

Instrukcja Kaskady pomp ciepła AirAdapt

1. Podłączenie hydrauliczne

1.1. Dobór modeli pomp ciepła do kaskady

W kaskadzie pomp ciepła AirAdapt należy stosować jednostki tej samej mocy (np. 3 sztuki AirAdapt 6-30), jeśli pracują na jeden cel (np. tylko do ogrzewania budynku, bez CWU).

Stosowanie różnych modeli pomp ciepła jest dozwolone i słuszne, jeśli kaskada ma ogrzewać różne cele, np. CWU i bufor. Wówczas można zastosować różne jednostki, np. 3 sztuki AirAdapt 6-30, które pracują tylko na bufor i jedna sztuka AirAdapt 4-20, która pracuje priorytetowo na CWU i zależnie od możliwości i zapotrzebowania wspomagająco na bufor.

1.2. Dobór jednostek wewnętrznych HX i EX

Wybór rodzaju jednostki wewnętrznej należy uzależnić od tego, jak cel będzie dana jednostka realizować.

Każda pompa ciepła musi mieć swoją jednostkę wewnętrzną EX lub HX.

Jeśli pompa ciepła jest przeznaczona tylko do ogrzewania tylko jednego celu (bufor lub CWU), to należy zastosować moduł EX.

Jeśli pompa ciepła jest przeznaczona do ogrzewania obu celów (bufor i CWU), to należy zastosować moduł HX. Użycie moduły EX w tym przypadku też jest możliwe, jednak należy wówczas zastosować dodatkowo zawór przelączający Bufor/CWU na rurze zasilającej za modułem EX.

1.3. Dobór bufora

Wielkość bufora należy dobierać z przelicznika minimum $200 \frac{l}{\text{ilość pomp ciepła}}$. Przykładowo, dla kaskady 4 pomp ciepła AirAdapt 6-30 należy zastosować bufor o pojemności przynajmniej 800 litrów, a najlepiej 1000 litrów.

1.4. Dobór zasobnika CWU

Rodzaj zbiornika CWU należy uzależnić od potrzeb i ilości pomp ciepła. Można stosować różne typy zbiorników CWU:

- Zbiorniki z wężownicą przepływową higieniczną – nie ma ograniczenia z oddaniem mocy z pomp ciepła do zbiornika. Jednak jest ograniczona akumulacja ciepła w takim zbiorniku.
- Zbiorniki z wężownicą grzewczą – należy stosować przelicznik minimum $0,15 \frac{m^2}{kW}$. Przykładowo dla 40 kW mocy grzewczej CWU przekazywanej przez pompy ciepła do wężownicy, powinna mieć powierzchnię wymiany przynajmniej 6 m².

Pompy ciepła można łączyć do jednej węzownicy grzewczej za pomocą trójników do wspólnego kolektora.

1.5. Dobór przekroju rur hydraulicznych




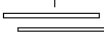









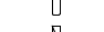





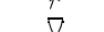






Najważniejszym parametrem, który należy spełnić to minimalny przepływ dla poszczególnych jednostek.

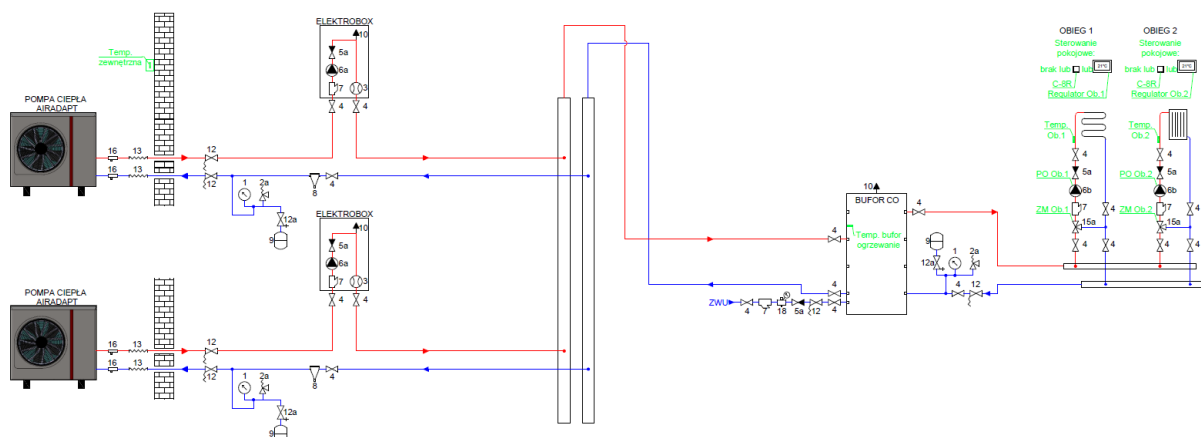
Model pompy ciepła	Min. średnica wewnętrzna rur [mm]	Wymagany przepływ [m ³ /h]	Zalecana wielkość rur			
			Rury standardowe Inox [mm]	Rury stalowe do zaprasowania	Rury stalowe ze szwem	Rury polipropylenowe PN 16, klasa 1 i 2
AirAdapt 2 - 8	23	1,1	DN 25 (Dw = 25,6)	28x1,5	1" (Dw = 25,0)	32x4,4 (Dw = 23,2)
AirAdapt 3 - 12	25	1,7	DN 25 (Dw = 25,6)	28x1,5	1" (Dw = 25,0)	32x4,4 (Dw = 23,2)
AirAdapt 4 - 16	32	2,1	DN 32 (Dw = 32,0)	35x1,5	1 1/4" (Dw = 32,0)	40x5,5 (Dw = 29)
AirAdapt 4 - 20		2,5				
AirAdapt 6 - 30	39	3,6	DN 40 (Dw = 39,0)	42x1,5	1 1/2" (Dw = 40,0)	50x6,9 (Dw = 36,2)

Przekroje dla wspólnych kolektorów należy dobrać zgodnie ze sztuką inżynierską.

Przykładowe schematy hydrauliczne:

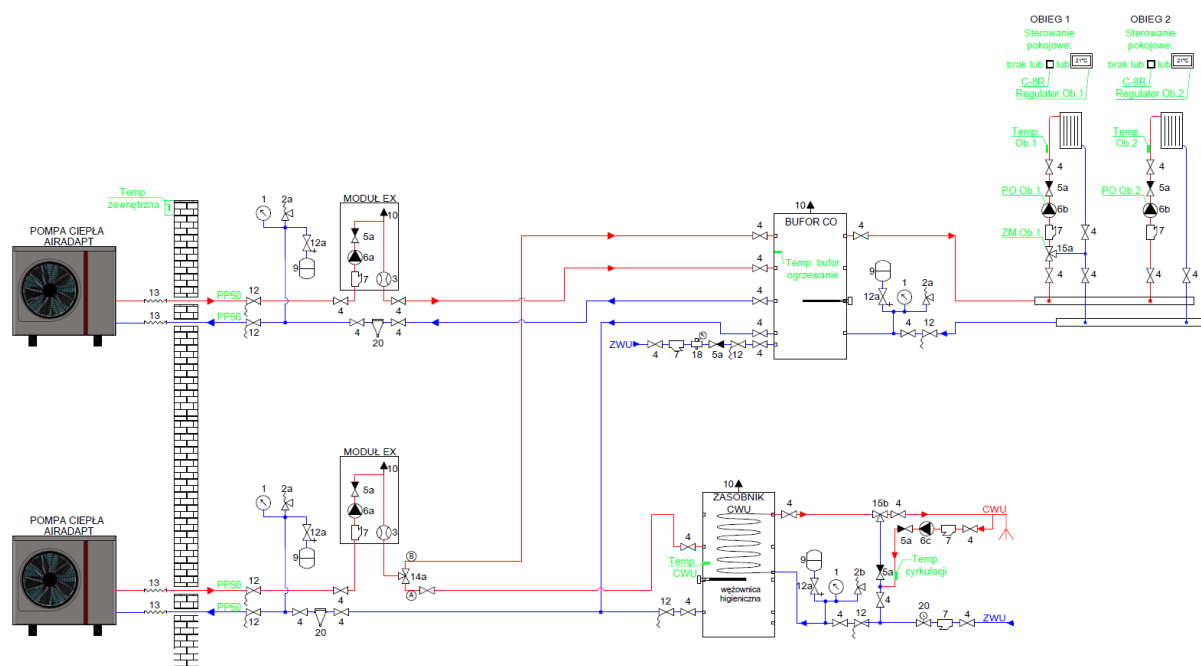


	1 - Manometr		10 - Odpowietrznik
	2a - Zawór bezpieczeństwa 2 bar		11 - Rozdzielacz
	2b - Zawór bezpieczeństwa 6 bar		12 - Zawór spustowy
	3 - Przepływomierz pompy ciepła		13 - Szybkozłącze do naczynia przeponowego
	4 - Zawór kulowy		14 - Grzałka przływowa modułu HX
	5a - Zawór zwrotny		15 - Zawór trójdrogowy mieszający
	5b - Zawór zwrotny klapowy		16 - Sprzęgło hydrauliczne
	6a - Pompa z sygnałem PWM		17 - Wymiennik ciepła płytowy
	6b - Pompa CWU		18 - Ciepłomierz na sieci źródła szytowego
	6c - Pompa obiegowa		19 - Zawór regulacji przepływu
	6d - Pompa wymiennika		20 - Separator magnetyczny
	7 - Filtr siatkowy		21 - Termometr
	8 - Elektrozwór odcinający		
	9 - Przeponowe naczynie wzbiorcze		



Rysunek 1 Kaskada dwóch pomp ciepła pracująca na cele ogrzewania

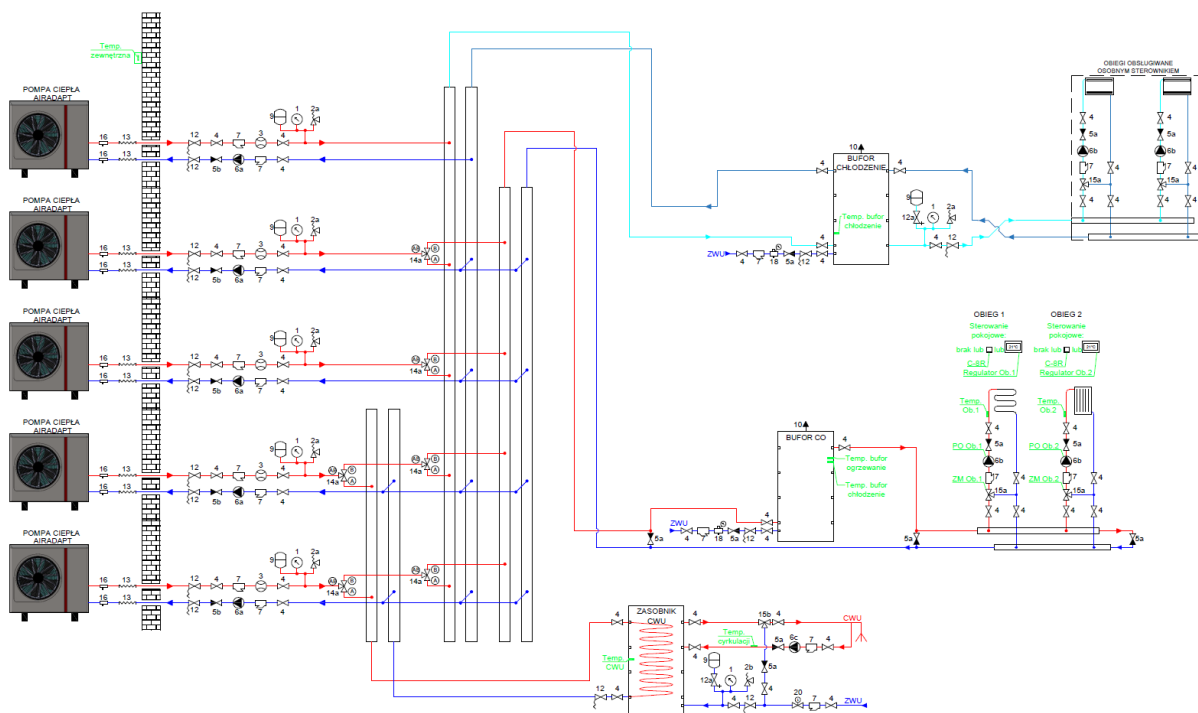
Rysunek 1 przedstawia schemat instalacji dwóch pomp ciepła AirAdapt pracujących tylko na cel ogrzewania. Każda jednostka ma moduł EX. Rury zasilające i powrotne z każdej jednostki łączą się do wspólnego kolektora, który następnie trafia do zbiornika buforowego. Ciepło jest rozdysponowywane na dwa obiegi grzewcze z zaworami mieszającymi, które sąysterowane ze sterownika K600 pierwszej pompy ciepła. Całością zarządza centralka Sinum EH-01.



Rysunek 2 Kaskada dwóch pomp ciepła pracująca na cele ogrzewania i CWU

Rysunek 2 przedstawia schemat instalacji dwóch pomp ciepła AirAdapt. Jedna pracuje tylko na cel ogrzewania, a druga jednostka priorytetowo na cel CWU i wspomagająco na bufor. Każda jednostka ma moduł EX, przy czym pompa pracująca na cel CWU ma dodatkowo zawór przelączający. Rury zasilające i powrotne z każdej jednostki wchodzą osobno do zbiornika buforowego. Zasobnik CWU to zasobnik higieniczny z instalacją cyrkulacji CWU oraz zaworem przeciwozarzeniowym. Ciepło z bufora jest rozdysponowywane na dwa obiegi grzewcze z

zaworami mieszającymi, które sąysterowane ze sterownika K600 pierwszej pompy ciepła. Całością zarządza centralka Sinum EH-01.



Rysunek 3 Kaskada pięciu pomp ciepła pracująca na CWU, bufor oraz zbiornik wody lodowej.

Rysunek 3 przedstawia schemat instalacji pięciu pomp ciepła AirAdapt. Pompy ciepła pracują na cel CWU, ogrzewania bufora oraz chłodzenia zbiornika wody lodowej. Każda jednostka ma moduł BOX, który jest odpowiedni dla specyficznych instalacji (wszystkie elementy hydrauliczne zainstalowane bezpośrednio na instalacji hydraulicznej). Rury zasilające i powrotne z każdej jednostki wchodzi do odpowiednich kolektorów. Zasobnik CWU to zasobnik z wężownicą grzewczą z instalacją cyrkulacji CWU oraz zaworem przeciwo-parzeniowym. Ciepło z bufora jest rozdysponowywane na dwa obiegi grzewcze z zaworami mieszającymi, które sąysterowane ze sterownika K600 pierwszej pompy ciepła. Chłód z zasobnika wody lodowej jest rozprowadzany na instalację przez osobne sterowniki central wentylacyjnych. Całością zarządza centralka Sinum EH-0.

2. Podłączenie elektryczne

Każda pompa ciepła ma własny moduł wewnętrzny, więc podpięcie elektryczne pomp ciepła powinno być wykonane zgodnie z instrukcjami obsługi pomp ciepła oraz modułu EX lub HX, analogicznie jak w przypadku pojedynczej pompy ciepła.

Zasilanie poszczególnych modułów wewnętrznych powinno się odbywać z rozdzielniczy elektrycznej, w której obowiązkowo musi znajdować się zabezpieczenie nadprądowe odpowiednie do ilości i rodzaju zastosowanych pomp ciepła. Opcjonalnie całość może być zabezpieczona wyłącznikiem różnicowo prądowym selektywnym.

3. Podłączenie komunikacji RS

Kaskada w komunikacji wykorzystuje komunikację Modbus RTU po RS-485.

Komunikacja odbywa się między centralką Sinum (Master) a sterownikami K600 (Slave). Należy dobrać odpowiednią centralkę do ilości pomp ciepła:

- Sinum EH-01 – obsługuje kaskady do 4 pomp ciepła.



- Sinum EH-02 – obsługuje kaskady do 8 pomp ciepła.



Do komunikacji należy stosować przewód typu FTP 4x2x0,5 (skrętka z jednym ekranem w postaci folii aluminiowej), o kategorii co najmniej Cat.5.

Do sygnałów A(+) oraz B(-) należy wykorzystać jedną skręconą parę przewodów, np. żyty brązową i brązowo-białą. Do zacisków GND należy wykorzystać osobną parę żył lub pojedynczą żyłę, np. zieloną.

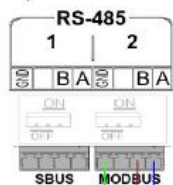
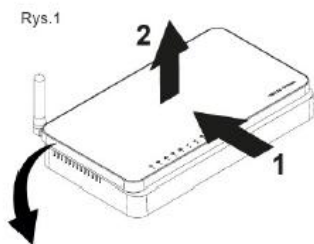
Przewód komunikacyjny należy prowadzić od centralki Sinum (wejście RS-485, wejście 2, Modbus) do sterowników K600 (wejście RS-485) w sposób przelotowy, zachowując topologię magistrali.

Przewody sygnałowe A, B oraz GND należy prowadzić kolejno pomiędzy sterownikami. Połączenie wykonuje się równolegle, przy czym punkt węzłowy znajduje się na zaciskach wejściowych każdego sterownika.

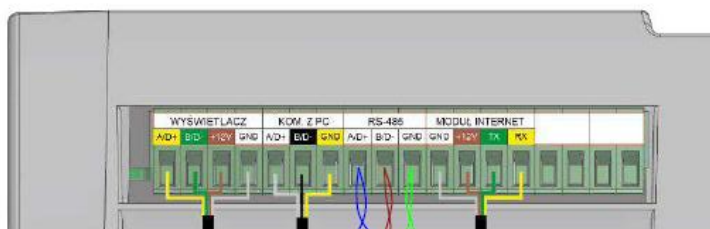
Przewody doprowadzone do sterownika oraz przewody prowadzące dalej do następnego urządzenia należy podłączyć do tych samych zacisków (A, B, GND), zachowując ciągłość magistrali komunikacyjnej.

Nie należy wykonywać rozgałęzień poza zaciskami urządzeń. Wszystkie połączenia należy realizować wyłącznie w punktach przyłączeniowych sterowników.

Centralka Sinum EH-01

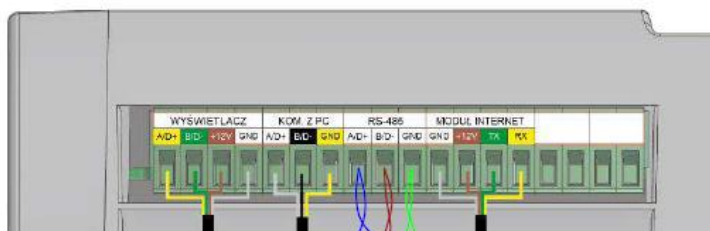


Sterownik K600 MASTER



Kabel FTP kat.5e 4x2x0,5

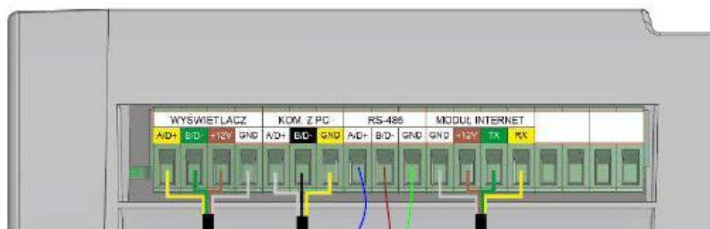
Sterownik K600 SLAVE 1



Kabel FTP kat.5e 4x2x0,5



Sterownik K600 SLAVE N



Kabel FTP kat.5e 4x2x0,5

4. Ustawienia w sterownikach

4.1. Ustawienia w K600

W sterowniku K600 w Menu serwis (hasło: 1989) wejść w opcję BMS:

- Slave – służy do ustawienia adresu urządzenia. Należy ustawić na każdym sterowniku inny adres, np.:
 - PC 1 – Master: Adres 1
 - PC 2 – Slave: Adres 2
 - ...
 - PC N – Slave: Adres N.
- Bity danych: Długość słowa – 8 bitów
- Bit parzystości: Bit parzystości
- Bity stopu: Jeden bit stopu
- Szybkość transmisji: 19200 BPS

W sterowniku K600, dla danej pompy ciepła w Menu instalatora (hasło: 0000) wejść w opcję Tryb pracy Kaskady:

- Zał/wył - aktywacja kaskady. Po załączeniu tej funkcji opcje nieużywane w trybie kaskady zostają ukryte w każdym z menu sterownika.
- Ustawienia CWU
 - Praca CWU - aktywacja trybu CWU dla pompy ciepła w kaskadzie
 - Grzałka CWU aktywna - opcja widoczna po włączeniu pracy CWU, aktywacja pracy grzałki CWU w trybie kaskady
 - Pompa cyrkulacyjna w kaskadzie - aktywacja pompy cyrkulacyjnej w trybie kaskady na potrzeby dezynfekcji
- Grzałki przepływu
 - Stopnie pracy - możliwość wyboru trzech trybów pracy grzałek przepływowych wspomagających bufor lub CWU
- Funkcja grzania - aktywacja trybu ogrzewania pompy ciepła dla kaskady
- Funkcja chłodzenia - aktywacja trybu chłodzenia pompy ciepła dla kaskady
- Wersja - informacja o numerze protokołu komunikacyjnego kaskady

4.2. Ustawienia w Sinumie

4.2.1. Aktualizacja Centrali Sinum

W pierwszej kolejności należy upewnić się, czy jest aktualna wersja oprogramowania na centralce Sinum: **Ustawienia / Centrum aktualizacji / Centrala Sinum / Sprawdź aktualizację**. Jeśli się pobierze aktualizacja, to należy ją zainstalować: **Zainstaluj pobraną wersję oprogramowania**.

4.2.2. Utworzenie custom divare Kaskady

Do centralki należy wgrać program, który ma nazwę **Kaskada_XXXX.json**. Znaki X oznaczają wersję programu.

W tym celu należy wejść na aplikacji Sinum w **Ustawienia / Urządzenia / Urządzenia niestandardowe / Dodaj nowy element / Importuj z pliku** i wybrać odpowiedni plik.

Należy ustawić odpowiednie adresy pomp ciepła, które są tożsame z ustawieniami z punktu 4.1.

Dodatkowo można wybrać urządzenia, które będą źródłami informacji o temperaturze dla Czujnika bufora – grzanie, Czujnika bufora – chłodzenie, Czujnika CWU, Czujnika zewnętrznego. Domyślnie źródłem tych informacji jest sterownik k600 ustawiony jako Master.

Kaskada
Konfiguracja

Wersja protokołu kaskady 2, 3

Lista urządzeń Modbus

Rola	Adres slave	Transceiver Modbus
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd
...	<input type="text"/>	Wybierz urząd

Zakończ konfigurację

Kaskada
Konfiguracja

Ustawienia fabryczne

Modbus

Master	Slave	Transceiver Modbus
1	2	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x

19200 8 E 1

Zakończ konfigurację

Kaskada
Konfiguracja

...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x
...	<input type="text"/>	Modbus Tr x

19200 8 E 1

Czujniki

Czujnik bufora - grzanie

Czujnik bufora - chłodzenie

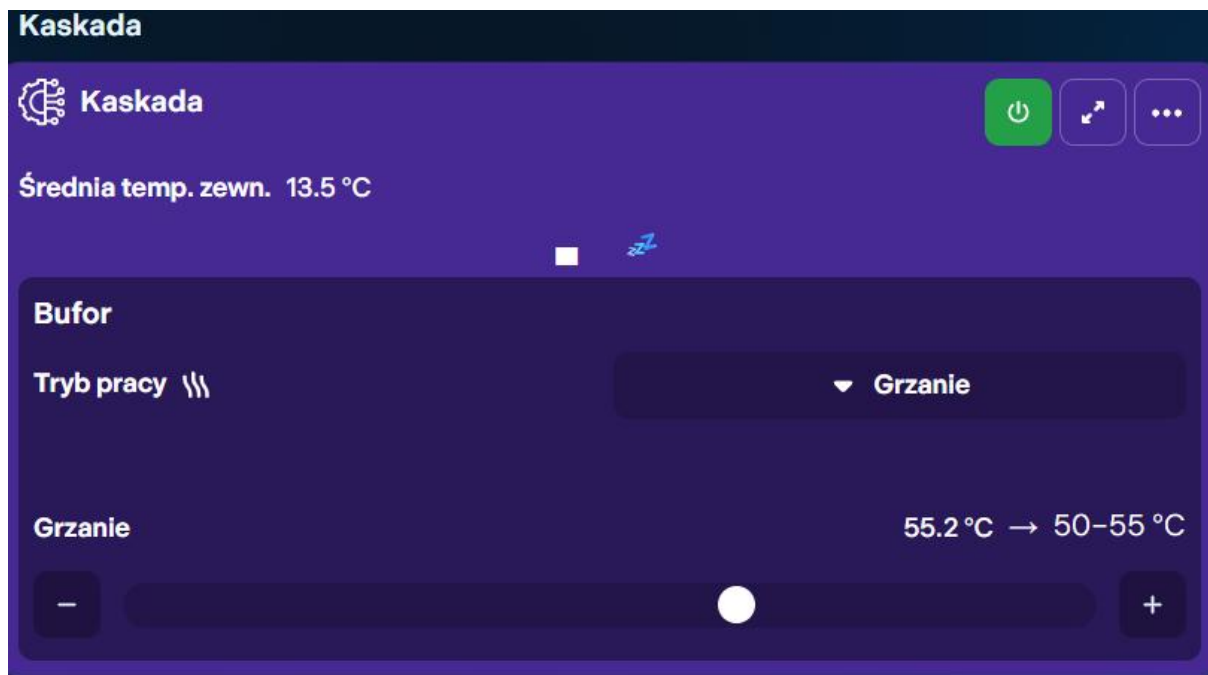
Czujnik CWU

Czujnik zewnętrzny

Diagnostyka

Zakończ konfigurację

Po wgraniu pojawi się ikona custom device Kaskada:

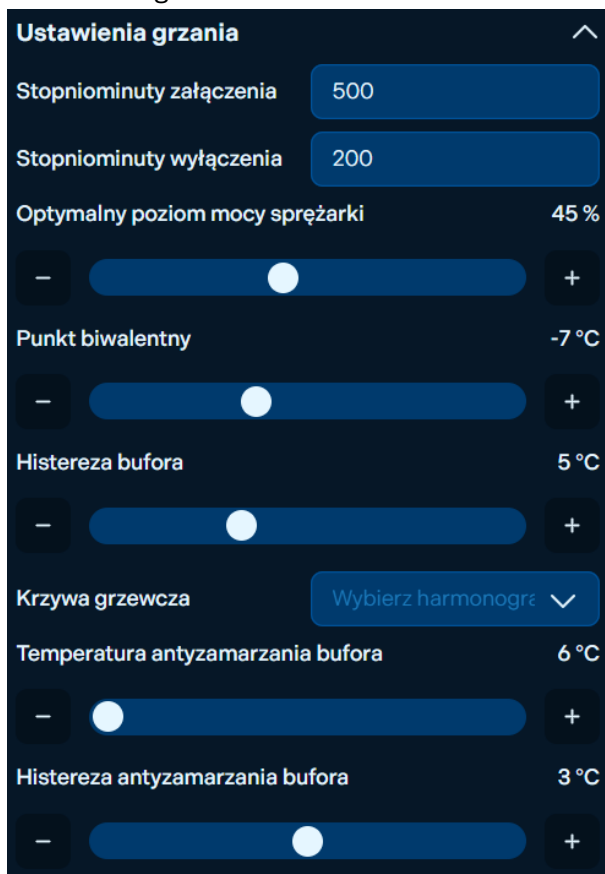


W prawym górnym rogu są opcje:

- Zażłącz / Wyłącz – służące do uruchomienia Kaskady
- Widok rozszerzony:
 - Parametry pracy

Parametry pracy			^
Stopniominuty CO		-172 K·min	
Stopniominuty CWU		--	
ID	Limit mocy	Moc	
#1	45%	11.2 kW	
#2	0%	0.0 kW	
Opcje			^
#1			☰
#2			☰
Stany			^
#1			Grzanie
#2			Wytł.

○ Ustawienia grzania



Ustawienia grzania

Stopniominuty załączenia 500

Stopniominuty wyłączenia 200

Optymalny poziom mocy sprężarki 45 %

Punkt biwalentny -7 °C

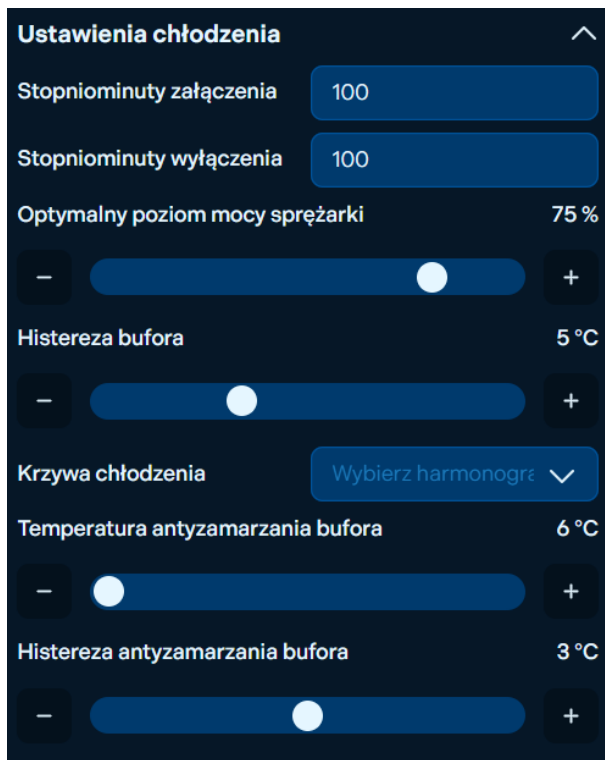
Histereza bufora 5 °C

Krzywa grzewcza Wybierz harmonogram

Temperatura antyzamarzania bufora 6 °C

Histereza antyzamarzania bufora 3 °C

○ Ustawienia chłodzenia



Ustawienia chłodzenia

Stopniominuty załączenia 100

Stopniominuty wyłączenia 100

Optymalny poziom mocy sprężarki 75 %

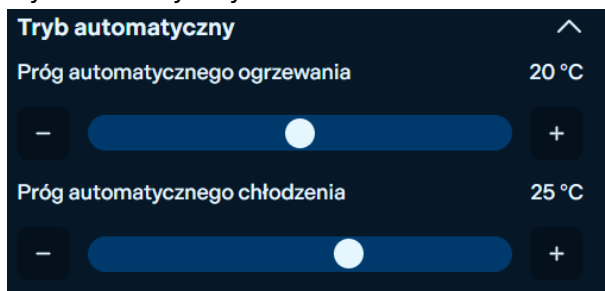
Histereza bufora 5 °C

Krzywa chłodzenia Wybierz harmonogram

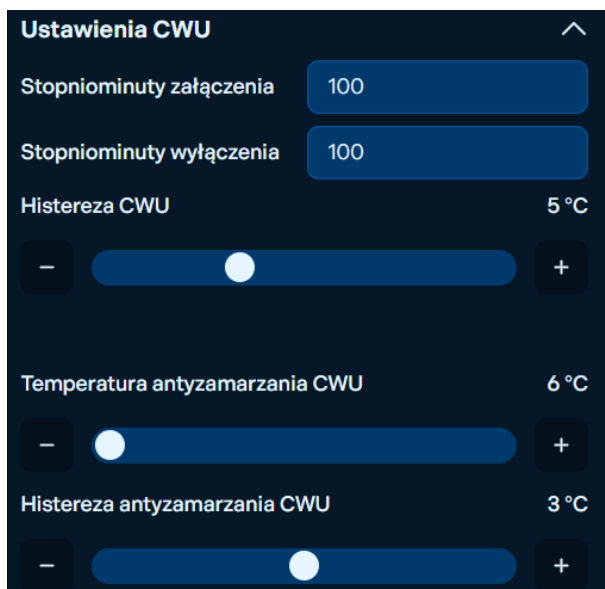
Temperatura antyzamarzania bufora 6 °C

Histereza antyzamarzania bufora 3 °C

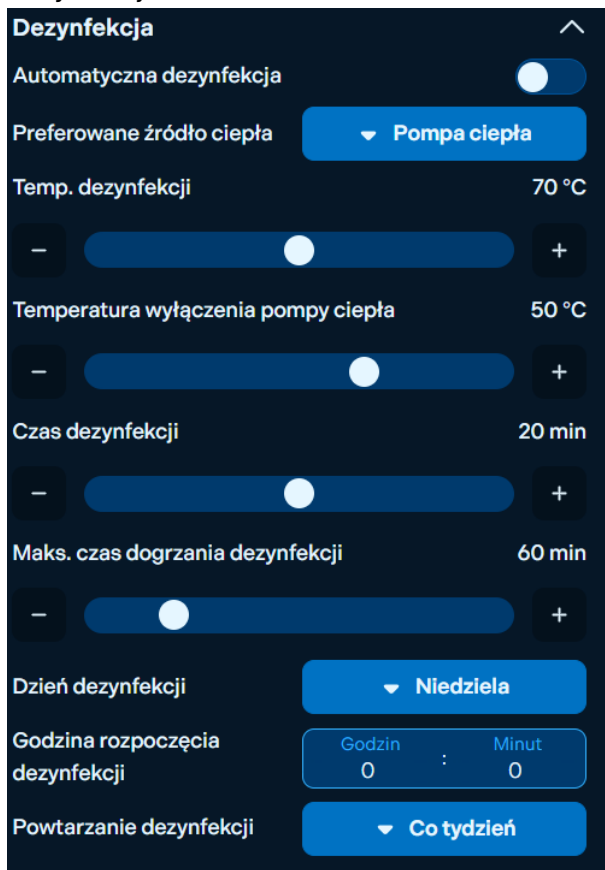
○ Tryb automatyczny



○ Ustawienia CWU



○ Dezynfekcja

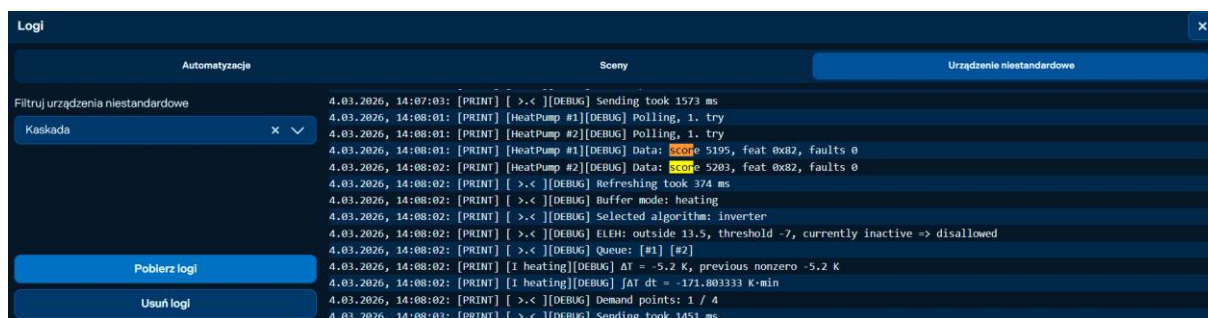


5. Opis działania

5.1. Punktacja

Dla każdej pompy ciepła są liczone punkty. Punkty to suma uruchomień oraz ilości godzin pracy sprężarki. W kaskadzie załączają się kolejno pompy ciepła z najmniejszą ilością punktów, a wyłączają kolejno z najmniejszą ilością.

Żeby sprawdzić punkty kaskada musi mieć w Konfiguracji zaznaczoną Diagnostykę. Ilość punktów widnieje w Logach / Urządzeniach niestandardowych:



5.2. Praca na cele ogrzewania

Po wystąpieniu zapotrzebowania na ogrzewanie załącza się pompa ciepła z najmniejszą ilością punktów.

Ilość uruchomionych pomp i ich moc grzewcza jest zależna od sumy Stopniominut. Stopniominuty z danej minuty są liczone jako:

$$\begin{aligned} \text{Stopniomituty w danej minucie} \\ &= \text{Temperatura zadana bufora} - \text{Histereza bufora} \\ &\quad - \text{Temperatura zmierzona bufora} \end{aligned}$$

Przykład obliczenia Stopniominuty w danej minucie:

- Wzrost stopniominut:
 $\text{Temperatura zadana bufora} = 40^{\circ}\text{C}$
 $\text{Histereza bufora} = 5^{\circ}\text{C}$
 $\text{Temperatura zmierzona bufora} = 31^{\circ}\text{C}$

$$\text{Stopniomituty w danej minucie} = 40^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C} = 4^{\circ}\text{C}$$

- Odejmowanie stopniominut:
 $\text{Temperatura zadana bufora} = 40^{\circ}\text{C}$
 $\text{Histereza bufora} = 5^{\circ}\text{C}$
 $\text{Temperatura zmierzona bufora} = 38^{\circ}\text{C}$

$$\text{Stopniomituty w danej minucie} = 40^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} - 31^{\circ}\text{C} = -3^{\circ}\text{C}$$

Stopniominuty stale są liczone, jeśli jest zapotrzebowanie na ogrzewanie. Stopniominuty rosną, jeśli Temperatura bufora – grzanie jest niższa niż temperatura zadana bufora pomniejszona o

Histerezę. Jeśli temperatura Temperatura bufora – grzanie znajduje się w zakresie histerezy, to stopniominuty się zmniejszają.

Pompa ciepła, która załączyła się jako pierwsza pracuje z mocą grzewczą I stopnia, czyli limitowaną przez parametr Optymalny poziom mocy sprężarki, który jest procentową mocą w kW z mocy ustawionej w krzywej BOOST dla poszczególnej pompy ciepła (w sterowniku K600 Menu instalatora / Regulacja mocy pompy ciepła / Ogrzewanie / BOOST / Punkty krzywej). Gdy suma Stopniominut przekroczy wartość Stopniominuty załączenia, to uruchamiają się kolejne pompy ciepła.

Gdy wszystkie pompy ciepła dostępne na dany cel uruchomiły się i pracują na I stopniu mocy, to kolejne przekroczenie Stopniominut załączenia spowoduje wejście pierwszej pompy ciepła na II stopień. W II stopniu możliwa jest praca z mocą maksymalną pompy ciepła określoną w BOOST.

Gdy wszystkie pompy ciepła dostępne na dany cel uruchomiły się i pracują na II stopniu mocy, to kolejne przekroczenie Stopniominut załączenia spowoduje wejście pierwszej pompy ciepła na III stopień. W III stopniu możliwa jest praca grzałek elektrycznychysterowanych z poszczególnych pomp ciepła, tych umieszczonych w modułach HX. Grzałki załączają się tylko gdy zostanie osiągnięty III stopień mocy na danej pompie ciepła i temperatura zewnętrzna jest poniżej Punktu biwalentnego (parametr w Widoku rozszerzonym)

5.3. Praca na cele CWU

Ogrzewanie CWU przez kaskadę jest analogiczne, jak w przypadku pracy na cele ogrzewania.

Moc grzewcza jest sterowana lokalnie dla każdej pompy ciepła zgodnie z ustawieniami w poszczególnym sterowniku K600 w Menu instalatora / CWU / Moc 1 (domyślnie 13 kW – poniżej histerezy) i Moc 2 (domyślnie 7 kW – w histerezie).

5.4. Praca na cele chłodzenia

Chłodzenie zbiornika wody lodowej jest przez kaskadę jest analogiczne, jak w przypadku pracy na cele ogrzewania.

Moc chłodnicza jest sterowana lokalnie dla każdej pompy ciepła zgodnie z ustawieniami w poszczególnym sterowniku K600 w Menu instalatora / Chłodzenie / Zadana moc chłodzenia (domyślnie 5 kW).

6. Dodatkowe źródła ciepła

Dodatkowymi źródłami ciepła mogą być:

- grzałkiysterowane przez K600 - Ustawienia grzałekysterowanych przez K600 znajduje się w punkcie 4.1.
- inne źródła ciepła (np. kotł)ysterowany z przekaźnika sterowanego przez Sinum - Przełącznikami mogą być np. KW – 10m, MB – 04.

Każde z wyjść realizuje oddzielny cel: bufor lub CWU.

Po dodaniu i zarejestrowaniu karty odpowiednie wyjścia można wybrać w konfiguracji Modbus kaskady w sekcji „Dodatkowe źródło ciepła”.

Elementy konfiguracyjne

- W zakładce Dodatkowe źródło ciepła bufor i CWU posiadają oddzielną konfigurację.
- Punkt biwalentny: zakres od -20°C do 20°C, wartość fabryczna 0°C.
- Stopniominuty: zakres od 10 do 1000, wartość fabryczna 500.
- Minimalny czas pracy: zakres od 0 do 360 min (6 h), wartość fabryczna 30 min.

Zasady działania

- Kocioł nadrzędnie wyłącza suwak aktywacji CWU oraz możliwość zmiany trybu bufora z ogrzewania na chłodzenie/wyłączony, jeżeli sterownik wyjdzie z automatycznego zezwolenia na pracę wynikającego z temperatury.
- Kocioł pracuje jako źródło wspomagające, niezależnie od pracy pomp.
- Maksymalna temperatura zabezpieczenia pracy kotła wynosi 80°C (zabezpieczenie nadrzędne względem minimalnego czasu pracy).
- Po wyjściu z warunku temperaturowego uwzględniany jest minimalny czas pracy kotła.

Logika działania

1. Gdy średnia temperatura zewnętrzna spadnie poniżej punktu biwalentnego, rozpoczyna się naliczanie stopniominut:
$$\text{stopniominuty} = (\text{temperatura zadana} - \text{temperatura aktualna})$$
2. Po osiągnięciu ustawionego progu stopniominut kocioł zostaje załączony.
3. Po uruchomieniu kocioł pracuje co najmniej przez minimalny czas pracy, chyba że zadziała zabezpieczenie temperatury 80°C.
4. Kocioł nie uruchomi się w histerezie. Oznacza to, że muszą być spełnione jednocześnie dwa warunki:
 - osiągnięty próg stopniominut,
 - temperatura aktualna < (temperatura zadana – histereza).

Uwagi

Jedno wyjście może być przypisane tylko do jednego celu (bufor lub CWU).