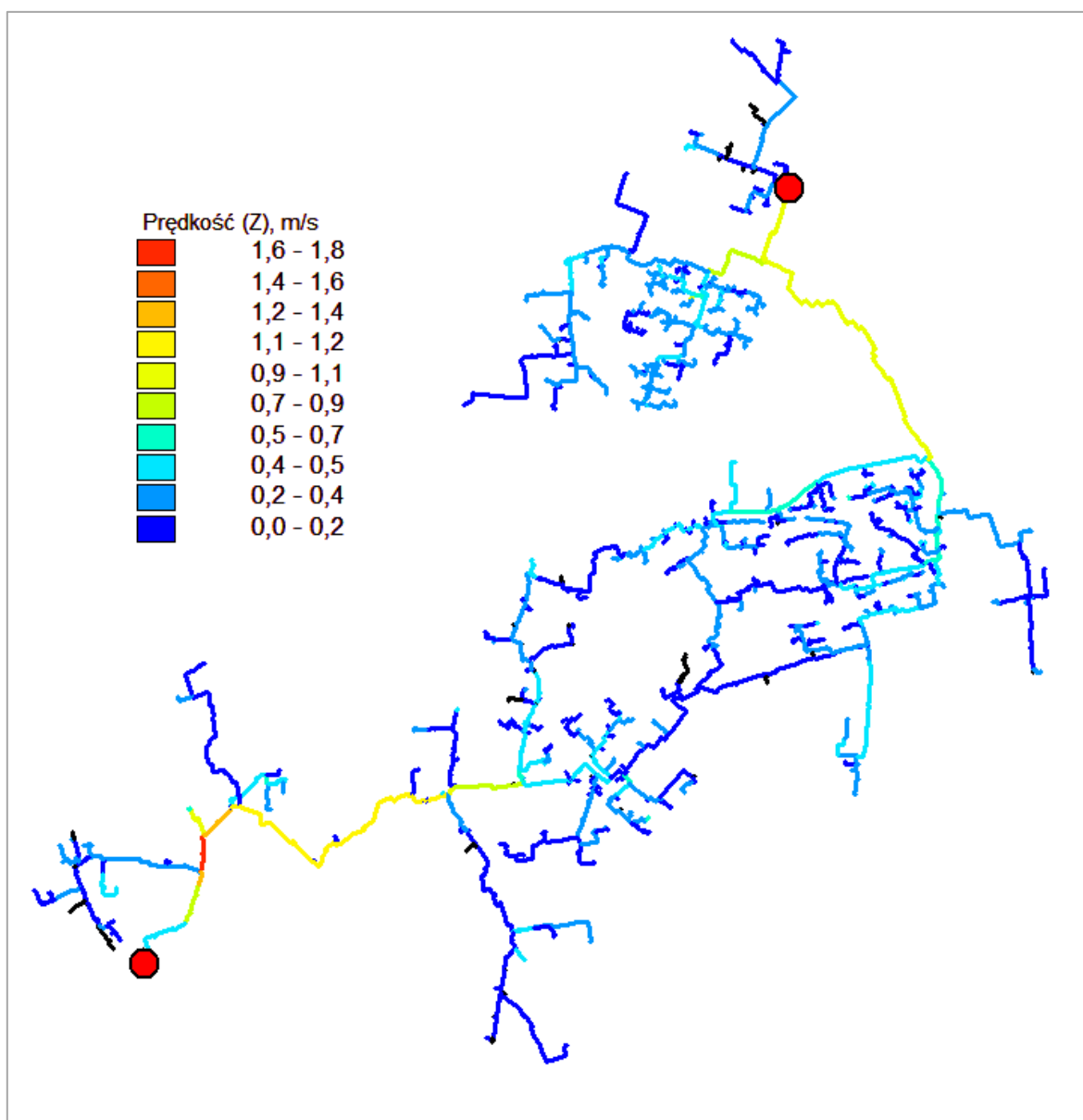
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	11,1	0,045	116,6
W108	Paczkowskiego	6	8,7	0,094	124,7
W349	Pałucka	17	8,7	0,062	211,9
W242	Spichrzowa	14	7,9	0,200	218,4
W397	Wrzesińska	30	7,8	1,201	154,9
W282	Jana	8	7,7	0,229	106,5
W160	Roosevelta	90	7,4	0,089	123,9
W195	Sobieskiego	17	7,2	0,142	120,8
W316	Wawrzyńca	6	7,0	0,071	152,2



Rysunek 9 Czas dopływu czynnika⁹

⁹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Największy czas dopływu czynnika dotyczy węzła Wrzesińska 30 i wyniósł on prawie 16h. Jest to ostatni węzeł podłączony do magistrali południowej (DN200) o stosunkowo niewielkiej mocy jak na taką średnicę (135 kW)



Rysunek 10 Prędkości przepływu czynnika¹⁰

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródeł ciepła. Przy C-14 jest to miejsce zmiany średnicy z DN250 na DN200 gdzie prędkość dochodzi do około 1,8m/s. Przy C-13 jest to magistrala na wyjściu DN450 gdzie prędkość wynosi około 1,1m/s.

¹⁰ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

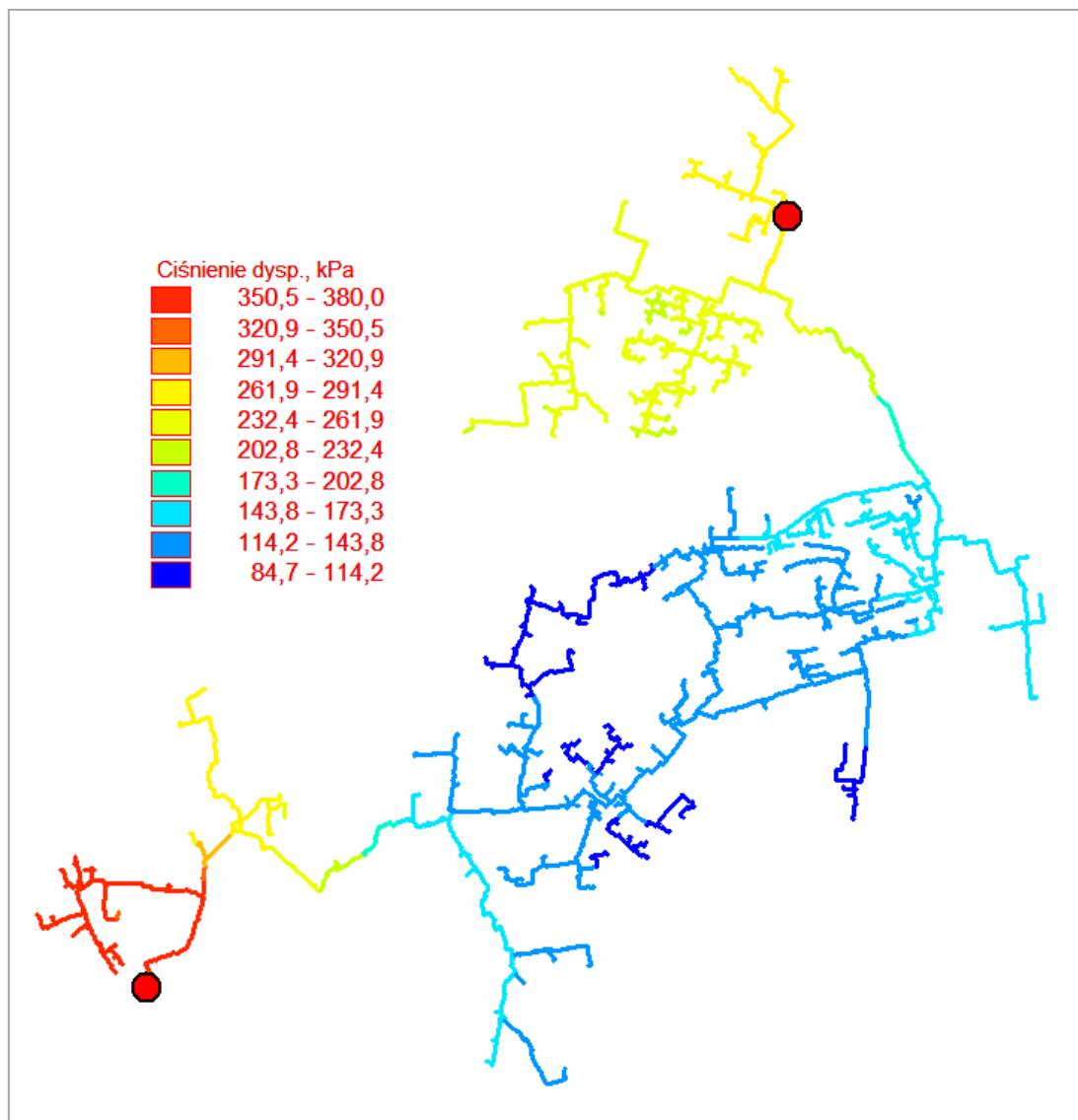
3.3.2 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla 0°C

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Temperatura zasilania $T_z = 83^\circ\text{C}$

Tabela 22 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m³/h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]
C-13	670	280	390	610	83	56,0	19	2,75	238
C-14	720	380	340	241	83	56,6	7,4		



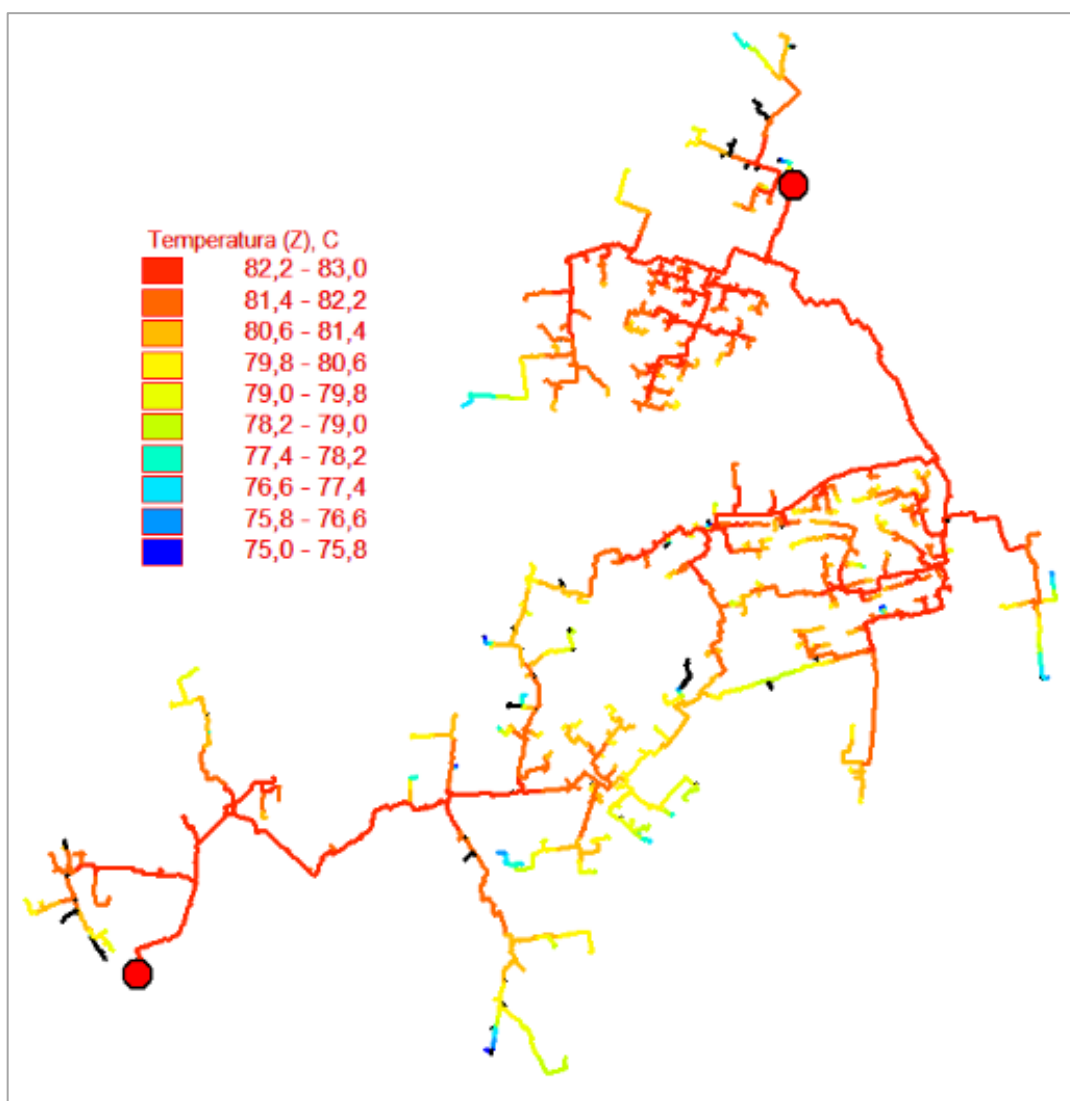
Rysunek 11 Wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej¹¹

¹¹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (380kPa) obserwowane są w okolicy ciepłowni C-14, wynikają one z konieczności przetłoczenia czynnika przez sieć DN200 w kierunku centrum miasta. Najniższe ciśnienia obserwowane są w centralnej części sieci i wynoszą one około 100 kPa).

Tabela 23 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W333	3 Maja	37	2,6	22,267	101,5
W350	Kasprowicza	10	4,5	2,540	104,6
W341	Cieszkowskiego	17	3,9	3,307	109,7



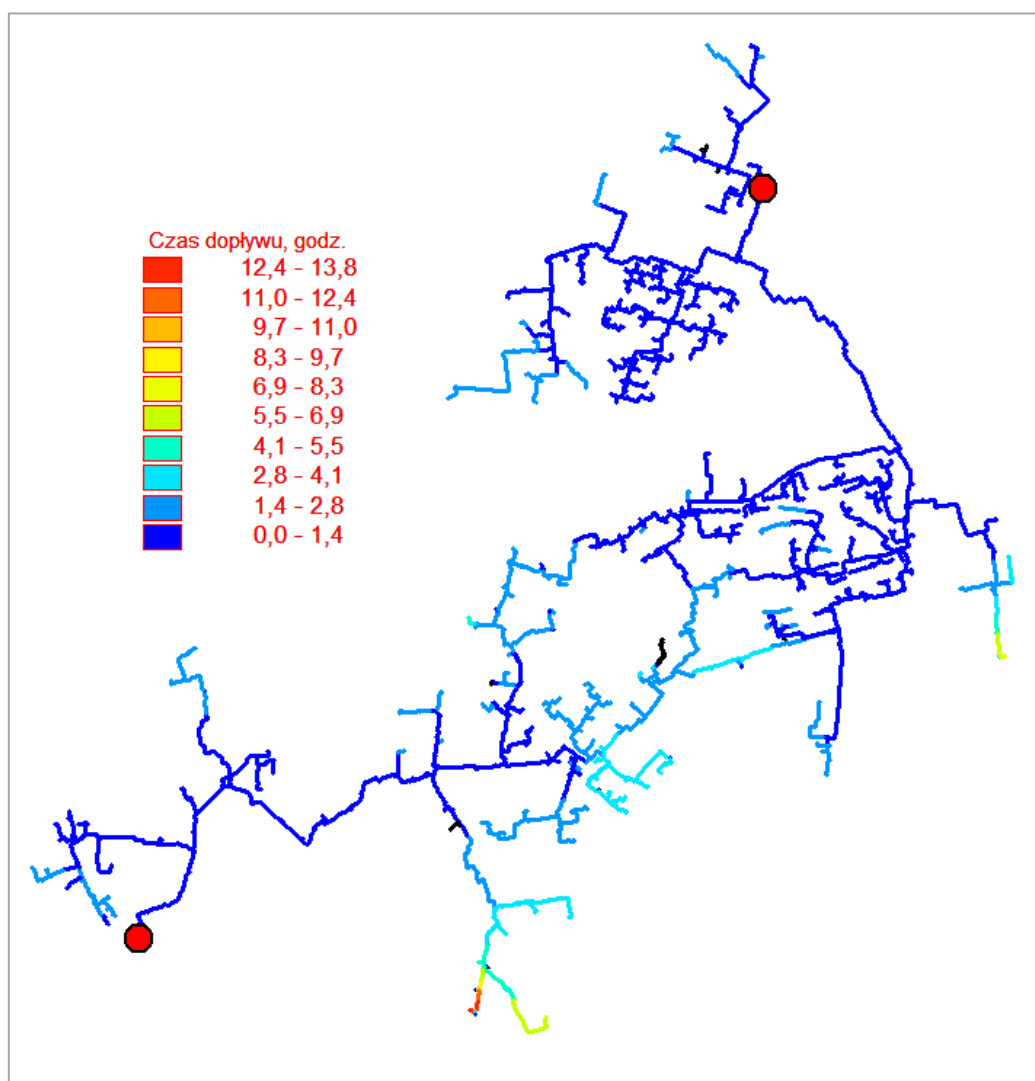
Rysunek 12 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej¹²

¹² Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Obserwowane spadki temperatur na końcówkach wynikają z niewielkich prędkości przepływu wody sieciowej na końcówkach sieci. Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobieralskiego 14 i wynosi on 11,5°C.

Tabela 24 Zestawienie spadków temperatur

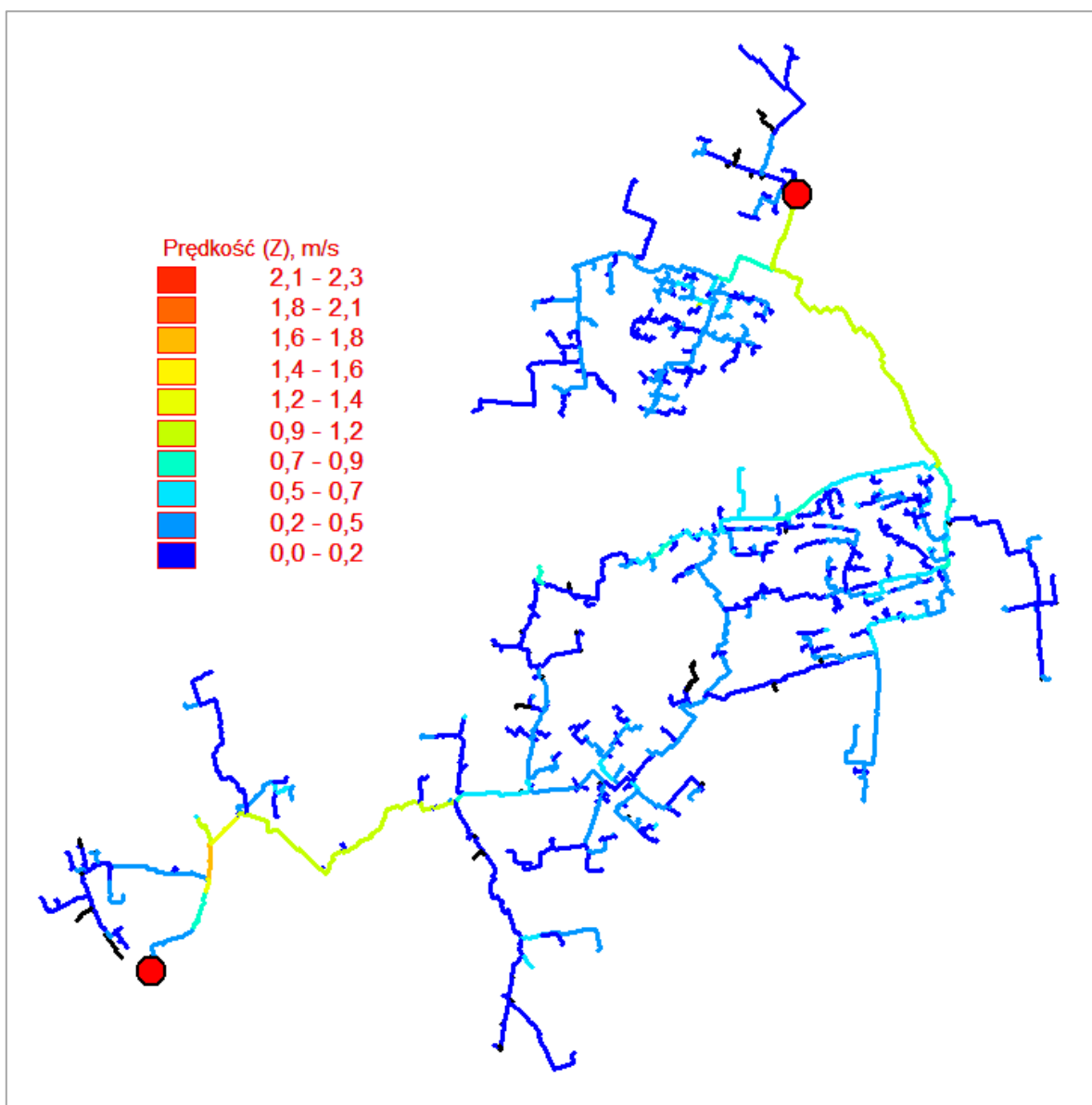
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	11,5	0,049	136,4
W349	Pałucka	17	9,2	0,067	270,7
W108	Paczkowskiego	6	9,2	0,101	150,2
W300	Wawrzyńca	11	8,4	0,333	176,1
W242	Spichrzowa	14	8,4	0,214	278,2
W282	Jana	8	8,2	0,252	115,8
W160	Roosevelta	90	8,0	0,095	149,8



Rysunek 13 Czas dopływu czynnika¹³

¹³ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

Węzeł cieplowniczym z największym czasem dopływu czynnika to węzeł pod adresem Wrzesińska 30 , dla którego czas dopływu czynnika wynosi 14h.



Rysunek 14 Prędkości przepływu czynnika¹⁴

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródeł ciepła. Przy C-14 jest to miejsce zmiany średnicy z DN250 na DN200 gdzie prędkość dochodzi do około 1,8m/s. Przy C-13 jest to magistrala na wyjściu DN450 gdzie prędkość wynosi około 1,2m/s. Większość sieci cechują niskie prędkości przepływu rzędu 0,1 – 0,5 m/s.

¹⁴ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu cieplowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci cieplowniczego PEC Gniezno.

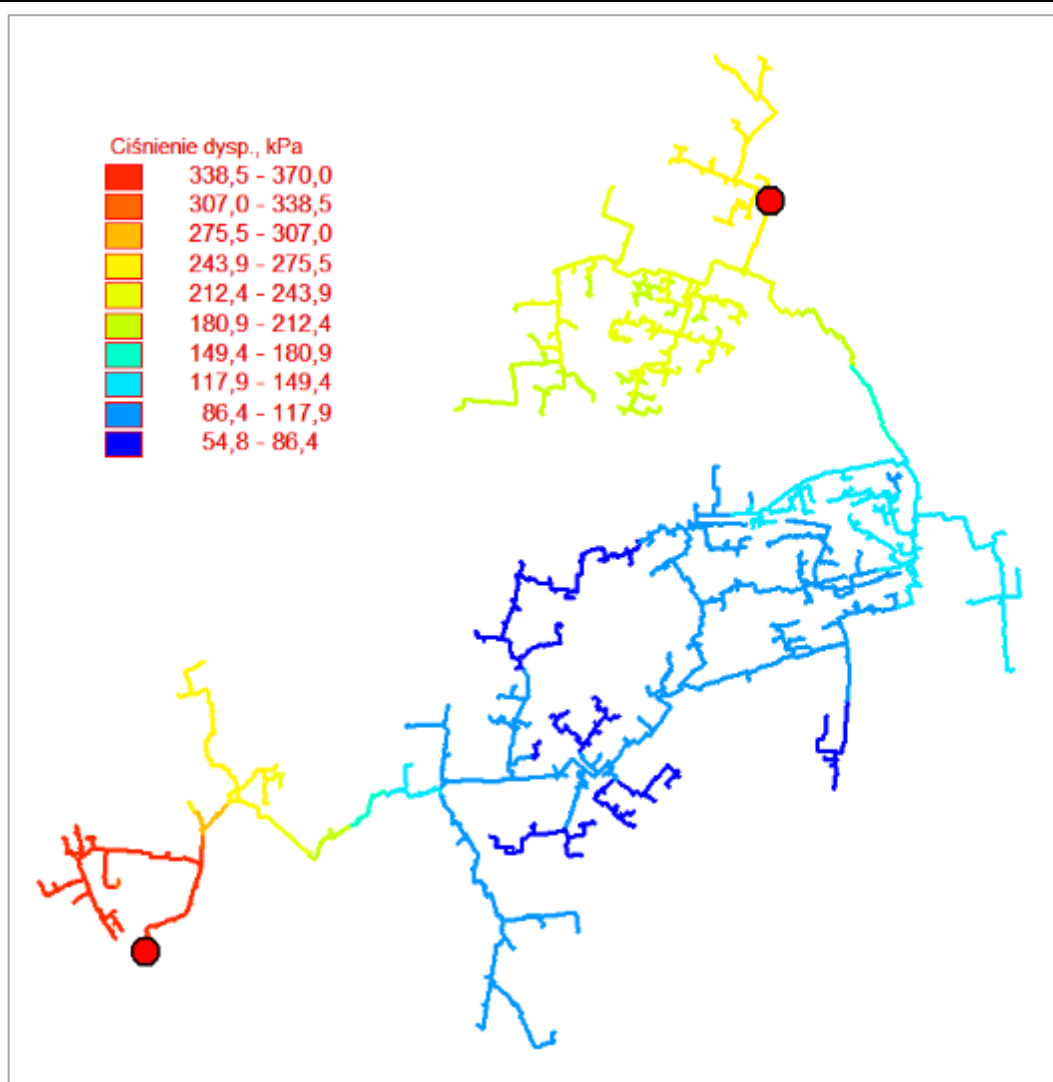
3.3.3 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -3°C (połowa mocy obliczeniowej)

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13, C-14
- Otwarty zrzut w kierunku ul. Witkowska
- Temperatura zasilania $T_z = 88^\circ\text{C}$

Tabela 25 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]
C-13	650	260	390	631	88	57,1	22,6	2,92	252
C-14	705	360	335	250	88	57,2	8,9		



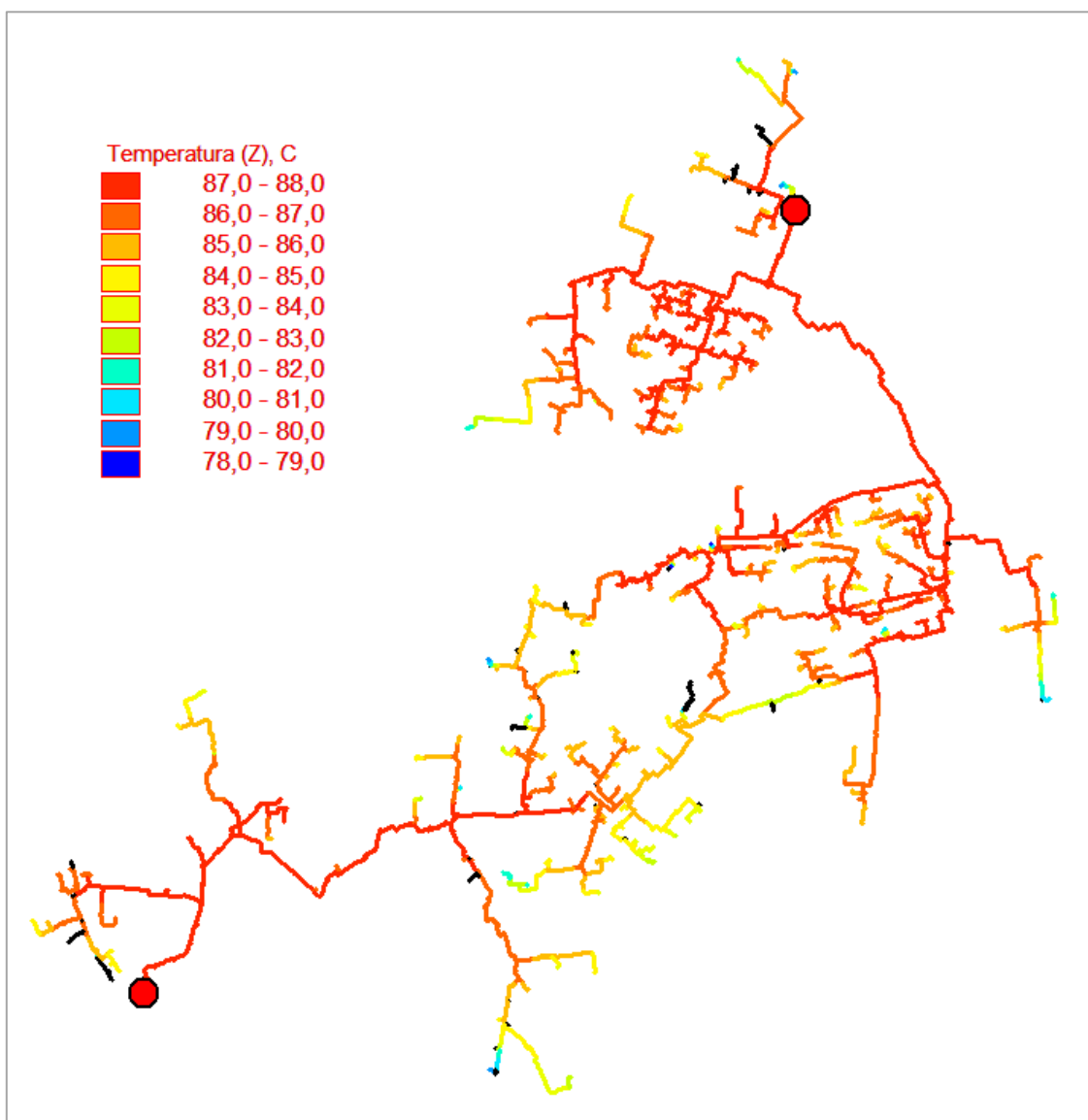
Rysunek 15 ciśnienia dyspozycyjne dla -3°C¹⁵

¹⁵ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (360 kPa) obserwowane na wyjściu z ciepłowni C-14. Z kolei ciśnienie dyspozycyjne na wyjściu z C-13 wynosi 260 kPa. Najniższe ciśnienia obserwowane są w centralnej części sieci i wynoszą one około 73 kPa).

Tabela 26 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W333	3 Maja	37	4,3	21,294	72,964
W398	Chrobrego	22	6,2	2,514	80,271
W220	Jana Pawła II	9-10	6,5	1,589	81,937
W399	Składowa		6,1	5,219	81,969
W280	Sienkiewicza	11	5,4	0,550	82,317



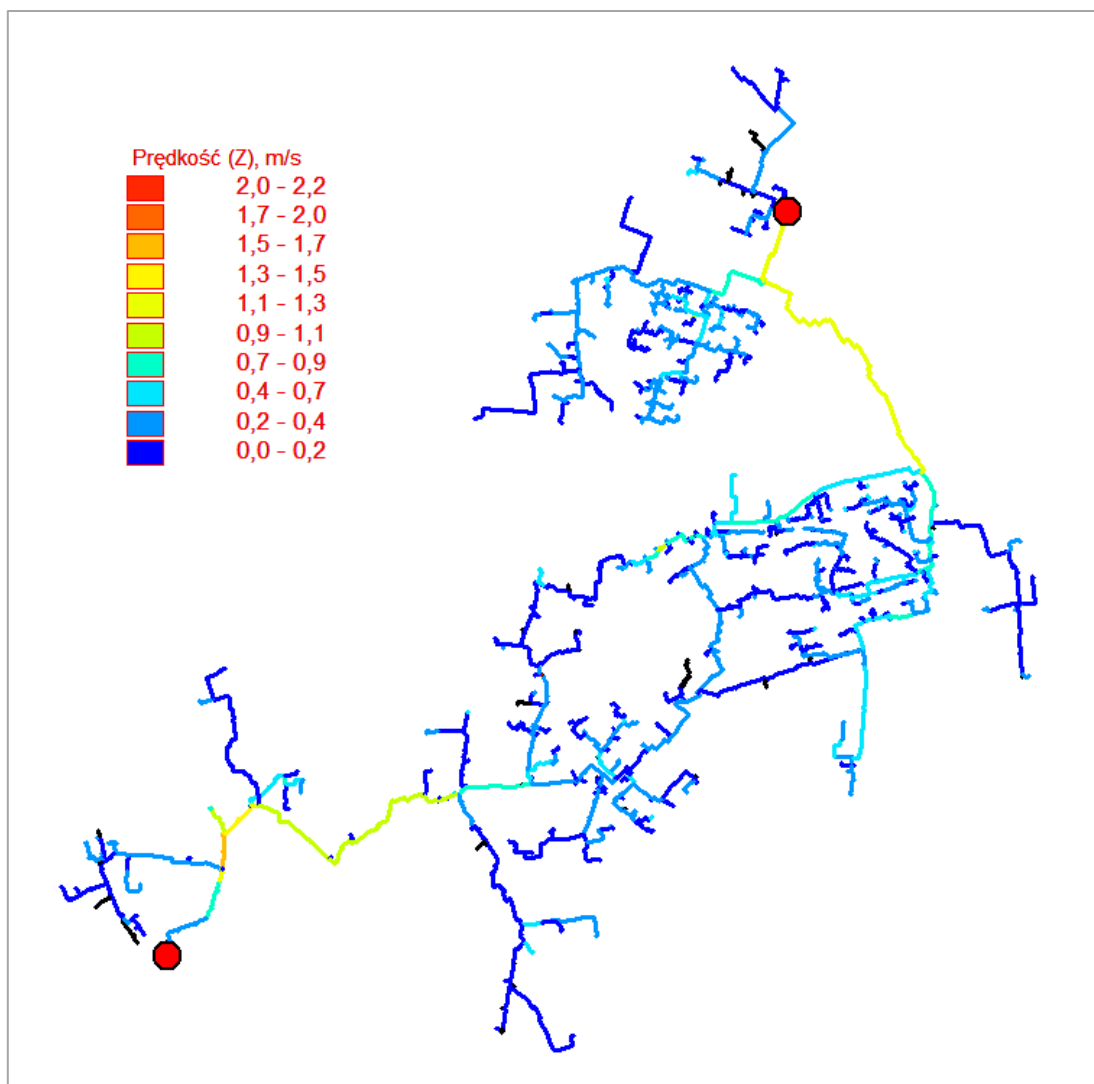
Rysunek 16 Temperatura czynnika w sieci¹⁶

¹⁶ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobierskiego 14 i wynosi on 19,7°C.

Tabela 27 Zestawienie największych spadków temperatur

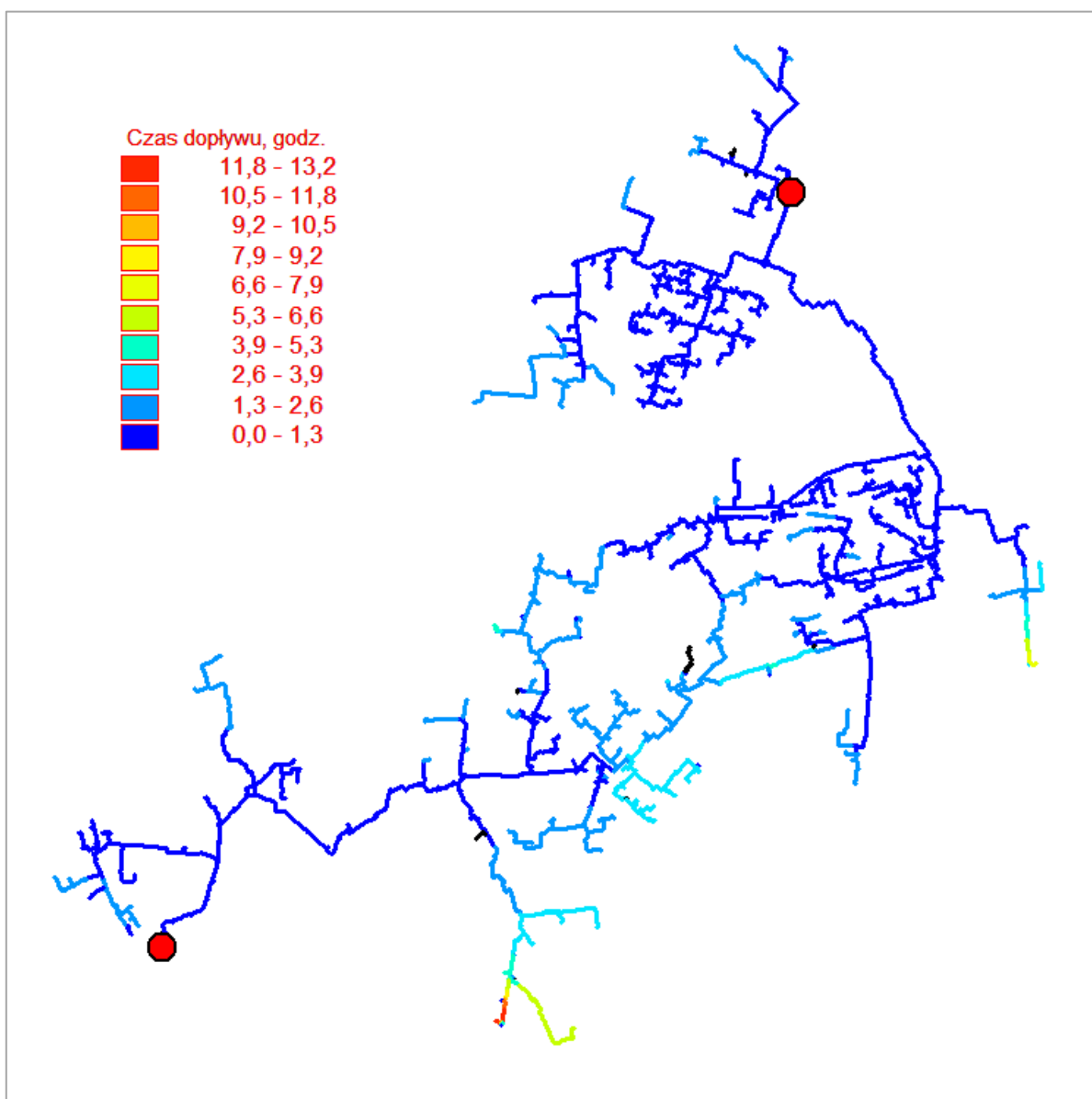
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobierskiego	14	19,7	0,045	117,6
W282	Jana	8	16,0	0,228	84,7
W349	Pałucka	17	15,8	0,062	312,1
W108	Paczkowskiego	6	15,4	0,093	134,6
W397	Wrzesińska	30	14,7	1,187	99,6
W242	Spichrzowa	14	14,2	0,198	318,5
W217	Kościuszki	21	14,1	1,262	90,6
W160	Roosevelta	90	13,5	0,088	135,9
W316	Wawrzyńca	6	13,3	0,070	100,3
W218	Mieszka I	64	12,8	0,508	90,7
W195	Sobieskiego	17	12,1	0,141	113,8
W308	Roosevelta	90B	11,9	0,088	135,9
W334	Grzybowo	37	11,7	0,470	92,2
W199	Roosevelta	120	11,7	0,659	165,5
W094	Os. Łokietka	6	11,3	0,051	280,6
W090	Wodna	20	11,1	4,174	278,6
W351	Fabryczna	7	11,1	1,969	164,7
W159	Roosevelta	88B	10,9	0,034	135,9
W253	Chrobrego	24/25	10,6	0,044	83,7
W332	Pałucka		10,6	1,319	311,8
W250	Jeziorna	13A	10,1	0,528	108,1
W295	Rzeźnicka	7	10,1	0,560	92,9



Rysunek 17 Prędkość czynnika w sieci¹⁷

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródeł ciepła. Przy C-14 jest to miejsce zmiany średnicy z DN250 na DN200 gdzie prędkość dochodzi do około 1,7m/s. Przy C-13 jest to magistrala na wyjściu DN450 gdzie prędkość wynosi około 1,3m/s. Większość sieci cechują niskie prędkości przepływu rzędu 0,1 – 0,5m/s

¹⁷ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.



Rysunek 18 Czas dopływu czynnika¹⁸

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Wrzesińska 30 wynoszący ponad 13h.

¹⁸ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

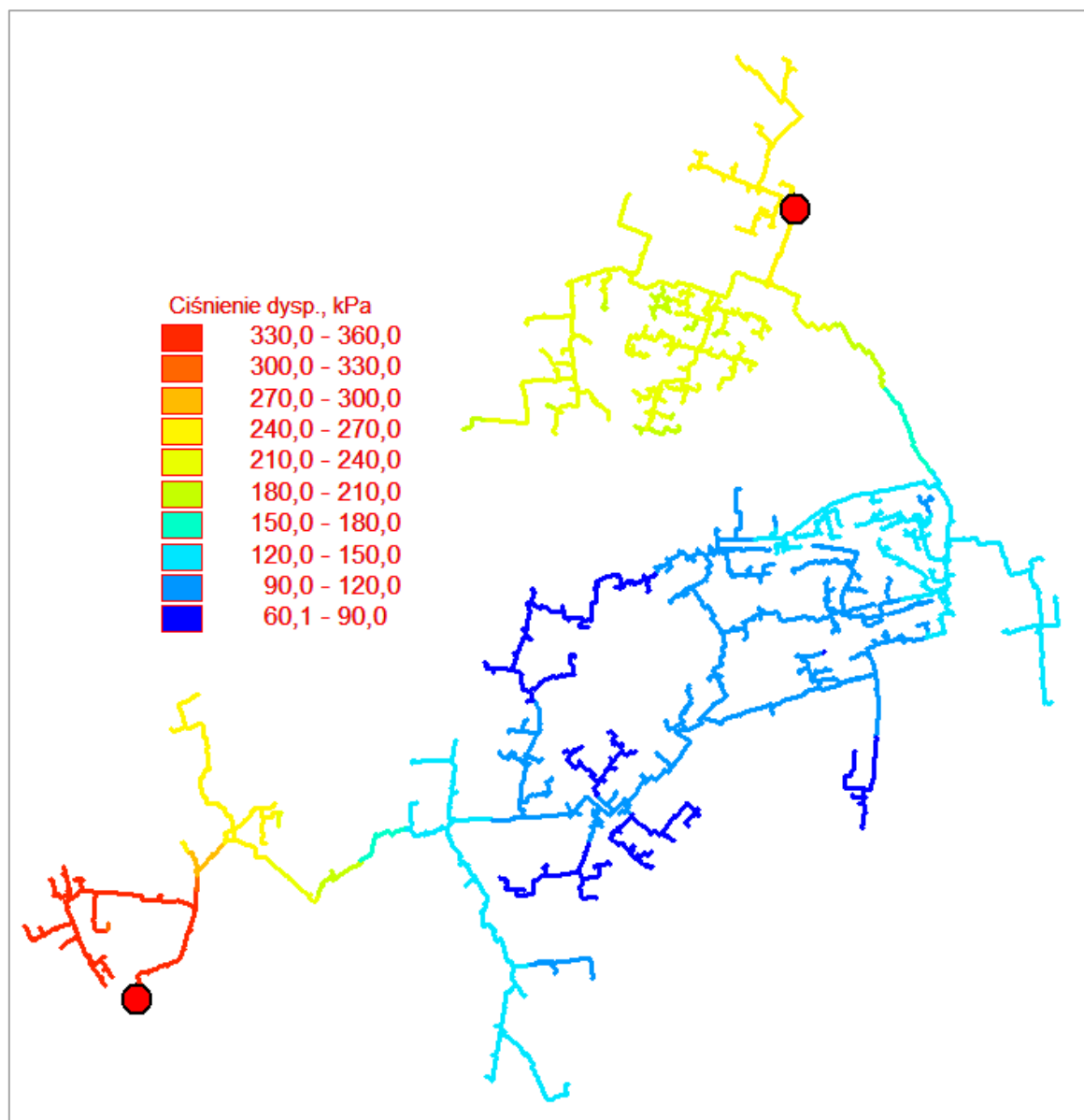
3.3.4 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – stan istniejący dla -5°C

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Temperatura zasilania $T_z = 93^\circ\text{C}$

Tabela 28 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	P _z [kPa]	D _p [kPa]	P _p [kPa]	M [m ³ /h]	T _z [°C]	T _p [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-13	650	260	390	599	93	59,9	23,0	3,11	268,6	2,29
C-14	700	360	340	238	93	59,9	9,1			0,78



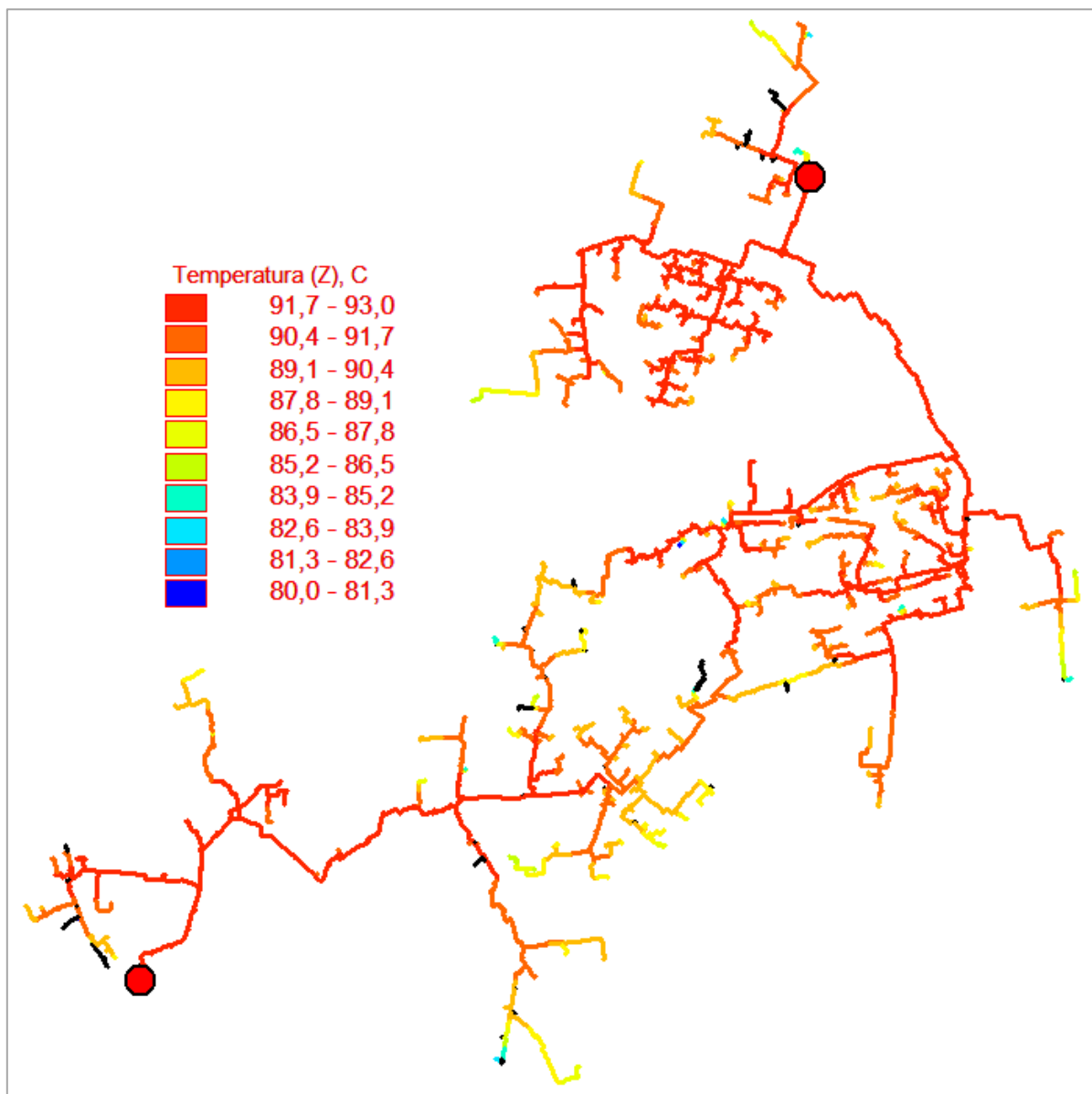
Rysunek 19 Wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej¹⁹

¹⁹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (360kPa) obserwowane są w okolicy ciepłowni C-14.
 Najniższe ciśnienia obserwowane są w centralnej części sieci i wynoszą one około 69 kPa).

Tabela 29 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W350	Kasprowicza	10	3,3	2,512	68,6
W341	Cieszkowskiego	17	2,6	3,276	73,5
W202	Słowackiego	3A	3,1	1,957	78,5
W167	Słowackiego	5	2,4	2,000	80,9
W333	3 Maja	37	3,4	18,208	81,2
W168	Słowackiego	7	2,3	2,000	82,0
W169	Cieszkowskiego	20	3,1	0,821	82,4
W170	Słowackiego	11	2,1	1,634	83,3
W222	Jolenty	5	1,1	10,343	88,8
W398	Chrobrego	22	5,2	2,785	88,8
W185	Jolenty	5	1,0	8,211	89,7



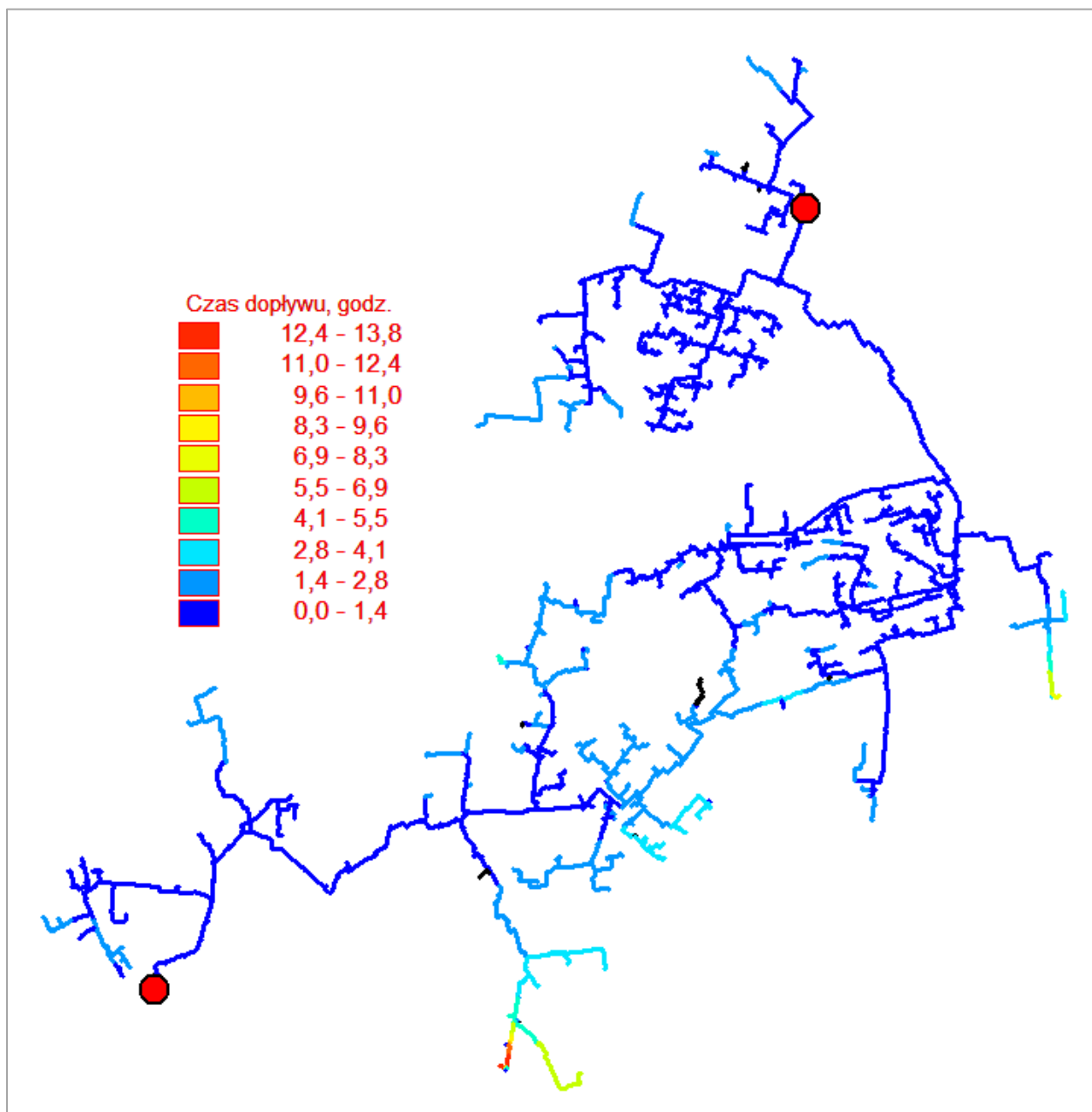
Rysunek 20 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej²⁰

Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobierskiego 14 i wynosi on 13,2°C.

²⁰ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 30 Zestawienie spadków temperatur

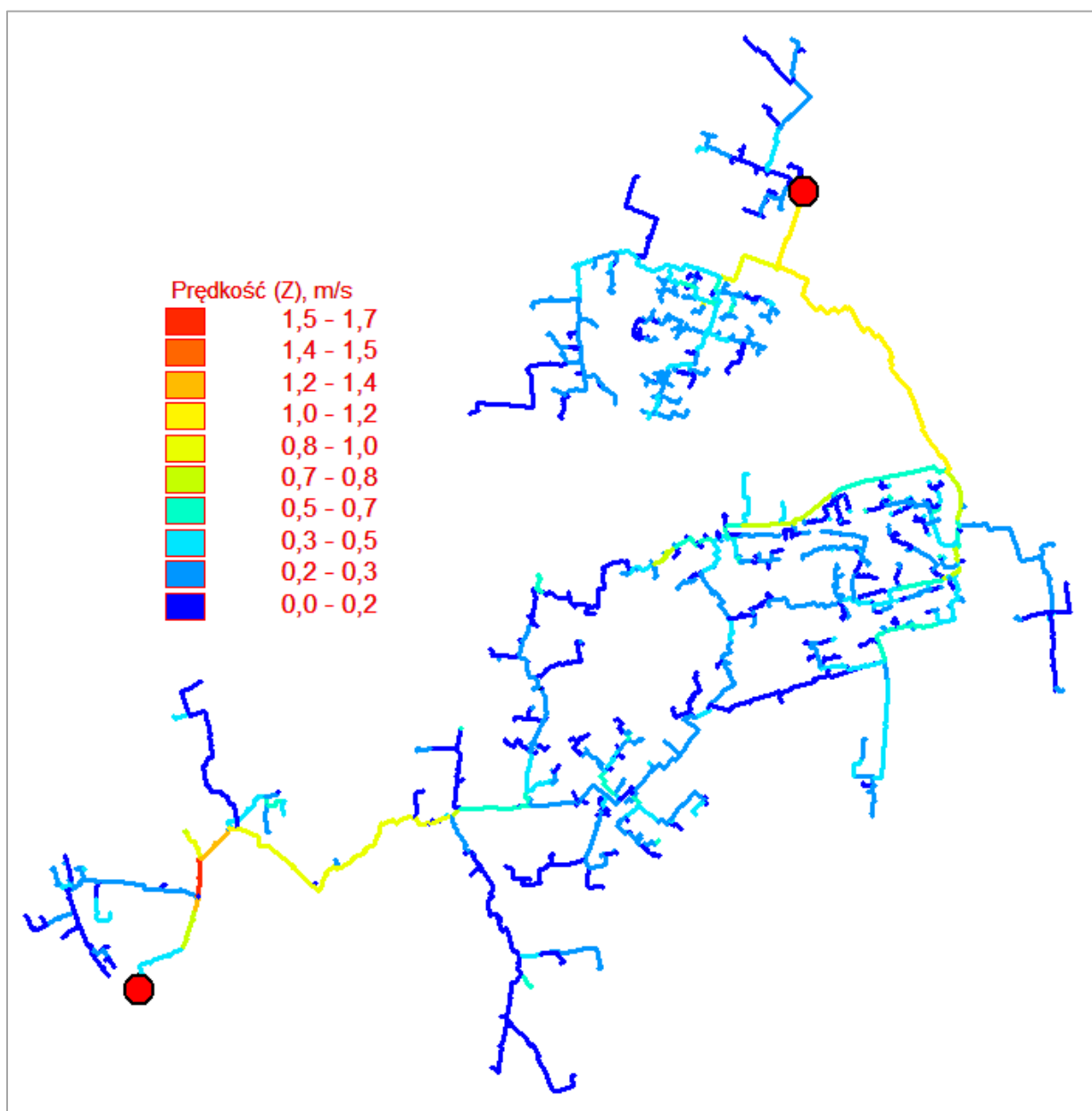
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	13,2	0,049	111,3
W349	Pałucka	17	10,6	0,066	250,9
W108	Paczkowskiego	6	10,5	0,100	124,7
W282	Jana	8	9,7	0,249	90,5
W242	Spichrzowa	14	9,6	0,212	258,2
W397	Wrzesińska	30	9,6	1,274	131,0
W160	Roosevelta	90	9,2	0,094	122,9



Rysunek 21 Czas dopływu czynnika²¹

²¹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Największy czas dopływu czynnika dotyczy węzła Wrzesińska 30 i wyniósł on 7h.



Rysunek 22 Prędkości przepływu czynnika²²

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródeł ciepła. Przy C-14 jest to miejsce zmiany średnicy z DN250 na DN200 gdzie prędkość dochodzi do około 1,7m/s. Przy C-13 jest to magistrala na wyjściu DN450 gdzie prędkość wynosi około 1,2m/s. Większość sieci cechują niskie prędkości przepływu rzędu 0,1 – 0,5m/s

²² Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

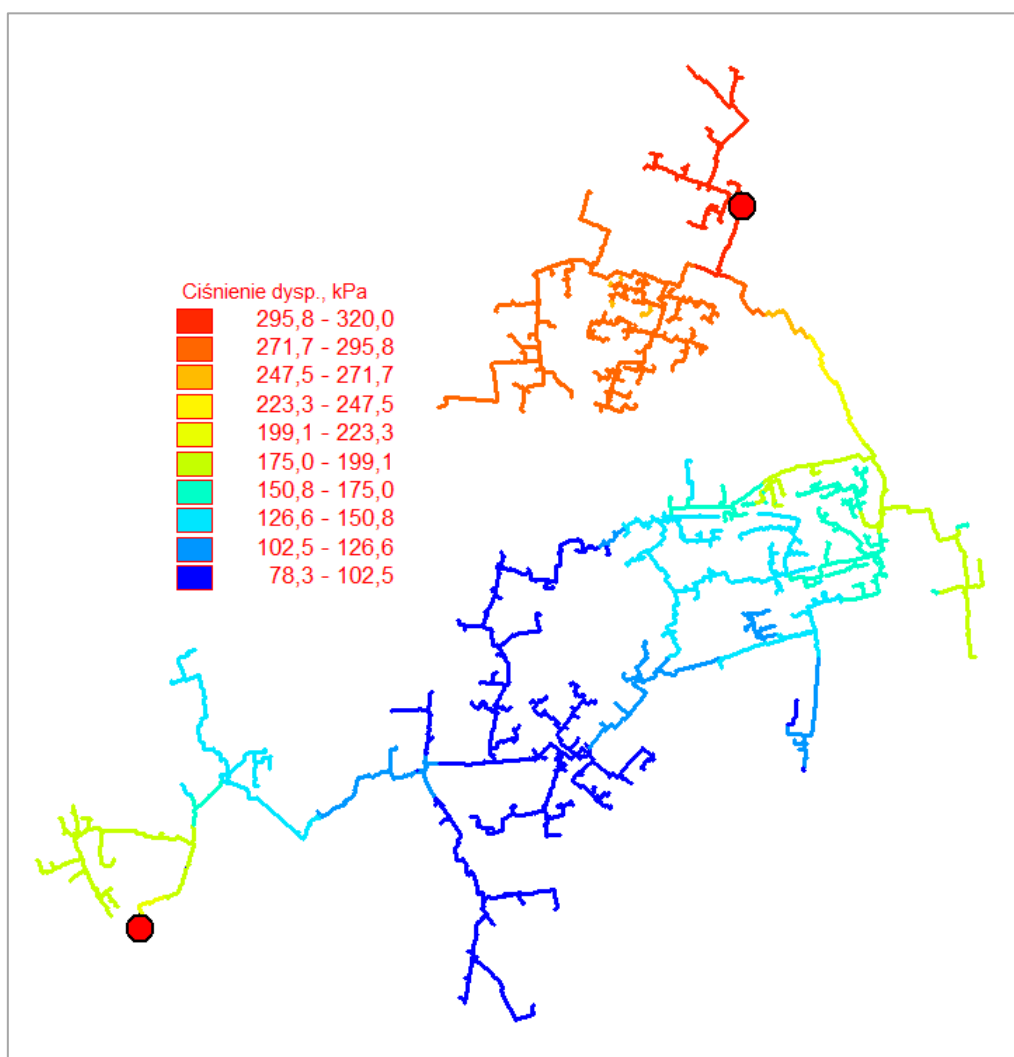
3.3.5 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C (moc obliczeniowa)

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13, C-14
- Otwarty zrzut w kierunku ul. Witkowska
- Temperatura zasilania $T_z = 125^\circ\text{C}$

Tabela 31 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Qstrat [MW]	Qstrat [GJ/dobę]	Epomp [MWh/dobę]
C-13	710	320	390	591	125	70,0	37,6	4,17	360,1	2,38
C-14	657,4	200	457,4	181	125	69,7	11,6			0,37



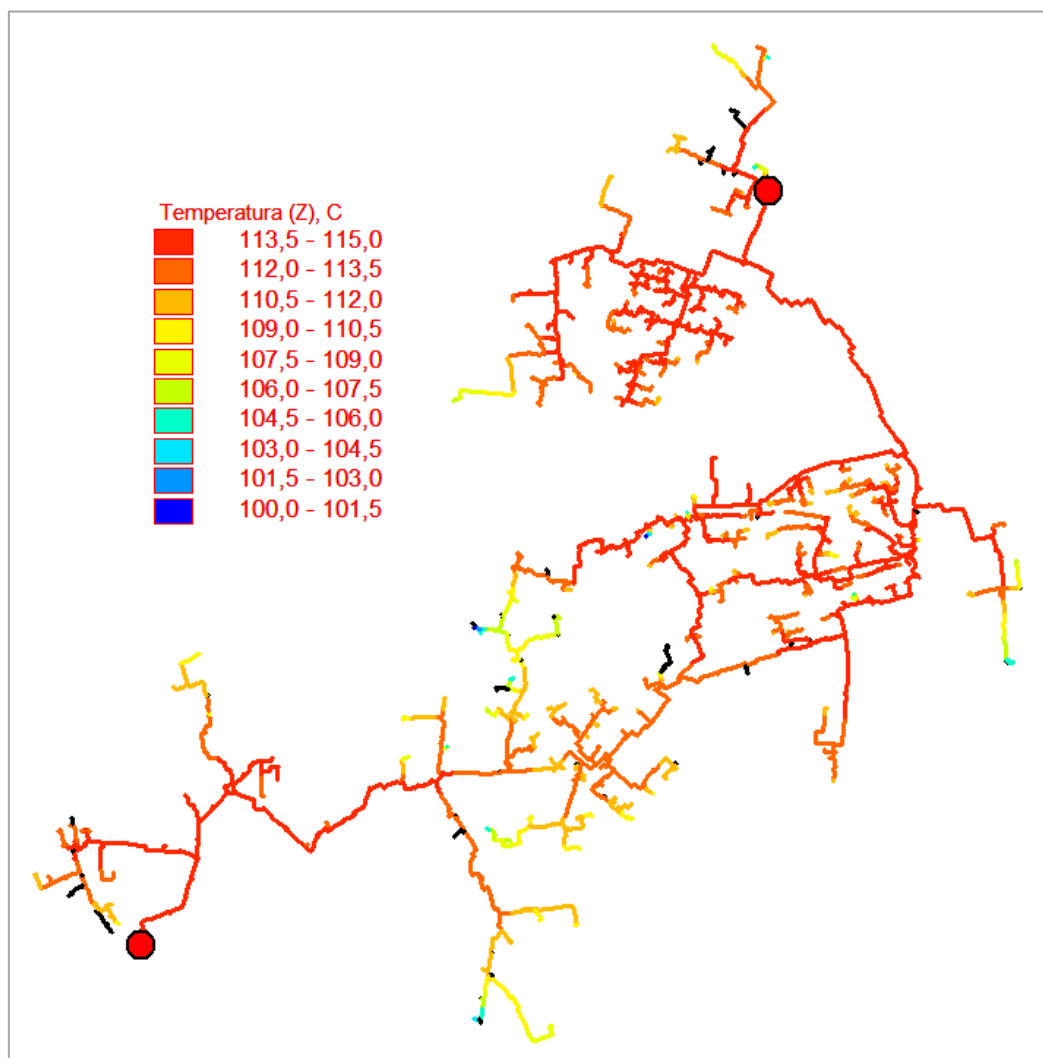
Rysunek 23 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C²³

²³ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (320 kPa) obserwowane są w okolicy ciepłowni C-13. Najniższe ciśnienia obserwowane są w centralnej części sieci i wynoszą one około 100kPa). Ciśnienie na wyjściu z ciepłowni C-14 wyniosło 200 kPa.

Tabela 32 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W333	3 Maja	37	3,8	21,29	78,3
W399	Składowa		5,9	5,57	81,1
W398	Chrobrego	22	5,7	2,60	81,2
W220	Jana Pawła II	9-10	5,9	1,68	82,2
W280	Sienkiewicza	11	4,9	0,56	82,7
W181	Sienkiewicza	12	3,8	4,48	83,2
W230	Chrobrego	23	4,8	2,50	83,3
W238	Chrobrego	21	8,3	0,67	83,7



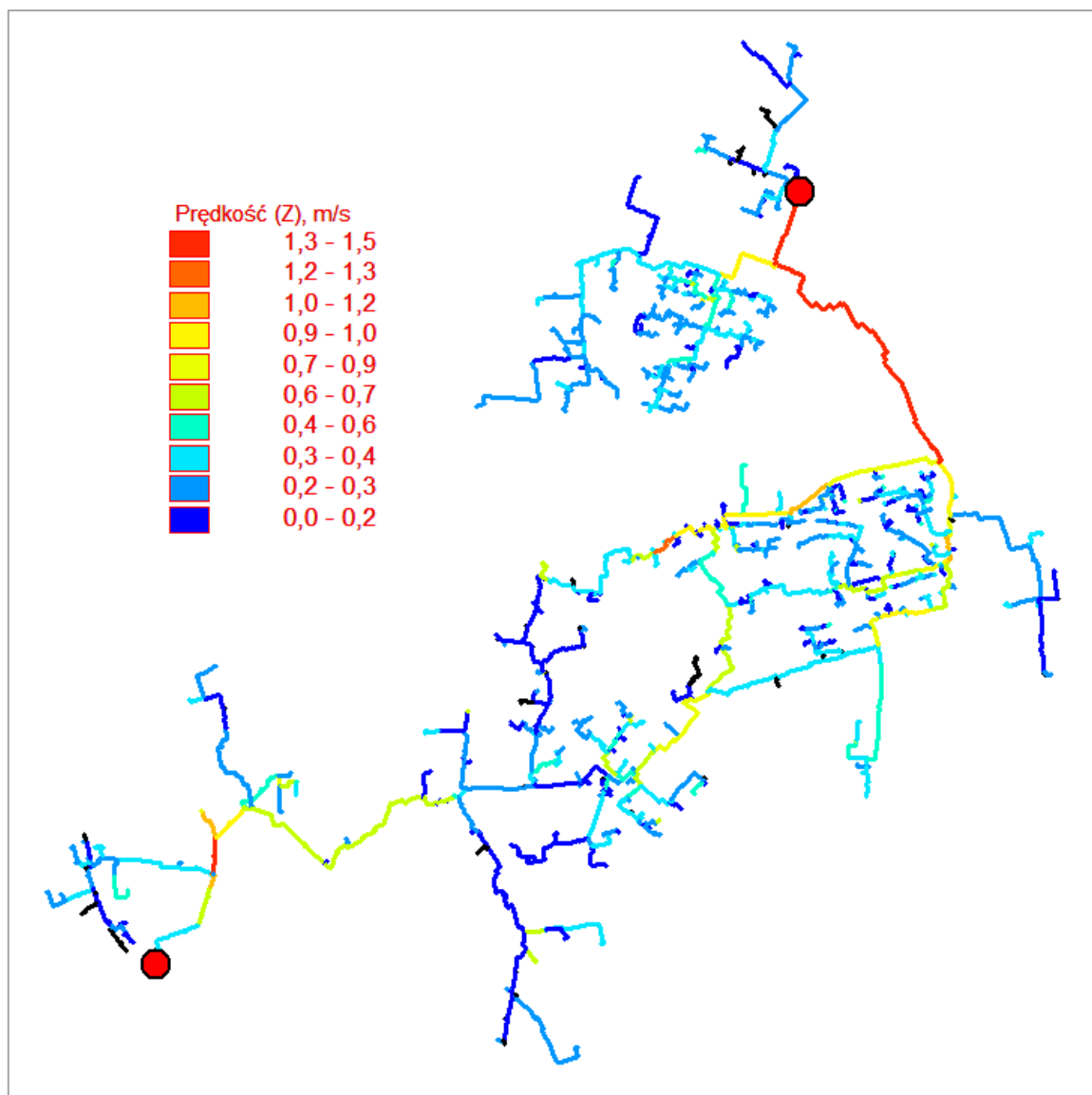
Rysunek 24 Temperatura czynnika w sieci²⁴

²⁴ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobieralskiego 14 i wynosi on 18,4°C.

Tabela 33 Zestawienie największych spadków temperatur

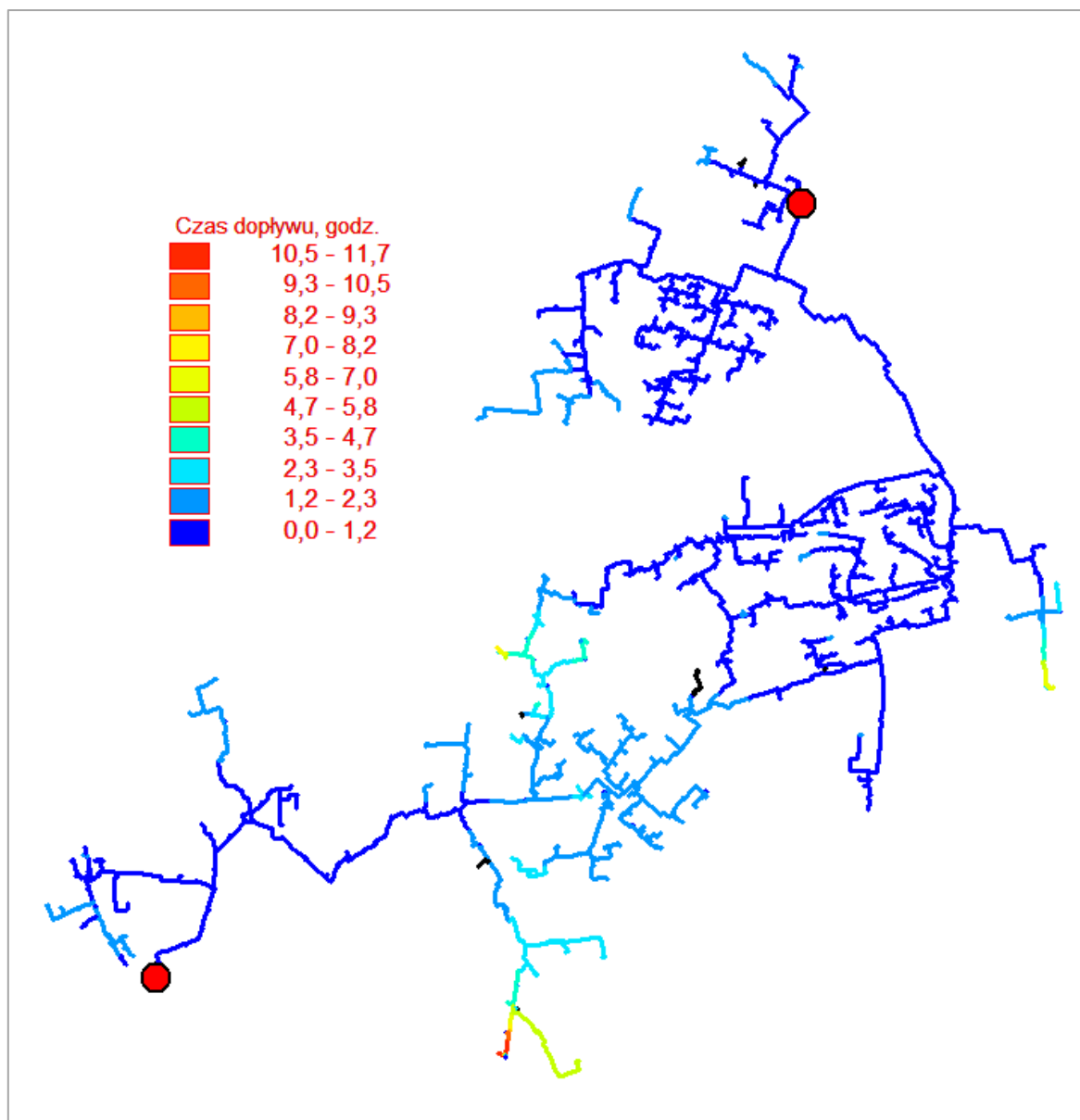
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	18,4	0,05	128,5
W282	Jana	8	16,1	0,24	89,9
W349	Pałucka	17	14,5	0,07	310,6
W108	Paczkowskiego	6	14,1	0,10	148,0
W397	Wrzesińska	30	13,8	1,30	101,2
W242	Spichrzowa	14	13,0	0,22	318,2
W160	Roosevelta	90	12,5	0,10	144,3
W217	Kościuszki	21	12,4	1,33	91,9
W316	Wawrzyńca	6	12,4	0,08	102,1
W334	Grzybowo	37	11,7	0,48	95,1
W218	Mieszka I	64	11,1	0,56	92,1
W308	Roosevelta	90B	11,0	0,10	144,3
W195	Sobieskiego	17	11,0	0,15	120,7
W351	Fabryczna	7	11,0	1,97	175,7
W199	Roosevelta	120	10,8	0,72	176,4



Rysunek 25 Prędkość czynnika w sieci²⁵

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródeł ciepła. Przy C-14 jest to miejsce zmiany średnicy z DN250 na DN200 gdzie prędkość dochodzi do około 1,5m/s. Przy C-13 jest to magistrala na wyjściu DN450 gdzie prędkość wynosi około 1,5m/s. Większość sieci cechują niskie prędkości przepływu rzędu 0,2 – 0,6m/s

²⁵ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.



Rysunek 26 Czas dopływu czynnika²⁶

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Wrzesińska 30 wynoszący prawie 15h.

²⁶ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

3.3.6 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -5°C (Zasilanie tylko z C13)

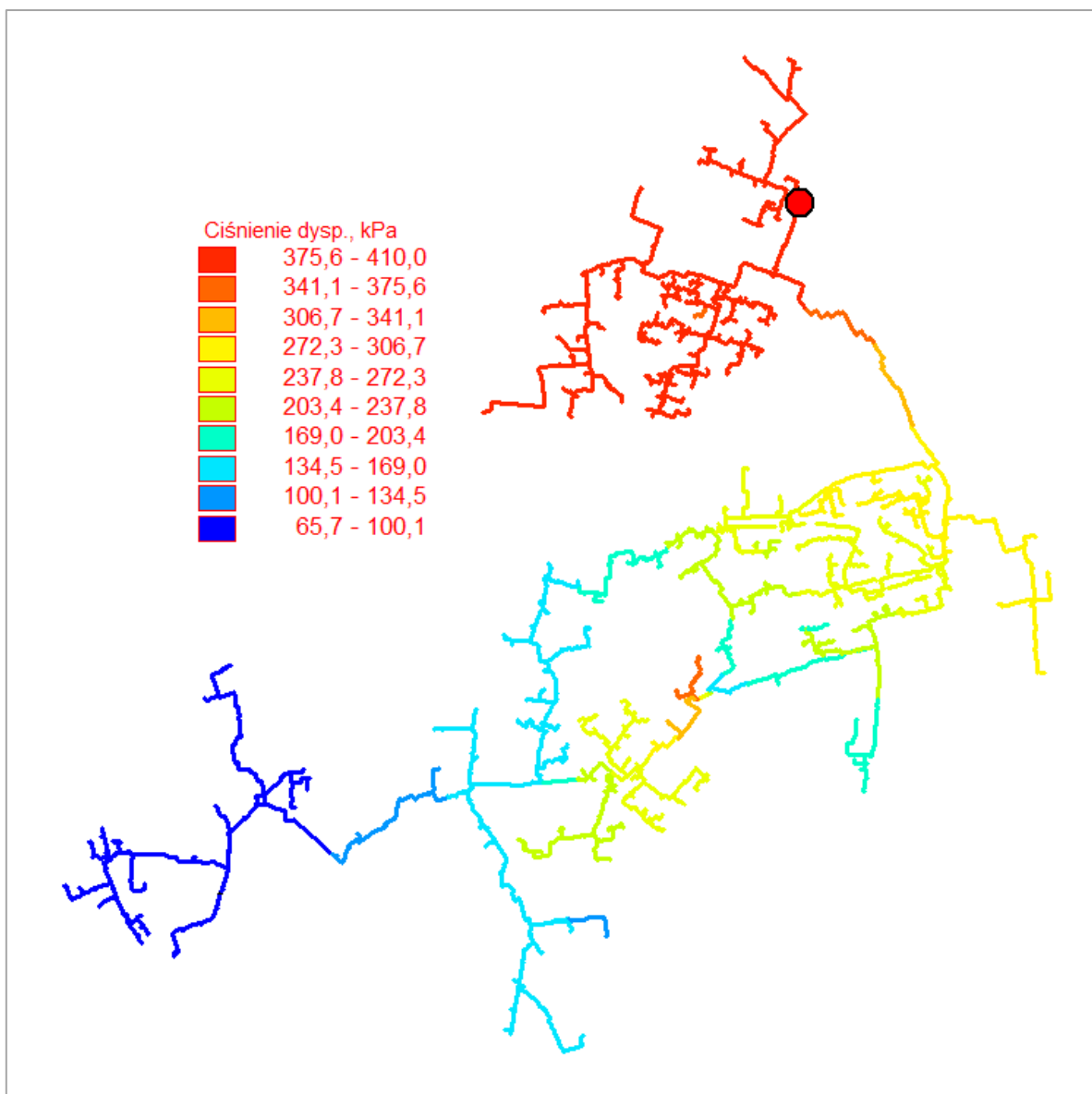
Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13
- Pracująca pompownia przy ul. Sobieskiego
- Zamknięte zawory spinkowe w komorze: K60
- Temperatura zasilania $T_z = 110^{\circ}\text{C}$

Tabela 34 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-13	710	410	300	547	110	59,0	32,3	3,3	285,2	2,53
Id	Pz [kPa]	Podnoszenie [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
SPC Sobieskiego	594,4	200	437,6	186,3	108,6	58,56				0,37

Zużycie energii przez pompownię przy Sobieskiego wynosi 0,37 MWh/dobę



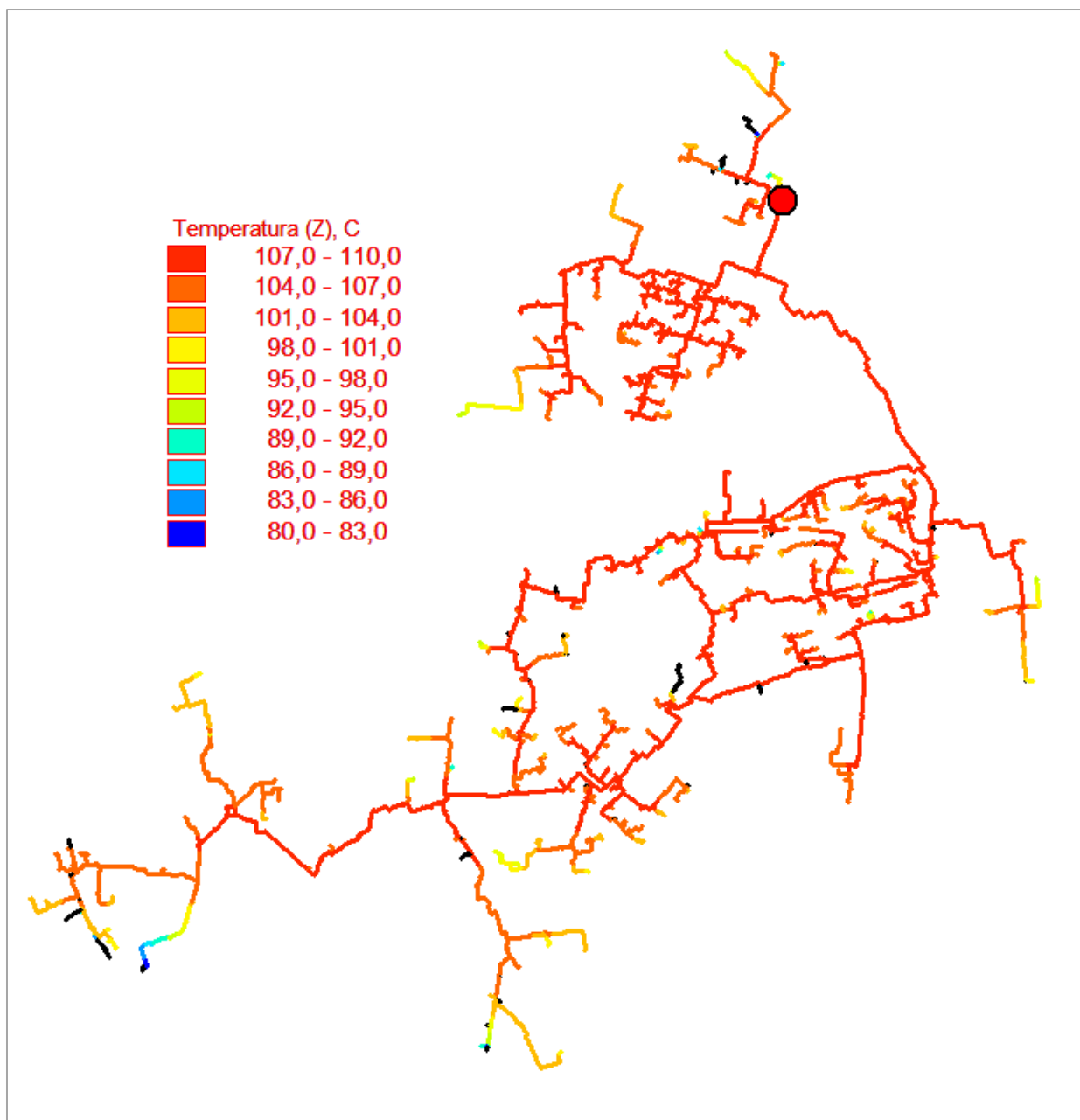
Rysunek 27 Ciśnienia dyspozycyjne dla -5°C²⁷

Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne (410kPa) obserwowane są w okolicy ciepłowni C-13. Ponowny wzrost ciśnienia dyspozycyjnego obserwowany jest przed układem pompowym znajdującym się przy ul. Sobieskiego (układ zainstalowany na powrocie). Najniższe ciśnienia obserwowane są we wschodniej części sieci (okolice źródła C-14) i wynoszą one około 70kPa).

²⁷ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 35 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
R005	Poznańska	5	3,1	32,0	65,7
R003	Orzeszkowej	27	6,4	3,1	72,4
R010	Kostrzewskiego	5/7	4,5	3,2	72,7
R009	Kostrzewskiego	5/7	4,3	3,3	73,2
W309	Orzeszkowej	29E	8,4	1,8	73,3
W366	Orzeszkowej	20E	6,0	2,2	74,0
W286	Orzeszkowej	29D	7,2	1,5	74,1
W354	Orzeszkowej	20E	5,2	2,2	74,8
R008	Orzeszkowej	20A	5,1	1,7	74,9
R004	Orzeszkowej	20B	5,2	1,6	75,0



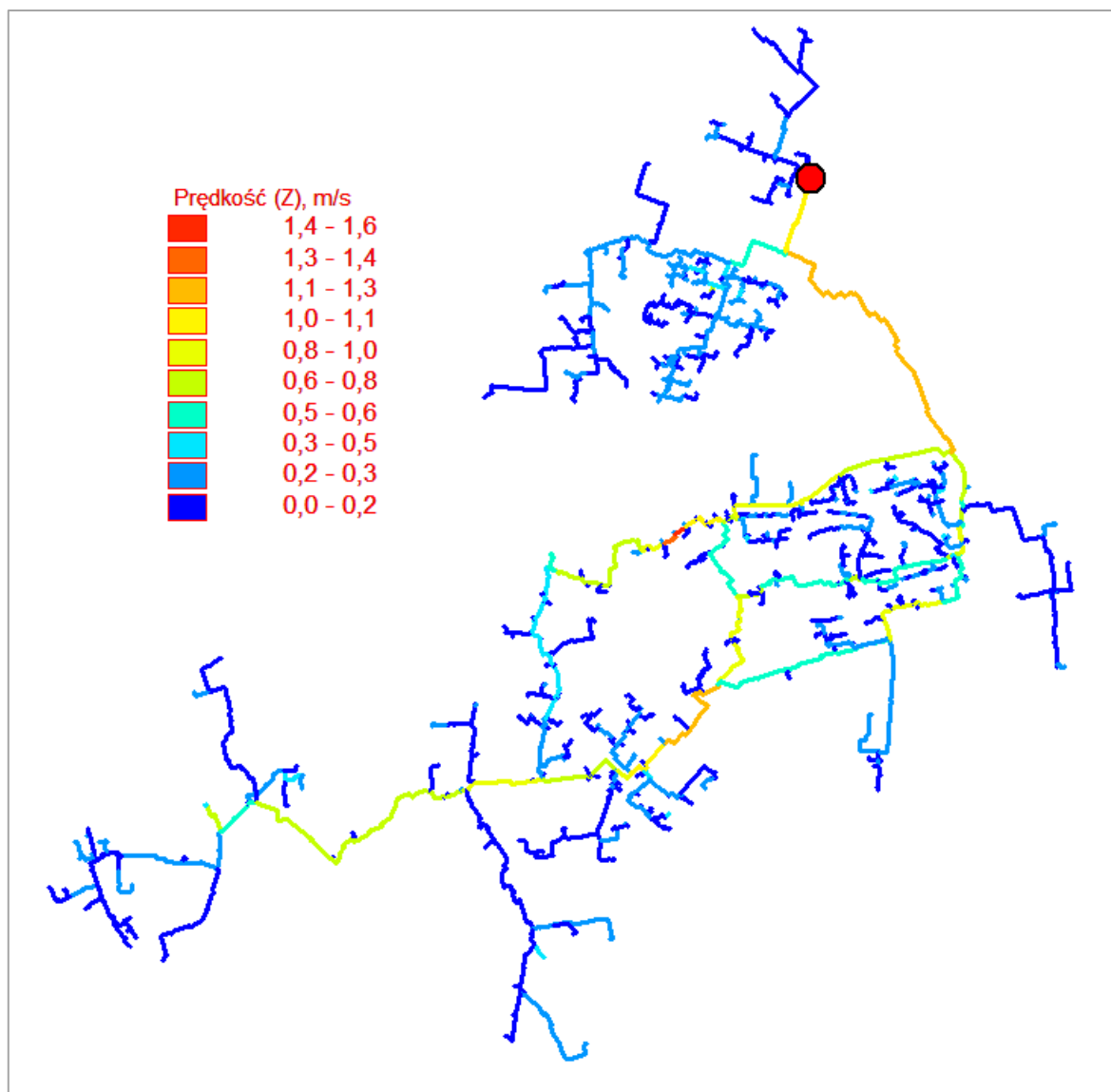
Rysunek 28 Temperatura czynnika w sieci²⁸

Największy spadek temperatury obserwowany jest dla węzła przy ul. Pawlikowskiej Jasnorzewskiej i wynosi on 31,4°C. Jest to węzeł znajdującym się przy źródle C-14, więc podłączony dużą średnicą (DN500).

²⁸ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 36 Zestawienie największych spadków temperatur

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W353	Pawlikowskiej-Jasnorzewskiej		31,4	1,99	77,8
W160	Roosevelta	90	19,6	0,05	231,6
W316	Wawrzyńca	6	19,4	0,04	142,6
W308	Roosevelta	90B	17,3	0,05	231,6
W199	Roosevelta	120	16,9	0,37	279,1
W094	Os. Łokietka	6	16,2	0,03	382,6
W282	Jana	8	16,2	0,15	162,1
W159	Roosevelta	88B	15,9	0,02	231,6
W332	Pałucka		15,9	0,73	407,3
W195	Sobieskiego	17	15,6	0,08	342,9

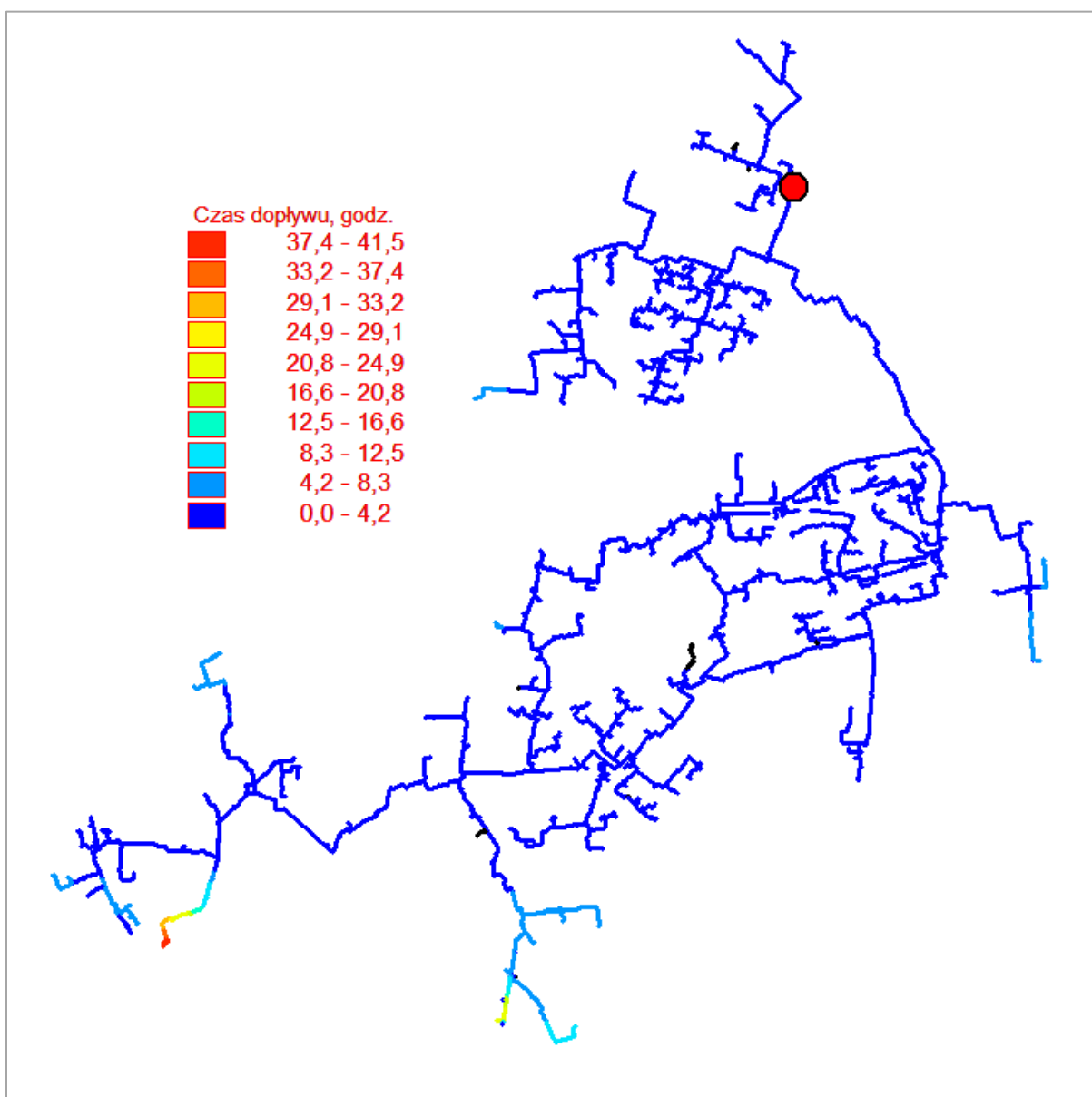


Rysunek 29 Prędkość czynnika w sieci²⁹

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródła C-13 jest to magistrala w kierunku południowym DN350 gdzie prędkość wynosi około 1,2m/s.

Kolejnym miejscem zwiększonej prędkości przepływu (1,6m/s) jest przewężenie sieci z DN 150 do DN125 przy ul. Sobierskiego. Większość sieci cechują niskie prędkości przepływu rzędu 0,2 – 0,6m/s

²⁹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.



Rysunek 30 Czas dopływu czynnika³⁰

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Pawlikowskiej - Jasnorzewskiej znajdujący się przy C-14 i wynoszący ponad 41h.

³⁰ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

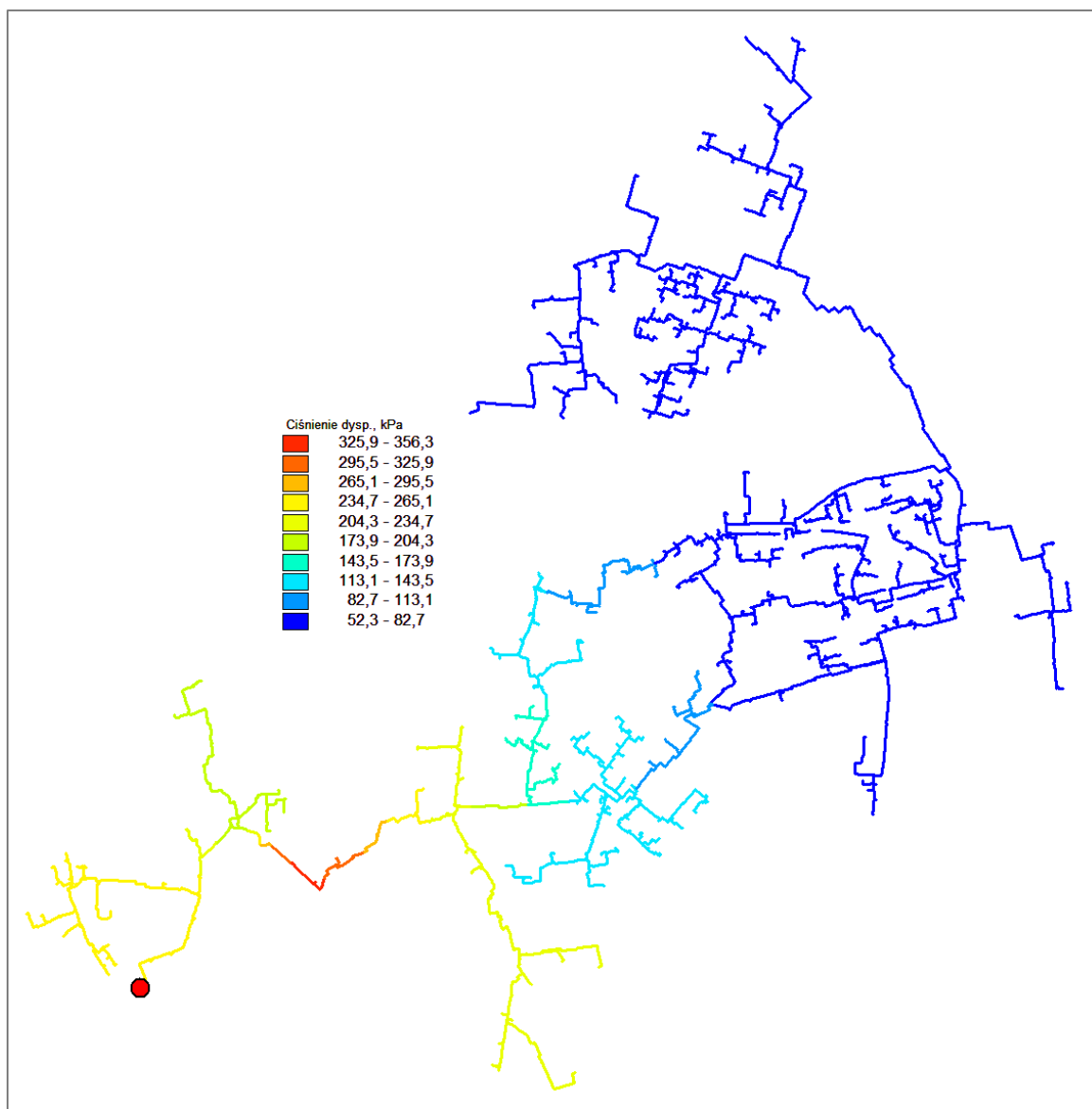
3.3.7 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla lata (Zasilanie tylko z C14)

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-14
- Pracująca pompownia przy ul. Strumykowa
- Temperatura zasilania $T_z = 73^\circ\text{C}$
- Minimalne ciśnienie dyspozycyjne węzła ciepłowniczego $P_{d_{\min}} = 50\text{kPa}$

Tabela 37 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

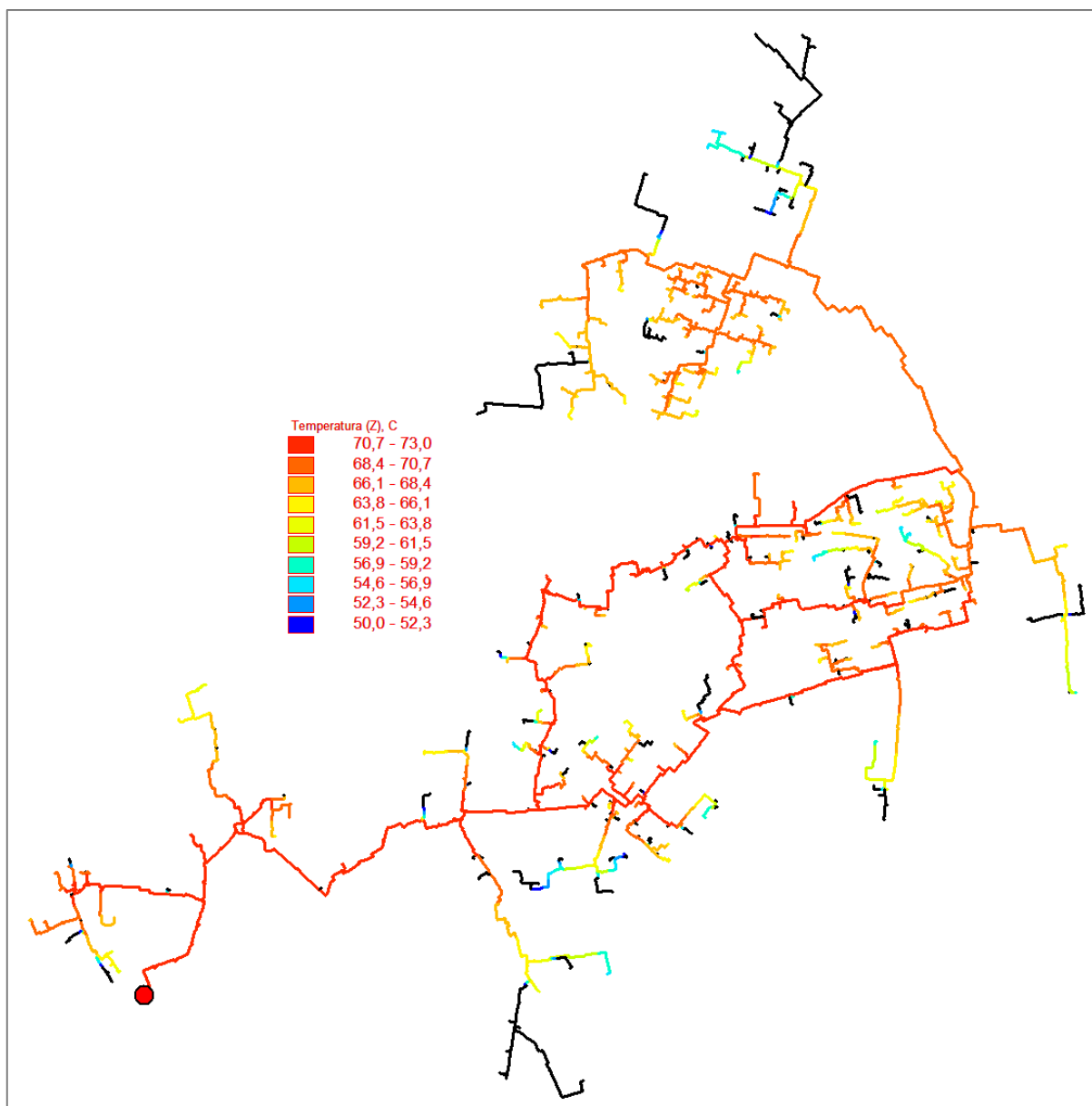
Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-14	690	260	430	171	73	50,6	4,4	1,65	142,2	0,39
Id	Pz [kPa]	Podnoszenie [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
SPC Strumykowa	846,9	210	356,3	143,2						0,26



Rysunek 31 Ciśnienia dyspozycyjne dla lata

Tabela 37 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

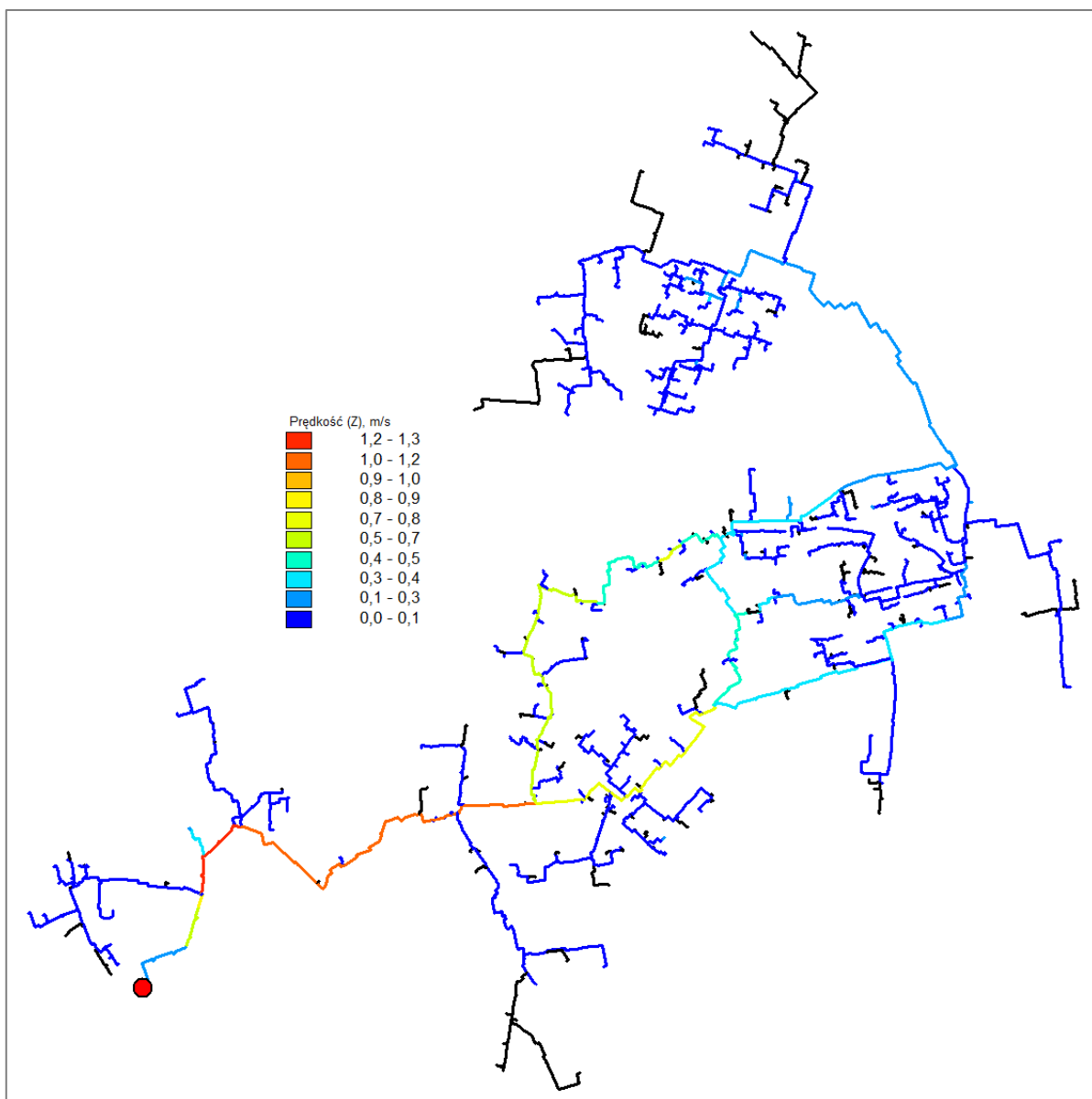
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W040	Jagiellońskie	20	4,5	1,26	52,3
W039	Jagiellońskie	22	3,8	0,29	52,4
W244	Jagiellońskie	36	5,7	0,61	54,1
W046	Jagiellońskie	25	4,7	0,84	54,1
W045	Jagiellońskie	27	4,7	0,84	54,2
W079	Orła Białego	5	10,8	0,32	54,2
W245	Jagiellońskie	37	5,2	0,61	54,2
W047	Jagiellońskie	47	4,7	0,61	54,3
W048	Jagiellońskie	34	4,9	0,61	54,4
W078	Orła Białego	4	6,7	0,61	54,5



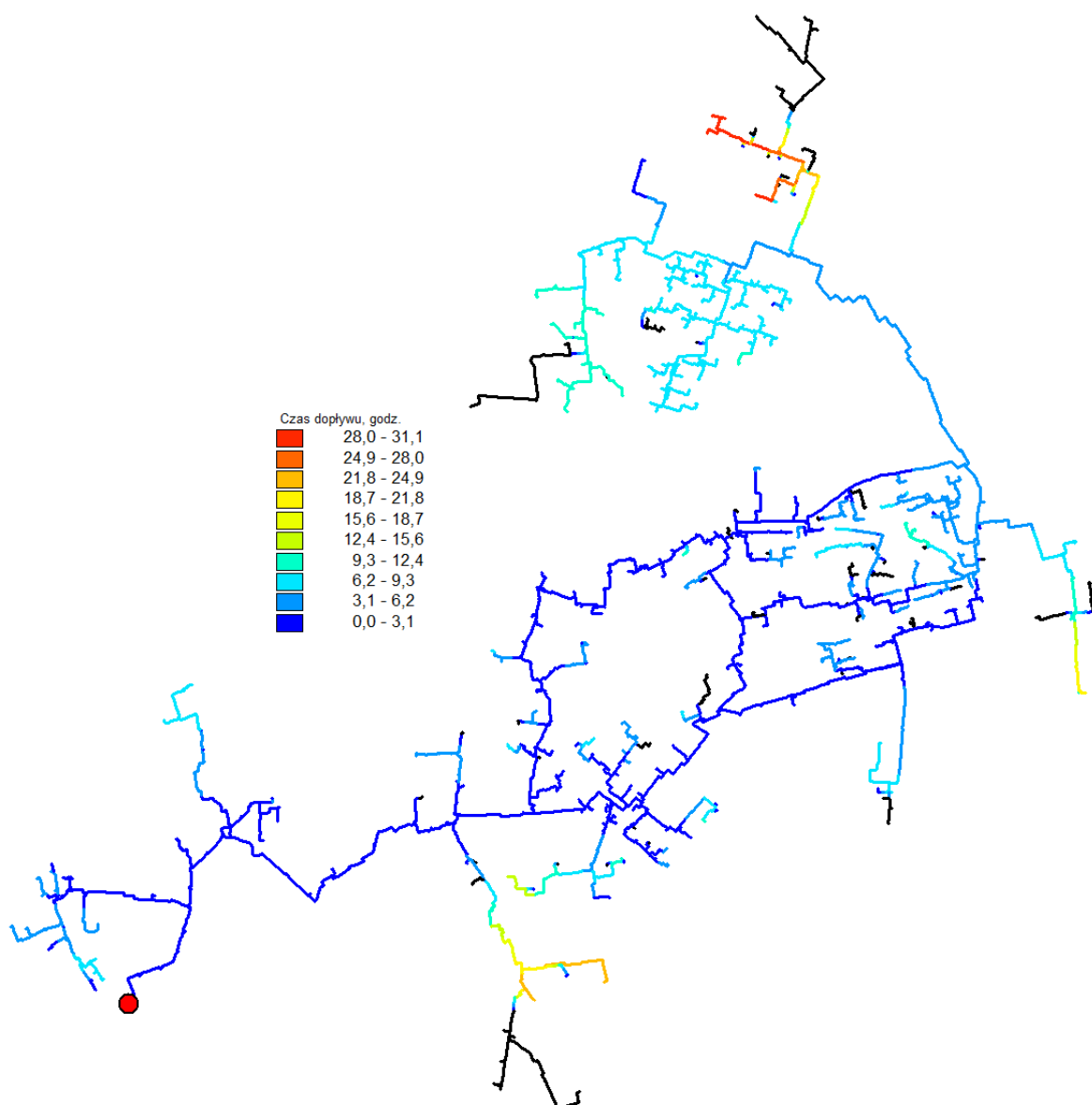
Rysunek 32 Temperatura czynnika w sieci

Tabela 38 Zestawienie największych spadków temperatur

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W226	Mieszka I	43	20,0	0,08	124,6
W295	Rzeźnicka	7	18,0	0,13	157,0
W304	Sikorskiego	4	17,3	0,21	60,6
W005	Gdańska	106A	17,2	0,31	56,7
W006	Gdańska	106B	17,1	0,31	56,8
W142	Budowlanych	22	17,1	0,40	61,2
W303	Sikorskiego	2	16,8	0,31	60,6
W004	Gdańska	106	16,5	0,52	56,4
W399	Składowa		16,3	0,67	216,4



Rysunek 33 Prędkość czynnika w sieci



Rysunek 34 Czas dopływu czynnika

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Gdańskiej 106 znajdujący się przy C-13 i wynoszący ponad 31h.

3.4 Obliczenia dla propozycji poprawy efektywności – nowe SPC

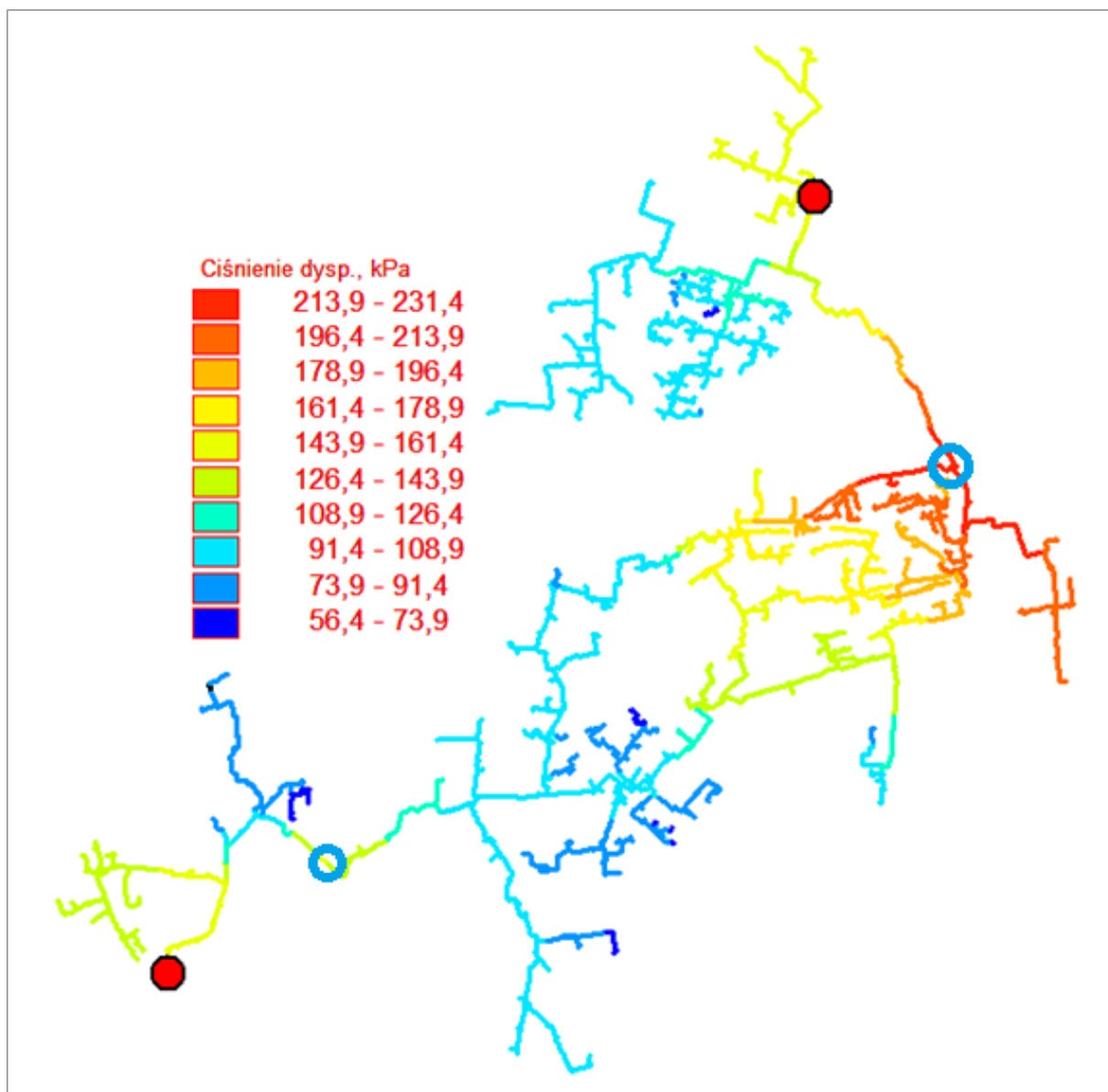
3.4.1 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego oraz ul. Strumykowej

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13, C-14
- Pracujące: SPC Zabłockiego i SPC Strumykowa
- Temperatura zasilania $T_z = 110^{\circ}\text{C}$
- Minimalne ciśnienie dyspozycyjne węzła ciepłowniczego $P_{d_{\min}} = 50\text{kPa}$

Tabela 39 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-13	540	150	390	754	110	65,0	39,3	3,78	326,5	2,57
C-14	645	160	485	217	110	64,5	11,4			0,31
Id	Pz [kPa]	Podnoszenie [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
SPC Zabłockiego	715,7	260	484,3	470,5						1,06
SPC Strumykowa	670,4	70	529,6	82,7						0,05



Rysunek 35 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C ³¹

Zaznaczono niebieskimi okręgami miejsca, dla pompowni przy ul. Zabłockiego oraz Strumykowej.

Budowa w systemie ciepłowniczym dwóch nowych stacji podnoszenia ciśnień, z pompami zamontowanymi na rurociągu zasilającym, pozwoliła na obniżenie temperatur (krzywej grzewczej) i zmniejszenie strat ciepła o 1 196,36 [MWh] oraz uzyskanie oszczędności energii pompowania w systemie ciepłowniczym poprzez zmniejszenie wysokości pompowania (ciśnienia dyspozycyjnego) w obu źródłach ciepła. Dla temperatury zewnętrznej -18°C było to:

³¹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

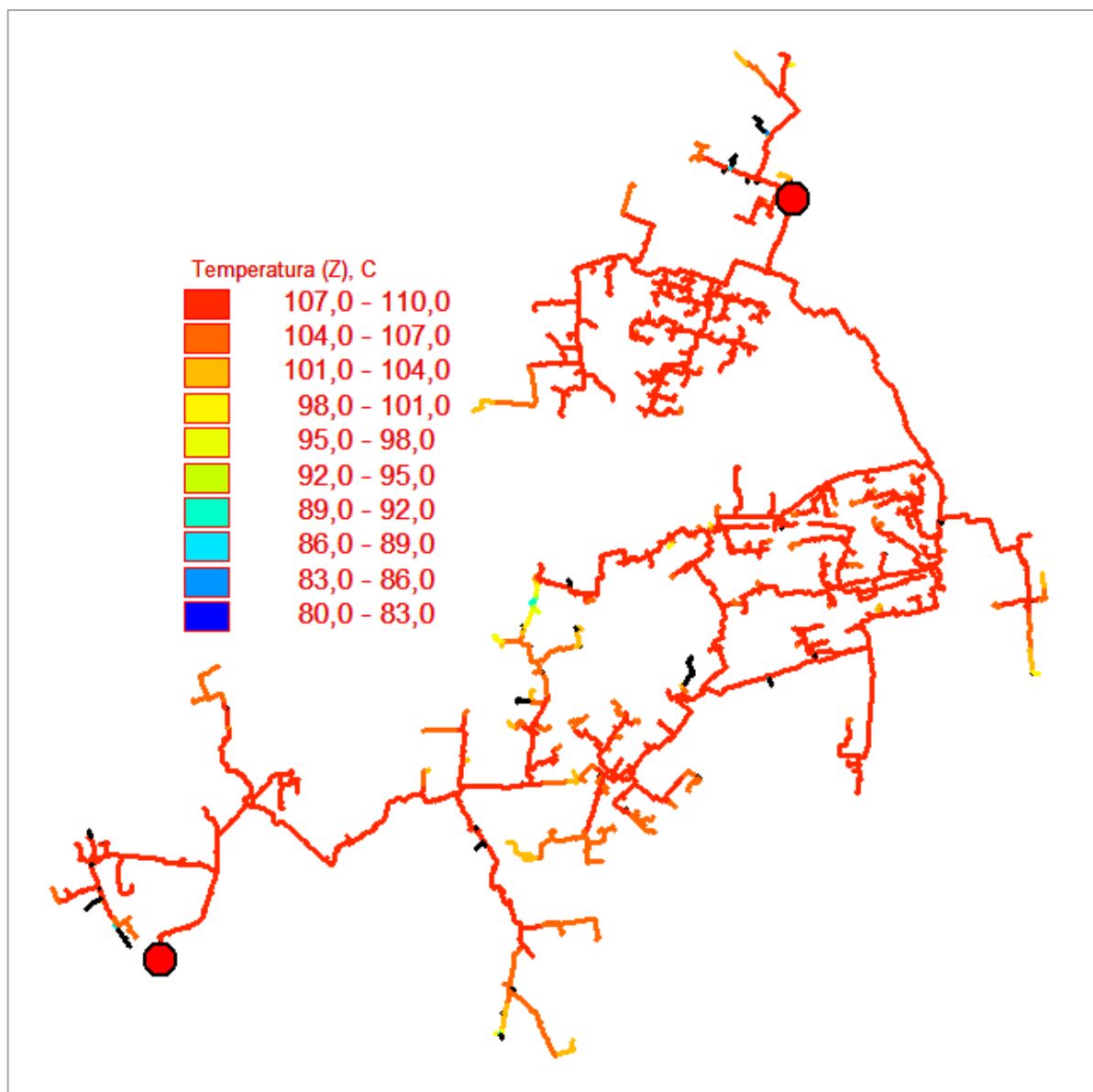
- W ciepłowni C-13 - zmniejszenie ciśnienia dyspozycyjnego z 320 na 150 [kPa]
- W ciepłowni C-14 - zmniejszenie ciśnienia dyspozycyjnego z 200 na 160 [kPa]

Całkowita oszczędność energii pompowania w skali roku wyniosła 47,69 [MWh] pomimo obniżenia wykresu regulacyjnego i związanego z tym zwiększenia sumarycznego przepływu w sieci ciepłowniczej.

W poniższej tabeli przedstawiono węzły cieplne, dla których ciśnienie dyspozycyjne jest najniższe. W każdym jednak przypadku zachowany jest warunek aby ciśnienie dyspozycyjne dla węzła cieplnego nie było niższe niż 50 [kPa].

Tabela 40 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
R010	Kostrzewskiego	5/7	1,4	5,5	56,4
R009	Kostrzewskiego	5/7	1,2	6,6	57,5
R011	Kostrzewskiego	11	2,6	1,9	67,4
W399	Składowa		4,4	6,8	68,5
W398	Chrobrego	22	4,1	3,1	69,8



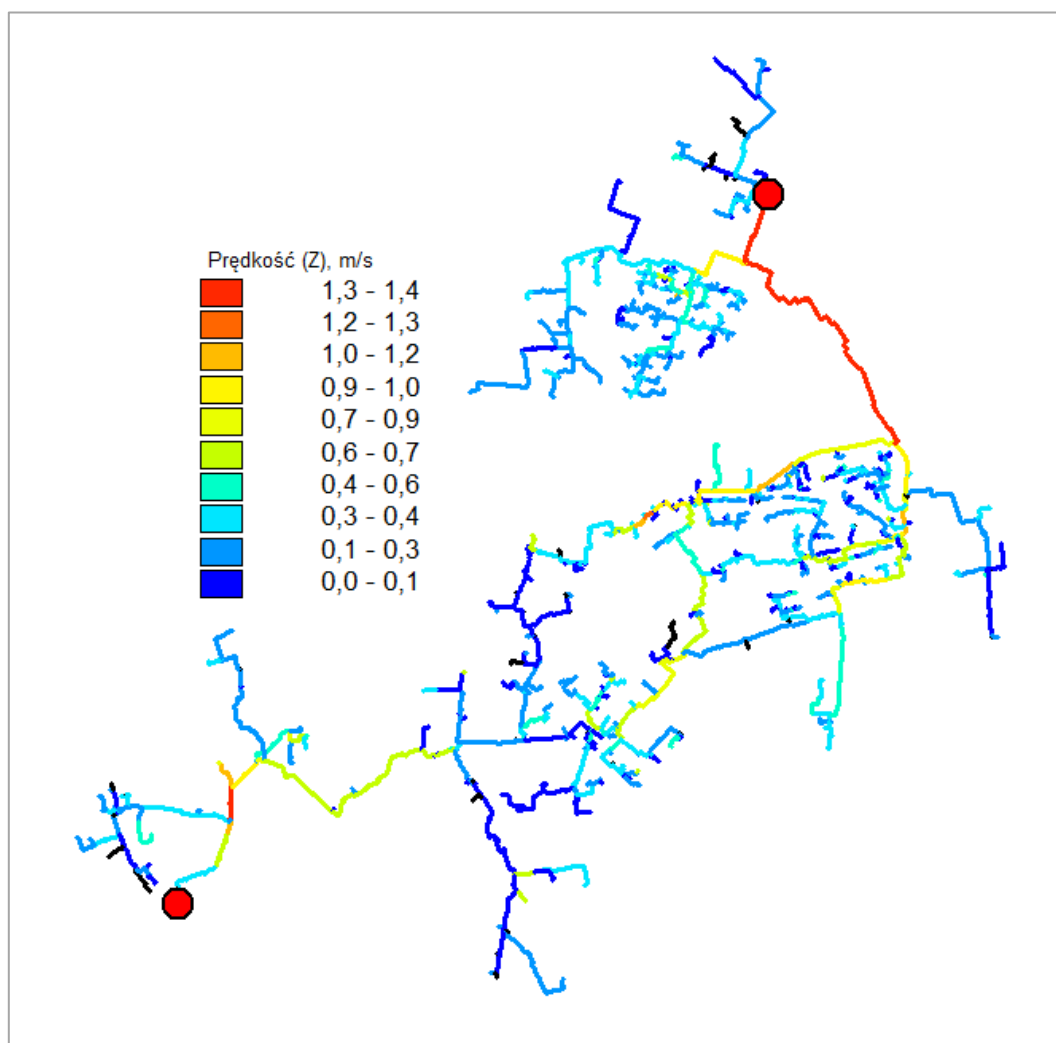
Rysunek 36 Temperatura czynnika w sieci³²

³² Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 41 Zestawienie największych spadków temperatur

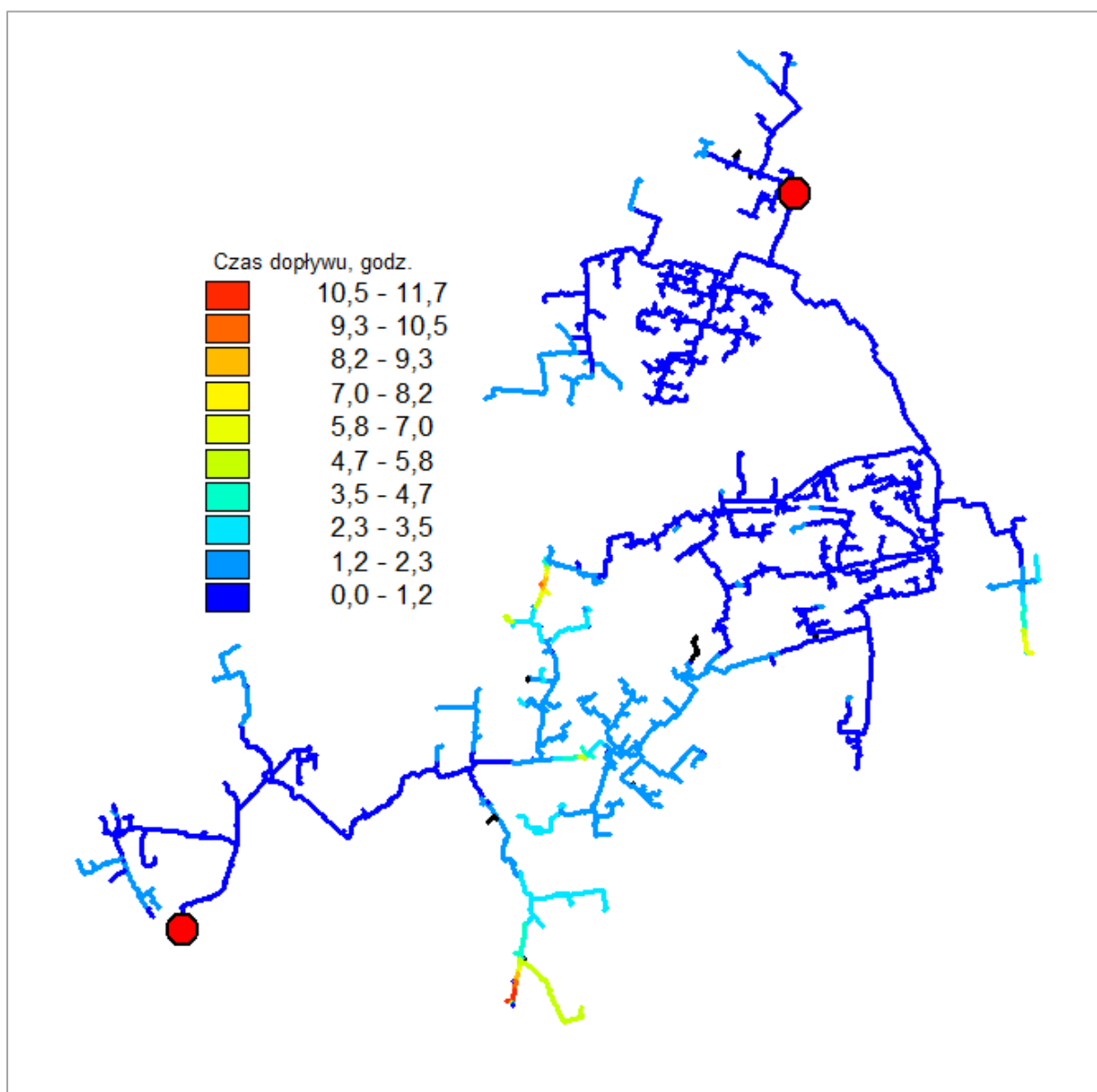
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W258	Grzybowo	13	13,405	0,621	92,43
W243	Sobierskiego	14	13,203	0,059	144
W282	Jana	8	12,711	0,294	92,41
W349	Pałucka	17	10,293	0,083	145,7
W397	Wrzesińska	30	10,260	1,609	98,38
W108	Paczkowskiego	6	10,123	0,126	170,3

W powyższej tabeli przedstawiono listę węzłów cieplnych, dla których obliczono największy spadek temperatury czynnika grzewczego. Wszystkie te węzły są położone na niedociążonych odcinkach sieci ciepłowniczej (w stosunku do średnicy rurociągów), dla których również są najmniejsze prędkości przepływu i najdłuższy czas dopływu czynnika grzewczego – co przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rysunek 37 Prędkość czynnika w sieci³³

³³ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.



Rysunek 38 Czas dopływu czynnika³⁴

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Wrzesińska 30 wynoszący prawie 12h. w stosunku do czasu dopływu bez przepompowni czas ten został skrócony o około 3h.

³⁴ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

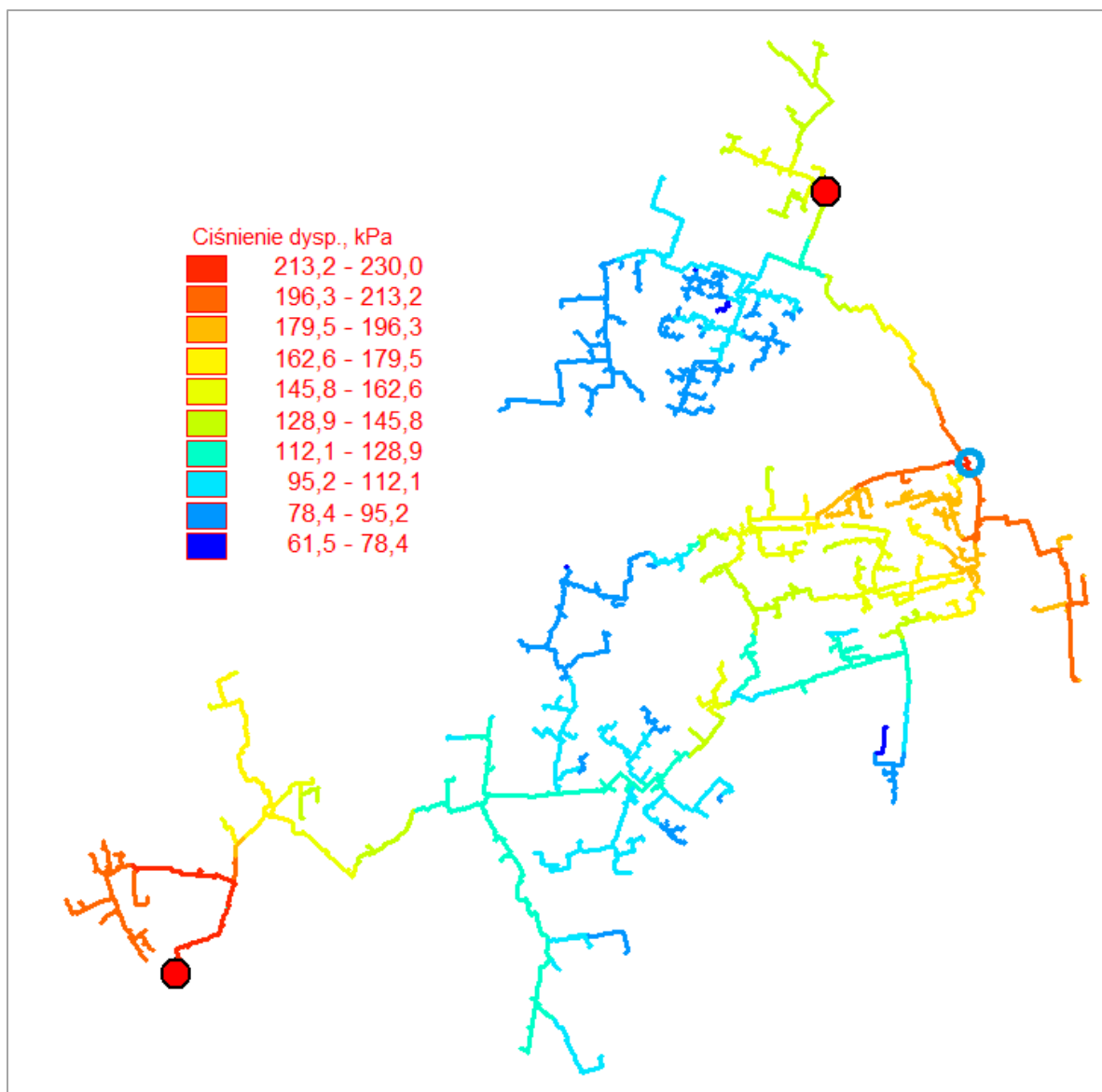
3.4.2 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13, C-14
- Pracująca SPC: SPC Zabłockiego
- Temperatura zasilania $T_z = 110^\circ\text{C}$
- Minimalne ciśnienie dyspozycyjne węzła ciepłowniczego $P_{d_{\min}} = 50\text{kPa}$

Tabela 42 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-13	540,0	150	390	761	110	65,0	39,7	3,78	326,9	2,55
C-14	728,8	230	498,8	211	110	64,5	11,1			0,43
Id	Pz [kPa]	Podnoszenie [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
SPC Zabłockiego	703,4	260	486,7	476,7						1,08



Rysunek 39 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C³⁵

Niebieskim okręgiem zaznaczono pompownię Zabłockiego.

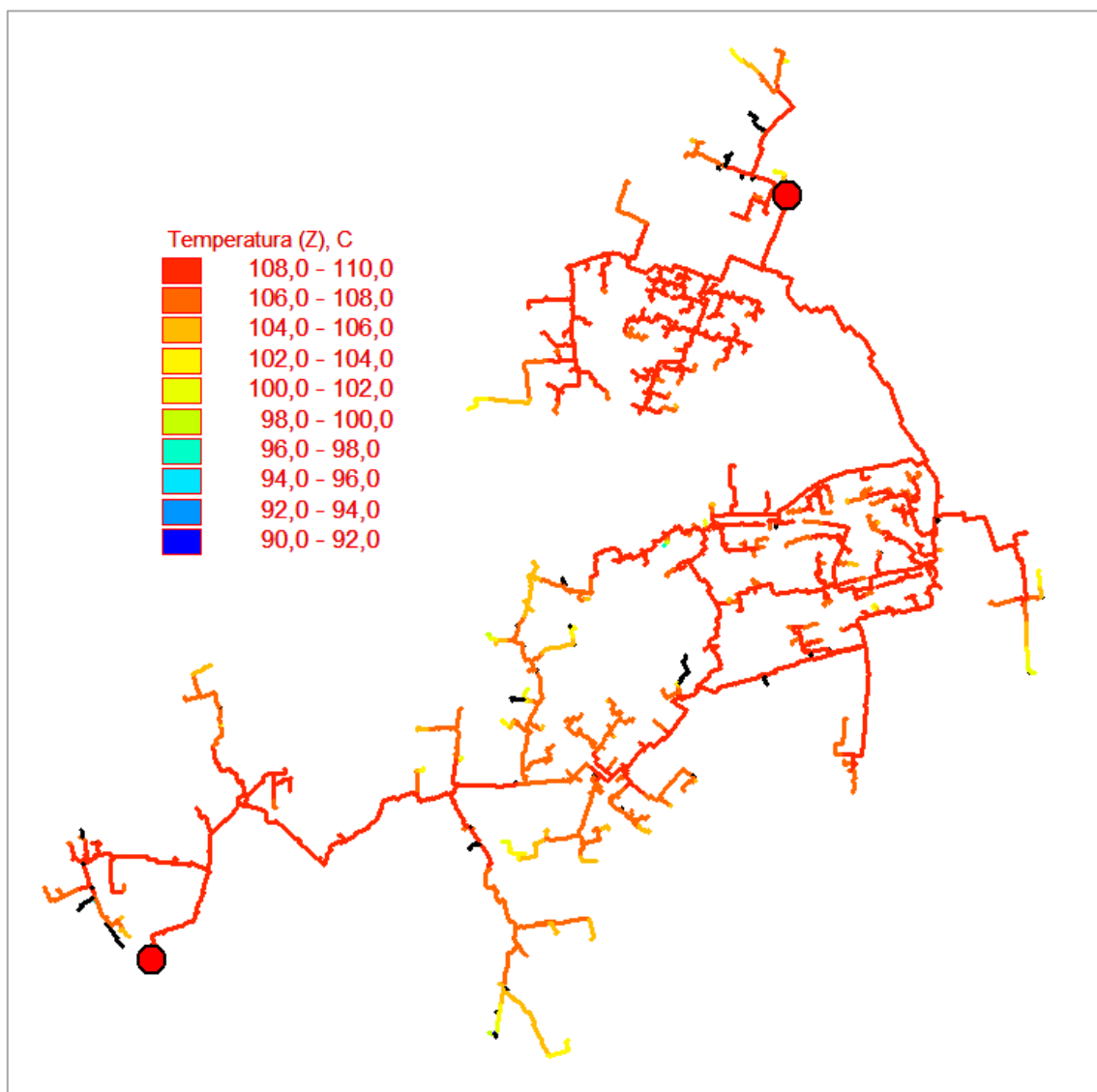
Budowa w systemie ciepłowniczym nowej stacji podnoszenia ciśnień (SPC Zabłockiego) pozwoliła na obniżenie krzywej grzewczej i uzyskanie oszczędności strat ciepła w wysokości 1 189,31 [MWh] przy niewiele tylko zwiększonej energii pompowania w systemie ciepłowniczym (o 25,98 [MWh]).

W poniższej tabeli przedstawiono węzły cieplne, dla których ciśnienie dyspozycyjne jest najniższe. Najniższe ciśnienie dyspozycyjne było na Os. Jagiellońskim i wyniosło ok. 62 [kPa].

³⁵ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 33 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W040	Os. Jagiellońskie	20	1,079	4,136	61,51
W039	Os. Jagiellońskie	22	0,575	1,077	62,56
W350	Kasprowicza	10	3,222	2,930	66,41
W341	Cieszkowskiego	17	2,469	4,031	73,06

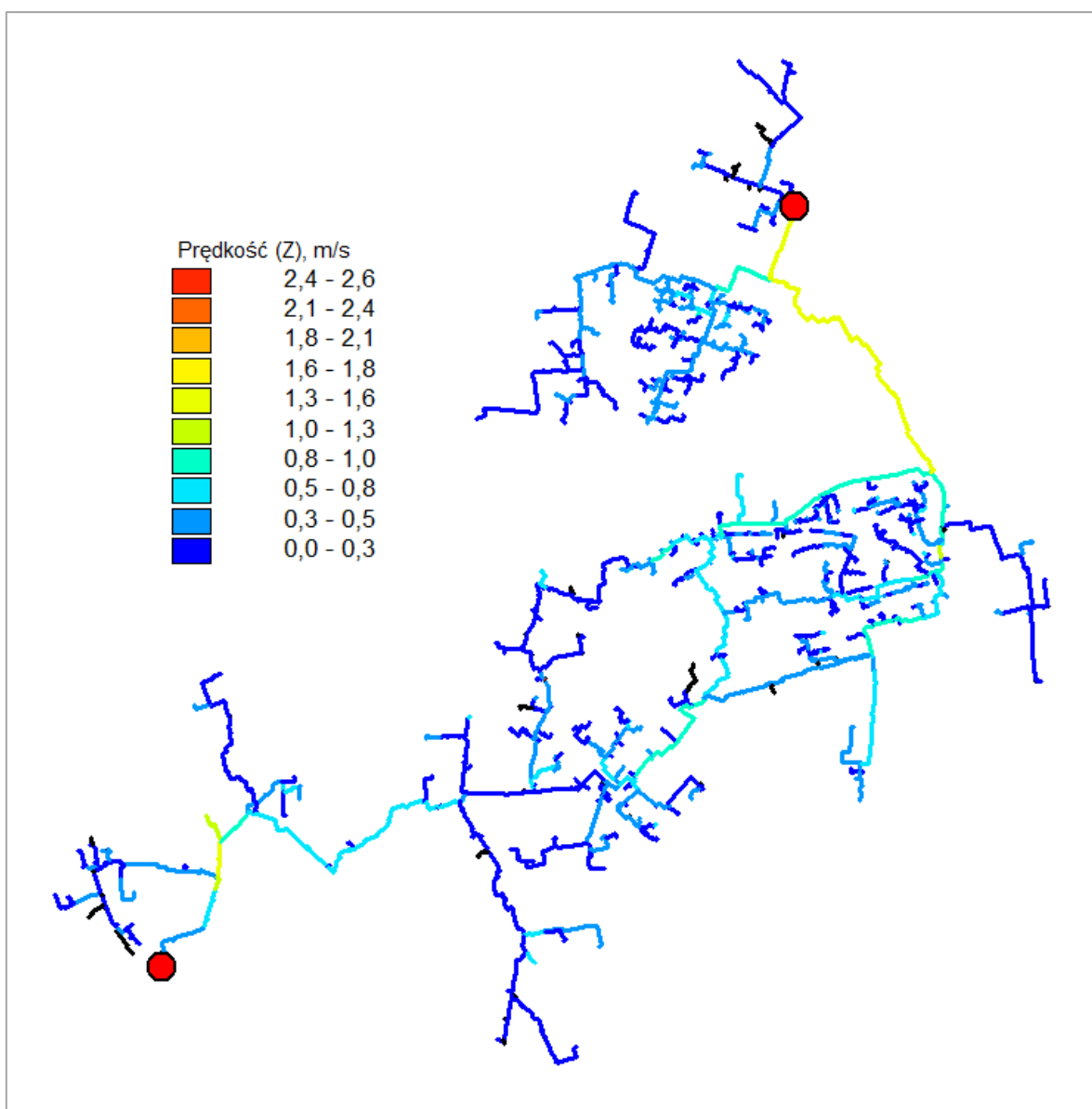


Rysunek 40 Temperatura czynnika w sieci³⁶

³⁶ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

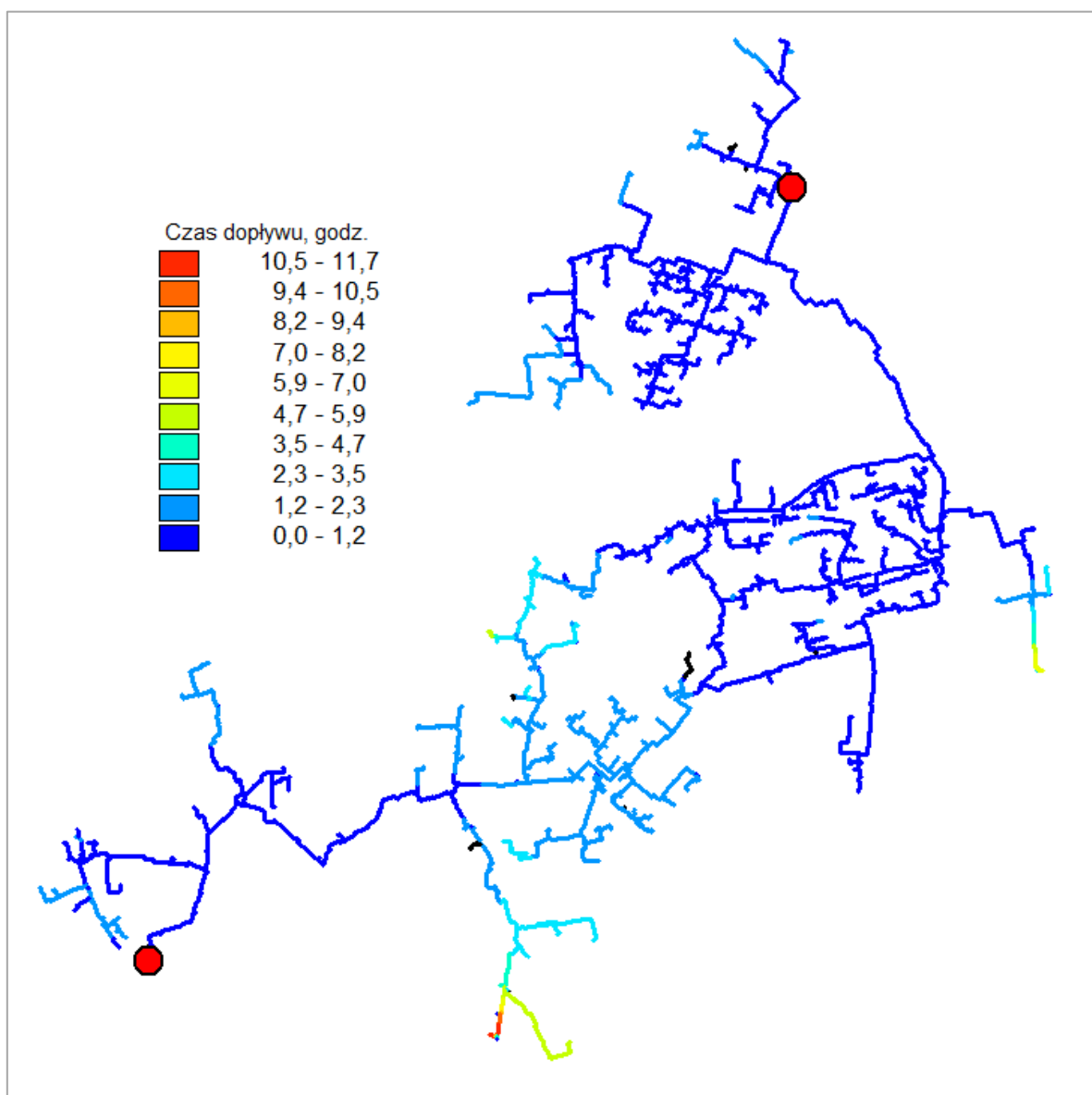
Tabela 34 Zestawienie największych spadków temperatur

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m³/h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	13,229	0,059	131,5
W282	Jana	8	11,413	0,294	90,01
W397	Wrzesińska	30	10,331	1,609	112,3
W349	Pałucka	17	10,293	0,083	135,7
W108	Paczkowskiego	6	10,121	0,126	154,5



Rysunek 41 Prędkość czynnika w sieci³⁷

³⁷ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.



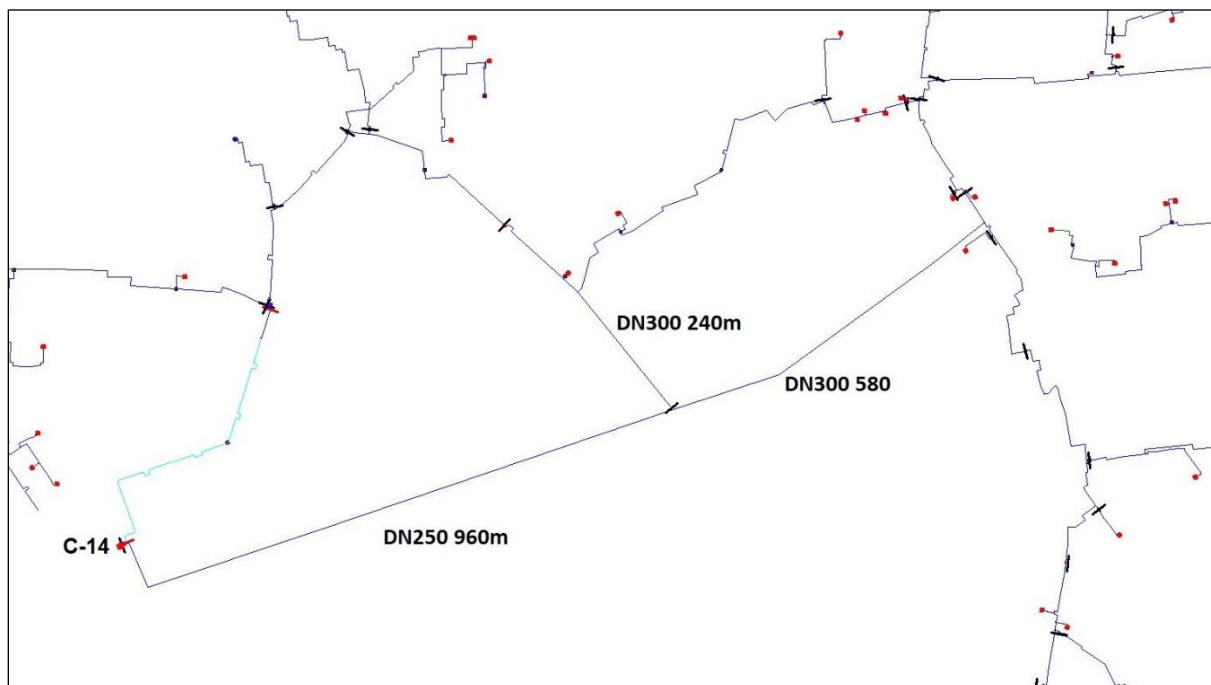
Rysunek 42 Czas dopływu czynnika³⁸

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Wrzesińska 30 wynoszący prawie 12h. w stosunku do czasu dopływu bez przepompowni czas ten został skrócony o około 3h.

³⁸ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

3.4.3 Wariant obliczeń systemu ciepłowniczego – obliczenia dla -18°C budowa przepompowni przy ul. Zabłockiego oraz magistrali wyjściowej z C-14

W wariantcie tym zaplanowano budowę nowej magistrali wyjściowej z ciepłowni C-14. Przebieg, średnice i długości przedstawiono na poniższym rysunku:



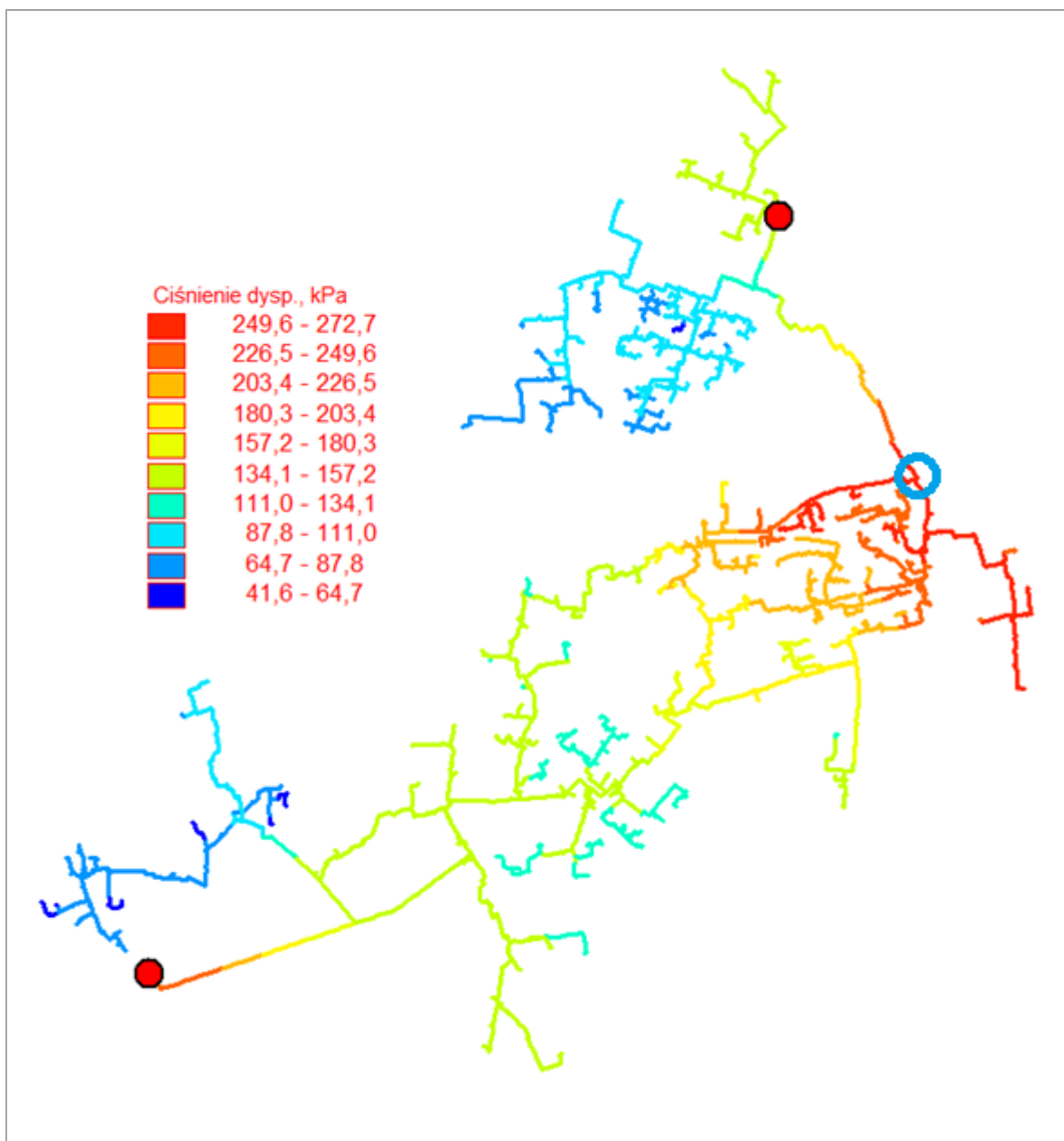
Rysunek 43 Schemat przebiegu nowej magistrali wyjściowej z C-14

Wykonano obliczenia hydrauliczne dla następujących parametrów:

- Pracujące ciepłownie: C-13, C-14
- Pracująca SPC: SPC Zabłockiego
- Temperatura zasilania $T_z = 110^\circ\text{C}$
- Minimalne ciśnienie dyspozycyjne węzła ciepłowniczego $P_{d_{\min}} = 50\text{kPa}$

Tabela 35 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła

Id	Pz [kPa]	Dp [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
C-13	540,0	150	390	756	110	65,3	39,2	3,76	324,5	2,52
C-14	765,0	270	495	221	110	64,8	11,6			0,53
Id	Pz [kPa]	Podnoszenie [kPa]	Pp [kPa]	M [m ³ /h]	Tz [°C]	Tp [°C]	Q [MW]	Q _{strat} [MW]	Q _{strat} [GJ/dobę]	E _{pomp} [MWh/dobę]
SPC Zabłockiego	776,4	330	483,6	468,3						1,34



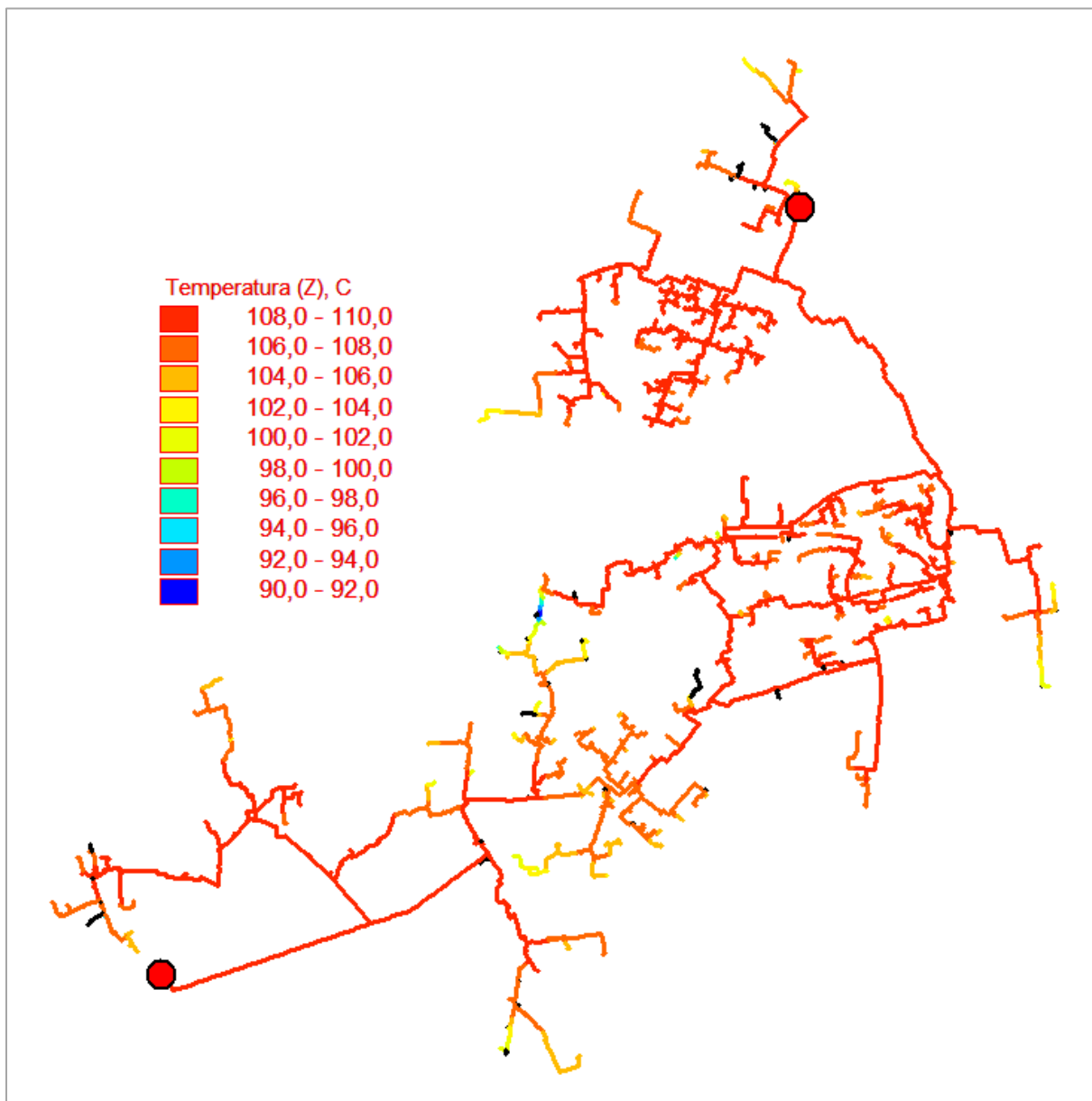
Rysunek 44 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C³⁹

Niebieskim okręgiem zaznaczono pompownię Zabłockiego. Najwyższe ciśnienia dyspozycyjne obserwowane są na wyjściu źródła C-14 i wynoszą 270 kPa, oraz na tłoczeniu SPC Zabłockiego wynoszące ok 290 kPa. Ciśnienia dyspozycyjne w najgorzej hydraulicznie położonych węzłach cieplnie nie są mniejsze od 50 kPa.

³⁹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 36 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne

Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W040	Os. Jagiellońskie	20	1,1	4,3	58,9
W039	Os. Jagiellońskie	22	0,6	1,1	60,0
R005	Poznańska	15	0,7	53,4	61,6
R010	Kostrzewskiego	5/7	1,4	5,6	72,2
R009	Kostrzewskiego	5/7	1,2	6,6	73,3



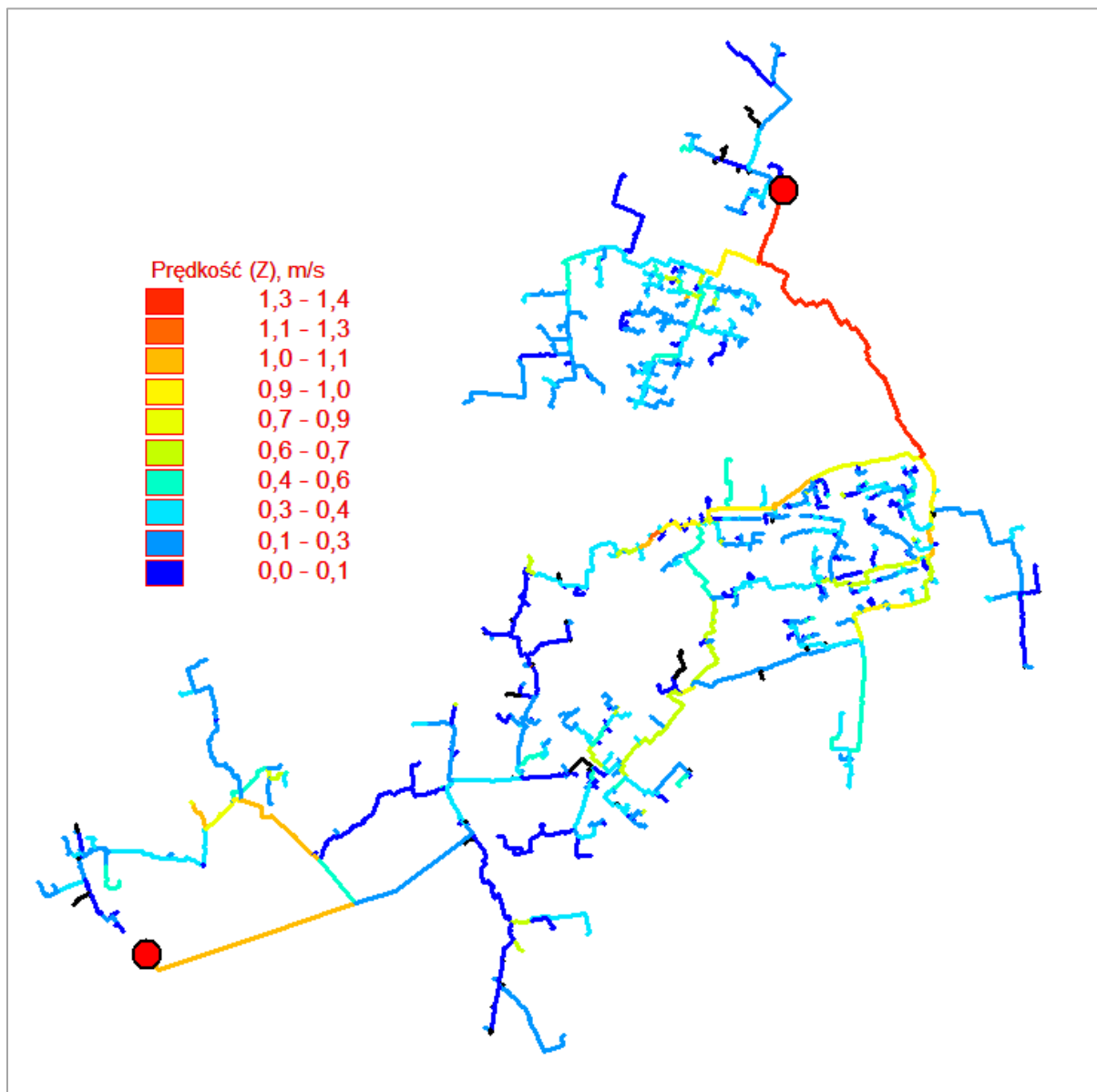
Rysunek 45 Temperatura czynnika w sieci⁴⁰

Największy spadek obserwowany jest dla węzła Sobierskiego 14 i wynosi on 13,3°C.

⁴⁰ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

Tabela 37 Zestawienie największych spadków temperatur

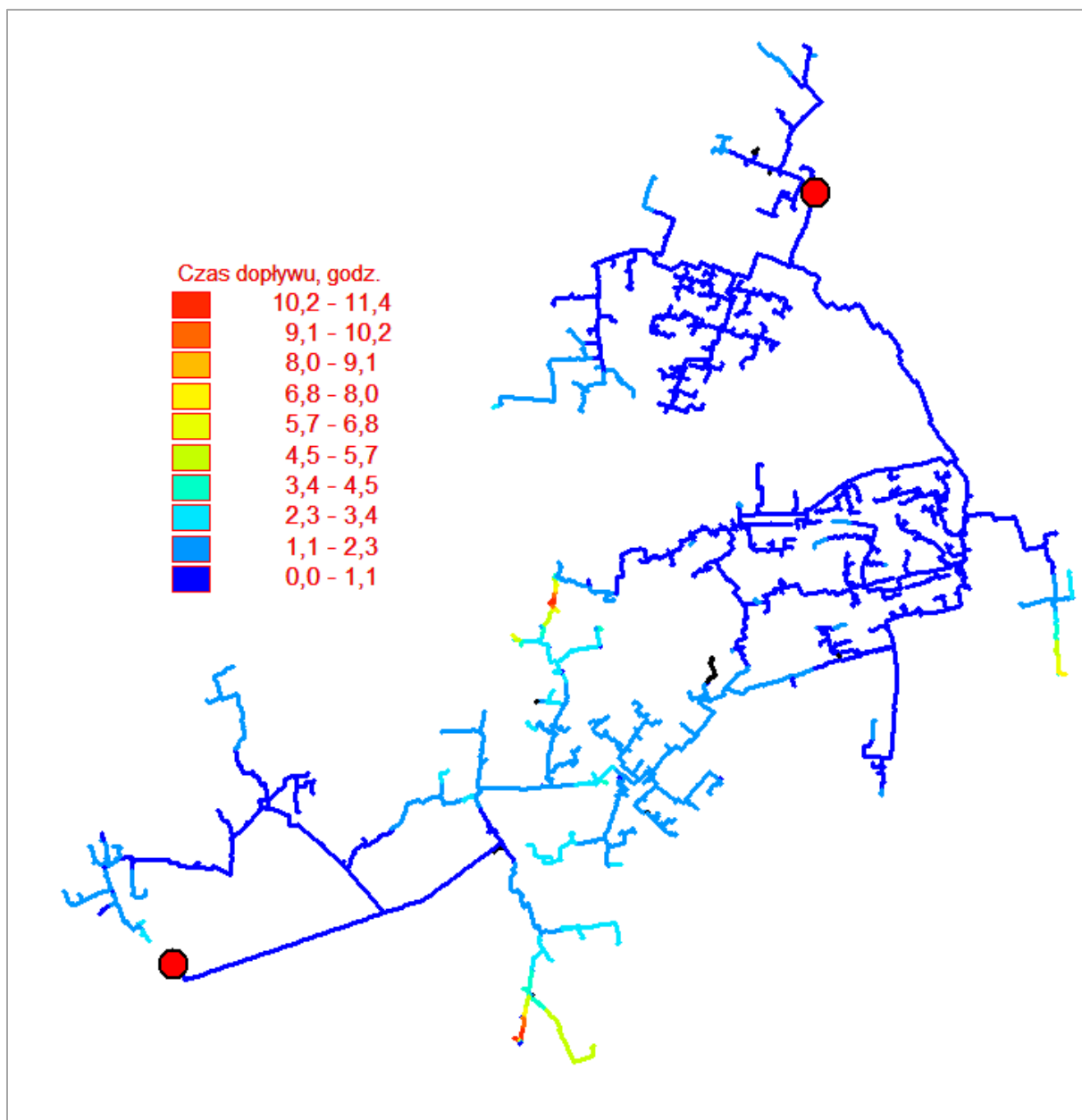
Nr węzła	Ulica	Nr	Dt [°C]	m [m ³ /h]	Pd [kPa]
W243	Sobieralskiego	14	13,3	0,1	205,9
W282	Jana	8	12,6	0,3	154,4
W258	Grzybowo	13	12,0	0,6	154,4
W349	Pałucka	17	10,5	0,1	136,3
W108	Paczkowskiego	6	10,3	0,1	232,4



Rysunek 46 Prędkość czynnika w sieci⁴¹

⁴¹ Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczego PEC Gniezno.

Największe prędkości przepływu obserwuje się na magistralach w okolicach źródła C-13 (magistrala na wyjściu DN 450) oraz magistrala w kierunku południowym DN 350. Prędkość przepływu wynosi około 1,4 m/s w każdej z nich.



Rysunek 47 Czas dopływu czynnika⁴²

Najwyższy czas dopływu czynnika zanotowano w węźle przy ul. Wrzesińska 30 wynoszący prawie 11h.

⁴² Grafika jest wygenerowana w programie AUDYTOR SCW jako wyniki analizy hydraulicznej systemu ciepłowniczego Gniezna przeprowadzonej w ramach audytu ex ante sieci ciepłowniczej PEC Gniezno.

3.4.4 Schematy technologiczne nowych przepompowni (Zabłockiego i Strumykowa)

Na podstawie analizy hydraulicznej dokonano optymalnego wyboru liczby i lokalizacji nowych SPC w systemie ciepłowniczym Gniezna. Są to:

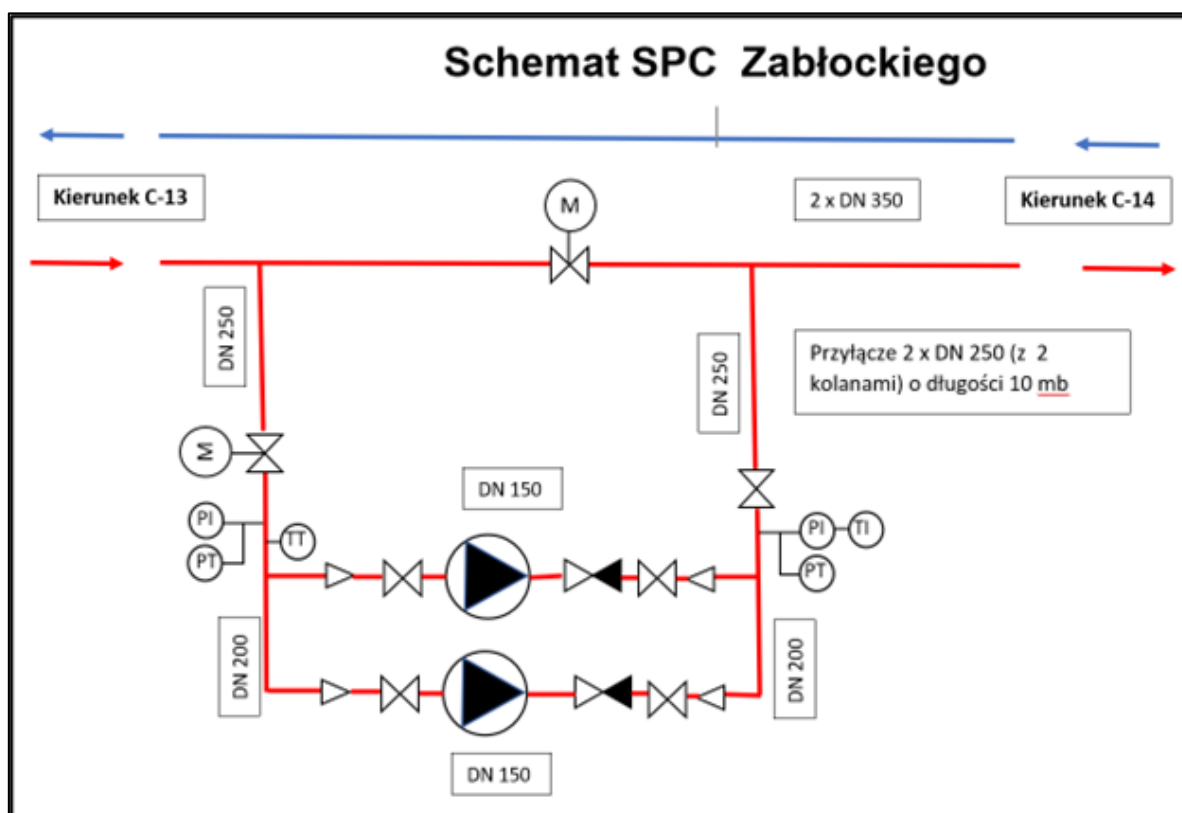
- SPC przy ul. Zabłockiego
- SPC przy ul. Strumykowej

W poniższej tabeli przedstawiono parametry hydrauliczne dla w/w przepompowni, na podstawie których należy dobrać ilość i typ pomp.

Tabela 35 Zestawienie obliczonych parametrów dla nowych SPC

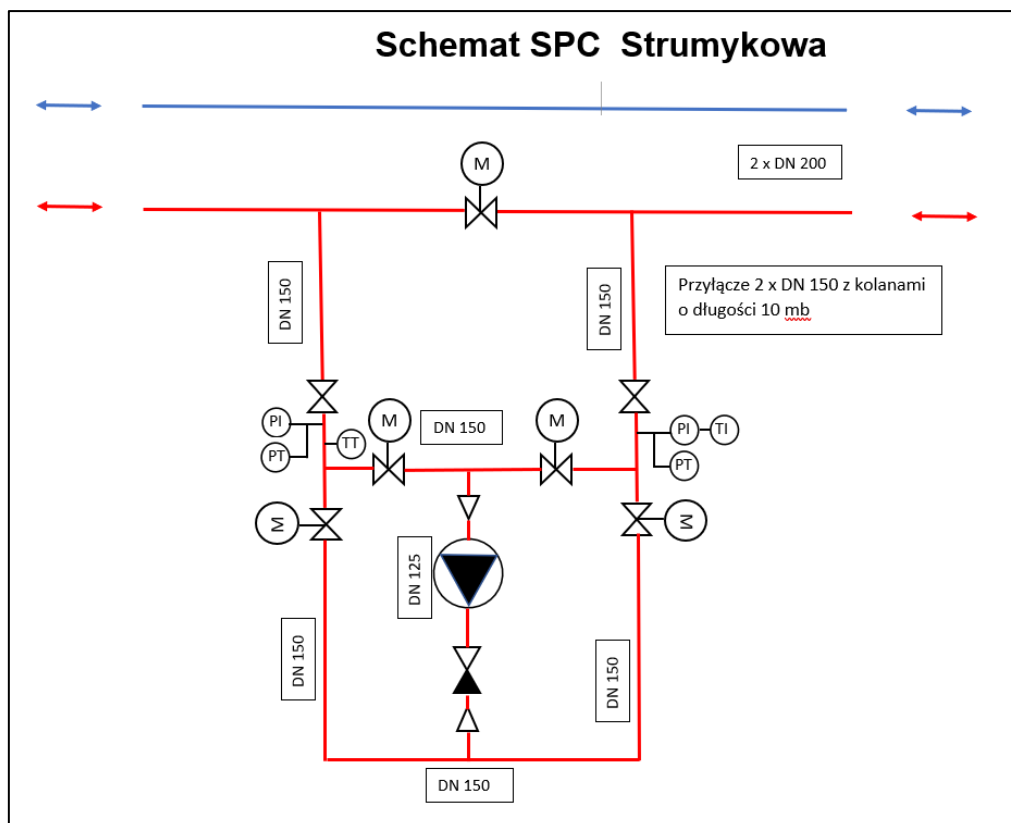
Nazwa SPC	Dp [kPa]	M [m³/h]
SPC Zabłockiego	260	471
SPC Strumykowa	400	205

Z uwagi na możliwość optymalizacji nakładów inwestycyjnych oraz pracy pomp, założono, że w SPC Zabłockiego zostaną zainstalowane dwie pompy, bez pompy rezerwowej. W sytuacji awarii jednej z pomp możliwe będzie zwiększenie pompowania w istniejących pompowniach źródeł ciepła. SPC Zabłockiego będzie przepompownią jednokierunkową. Poniżej przedstawiono schemat technologiczny tej SPC.



Rysunek 48 Schemat SPC Zabłockiego

W odróżnieniu od SPC Zabłockiego przepompownia przy ul. Strumykowej będzie przepompownią rewersyjną, tzn., że kierunek przepływu przez tą SPC będzie zmienny i będzie zależał od aktualnej konfiguracji pracujących źródeł ciepła. Poniżej przedstawiono schemat technologiczny tej SPC.



Rysunek 49 Schemat SPC Strumykowa

3.5 Wnioski z analizy hydraulicznej

Przeprowadzono wielowariantową analizę hydrauliczną pracy sieci ciepłowniczej PEC Gniezno uwzględniając:

- stan istniejący
- stan istniejący + przeniesienie pomp w istniejącej SPC Sobieskiego na zasilanie
- budowę jednej stacji podnoszenia ciśnień - Zabłockiego
- budowę dwóch nowych stacji podnoszenia ciśnień (SPC): Strumykowa (praca rewersyjna) i Zabłockiego
- rozbudowę sieci ciepłowniczej wychodzącej z ciepłowni C-14 oraz budowa SPC Zabłockiego
- możliwe dla w/w wariantów obniżenie rzeczywistych temperatur zasilania i powrotu (tabeli regulacyjnej)

W poniższej tabeli przedstawiono zbiorczo analizowane warianty oraz poziom strat ciepła i sumarycznej energii pompowania dla każdego z nich.

Tabela 43 Wyniki analizy hydraulicznej wariantów pracy sieci ciepłowniczej

Zbiorcze wyniki analizy hydraulicznej dla rozpatrywanych wariantów pracy sieci ciepłowniczej						
Lp.	Wariant		Krzywa grzewcza	Średnioroczne straty [GJ]	Średnioroczne straty [MWh]	Średnioroczne zużycie energii na pompowanie [MWh]
	Nr	Opis				
0		Stan istniejący - pompowanie w C13 i C14 oraz istniejąca pompownia Sobieskiego na powrocie	125°C dla -18°C w C13 i C14	66294,55	18415,15	783,10
1		Stan istniejący - pompowanie w C13 i C14 oraz istniejąca pompownia Sobieskiego na zasilaniu	125°C dla -18°C w C13 i C14	66294,55	18415,15	784,10
2		Zmniejszone pompowanie w C13 - istniejąca pompownia Sobieskiego oraz 1 nowa SPC (Zabłockiego)	125°C dla -18°C w C13 i C14	66356,45	18432,35	654,13
			110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 47,6°C przy +5°C)	63257,65	17571,57	872,57
			110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 46,7°C przy +5°C)	62825,85	17451,63	809,07
	I		110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)	62013,05	17225,85	809,07
3		Zmniejszone pompowanie w C13 i C14 - 2 nowe SPC (Zabłockiego i Strumykowa)	125°C dla -18°C w C13 i C14	66356,45	18432,35	633,81
			110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 47,6°C przy +5°C)	63206,85	17557,46	814,15
			110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 46,7°C przy +5°C)	62800,45	17444,57	732,87
	II		110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrot 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)	61987,65	17218,79	735,41
4		Zmniejszone pompowanie w C13 i C14 - rozbudowa sieci ciepłowniczej z C14 oraz nowa SPC Zabłockiego	125°C dla -18°C w C13 i C14	66570,55	18491,82	594,22
	IV		110°C zasilanie dla -18 st C zewn.	64741,75	17983,82	1198,74

Jako rekomendowany do realizacji został przyjęty wariant nr II z obniżeniem temperatury zasilania w źródłach C13 i C14 do 110°C z aktualnej wartości 125°C przy temperaturze zewnętrznej -18°C z równoczesnym obniżeniem realizowanej temperatury powrotu (do 46,7°C przy temp. zewnętrznej +5°C) wynikającej z wdrożenia systemu odczytu ciepłomierzy, pomiarami ciśnienia oraz modernizacją automatyki w wybranych węzłach. Spinki w komorach K31/11 i K49 pozostają zamknięte.

W wariantcie tym następuje znaczące obniżenie strat ciepła w stosunku do wariantu bazowego (wariant 0) a także zmniejszenie energii pompowania w całym systemie ciepłowniczym.

Realizacja wszystkich zaplanowanych działań w ramach projektu digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno pozwoli na osiągnięcie zaplanowanego efektu obniżenia strat ciepła w całym systemie ciepłowniczym.

Obniżenie temperatur zasilania i powrotu (krzywej grzewczej) oraz obniżenie strat ciepła umożliwią n/w działania:

- zapewnienie dwustronnej komunikacji z wszystkimi węzłami ciepłowniczymi
- wyposażenie węzłów cieplnych w przetworniki ciśnienia
- zapewnienie zdalnego dostępu do wskazań ciepłomierzy i wodomierzy w węzłach cieplnych
- montaż detektorów awarii sieci preizolowanych i ich wpięcie do systemu nadzorowania pracy
- zakup licencji i wdrożenie systemu IT do nadzorowania pracy

Utrzymanie minimalnego poziomu zużycia energii pompowania w systemie ciepłowniczym umożliwią n/w działania:

- budowa nowych stacji podnoszenia ciśnień (Strumykowa i Zabłockiego), co pozwoli na zmniejszenie energii pompowania w ciepłowniczych C-13 i C-14 i zapewni minimalną wartość ciśnienia dyspozycyjnego dla każdego węzła cieplnego
- sterowanie pracą układów pompowania w sieci ciepłowniczej w sposób automatyczny na podstawie odczytów ciśnień dyspozycyjnych w węzłach cieplnych w czasie rzeczywistym
- budowa instalacji PV na dachach projektowanych SPC (Zabłockiego i Strumykowa).

3.6 Nakłady, efekt rzeczowy i ekologiczny dla poszczególnych wariantów

3.6.1 Metodyka obliczeniowa dla udokumentowania efektów ekologicznych

Obliczenie efektów ekologicznych zostało dokonane na podstawie porównania określonych w modelu hydraulicznym w programie AUDYTOR SCW strat ciepła i energii pompowania dla stanu obecnego i dla każdego z rozważanych wariantów. Wyniki analiz przedstawiono w punktach 3.4 oraz 3.5.

W efekcie dla każdego z wariantów otrzymano wielkość strat ciepła i zużycie energii pompowania (Tabela 41).

Na podstawie tych danych określono:

- Ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (końcowej) – określoną jako zmniejszenie rocznych strat ciepła
- Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej (końcowej) – określoną jako sumę zmniejszenia rocznej energii pompowania i ilości wyprodukowanej energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej
- Zmniejszenie emisji CO₂ wyliczone w oparciu o wskaźnik emisji CO₂ określony przez KOBIZE do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2023, w wysokości 94,81 [kg/GJ] (Tabela 3. Ciepłownie dla węgla kamiennego) oraz wskaźnik emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej w wysokości 708 [kg/MWh]
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w postaci ciepła wyliczone w oparciu o ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (końcowej) z uwzględnieniem sprawności wytwarzania ciepła (80%) i współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $W_{pc} = 1,1$ dla ciepłowni opalanych węglem.
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w postaci energii elektrycznej wyliczono w oparciu o ilość zmniejszenie zużycia energii elektrycznej (końcowej) i współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $W_{pe} = 3,0$.

3.6.2 Wariant I

Wariant ten zakłada zmniejszone pompowanie w C13. W systemie ciepłowniczym poza istniejącą pompownią Sobieskiego powstanie nowa SPC (Zabłockiego).

Tabela regulacyjna obniżona do 110°C na zasilaniu dla -18°C zewn. A temp. powrotu 46,7°C przy +5°C. Spinki w komorach K31/11, K49 zamknięte.

3.6.2.1 Planowany efekt rzeczowy

Wariant ten przewiduje realizację następującego zakresu rzeczowego, (w myśl wytycznych do programu ‘Digitalizacja Sieci Ciepłowniczych”):

Wskaźniki obligatoryjne:

- Liczba węzłów ciepłych (tj. liczba zmodernizowanych węzłów ciepłych na których zainstalowano telemetrię, umożliwiającą odczyt parametrów) - 375 szt.
- Liczba sieci ciepłych (tj. liczba sieci ciepłych poddanych digitalizacji) - 1 sieć

Wskaźniki fakultatywne:

- Liczba instalacji fotowoltaicznych wytwarzających energię dla potrzeb urządzeń związanych z systemem telemetrii i telemechaniki - 1 szt.
- Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej zainstalowanych ogniw fotowoltaicznych - 10 MWh/rok

3.6.2.2 Planowany efekt ekologiczny

Wariant ten przewiduje osiągnięcie następującego efektu ekologicznego:

- Ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (końcowej) = 4 281,50 GJ/rok
- Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej (końcowej) = 57,53 GJ/rok
- Zmniejszenie emisji = 546,84 CO₂ Mg/rok
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej = 5 714,53 GJ/rok

3.6.2.3 Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady

Szczegółowy zakres rzeczowy i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu przedstawia poniższa tabela.

Tabela 44 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu I

Zestawienie nakładów na realizację projektu digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno wariant 1				
Lp.	Zakres zadań	Nakład jednostkowy	Ilość obiektów	Nakłady
		[zł/kpl.]	[szt.]	[zł]
Telemetria				
1	Węzeł bez zasilania ee (obcy): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adresie (baterijny moduł z adapterem ciepłomierza oraz odczyt wodomierza po mbus)	2 000 zł	56	112 000 zł
2	Węzeł zasilany w ee (własny): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adres (moduł telemetryczny sieciowy z zasilaczem i kartą wejść/wyjść (obsługa 3xczujnik temp PT1000, 3x czujnik ciśnienia 4-20mA)	4 500 zł	319	1 435 500 zł
3	Montaż 2 przetworników ciśnienia w węźle cieplnym wraz z okablowaniem i montażem	2 000 zł	19	38 000 zł
4	Montaż wodomierza z mbus w węźle cieplnym	600 zł	375	225 000 zł
5	Wymiana licznika ciepła w węźle cieplnym	1 985 zł	113	224 305 zł
6	Dostawa i montaż detektora awarii sieci preizolowanej (1 szt. na pętlę)	3 000 zł	40	120 000 zł
7	Dostosowanie systemu telemetrii o wizualizację, odczyt i komunikację dwukierunkową po MODBUS z 2 stacjami podnoszenia ciśnienia - opracowanie i wdrożenie algorytmu sterującego pracą pomp wg ciśnienia dyspozycyjnego na wskazanych węzłach krytycznych	7 500 zł	2	15 000 zł
8	Koszt zakupu licencji systemu IT do nadzorowania pracy, komunikacji i wdrożenie rozwiązania w PEC - rozwiązanie chmurowe	230 000 zł	1	230 000 zł
9	Modernizacja rozdzielni zasilającej i AKPiA w węźle cieplnym - montaż rozdzielni wraz z regulatorem,okablowaniem i aparatami, bez wymiany pomp, napędów i zaworów	5 300 zł	162	858 600 zł
Telemetria razem:				3 258 405 zł
SPC Zabłockiego				
10	Budynek SPC o pow. ok. 50 m ²	200 000	1	200 000
11	Instalacja PV o mocy 10 kWp	40 000	1	40 000
12	Pompy	75 848	2	151 696
13	AKP z falownikami pomp	120 000	1	120 000
14	Hydraulika	651 400	1	651 400
15	Przyłącze ok. 10 mb 2 x DN 250	35 000	1	35 000
SPC Zabłockiego razem:				1 198 096
Projekt digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno razem:				4 456 501 zł

3.6.3 Wariant II

Wariant ten zakłada zmniejszone pompowanie w C13 i C-14. W systemie ciepłowniczym poza istniejącą pompownią Sobieskiego powstaną dwie nowe SPC (Zabłockiego i Strumykowa).

Tabela regulacyjna obniżona do 110°C na zasilaniu dla -18°C zewn. A temp. powrotu 46,7°C przy +5°C. Spinki w komorach K31/11, K49 zamknięte.

3.6.3.1 Planowany efekt rzeczowy

Wariant ten przewiduje realizację następującego zakresu rzeczowego, (w myśl wytycznych do programu 'Digitalizacja Sieci Ciepłowniczych'):

Wskaźniki obligatoryjne:

- Liczba węzłów ciepłych (tj. liczba zmodernizowanych węzłów ciepłych na których zainstalowano telemetrię, umożliwiającą odczyt parametrów) - 375 szt.
- Liczba sieci ciepłych (tj. liczba sieci ciepłych poddanych digitalizacji) - 1 sieć

Wskaźniki fakultatywne:

- Liczba instalacji fotowoltaicznych wytwarzających energię dla potrzeb urządzeń związanych z systemem telemetrii i telemechaniki - 2 szt.
- Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej zainstalowanych ogniw fotowoltaicznych - 20 MWh/rok

3.6.3.2 Planowany efekt ekologiczny

Wariant ten przewiduje osiągnięcie następującego efektu ekologicznego:

- Ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (końcowej) = 4 396,90 GJ/rok
- Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej (końcowej) = 243,67 GJ/rok
- Zmniejszenie emisji = 609,38 CO₂ Mg/rok
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej = 6 652,99 GJ/rok

3.6.3.3 Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady

Szczegółowy zakres rzeczowy i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu przedstawia poniższa tabela.

Tabela 45 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu II

Zestawienie nakładów na realizację projektu digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno wariant 2				
Lp.	Zakres zadań	Nakład jednostkowy	Ilość obiektów	Nakłady
		[zł/kpl.]	[szt.]	[zł]
Telemetria				
1	Węzeł bez zasilania ee (obcy): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adresie (bateryjny moduł z adapterem ciepłomierza oraz odczyt wodomierza po mbus)	2 000 zł	56	112 000 zł
2	Węzeł zasilany w ee (własny): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adres (moduł telemetryczny sieciowy z zasilaczem i kartą wejść/wyjść (obsługa 3xczujnik temp PT1000, 3x czujnik ciśnienia 4-20mA)	4 500 zł	319	1 435 500 zł
3	Montaż 2 przetworników ciśnienia w węźle cieplnym wraz z okablowaniem i montażem	2 000 zł	19	38 000 zł
4	Montaż wodomierza z mbus w węźle cieplnym	600 zł	375	225 000 zł
5	Wymiana licznika ciepła w węźle cieplnym	1 985 zł	113	224 305 zł
6	Dostawa i montaż detektora awarii sieci preizolowanej (1 szt. na pętlę)	3 000 zł	40	120 000 zł
7	Dostosowanie systemu telemetrii o wizualizację, odczyt i komunikację dwukierunkową po MODBUS z 2 stacjami podnoszenia ciśnienia - opracowanie i wdrożenie algorytmu sterującego pracą pomp wg ciśnienia dyspozycyjnego na wskazanych węzłach krytycznych	7 500 zł	2	15 000 zł
8	Koszt zakupu licencji systemu IT do nadzorowania pracy, komunikacji i wdrożenie rozwiązania w PEC - rozwiązanie chmurowe	230 000 zł	1	230 000 zł
9	Modernizacja rozdzielni zasilającej i AKPiA w węźle cieplnym - montaż rozdzielni wraz z regulatorem,okablowaniem i aparatami, bez wymiany pomp, napędów i zaworów	5 300 zł	162	858 600 zł
Telemetria razem:				3 258 405 zł
SPC Zabłockiego				
10	Budynek SPC o pow. ok. 50 m ²	200 000	1	200 000
11	Instalacja PV o mocy 10 kWp	40 000	1	40 000
12	Pompy	75 848	2	151 696
13	AKP z falownikami pomp	120 000	1	120 000
14	Hydraulika	651 400	1	651 400
15	Przyłącze ok. 10 mb 2 x DN 250	35 000	1	35 000
SPC Zabłockiego razem:				1 198 096
SPC Strumykowa				
16	Budynek SPC o pow. ok. 50 m ²	200 000	1	200 000
17	Instalacja PV	40 000	1	40 000
18	Pompa	72 281	1	72 281
19	AKP z falownikami pomp	100 000	1	100 000
20	Hydraulika	424 500	1	424 500
21	Przyłącze ok. 10 mb 2 x DN 250	20 000	1	20 000
SPC Strumykowa razem:				856 781
Projekt digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno razem:				5 313 282 zł

3.6.4 Wariant III

Wariant ten zakłada zmniejszone pompowanie w C13 i C-14. W systemie ciepłowniczym poza istniejącą pompownią Sobieskiego powstanie nowa SPC (Zabłockiego) oraz zostanie zbudowana nowa sieć ciepłownicza – wyprowadzenie ciepła z C-14. Sieć ciepłownicza o średnicy 2xDN 300 mm i długości 820 mb oraz o średnicy 2xDN 250 mm i długości 960 mb.

Tabela regulacyjna obniżona do 110°C na zasilaniu dla -18°C zewn. A temp. powrotu 46,7°C przy +5°C. Spinki w komorach K31/11, K49 zamknięte.

3.6.4.1 Planowany efekt rzeczowy

Wariant ten przewiduje realizację następującego zakresu rzeczowego, (w myśl wytycznych do programu 'Digitalizacja Sieci Ciepłowniczych'):

Wskaźniki obligatoryjne:

- Liczba węzłów ciepłych (tj. liczba zmodernizowanych węzłów ciepłych na których zainstalowano telemetrię, umożliwiającą odczyt parametrów) - 375 szt.
- Liczba sieci ciepłych (tj. liczba sieci ciepłych poddanych digitalizacji) - 1 sieć

Wskaźniki fakultatywne:

- Liczba instalacji fotowoltaicznych wytwarzających energię dla potrzeb urządzeń związanych z systemem telemetrii i telemechaniki - 1 szt.
- Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej zainstalowanych ogniw fotowoltaicznych - 10 MWh/rok

3.6.4.2 Planowany efekt ekologiczny

Wariant ten przewiduje osiągnięcie następującego efektu ekologicznego:

- Ilość zaoszczędzonej energii cieplnej (końcowej) = 1 552,80 GJ/rok
- Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej (końcowej) = -1 460,30 GJ/rok
- Zmniejszenie emisji = - 84,76 CO₂ Mg/rok
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej = -2 245,81 GJ/rok

3.6.4.3 Szczegółowy zakres rzeczowy i planowane nakłady

Szczegółowy zakres rzeczowy i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu przedstawia poniższa tabela.

Tabela 46 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu III

Zestawienie nakładów na realizację projektu digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno wariant 3				
Lp.	Zakres zadań	Nakład jednostkowy	Ilość obiektów	Nakłady
		[zł/kpl.]	[szt.]	[zł]
Telemetria				
1	Węzeł bez zasilania ee (obcy): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adresie (baterijny moduł z adapterem ciepłomierza oraz odczyt wodomierza po mbus)	2 000 zł	56	112 000 zł
2	Węzeł zasilany w ee (własny): Wdrożenie modułu odczytu min. 2 liczników ciepła na 1 adres (moduł telemetryczny sieciowy z zasilaczem i kartą wejść/wyjść (obsługa 3xczujnik temp PT1000, 3x czujnik ciśnienia 4-20mA)	4 500 zł	319	1 435 500 zł
3	Montaż 2 przetworników ciśnienia w węźle cieplnym wraz z okablowaniem i montażem	2 000 zł	19	38 000 zł
4	Montaż wodomierza z mbus w węźle cieplnym	600 zł	375	225 000 zł
5	Wymiana licznika ciepła w węźle cieplnym	1 985 zł	113	224 305 zł
6	Dostawa i montaż detektora awarii sieci preizolowanej (1 szt. na pętlę)	3 000 zł	40	120 000 zł
7	Dostosowanie systemu telemetrii o wizualizację, odczyt i komunikację dwukierunkową po MODBUS z 2 stacjami podnoszenia ciśnienia - opracowanie i wdrożenie algorytmu sterującego pracą pomp wg ciśnienia dyspozycyjnego na wskazanych węzłach krytycznych	7 500 zł	2	15 000 zł
8	Koszt zakupu licencji systemu IT do nadzorowania pracy, komunikacji i wdrożenie rozwiązania w PEC - rozwiązanie chmurowe	230 000 zł	1	230 000 zł
9	Modernizacja rozdzielni zasilającej i AKPiA w węźle cieplnym - montaż rozdzielni wraz z regulatorem,okablowaniem i aparatami, bez wymiany pomp, napędów i zaworów	5 300 zł	162	858 600 zł
Telemetria razem:				3 258 405 zł
SPC Zabłockiego				
10	Budynek SPC o pow. ok. 50 m ²	200 000	1	200 000
11	Instalacja PV o mocy 10 kWp	40 000	1	40 000
12	Pompy	75 848	2	151 696
13	AKP z falownikami pomp	120 000	1	120 000
14	Hydraulika	651 400	1	651 400
15	Przyłącze ok. 10 mb 2 x DN 250	35 000	1	35 000
SPC Zabłockiego razem:				1 198 096
Nowa sieć ciepłownicza z C-14				
16	Nowa sieć ciepłownicza o długości ok. 820 mb 2 x DN 300	1 935 200	1	1 935 200
17	Nowa sieć ciepłownicza o długości ok. 960 mb 2 x DN 250	2 688 000	1	2 688 000
Nowa sieć ciepłownicza z C-14 razem:				4 623 200
Projekt digitalizacji sieci ciepłowniczej PEC Gniezno razem:				9 079 701 zł

Wariant III nie jest rekomendowany, i nie będzie rozpatrywany w kolejnych krokach, z uwagi na fakt, że końcowo nie zapewnia zmniejszenia zużycia energii pierwotnej/końcowej. Pomimo zmniejszenia strat ciepła o 1 552 GJ powoduje wzrost energii pompowania – w przeliczeniu na zużycie energii pierwotnej jest to 4 488 GJ.

3.6.5 Wskaźniki jednostkowe dla rozpatrywanych wariantów

W poniższej tabeli przedstawiono jednostkowe wskaźniki nakładów na uzyskanie oszczędności GJ energii pierwotnej oraz wskaźnik nakładów na uzyskanie zmniejszenia emisji CO₂ o 1 tonę w skali roku.

Tabela 47 Wskaźniki jednostkowe rozpatrywanych wariantów

Zbiornicze wyniki analizy hydraulicznej dla rozpatrywanych wariantów pracy sieci ciepłowniczej							
Wariant		Krzywa grzewcza	Średnioroczne straty	Średnioroczne straty	Średnioroczne zużycie energii na pompowanie	Nakłady/ ΔE_p	ΔCO_2 /nakłady
Nr	Opis		[GJ]	[MWh]	[MWh]	[zł/GJ]	[zł/tonę CO ₂]
I	Zmniejszone pompowanie w C13 - istniejąca pompownia Sobieskiego oraz 1 nowa SPC (Zabłockiego)	110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrót 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)	62 013,05	17 225,85	809,07	779,85	8 149,52
II	Zmniejszone pompowanie w C13 i C14 - 2 nowe SPC (Zabłockiego i Strumykowa)	110°C zasilanie dla -18°C zewn. (Powrót 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)	61 987,65	17 218,79	735,41	798,63	8 719,09

4 Oczekiwania od systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą

Nowo wdrożony system telemetrii ma umożliwiać zdalny odczyt ciepłomierzy i wodomierzy, z wykluczeniem konieczności odczytu przy pomocy terminali inkasenckich. Odczyty z liczników powinny trafiać bezpośrednio na daną przestrzeń informatyczną.

Odczyty te powinny być wykonywane z częstotliwością minimum 1 raz na godzinę. Dodatkowo powinna istnieć możliwość zdalnego odczytu parametrów z licznika na żądanie w przypadku modułów zasilanych sieciowo.

4.1 Oczekiwania użytkowników od nowego systemu

Funkcjonalne:

1. Zdalny odczyt ciepłomierzy nie może być zamknięty na obsługę ciepłomierzy jednego producenta. Rozwiązanie ma pozwalać na włączenie do systemu telemetrii liczników ciepła różnych producentów.
2. Nowy system ma być intuicyjny, prosty w obsłudze i administracji.
3. Użytkownicy systemu chcą uzyskać funkcjonalność wstępnej weryfikacji parametrów pracy węzła, w przypadku zgłoszenia klienta o awarii, bądź nieprawidłowej pracy instalacji grzewczej.
4. System powinien być otwarty na obsługę regulatorów pogodowych innych producentów niż aktualnie posiadane.
5. Centrale telemetryczne muszą posiadać bufor pamięci, z którego można odzyskać dane w przypadku utraty łączności z serwerem komunikacyjnym. Dla pojedynczej centrali telemetrycznej bufor powinien umożliwiać przechowanie godzinowych danych odczytowych z minimum 30 dni. Zakres rejestrowanych danych zależy od listy wartości wysyłanych przez konkretny model licznika oraz implementacji sterownika.
6. Centrala telemetryczna musi pozwalać na zmianę oprogramowania systemowego (firmware), w sposób zdalny za pośrednictwem Systemu Centralnego.

Techniczne:

1. Raz na dobę odczyt zdalny wszystkich ciepłomierzy wraz z wodomierzami podłączonymi do nich, z rozdzielczością pomiarów min. 1 godziny.
2. Możliwość częstszego odczytu ciepłomierzy wszystkich / grupy / jednego inicjowane przez obsługę systemu lub konfigurowalne w systemie.
3. Komunikacja dwustronna z węzłami ciepłowniczymi (odczyt, zadawanie nastaw oraz zadawanie ręczne stanu urządzeń, zmiana nastaw, etc.) –w różnych lokalizacjach

miasta wraz z odczytem ciepłomierzy (pomiar temperatur, ciśnień, alarmów, dodatkowych urządzeń np. czujniki zalania, otwarcia drzwi, zadawanie parametrów pracy). Odczyt danych z rozdzielczością czasową konfigurowalną przez użytkowników.

4. Komunikacja z ciepłomierzami producentów powszechnie używanych w przedsiębiorstwach ciepłowniczych (dowolny producent oraz typ ciepłomierza, rok produkcji) wyposażonymi w łącze komunikacyjne oraz protokół komunikacyjny np. MBUS.
5. Odczyt lub odczyt + możliwość zmiany wszystkich dostępnych rejestrów z regulatorów pogodowych jak np. harmonogramy czasowe, tryby pracy, krzywe grzewcze (krzywa zasilania, krzywa powrotu).
6. Możliwość włączenia kontaktronów zainstalowanych na drzwiach wejściowych do węzła do systemu telemetrii i system powiadamiania o otwarciu.
7. Możliwość włączenia czujników zalania do węzła do systemu telemetrii i system powiadamiania o zalaniu.
8. Możliwość odczytu danych z licznika energii elektrycznej.
9. Możliwość odczytu alarmów z sieci preizolowanej.
10. Możliwość odczytu stanów wodomierzy.
11. Możliwość włączenia sterowania zasuwami w komorach.
12. Możliwość sterowania i kontroli pracy nowymi przepompowniami (stacjami podnoszenia ciśnień) z jednego systemu.
13. Możliwość sterowania układami uzupełniania instalacji.
14. Urządzenia telemetryczne powinny posiadać synchronizację czasu lub pracować z czasem zegara czasu rzeczywistego RTC.
15. Generowanie raz na miesiąc pliku do systemu rozliczeń zużycia ciepła. Plik powinien być w formacie odpowiadającym istniejącemu programowi do rozliczeń sprzedaży ciepła. Plik powinien zawierać numer licznika oraz dane niezbędne do rozliczenia (pomiar zużycia ciepła, przepływu i czasu). Powinna istnieć możliwość zmiany rodzaju wysyłanych danych. Weryfikację wprowadzania nowego ciepłomierza do systemu np. wg. numeru ciepłomierza (sygnalizowanie błędnego wprowadzenia, możliwość powiązania bazy danych ciepłomierzy systemu telemetrii z systemem bilingowym).

16. Możliwość grupowania ciepłomierzy wg. np. rodzaju własności, administratora budynku, etc.
17. Możliwość nadawania identyfikatora dla węzła cieplnego / obiektu (własny / obcy).
18. Możliwość ręcznego odświeżenia danych z monitorowanego węzła.
19. Grupowa zmiana nastaw dla wybranych obiektów (np. zbiorcze obniżenie zadawanych parametrów).
20. Sugerowanie zmiany nastaw ciśnienia dyspozycyjnego na pompowni, względem odczytu ciśnień na końcówkach sieci.
21. Okres przechowywania danych np. minimum 5 lat. W trakcie tego okresu możliwość zarchiwizowania danych na nośnik zewnętrzny w celu późniejszego otwarcia.
22. Zaimplementowanie kilku standardowych raportów i wykresów dla punktów z jednostronną komunikacją.
23. Zaimplementowanie kilku standardowych raportów i wykresów dla punktów z dwustronną komunikacją np. miesięczny raport odchyłek pracy sieci ciepłowniczej, dzienny raport odchyłek pracy sieci ciepłowniczej.
24. Konfigurator dowolnych raportów (dobowych, tygodniowych, miesięcznych oraz z innych okresów) z uzyskiwanych danych pomiarowych oraz raportów z kombinacji tych danych. (wartości ogólne, wskaźniki odchyłki regulacji, etc.).
25. Możliwość prowadzenia kartoteki z eksploatacji obiektu - wymiany urządzeń w czasie (wymiana pomp, zaworów etc.) generowanie raportów najbardziej awaryjnych obiektów – typowanie do modernizacji.
26. Moduł wykresowy systemu telemetrii powinien posiadać funkcjonalności liczenia statystyk z przebiegów (wartość minimalna, maksymalna, średnia, suma, całka itp.)
27. Gradacja ważności alarmów oraz priorytet ich pokazywania na synoptyce (ważne alarmy są pokazywane na mapie zbiorczej w postaci np. zmiany koloru grafiki obiektu na czerwony, mniej istotne są pokazywane po wejściu do danego obiektu przez użytkownika).
28. Funkcja alarmów aktualnych oraz system ich kwitowania, archiwizacja alarmów.
29. Swobodne definiowanie progów alarmowych (np. poprzez instrukcje warunkowe IF).
30. System powinien umożliwiać odczyt wszystkich ciepłomierzy w trybie „na żądanie” (w przypadku zasilania sieciowego modułów)

Wizualne:

31. Zbiorczy obraz synoptyczny monitorowanych węzłów ciepłych z podstawowymi danymi osadzony na mapie z trasami przebiegu sieci ciepłowniczej oraz miasta.
32. Skalowalność graficznej prezentacji danych – skalowalność okna wizualizacji. Okienka programu mogą dostosowywać się do rozdzielczości ekranu.
33. Wizualizacja parametrów pracy węzła ciepłowniczego powinna posiadać funkcjonalność potwierdzenia przyjęcia nastawy przez system.

Dodatkowo aplikacja powinna spełniać następujące wymagania:

1. Mechanizm kontroli dostępu musi egzekwować zasadę ograniczonego dostępu - wszystko co nie jest dozwolone jest zabronione.
2. Aplikacja powinna posiadać możliwość personalizacji uprawnień dotyczących kontroli dostępu.
3. Aplikacja musi rejestrować wszystkie zdarzenia, które mogą być pomocne w monitorowaniu poziomu bezpieczeństwa, analizie, ewentualnym dochodzeniu lub zgłoszeniu objawów naruszenia bezpieczeństwa.
4. Wszystkie informacje i pliki konfiguracyjne związane z bezpieczeństwem aplikacji muszą być zabezpieczone przed nieautoryzowanym dostępem.
5. Użytkownicy aplikacji muszą być jednoznacznie zidentyfikowani przed uzyskaniem dostępu.
6. Polityka tworzenia haseł dla użytkowników systemu powinna być w pełni zarządzalna.
7. Muszą istnieć mechanizmy zapewniające kontrolę sesji uwierzytelnionego użytkownika (np. zamykanie nieaktywnych sesji po określonym czasie).
8. Muszą istnieć mechanizmy zapewniające kontrolę wprowadzanych danych (w przypadku wprowadzania ciągów znaków - ich format i składnię).
9. System powinien zatwierdzać zmiany w ustawach tylko dla autoryzowanych użytkowników, zmiany te powinny być rejestrowane.
10. Dane uwierzytelniające nie mogą być zaszywane w kodzie aplikacji lub przekazywane w parametrach adresu URL.
11. Aplikacja powinna stosować domyślną politykę blokowania ataków siłowych. Blokowanie możliwości uwierzytelnienia powinno następować po 5 nieudanych próbach.
12. Dostęp do systemu z poziomu przeglądarki internetowej, serwer umieszczony w chmurze.

4.2 Role użytkowników w nowym systemie

Administratorami nowego systemu będą pracownicy „PECu”. Będą oni odpowiedzialni za prawidłowe funkcjonowanie wdrażanego w ramach programu digitalizacji systemu ciepłowniczego systemu telemetrii oraz jego rozwój. Szczegółowy podział czynności administracyjnych i rozwojowych systemu na czynności będące w zakresie pracowników „PECu” i zakresie dostawcy systemu zostanie doprecyzowany na etapie sporządzania specyfikacji zamówienia.

Dyspozytorzy nadal będą docelowymi użytkownikami systemu zdalnego monitoringu obiektów ciepłowniczych. Przy pomocy utworzonego narzędzia będą mogli zweryfikować pracę monitorowanych węzłów oraz sprawdzić poprawność działania sieci ciepłowniczej.

Dostęp do systemu powinien uwzględniać autoryzację – nadawanie poszczególnym użytkownikom prawa dostępu do wybranych elementów, bądź czynności w systemie.

4.3 Limitacja funkcji nowego systemu (co jest nie wymagane)

Docelowy system telemetrii nie będzie:

- umożliwiał odczytu liczników ciepła w trybie „na żądanie” w miejscach, w których zainstalowano moduły zasilane bateryjnie,
- wykorzystywał przewodowej transmisji danych z poziomu urządzeń telemetrycznych na serwer i w drugą stronę,
- systemem do matematycznego modelowania pracy sieci ciepłowniczej,
- systemem inwentaryzacji zasobów,
- przenosił warstwy regulacji bezpośredniej elementami na warstwę aplikacji – sterowanie procesem dostarczania ciepła w węzłach ciepłowniczych pozostaje zadaniem regulatorów, podobnie jak za sterowanie zasuwami w komorach ciepłowniczych odpowiedzialne będą lokalne sterowniki PLC.

4.4 Rekomendacje do wyboru systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą

Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań, które pozwalają zdigitalizować sieć ciepłowniczą. Aby zagwarantować wybór odpowiedniego systemu, należy sprawdzić stopień spełnienia oczekiwań wymienionych w rozdziale 4.1. Dodatkowo warto zwrócić uwagę na niżej wymienione kluczowe cechy.

4.4.1 Kluczowe cechy systemu

W tym podrozdziale wyróżniono cechy systemów, które mają istotne znaczenie w ich użytkowaniu. Są to pewnego rodzaju kryteria, na które należy zwrócić uwagę podczas testów wersji pilotażowych systemów telemetrycznych.

4.4.1.1 Łatwość obsługi

Jednym z podstawowych celów wdrożenia digitalizacji sieci ciepłowniczej jest ułatwienie pracy operatorom sieci. Obsługa platformy telemetrycznej stanie się codzienną czynnością, dlatego niezwykle istotne jest, aby interfejs był intuicyjny i łatwy w obsłudze. Uciążliwe szukanie ikon, wyskakujące okna dialogowe lub nieestetyczne grafiki bywają drażniące, co może rozpraszać podczas pracy z systemem, a nawet zniechęcać do korzystania z niego.

Dobrze zbudowany interfejs to również szybsze odnajdywanie informacji i ich przetwarzanie. Moduł wykresowy, który pozwala tworzyć trendy w dowolny sposób ułatwia wyciągnięcie wniosków z zebranych danych i zauważenie pewnych prawidłowości. Prezentacja pomiarów w formie tabel jest z kolei skutecznym sposobem porównywania obiektów, umożliwia spostrzeżenie rozbieżności między wartościami i odnalezienie zależności pomiędzy danymi.

Z uwagi na wyżej wymienione cechy jednym z głównych kryteriów wyboru dostawcy telemetryki powinien być interfejs systemu, z którym na co dzień będą mieli do czynienia operatorzy sieci. Pełny obraz poziomu obsługi można uzyskać jedynie dzięki przetestowaniu systemu w praktyce. Zwraca to uwagę na istotę skorzystania z wersji pilotażowych oferowanych przez dostawców telemetryki przed wyborem jednego z nich.

4.4.1.2 Bezpieczeństwo systemu

Kolejnym istotnym aspektem systemu telemetrycznego jest jego bezpieczeństwo, zarówno od strony informatycznej – odpowiednie szyfrowanie danych, protokoły bezpieczeństwa, polityka bezpiecznych haseł itp., jak i od strony fizycznej – mechanizmy kontroli dostępu, blokowanie ataków siłowych, kontrola sesji. Zabezpieczenie obu stron jest równie ważne, dlatego warto zwrócić uwagę na podejście do kwestii bezpieczeństwa przez dostawców. Istotna jest

możliwość dostosowania polityki tworzenia haseł, spełnianie norm bezpieczeństwa informatycznego oraz zabezpieczenie warstwy danych w platformach. Warto również zwrócić uwagę na kwestię podejścia do fizycznego zabezpieczenia węzła - urządzenia w ofercie, które są dedykowane do bezpieczeństwa oraz sposoby alarmowania o wejściu do węzła.

4.4.1.3 Otwartość na rozbudowę

Docelowo system telemetryczny będzie działał na wszystkich węzłach ciepłych w sieci PEC Gniezno. W związku z tym, wybrany dostawca telemetryki powinien umożliwiać łatwą rozbudowę systemu o kolejne węzły. Zaleca się zwrócenie uwagi na stopień trudności procesu dodawania nowego obiektu do systemu podczas testowania wersji pilotażowych. Różnorodność możliwości komunikacyjnych urządzeń telemetrycznych również może okazać się istotną cechą.

4.4.1.4 Dostępność

Obecnie najczęściej stosowane są interfejsy webowe, które umożliwiają dostęp do platformy poprzez przeglądarkę internetową. Dzięki takiemu rozwiązaniu operatorzy sieci ciepłowniczej nie są uzależnieni od konkretnego stanowiska komputerowego, na którym byłaby zainstalowana aplikacja, a mogą swobodnie korzystać z systemu poprzez różne urządzenia oraz z dowolnych miejsc, o ile jest zapewnione łącze internetowe. Podobnie jak w przypadku łatwości obsługi interfejsu, tutaj znaczenie może mieć skalowalność okien oraz możliwość ich dostosowania. Różny rozmiar ekranu nie powinien mieć wpływu na wygodę korzystania z aplikacji.

4.4.1.5 Adekwatność technologii transmisji danych

Na rynku dostępne są urządzenia pracujące w różnych technologiach transmisji danych.

Zaleca się, aby w wersjach pilotażowych sprawdzić urządzenia pracujące w różnych standardach. Pozwoli to zapoznać się z realnymi możliwościami i ograniczeniami danych technologii, a także pokaże, czy wybrane rozwiązanie sprawdzi się w infrastrukturze sieci w Gnieźnie.

4.5 Strategia wdrożenia systemu

Aby w pełni wdrożyć system digitalizujący sieć ciepłowniczą należy zrealizować następujące działania:

1. Przygotowanie infrastruktury węzłów ciepłych zgodnie z etapami określonymi w rozdziale 1 Wstęp – podstawa i zakres opracowania
2. Wybór dostawcy systemu telemetry na podstawie określonych kryteriów
3. Ustalenie warunków wobec systemu (serwer, sposób dostawy, rodzaje modułów itp.)
4. Wdrożenie rozwiązania na węzłach krytycznych wyznaczonych w analizie hydraulicznej
5. Wyznaczenie kolejnych węzłów, które zostaną dodane do systemu.
6. Przygotowanie wyznaczonych węzłów do wdrożenia (dostosowanie urządzeń).
7. Rozbudowa systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą o przygotowane węzły ciepłe.
8. Dostosowanie wyposażenia pozostałych węzłów ciepłych do wdrożenia w nich systemu telemetry.
9. Zaprojektowanie i budowa nowych SPC oraz ich włączenie do systemu telemetry.
10. Opracowanie i wdrożenie algorytmów sterowania pompami obiegowymi w systemie ciepłowniczym
11. Rozszerzenie systemu inteligentnej sieci ciepłowniczej o wszystkie przygotowane do wdrożenia węzły i stacje podnoszenia ciśnień.

4.6 Korzyści z wdrożenia systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą

Dzięki digitalizacji sieci ciepłowniczej, przedsiębiorstwo PEC Gniezno osiągnie następujące korzyści:

- ✓ Poprawa efektywności systemu dystrybucji ciepła dzięki monitorowaniu stanu węzłów krytycznych, odpowiedniego poziomu ciśnienia w sieci.
- ✓ Zmniejszenie sumarycznych kosztów pompowania dzięki lepszemu rozkładowi ciśnień w sieci ciepłowniczej związanemu z pracą przepompowni sieciowych
- ✓ Zmniejszenie strat sieciowych dzięki możliwości obniżenia rzeczywistych temperatur w sieci ciepłowniczej.
- ✓ Większa sprzedaż ciepła poprzez dostosowanie parametrów pracy kotłowni do aktualnego zapotrzebowania.
- ✓ Usprawnione działanie sieci ciepłowniczej spowodowane ciągłym nadzorem nad parametrami pracy oraz odczytu danych na żądanie.
- ✓ Zwiększona efektywność pracy obsługi dzięki prostocie systemu i zlikwidowaniu konieczności fizycznego odczytu danych z węzłów, co może być również korzystne dla pracowników z punktu widzenia zagrożeń epidemiologicznych.
- ✓ Prostszy nadzór nad całością systemu, intuicyjny interfejs, który pomaga w analizie zebranych danych.
- ✓ Możliwość zdalnej zmiany nastaw regulatorów prowadząca do obniżenia temperatury powrotu z węzłów ciepłych, co przekłada się na zmniejszenie strat przesyłowych w sieci ciepłowniczej.
- ✓ Zmniejszenie kosztów awarii lub ich uniknięcie dzięki modułom alarmowym, które na podstawie zmian parametrów w węzłach informują o konieczności reakcji, często zanim awaria ujawni się w widoczny sposób.
- ✓ Ulepszone raportowanie, konfiguracja dowolnego raportu w krótkim czasie.
- ✓ Usprawnione fakturowanie dzięki bezpośredniemu połączeniu programu bilingowego z systemem telemetrycznym, a także prostszy sposób weryfikacji reklamacji klientów.
- ✓ Wszystkie informacje o stanie sieci będą widoczne w jednej aplikacji, do której dostęp jest możliwy z dowolnego miejsca i urządzenia z połączeniem z Internetem.

Te korzyści mogą zostać osiągnięte dzięki wdrożeniu i prawidłowemu korzystaniu z systemu digitalizującego sieć ciepłowniczą.

4.7 Zalecane działania eksploatacyjne wykorzystujące zdigitalizowany system ciepłowniczy

Uzyskanie zakładanych w audycie oszczędności energii pierwotnej/końcowe uzależnione jest od wykonania wszystkich zaplanowanych działań oraz od efektywnego wykorzystania nowych rozwiązań technicznych i informatycznych.

4.7.1 Działania w zakresie telemetrii

- Codzienne sprawdzanie „luki odczytowej”, tj. statusu komunikacji z regulatorami i licznikami ciepła w węzłach ciepłych.
- Przywracanie łączności z regulatorami i ciepłomierzami w przypadku stwierdzenia utraty łączności
- Wytypowanie obszarów i wdrożenie dla nich bilansowania w zakresie ilości pobieranego ciepła, sumarycznego przepływu czynnika grzewczego i jego parametrów (temperatury i ciśnienia)
- Zdefiniowanie i wprowadzenie do stałego nadzoru alarmów definiowanych na podstawie wskazań liczników ciepła i przetworników ciśnienia w węzłach ciepłych, np.:
 - Nagłe spadki ciśnienia (podejrzanie awarii sieci ciepłowniczej)
 - Bilansowanie zużycia ciepła w poszczególnych obszarach miasta
 - Dotrzymywanie zadanych parametrów w węzłach ciepłych (temp. CO i CWU)
 - Uzyskiwanie przez węzły ciepłone założonych schłodzeń czynnika grzewczego
 - Duże zużycie wody do uzupełniania instalacji wewnętrznych (podejrzanie awarii w instalacji wewnętrznej budynku)
 - Niedotrzymanie przepływu obliczeniowego (z równoczesnym niedotrzymaniem zadanych parametrów)
 - Możliwość kradzieży ciepła (utrzymywanie temperatury powrotu z instalacji wewnętrznej wyższej niż temperatura zasilania przy przepływie >0)
- Bieżące określanie sprawności przesyłu ciepła i wszystkich skokowych zmian w tym zakresie (na podstawie bilansowania liczników ciepła w źródle ciepła i w węzłach ciepłych)

4.7.2 Działania w zakresie prowadzenia systemu ciepłowniczego

Efektywne prowadzenie systemu ciepłowniczego PEC Gniezno po przeprowadzeniu działań digitalizujących sieć ciepłowniczą wymaga podjęcia n/w działań eksploatacyjnych:

- Prowadzenie systemu ciepłowniczego wg założonej tabeli regulacyjnej (lub niższej o ile będzie to możliwe) między innymi poprzez aktywowanie strażnika temperatury powrotu we wszystkich węzłach ciepłych
- Typowanie węzłów do przeglądów doraźnych w tych obiektach, gdzie parametry ich pracy wykraczają poza ustalone progi alarmowe.
- W przypadku nieefektywnej pracy określonych węzłów ciepłych podejmowanie działań zaradczych (np. płukanie wymienników, zmiana nastaw pomp obiegowych, kontakt z zarządcą budynku w celu wyegzekwowania regulacji instalacji wewnętrznej, ew. wymiana wymienników ciepła na większe)
- W trakcie normalnej pracy sieci ciepłowniczej (poza sytuacjami awaryjnymi) utrzymywanie zamkniętych spinek w komorach: K31/11 i K49.
- Optymalizacja energii pompowania poprzez automatyczne związanie pracy pomp obiegowych w źródłach ciepła i SPC ze wskazaniem czujników ciśnienia w węzłach ciepłych. Istotne jest tutaj wskazanie i wyposażenie w przetworniki ciśnienia wszystkich węzłów ciepłych będących w najbardziej niekorzystnej sytuacji hydraulicznej w różnych wariantach pracy źródeł ciepła.
- Utrzymywanie, w najbardziej niekorzystnie położonych węzłach ciepłych, ciśnienia dyspozycyjnego na poziomie ok. 50 kPa. Mniejsze ciśnienia mogą spowodować zakłócenia w dostawie ciepła a większe niepotrzebnie zwiększają zużycie energii na pompowanie.
- Jak najszybsze reagowanie na alarmy generowane przez detektory awarii sieci preizolowanych.
- Zdefiniowanie grup węzłów ciepłych, dla których celowe jest grupowe zadawanie parametrów pracy (np. w sytuacjach awaryjnych lub braku wystarczających mocy produkcyjnych na konkretnych obszarach obniżanie krzywej grzewczej, czy też temperatur zadanych CWU). Mechanizm ten powinien mieć również zastosowanie w realizacji planów wprowadzania ograniczeń w dostawie ciepła (np. utrzymanie parametrów dla grup odbiorców chronionych, takich jak szpitale, domy pomocy społecznej etc. z równoczesnym obniżeniem parametrów dla innych odbiorców, w tym dla przemysłu)

5 Podsumowanie

W pierwszym kroku przeprowadzono całościowy audyt systemu ciepłowniczego PEC

Gniezno obejmujący swoim zakresem:

- Istniejące w systemie źródła ciepła (C-13 i C-14), sposób ich regulacji i prowadzenia, tabele regulacyjne, ciśnienia dyspozycyjne na progu źródeł, osiągnane moce w zależności od temperatury zewnętrznej.
- Istniejące w systemie stacje podnoszenia ciśnień (SPC Sobieskiego) oraz zakres ich pracy i wpływ na stabilizację pracy sieci ciepłowniczej
- Wykorzystywane obecnie systemy telemetrii (TelWin), liczba węzłów dostępnych w tym systemie, w tym liczba węzłów krytycznych służących do regulacji hydraulicznej sieci ciepłowniczej
- Ilość, rodzaj, moce i wyposażenie węzłów cieplnych (375 szt.)
- Długość, średnice, technologie wykonania i stan techniczny sieci ciepłowniczych (51,95 km), ciśnienia i temperatury zadane i realizowane oraz straty ciepła.

Następnie stworzono model hydrauliczny sieci ciepłowniczej i wykonano obliczenia hydrauliczne z wykorzystaniem programu komputerowego Audytor SCW 3.07.01.558.

Przeprowadzono wielokryterialną symulację pracy systemu ciepłowniczego PEC Gniezno z uwzględnieniem możliwych działań w zakresie telemetrii, wyposażenia węzłów cieplnych, sposobu regulacji pracy systemu ciepłowniczego (źródeł, sieci ciepłowniczych i stacji podnoszenia ciśnień), w celu wytypowania działań przynoszących najlepszy efekt obniżenia ilości zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂.

Wytypowano 3 warianty działań i dla każdego z nich przeprowadzono symulacje i obliczenia efektów dla różnych parametrów pracy systemu ciepłowniczego.

Poniżej przedstawiono trzy warianty, które zostały poddane dalszej analizie techniczno-ekonomicznej.

Tabela 48 Podsumowanie wariantów

Wariant		Krzywa grzewcza
Nr	Opis	
I	Zmniejszone pompowanie w C13 - istniejąca pompownia Sobieskiego oraz 1 nowa SPC (Zabłockiego)	110°C zasilanie dla -18°C zewn. (powrót 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)
II	Zmniejszone pompowanie w C13 i C14 - 2 nowe SPC (Zabłockiego i Strumykowa)	110°C zasilanie dla -18°C zewn. (powrót 46,7°C przy +5°C) Zamykanie spinek (K31/11, K49)
III	Zmniejszone pompowanie w C13 i C14 - rozbudowa sieci ciepłowniczej z C14 oraz nowa SPC Zabłockiego	110°C zasilanie dla -18 °C zewn.

Wariant I obejmuje:

- Zakup licencji i wdrożenie rozwiązania chmurowego systemu IT do nadzorowania pracy wszystkich elementów systemu ciepłowniczego
- Zapewnienie dwustronnej komunikacji ze wszystkimi węzłami i ich licznikami ciepła, w tym możliwość zdalnej regulacji i transmisji danych
- Wyposażenie kolejnych 19 węzłów cieplnych w przetworniki ciśnień
- Budowę nowej stacji podnoszenia ciśnień (SPC Zabłockiego) wraz z instalacją PV i wpięcie do nowego systemu telemetrii (zdalna regulacja i transmisja danych)
- Zakup, montaż i wpięcie do nowego systemu telemetrii 40 detektorów awarii sieci preizolowanych.

Wariant II obejmuje:

- Zakup licencji i wdrożenie rozwiązania chmurowego systemu IT do nadzorowania pracy wszystkich elementów systemu ciepłowniczego
- Zapewnienie dwustronnej komunikacji ze wszystkimi węzłami i ich licznikami ciepła, w tym możliwość zdalnej regulacji i transmisji danych
- Wyposażenie kolejnych 19 węzłów cieplnych w przetworniki ciśnień
- Budowę dwóch nowych stacji podnoszenia ciśnień (SPC Zabłockiego i SPC Strumykowa) wraz z instalacjami PV i wpięcie do nowego systemu telemetrii (zdalna regulacja i transmisja danych)
- Zakup, montaż i wpięcie do nowego systemu telemetrii 40 detektorów awarii sieci preizolowanych.

Wariant III obejmuje:

- Zakup licencji i wdrożenie rozwiązania chmurowego systemu IT do nadzorowania pracy wszystkich elementów systemu ciepłowniczego

- Zapewnienie dwustronnej komunikacji ze wszystkimi węzłami i ich licznikami ciepła, w tym możliwość zdalnej regulacji i transmisji danych
- Wyposażenie kolejnych 19 węzłów cieplnych w przetworniki ciśnień
- Budowę nowej stacji podnoszenia ciśnień (SPC Zabłockiego) wraz z instalacją PV i wpięcie do nowego systemu telemetrii (zdalna regulacja i transmisja danych)
- Budowę nowej magistrali wyjściowej z ciepłowni C-14
- Zakup, montaż i wpięcie do nowego systemu telemetrii 40 detektorów awarii sieci preizolowanych.

Rekomendacja:

Nie rekomenduje się realizacji wariantu III z uwagi na brak zmniejszenia zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂, głównie z uwagi na zwiększoną energię pompowania.

Z pozostałych wariantów w pierwszej kolejności rekomendowany jest wariant II z uwagi na największe zmniejszenie zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂, przy porównywalnych kosztach jednostkowych, zmniejszenia zużycia energii pierwotnej i zmniejszenia emisji, jak wariant I.

6 Spis tabel

Tabela 1 Zestawienie sieci wysokoparametrowych wg typu sieci.....	8
Tabela 2 Zbiorcze zestawienie sieci ciepłowniczej	10
Tabela 3 Węzły krytyczne od których regulowana jest sieć ciepłownicza miasta Gniezno	11
Tabela 4 Straty sieciowe w funkcji mocy zamówionej i długości sieci	20
Tabela 5 zestawienie schłodzeń dla temperatur zewnętrznych z roku 2021.	23
Tabela 6 Regulatory pogodowe znajdujące się w węzłach ciepłych PEC Gniezno.....	25
Tabela 7 Ilość regulatorów pogodowych w węzłach własnych PEC Gniezno i ich możliwości komunikacji	26
Tabela 8 Ciepłomierze zainstalowane w węzłach ciepłych PEC Gniezno	28
Tabela 9 Lista węzłów posiadających układy uzupełniania wody w instalacji	30
Tabela 10 Lista węzłów ciepłych dostępnych w wizualizacji TelWin w PEC Gniezno	32
Tabela 11 Lista węzłów ciepłych PEC Gniezno testowanych w systemie Globe OMS firmy NetLand.....	33
Tabela 12 Lista węzłów ciepłych PEC Gniezno testowanych w systemie OCS firmy Control.....	33
Tabela 13 Urządzenia do monitoringu sieci preizolowanej PEC Gniezno	34
Tabela 14 Lista regulatorów pogodowych przedsiębiorstwa PEC Gniezno, które powinny zostać bezwzględnie wymienione.....	36
Tabela 15 Lista liczników ciepła przedsiębiorstwa PEC Gniezno, które powinny zostać wymienione .	38
Tabela 16 Nowe węzły krytyczne	40
Tabela 17 Wykaz zadań w zakresie telemetrii rekomendowany w ramach digitalizacji sieci	42
Tabela 18 Parametry układów pompowych	44
Tabela 19 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła	45
Tabela 20 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych	47
Tabela 21 Zestawienie spadków temperatur.....	48
Tabela 22 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła	50
Tabela 23 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych	51
Tabela 24 Zestawienie spadków temperatur.....	52
Tabela 25 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła	54
Tabela 26 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne	55
Tabela 27 Zestawienie największych spadków temperatur	56

Tabela 28 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła	59
Tabela 29 Zestawienie obliczonych najniższych ciśnień dyspozycyjnych	60
Tabela 30 Zestawienie spadków temperatur.....	62
Tabela 31 Zestawienie obliczonych parametrów ze źródeł ciepła	64
Tabela 32 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne	65
Tabela 33 Zestawienie największych spadków temperatur	66
Tabela 34 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC	69
Tabela 35 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne	71
Tabela 36 Zestawienie największych spadków temperatur	73
Tabela 37 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne	77
Tabela 38 Zestawienie największych spadków temperatur	78
Tabela 39 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC	81
Tabela 40 Najniższe ciśnienia dyspozycyjne	83
Tabela 41 Zestawienie największych spadków temperatur	85
Tabela 42 Zestawienie obliczonych parametrów w źródłach ciepła i SPC	87
Tabela 43 Wyniki analizy hydraulicznej wariantów pracy sieci ciepłowniczej.....	100
Tabela 44 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu I.....	104
Tabela 45 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu II.....	106
Tabela 46 Zakres i nakłady niezbędne do realizacji tego wariantu III.....	108
Tabela 47 Wskaźniki jednostkowe rozpatrywanych wariantów.....	109
Tabela 48 Podsumowanie wariantów.....	122

7 Spis rysunków

Rysunek 1 Schemat sieci ciepłowniczej wraz z zaznaczonymi źródłami ciepła	7
Rysunek 2 Mapa czasu dopływu wody sieciowej do węzłów w okresie letnim	12
Rysunek 3 Mapa czasu dopływu wody sieciowej do węzłów przy temperaturze zewnętrznej -8°C	13
Rysunek 4 Fragment dokumentacji SIEMENS RVD110 / RVD130	26
Rysunek 5 Główny ekran synoptyczny pompowni w systemie SCADA firmy TelWin.....	31
Rysunek 6 Ekran pompowni oraz węzły umieszczone w wizualizacji zaznaczone na mapie	32
Rysunek 7 wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej	46
Rysunek 8 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej	47
Rysunek 9 Czas dopływu czynnika	48
Rysunek 10 Prędkości przepływu czynnika	49
Rysunek 11 Wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej.....	50
Rysunek 12 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej	51
Rysunek 13 Czas dopływu czynnika	52
Rysunek 14 Prędkości przepływu czynnika	53
Rysunek 15 ciśnienia dyspozycyjne dla -3°C.....	54
Rysunek 16 Temperatura czynnika w sieci	55
Rysunek 17 Prędkość czynnika w sieci.....	57
Rysunek 18 Czas dopływu czynnika	58
Rysunek 19 Wizualizacja ciśnień dyspozycyjnych w sieci ciepłowniczej.....	59
Rysunek 20 Wizualizacja rozkładu temperatur w sieci ciepłowniczej	61
Rysunek 21 Czas dopływu czynnika	62
Rysunek 22 Prędkości przepływu czynnika	63
Rysunek 23 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C	64
Rysunek 24 Temperatura czynnika w sieci	65
Rysunek 25 Prędkość czynnika w sieci.....	67
Rysunek 26 Czas dopływu czynnika	68
Rysunek 27 Ciśnienia dyspozycyjne dla -5°C	70
Rysunek 28 Temperatura czynnika w sieci	72

Rysunek 29 Prędkość czynnika w sieci.....	74
Rysunek 30 Czas dopływu czynnika	75
Rysunek 31 Ciśnienia dyspozycyjne dla lata	77
Rysunek 32 Temperatura czynnika w sieci	78
Rysunek 33 Prędkość czynnika w sieci.....	79
Rysunek 34 Czas dopływu czynnika	80
Rysunek 35 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C	82
Rysunek 36 Temperatura czynnika w sieci	84
Rysunek 37 Prędkość czynnika w sieci.....	85
Rysunek 38 Czas dopływu czynnika	86
Rysunek 39 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C	88
Rysunek 40 Temperatura czynnika w sieci	89
Rysunek 41 Prędkość czynnika w sieci.....	90
Rysunek 42 Czas dopływu czynnika	91
Rysunek 43 Schemat przebiegu nowej magistrali wyjściowej z C-14.....	92
Rysunek 44 Ciśnienia dyspozycyjne dla -18°C	93
Rysunek 45 Temperatura czynnika w sieci	94
Rysunek 46 Prędkość czynnika w sieci.....	95
Rysunek 47 Czas dopływu czynnika	96
Rysunek 48 Schemat SPC Zabłockiego	97
Rysunek 49 Schemat SPC Strumykowa	98

8 Spis wykresów

Wykres 1 Przedstawienie procentowego udziału poszczególnych typów sieci	9
Wykres 2 Ciśnienia z ciepłowni C-13	14
Wykres 3 Ciśnienia z ciepłowni C-14	14
Wykres 4 Przepływ z C13 w sieci ciepłowniczej w 2022 r.	16
Wykres 5 Przepływ z C-14 w sieci ciepłowniczej w 2022 r.	17
Wykres 6 Sumaryczny przepływ sieciowy	18
Wykres 7 Przepływ z C-13	19
Wykres 8 Przepływ z C-14	19
Wykres 9 Straty na sieci ciepłowniczej w funkcji sprzedaży ciepła i długości sieci ciepłowniczej	21
Wykres 10 Realizacja temperatur zasilania i powrotu w roku 2021	22