

Przewodnik po naprawie i konserwacji agregatów chłodniczych typu Chiller



Podstawy działania, główne podzespoły, konserwacja zapobiegawcza i diagnostyka typowych usterek



OD PODSTAW
Zrozum zasady działania chillera krok po kroku



PODZESPOŁY
Poznaj kluczowe elementy i ich funkcje



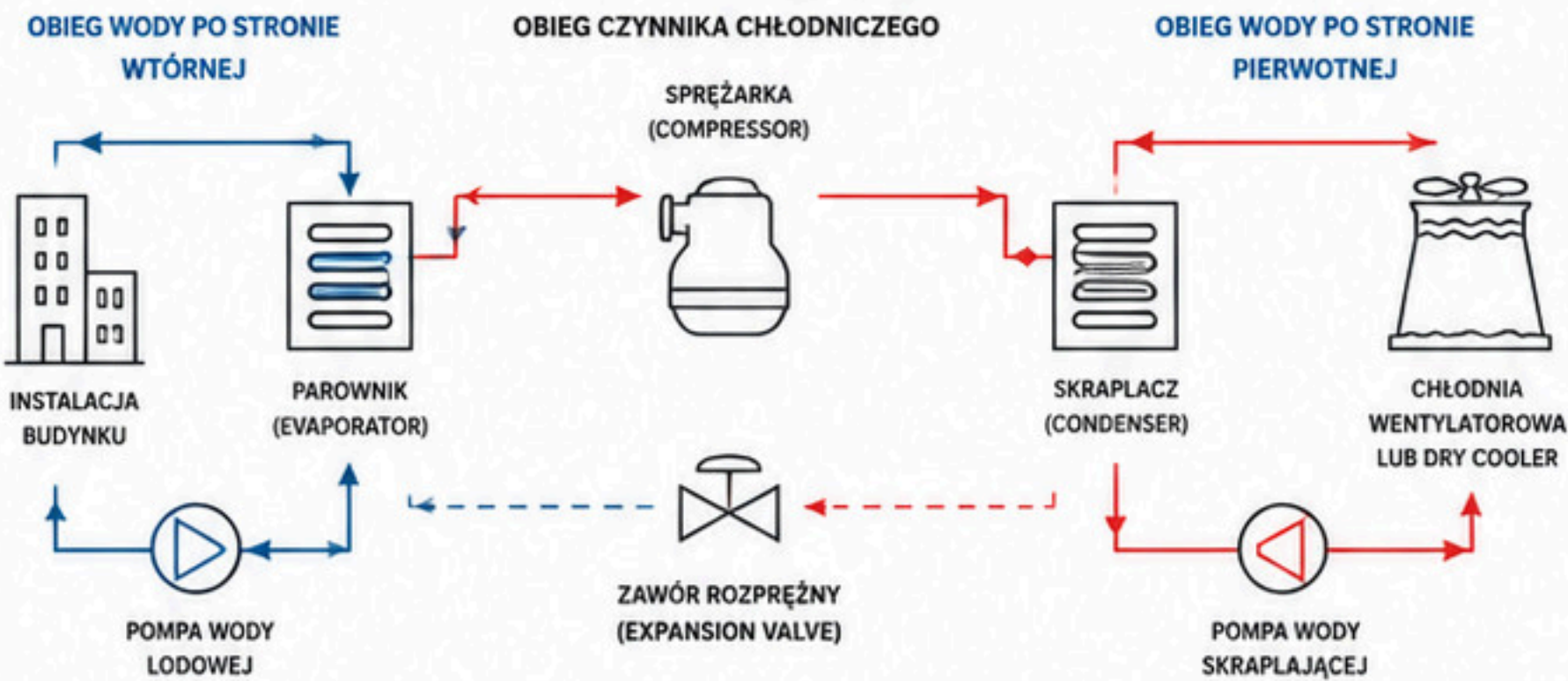
KONSERWACJA
Procedury przeglądów i konserwacji zapobiegawczej



DIAGNOSTYKA
Metody wykrywania i usuwania typowych usterek



NIEZAWODNOŚĆ
Większa sprawność, mniejsze ryzyko awarii, dłuższa żywotność



KONSERWACJA ZAPOBIEGAWCZA

- Harmonogramy przeglądów
- Kontrola parametrów
- Wymiana eksploatacyjna
- Dobre praktyki



KONTROLA PARAMETRÓW

- Ciśnienia i temperatury
- Przepływy wody
- Pobór mocy
- Rejestracja danych



DIAGNOSTYKA USTEREK

- Analiza objawów
- Możliwe przyczyny
- Procedury testowe
- Rozwiązania



NARZĘDZIA I WYPOSAŻENIE

- Niezbędne narzędzia
- Przyrządy pomiarowe
- Bezpieczeństwo pracy
- Środki ochrony



Prawa autorskie i ważne informacje



PRAWA AUTORSKIE

© 2025. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Niniejszy przewodnik, jego treść, grafiki oraz układ stanowią własność autorów. Żadna część niniejszej publikacji nie może być kopiowana, powielana, rozpowszechniana ani wykorzystywana w jakiegokolwiek formie bez pisemnej zgody właściciela praw.



CHARAKTER EDUKACYJNY

Niniejszy przewodnik ma charakter edukacyjny.

Został przygotowany, aby wspierać techników i inżynierów w zrozumieniu budowy, działania oraz podstawowych czynności związanych z naprawą i konserwacją agregatów chłodniczych typu Chiller.



ZAKRES I OGRANICZENIA

Informacje zawarte w przewodniku mają charakter ogólny i mogą nie uwzględniać wszystkich wariantów konstrukcyjnych oraz zmian wprowadzonych przez producentów.

Niniejszy przewodnik nie zastępuje:

- dokumentacji techniczno-ruchowej dostarczonej przez producenta,
- instrukcji serwisowych producenta,
- procedur i wymagań obowiązujących na obiekcie,
- kwalifikacji wymaganych przepisami prawa.



BEZPIECZEŃSTWO I ODPOWIEDZIALNE UŻYTKOWANIE

Prace przy agregatach chłodniczych wiążą się z zagrożeniami elektrycznymi, ciśnieniowymi, termicznymi oraz chemicznymi. Należy zawsze przestrzegać zasad BHP, instrukcji producenta oraz obowiązujących przepisów i norm.



ZAGROŻENIE
ELEKTRYCZNE



CIŚNIENIE



NISKIE TEMPERATURY



CZYNNIKI CHŁODNICZE
I OLEJE



KIEDY PRZERWAĆ PRACĘ

W przypadku wątpliwości, braku odpowiedniego wyposażenia, niejasności co do procedur lub gdy interwencja dotyczy instalacji regulowanych lub wysoko ryzykownych – należy przerwać pracę i skontaktować się z właściwie wykwalifikowanym personelem.



WAŻNE

Informacje zawarte w przewodniku mają charakter ogólny i mogą ulec zmianie bez powiadomienia.

Autorzy oraz wydawca nie ponoszą odpowiedzialności za szkody wynikające z niewłaściwego zastosowania informacji zawartych w niniejszej publikacji.

Użytkownik ponosi pełną odpowiedzialność za swoje decyzje i działania.



BEZPIECZEŃSTWO



Odłącz zasilanie elektryczne przed rozpoczęciem prac.



Upewnij się, że układ jest odpowiednio odcisniony.



Zachowaj ostrożność w przypadku niskich temperatur i gorących powierzchni.



Stosuj odpowiednie środki ochrony osobistej.



Postępuj zgodnie z przepisami dotyczącymi czynnika chłodniczego i ochrony środowiska.



W razie wątpliwości skonsultuj się z właściwie wykwalifikowanym personelem.

Spis treści

	00	Okładka	.....	00
	01	Prawa autorskie i ważne informacje	.....	01
	02	Spis treści	.....	02
	03	Wprowadzenie	.....	03
	Moduł 01	— Podstawy systemów Chiller	.....	04–11
	Moduł 02	— Główne podzespoły agregatu chłodniczego	.....	12–21
	Moduł 03	— Rodzaje chillerów i ich zastosowania	.....	22–29
	Moduł 04	— Jak działa chiller: od teorii do parametrów roboczych	.....	30–39
	Moduł 05	— Konserwacja zapobiegawcza	.....	40–49
	Moduł 06	— Diagnostyka typowych usterek	.....	50–61
	Moduł 07	— Naprawa, bezpieczna interwencja i ponowne uruchomienie	....	62–69
	Moduł 08	— Praktyka technika: przypadki, checklisty i dalszy rozwój	....	70–77

ZACZNIJ ROZUMIEĆ CHILLERY ZAMIAST TYLKO OBSERWOWAĆ ICH PRACĘ



Cel edukacyjny Czytelnik ma zrozumieć, że celem przewodnika nie jest zapamiętywanie przypadkowych definicji, lecz zbudowanie logicznego obrazu całego...

Najważniejsze

- „Jeśli patrzysz na agregat chłodniczy i widzisz jedynie dużą maszynę pełną rur, przewodów, zaworów i czujników — jesteś w odpowiednim miejscu.
- Chiller staje się znacznie prostszy, gdy zaczniesz postrzegać go jako system wykonujący jedno podstawowe zadanie:
- odebrać ciepło z jednego miejsca i oddać je w innym miejscu.
- W kolejnych rozdziałach poznasz tę maszynę krok po kroku.
- Najpierw zrozumiesz jej zadanie i podstawowy obieg

Co to oznacza w praktyce

- Następnie nauczysz się rozpoznawać najważniejsze podzespoły, ich funkcje i wzajemne zależności.
- Później przejdziesz do konserwacji oraz diagnostyki.
- Zamiast zgadywać, co jest uszkodzone, zaczniesz analizować objawy, parametry i możliwe przyczyny w uporządkowanej kolejności.
- Nie musisz znać wszystkiego na początku.
- Najważniejsze jest to, aby po każdej stronie rozumieć trochę więcej niż wcześniej.”

Co sprawdzić / zapamiętać

- Bloco de destaque:
- Po ukończeniu przewodnika powinieneś potrafić:
 - rozpoznać najważniejsze części agregatu Chiller;
 - wyjaśnić podstawowy obieg chłodniczy;
 - rozróżniać podstawowe typy agregatów;

Wniosek technika

- rozumieć podstawowe parametry robocze;
- wykonywać systematyczne kontrole konserwacyjne w dozwolonym zakresie;
- analizować najczęstsze objawy usterek metodą krok po kroku;
- wiedzieć, kiedy dalsza ingerencja wymaga specjalistycznych uprawnień.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK



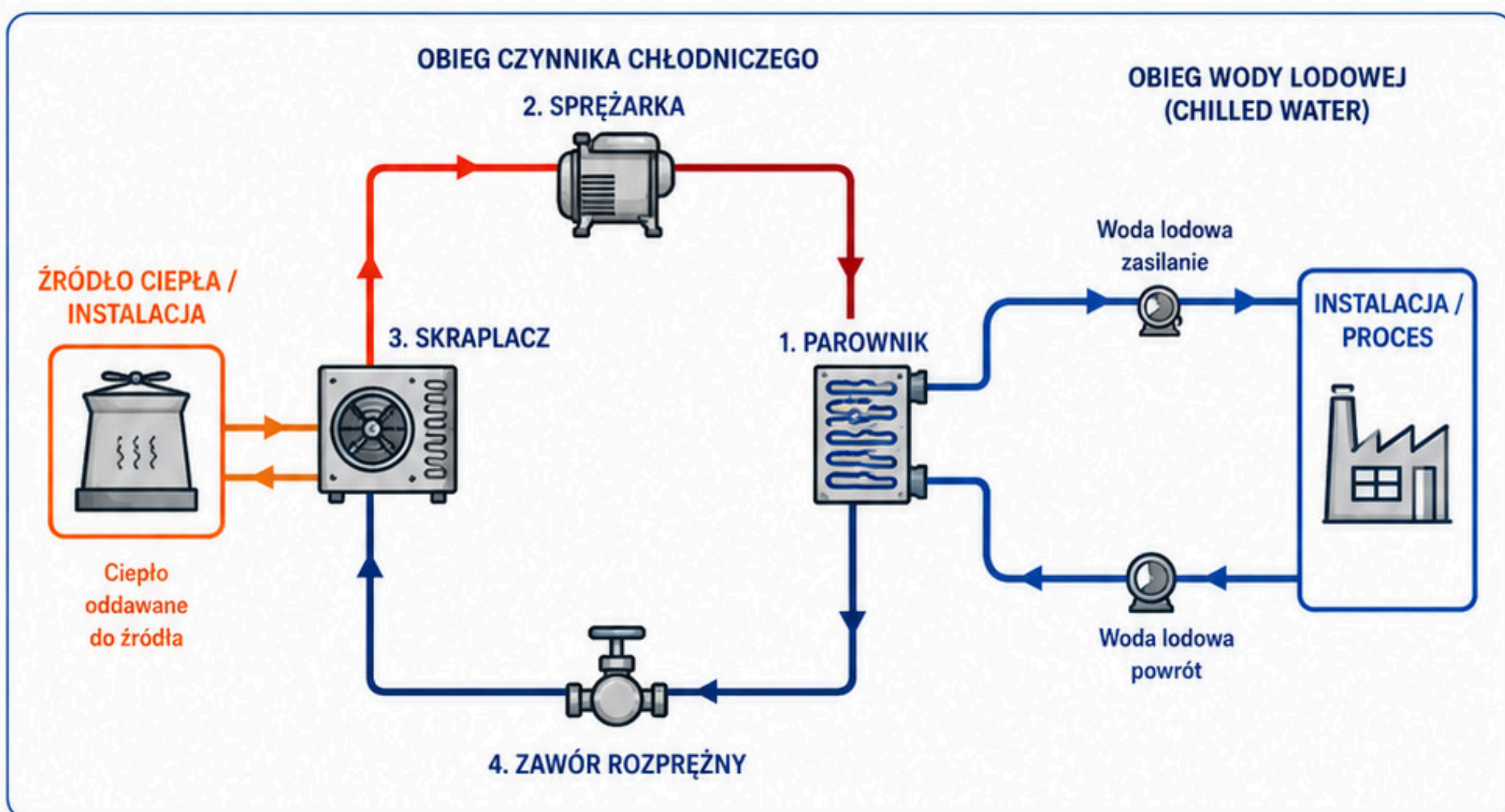
Czym jest chiller?



CEL EDUKACYJNY:

Wyjaśnić w prosty sposób, czym jest chiller i do czego służy.

Chiller to **agregat chłodniczy**, którego zadaniem jest odbieranie ciepła z wody lub innego czynnika (np. glikolu) i przekazywanie go do innego miejsca. Służy do chłodzenia procesów technologicznych lub do klimatyzacji pomieszczeń, zapewniając komfort cieplny.



NAJPROŚCIEJ MÓWIĄC

Chiller to urządzenie, które działa jak „pompa ciepła na chłodzenie”. Odbiera ciepło z wody lub innego czynnika, a następnie przekazuje je tam, gdzie może zostać rozproszone (np. do powietrza lub wody w wieży chłodniczej). Dzięki temu zapewnia chłód tam, gdzie jest potrzebny.



WSKAZÓWKA TECHNIKA

Pamiętaj o podstawowej funkcji i kierunku przepływów:

- Parownik odbiera ciepło z wody lodowej.
- Sprężarka podnosi temperaturę i ciśnienie czynnika.
- Skraplacz oddaje ciepło do źródła (powietrza lub wody).
- Zawór rozprężny obniża ciśnienie i temperaturę czynnika.
- Obieg wody lodowej przenosi chłód do instalacji/procesu.



Cel edukacyjny Chiller jest urządzeniem służącym do odbierania ciepła z cieczy krążącej w instalacji i przekazywania tego ciepła do innego środowiska. Termin należy...

Najważniejsze

- Definicja dla początkującego:
- „Agregat chłodniczy typu Chiller to urządzenie, którego głównym zadaniem jest schładzanie cieczy wykorzystywanej następnie do odbierania ciepła z
- Sekcja: „Wyobraź sobie to w prosty sposób”

1. Ciecz wraca do chillera cieplejsza.

2. Chiller odbiera z niej część ciepła.

3. Schłodzona ciecz wraca do instalacji.

4. Odebrane ciepło musi zostać odprowadzone do otoczenia lub innego ob

- Definicje słów:
- Agregat chłodniczy — urządzenie wytwarzające efekt chłodzenia.
- Woda lodowa — nazwa stosowana dla schłodzonej wody lub odpowiedniej mieszaniny cieczy krążącej w instalacji chłodniczej; nie oznacza, że woda faktycznie
- Bloco „Zapamiętaj”:

CHILLER NIE „PRODUKUJE ZIMNA”.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



Cel edukacyjny: poznać najważniejsze zasady bezpieczeństwa przed przystąpieniem do przeglądu lub interwencji przy urządzeniu.



Zagrożenia elektryczne

- Chiller zasilany jest wysokim napięciem – ryzyko porażenia prądem.
- Prace elektryczne może wykonywać tylko osoba z odpowiednimi uprawnieniami.
- Zawsze odłącz zasilanie przed otwarciem obudowy lub dostępem do komponentów.
- Sprawdź brak napięcia odpowiednim miernikiem.



Ciśnienie i czynnik chłodniczy

- Układ chłodniczy pracuje pod wysokim ciśnieniem.
- Nie otwieraj żadnych połączeń ciśnieniowych.
- Czynnik chłodniczy może być szkodliwy dla zdrowia i środowiska.
- Prace przy czynniku mogą wykonywać tylko osoby z odpowiednimi uprawnieniami F-gazowymi.



Gorące i zimne powierzchnie

- Elementy układu mogą być bardzo gorące (sprężarka, przewody) lub bardzo zimne (parownik).
- Istnieje ryzyko poparzeń lub odmrożeń.
- Oczekaj, aż temperatura się ustabilizuje.
- Stosuj rękawice ochronne i ostrożność przy dotykaniu elementów.



Ruchome elementy

- Wentylatory, pompy i sprężarki mają ruchome części.
- Nie zdejmuj osłon i nie wkładaj rąk w strefy ruchu.
- Upewnij się, że urządzenie jest całkowicie zatrzymane.
- Ryzyko wciągnięcia odzieży lub części ciała.



Środki ochrony indywidualnej

- Stosuj: okulary ochronne, rękawice robocze, obuwie ochronne, odzież roboczą.
- W razie potrzeby stosuj ochronę słuchu i ochronę dróg oddechowych.



Blokada i oznakowanie

- Zastosuj blokadę zasilania (LOTO – Lockout/Tagout).
- Zabezpiecz wyłącznik główny kłódką i oznakuj tabliczką ostrzegawczą.
- Upewnij się, że nikt nie włączy urządzenia podczas pracy.



Praca zgodnie z procedurą

- Działaj zgodnie z instrukcją producenta i wewnętrznymi procedurami.
- Nie pomijaj kroków, nie „usprawniaj” procesu na własną rękę.
- W razie wątpliwości – zapytaj przełożonego lub skonsultuj dokumentację.



Kiedy natychmiast przerwać pracę

- Wyciek czynnika chłodniczego.
- Zapach spalenizny lub dym.
- Nietypowe dźwięki, wibracje lub przegrzewanie się elementów.
- Brak możliwości bezpiecznej blokady zasilania.
- Pogorszenie samopoczucia, zawroty głowy lub duszności.
- Jakakolwiek sytuacja, która budzi Twoje wątpliwości co do bezpieczeństwa.



Zgłoś problem i powiadom przełożonego.
Zadbaj o bezpieczeństwo swoje i innych.



Co sprawdzić przed otwarciem urządzenia

- Czy urządzenie jest wyłączone?
- Czy odłączono zasilanie i wykonano blokadę (LOTO)?
- Czy sprawdzono brak napięcia?
- Czy ciśnienie w układzie zostało zredukowane do bezpiecznego poziomu?
- Czy urządzenie ostygło do bezpiecznej temperatury?
- Czy posiadasz odpowiednie narzędzia i środki ochrony indywidualnej?
- Czy miejsce pracy jest czyste, oświetlone i wolne od przeszkód?



Cel edukacyjny

Poznać kluczowe parametry pracy agregatu chłodniczego (chiller) i zrozumieć, co oznaczają oraz dlaczego mają znaczenie.

Temperatura zasilania (°C)



Temperatura powrotu (°C)



Przepływ (m³/h)



Ciśnienie ssania (bar)



Ciśnienie tłoczenia (bar)



Pobór prądu (A)



Temperatura otoczenia (°C)



Parametr	Co oznacza	Dlaczego jest ważny
 Temperatura wody na zasilaniu i powrocie	Temperatura wody opuszczającej chiller (zasilanie) oraz wracającej do niego (powrót).	Informuje o poziomie chłodzenia i pozwala ocenić, czy instalacja odbiera odpowiednią ilość ciepła.
 Przepływ	Ilość wody przepływającej przez wymiennik parownika w jednostce czasu (m³/h).	Zbyt mały przepływ obniża wydajność i może powodować zamarzanie, zbyt duży – pogarsza efektywność.
 Ciśnienie ssania i tłoczenia	Ciśnienie czynnika chłodniczego po stronie niskiego ciśnienia (ssanie) oraz wysokiego ciśnienia (tłoczenie).	Pokazuje stan obiegu chłodniczego. Odchyłki mogą wskazywać na problemy: niedobór czynnika, zabrudzenie, złą pracę zaworów, itp.
 Temperatura otoczenia	Temperatura powietrza wokół agregatu (chillera).	Ma wpływ na ciśnienia skraplania i wydajność całego układu, szczególnie w chillerach chłodzonych powietrzem.
 Pobór prądu	Prąd elektryczny pobierany przez sprężarkę (lub cały agregat).	Wzrost poboru może oznaczać przeciążenie, zabrudzenie wymienników, problemy mechaniczne lub nieprawidłowe nastawy.
ΔT ΔT (delta T)	Różnica temperatury między wodą powrotną a zasilającą. $\Delta T = T_{\text{powrót}} - T_{\text{zasilanie}}$	Pokazuje, ile ciepła zostało odebrane z instalacji. Typowo w układach komfortu $\Delta T = 4-6^{\circ}\text{C}$. Zbyt niskie ΔT = za mały przepływ.
 Wydajność chłodnicza	Ilość ciepła odebranego z wody w jednostce czasu (kW). $Q = m \times c_p \times \Delta T$ (w uproszczeniu: $Q = 1,163 \times \text{przepływ} \times \Delta T$)	To podstawowy efekt pracy chillera – informuje, czy urządzenie realnie chłodzi zgodnie z oczekiwaniami.



Najczęstszy błąd

Patrzenie na jeden parametr bez kontekstu.

Przykład: wysokie ciśnienie tłoczenia może wynikać z wysokiej temperatury otoczenia, zabrudzonego wymiennika, złego przepływu wody lub nadmiaru czynnika. Dopiero analiza kilku parametrów razem daje prawidłowy obraz sytuacji.

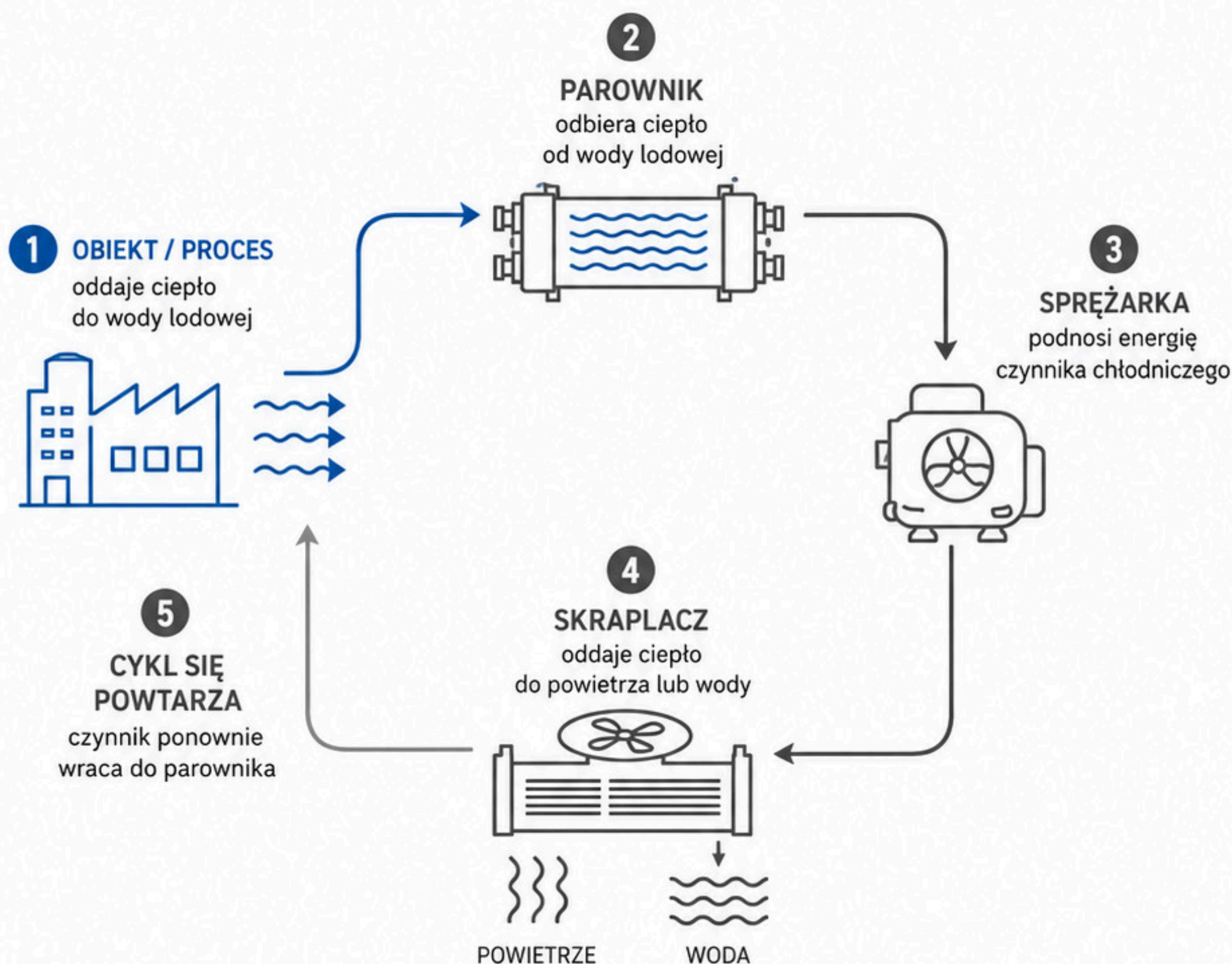




CEL EDUKACYJNY

Zrozumieć w prosty sposób, jak ciepło jest przenoszone w układzie chłodniczym agregatu typu Chiller.

Chiller nie wytwarza „zimna”. Jego zadaniem jest przeniesienie ciepła z miejsca, które ma być schłodzone, do otoczenia (powietrza lub wody). Proces ten odbywa się w zamkniętym obiegu czynnika chłodniczego.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

Jeśli ciepło nie jest skutecznie oddawane w skraplaczu (np. zanieczyszczone wymienniki, za mały przepływ wody, zbyt wysoka temperatura otoczenia), układ nie jest w stanie oddać ciepła do otoczenia. W efekcie woda lodowa nie osiąga zadanej temperatury, a chłodzenie obiektu jest niewystarczające.



Podstawowy obieg chłodniczy



CEL EDUKACYJNY: Poznać podstawowy obieg chłodniczy i zrozumieć rolę jego czterech podstawowych elementów.

1 SPRĘŻANIE

Sprężarka zasysa parę czynnika z parownika i spręża ją do wyższego ciśnienia i temperatury. Dzięki temu czynnik może oddać ciepło w skraplaczu.

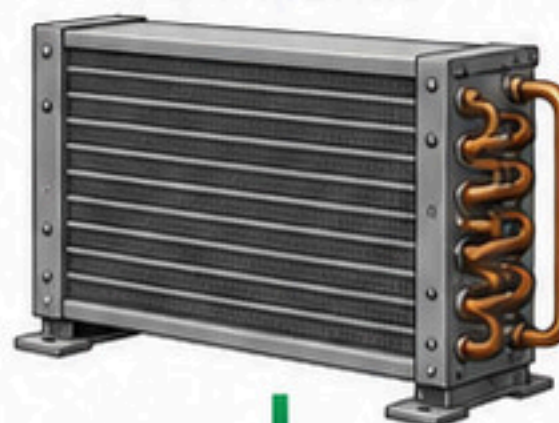
SPRĘŻARKA



2 SKRAPLANIE

W skraplaczu gorąca para czynnika oddaje ciepło do otoczenia (np. wody lub powietrza) i skrapla się, przechodząc w stan ciekły pod wysokim ciśnieniem.

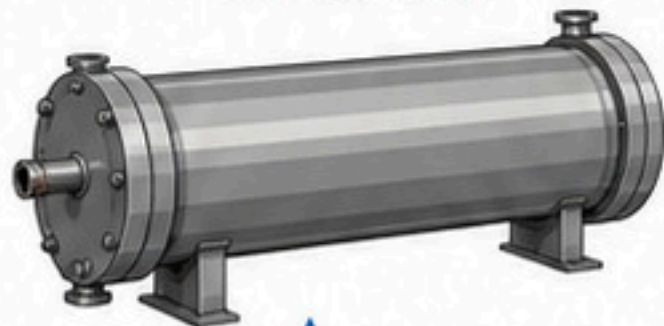
SKRAPLACZ



4 ODPAROWANIE

W parowniku czynnik chłodniczy pobiera ciepło z medium chłodzonego (np. wody) i odparowuje, przechodząc w parę o niskim ciśnieniu i niskiej temperaturze.

PAROWNIK



3 ROZPRĘŻANIE

Zawór rozprężny obniża ciśnienie czynnika, powodując spadek jego temperatury. Czynnik w postaci ciekłej przechodzi w mieszaninę ciekłej i parowej o niskim ciśnieniu.

ZAWÓR ROZPRĘŻNY



NAJWAŻNIEJSZA LOGIKA OBIEGU

Obieg chłodniczy to ciągły przepływ czynnika, który krąży w zamkniętej pętli i zmienia swoje właściwości w czterech kluczowych etapach.

- 1 Sprężarka podnosi ciśnienie i temperaturę pary czynnika.
- 2 Skraplacz oddaje ciepło do otoczenia i zamienia parę w ciecz.
- 3 Zawór rozprężny obniża ciśnienie i temperaturę czynnika.
- 4 Parownik odbiera ciepło z chłodzonego medium i odparowuje czynnik.

Dzięki temu ciepło jest przenoszone z miejsca o niższej temperaturze (woda chłodzona) do miejsca o wyższej temperaturze (otoczenie).



WSKAZÓWKA TECHNIKA

Zrozumienie podstawowego obiegu chłodniczego to klucz do poprawnej diagnozy. Większość usterek, które spotkasz w praktyce, to efekt zakłócenia jednego z tych czterech etapów.

Zanim szukasz przyczyny – sprawdź, na którym etapie problem występuje.

PODSTAWOWY OBIEG CHŁODNICZY: 4 ETAPY, KTÓRE MUSISZ ZROZUMIEĆ



Cel edukacyjny Czytelnik powinien poznać cztery podstawowe etapy obiegu sprężarkowego bez nadmiernego wchodzenia w termodynamikę. Najważniejsze jest...

1. PAROWNIK — ODBIERANIE CIEPŁA

- Do parownika trafia czynnik chłodniczy o niskim ciśnieniu.
- W parowniku odbiera on ciepło od wody lub innej cieczy znajdującej się po drugiej stronie wymiennika.
- W wyniku pobierania energii czynnik chłodniczy odparowuje.
- Najprościej:
- ciepło z wody → czynnik chłodniczy

2. SPRĘŻARKA — PODNIESIENIE CIŚNIENIA

- Sprężarka zasysa parę czynnika chłodniczego z parownika.
- Następnie spręża ją, powodując wzrost ciśnienia i temperatury.
- Dzięki temu czynnik może później oddać ciepło w skraplaczu.
- Najprościej:
- para o niskim ciśnieniu → sprężarka → para o wysokim ciśnieniu

3. SKRAPLACZ — ODDANIE CIEPŁA

- Gorący czynnik chłodniczy przepływa przez skraplacz.
- Tutaj oddaje energię do powietrza albo do wody obiegu skraplacza.
- W trakcie oddawania ciepła czynnik przechodzi z pary w ciecz.
- Najprościej:
- czynnik oddaje ciepło → otoczenie

4. ELEMENT ROZPRĘŻNY — OBNIŻENIE CIŚNIENIA

- Ciekły czynnik przepływa przez element rozprężny.
- W tym miejscu następuje gwałtowny spadek ciśnienia.
- Czynnik zostaje przygotowany do ponownego wejścia do parownika.
- Cykl rozpoczyna się ponownie

PAROWNIK → SPRĘŻARKA → SKRAPLACZ → ELEMENT ROZPRĘŻNY → PAROWNIK

- Bloco „Zapamiętaj”:
- Parownik odbiera ciepło.
- Sprężarka napędza obieg.
- Skraplacz oddaje ciepło.
- Element rozprężny obniża ciśnienie.
- Exemplo prático:
- „Jeżeli parownik odbiera energię z wody, jej temperatura spada. Ciepło nie znika — zostaje przeniesione przez czynnik chłodniczy i ostatecznie

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ

NIE DIAGNOZUJ CZĘŚCI W ODERWANIU OD CAŁEGO SYSTEMU



Cel edukacyjny Zakończyć Moduł 01 fundamentalną zasadą diagnostyki: podzespoły Chillera są wzajemnie zależne. Problem widoczny w jednym miejscu nie zawsze...

Najważniejsze

- „Najczęstszy błąd początkującego technika polega na zobaczeniu nieprawidłowego parametru i natychmiastowym wskazaniu jednego uszkodzonego
- W praktyce Chiller jest systemem zależności.
- Zmiana w jednym obiegu może wpłynąć na parametry w kilku innych miejscach.”
- Cztery obszary, które współpracują ze sobą:

1. Obieg chłodniczy

- Transportuje ciepło za pomocą czynnika chłodniczego.

2. Obieg wody lodowej

- Transportuje chłód użytkowy pomiędzy Chillerem a odbiornikiem ciepła.

3. Układ odprowadzania ciepła

- Pozwala skraplaczowi przekazać odebraną energię do otoczenia.

4. Sterowanie i zabezpieczenia

- Monitorują warunki pracy i decydują, kiedy urządzenie może działać.
- Przykład zależności:
- Objaw:
- Chiller osiąga zbyt małą wydajność chłodniczą.
- Początkujący może pomyśleć:
- „Problem musi być w sprężarce.”
- W rzeczywistości przyczyną może być między innymi:
- niewłaściwy przepływ wody;

OBJAW ≠ PRZYCZYNA

- Najpierw potwierdź objaw.
- Następnie zbierz dane.
- Dopiero potem szukaj przyczyny.
- Mini-checklista przed postawieniem diagnozy:
- ☐ Co dokładnie nie działa prawidłowo?
- ☐ Czy objaw występuje cały czas?
- ☐ Jakie są temperatury?
- ☐ Jakie są ciśnienia?
- ☐ Czy przepływ wody jest prawidłowy?
- ☐ Czy występują aktywne alarmy?

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



Cel edukacyjny: Rozpocząć drugi moduł i przeprowadzić czytelnika od ogólnego obrazu systemu do szczegółowego poznania najważniejszych elementów Chillera.

Najważniejsze

- MODUŁ 02
- GŁÓWNE PODZESPOŁY AGREGATU CHŁODNICZEGO
- Podtytuł:

Co to oznacza w praktyce

- „Poznaj funkcję każdego elementu i zrozum, jak współpracuje on z resztą systemu.”
- Krótka zapowiedź modułu:
- „W tym module poznasz najważniejsze elementy agregatu chłodniczego:

Co sprawdzić / zapamiętać

- sprężarkę, skraplacz, parownik, element rozprężny, układ hydrauliczny, pompy, wentylatory, czujniki, sterowanie i zabezpieczenia.”
- Dodatkowe zdanie:
- „Nie chodzi o zapamiętywanie nazw.

Wniosek technika

- Chodzi o zrozumienie, co każdy podzespół otrzymuje, co robi i co przekazuje dalej.”

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK



Cel edukacyjny:

zrozumieć, co robi sprężarka, dlaczego jest kluczowa i jakie objawy mogą wskazywać na problem.

Sprężarka jest „sercem” układu chłodniczego. Jej zadaniem jest:



1 Najczęściej spotykane typy



SPRĘŻARKA SCROLL

Zwarta budowa, cicha praca, wysoka niezawodność. Stosowana w mniejszych i średnich chillerach.



SPRĘŻARKA ŚRUBOWA

Wysoka wydajność, dobra do dużych mocy i pracy ciągłej. Stosowana w dużych chillerach.



SPRĘŻARKA TŁOKOWA

Prosta konstrukcja, łatwa obsługa i serwis. Stosowana w prostszych zastosowaniach.

2 Co sprawdzić



Dźwięk pracy

Nietypowe odgłosy mogą świadczyć o nieprawidłowej pracy.



Drgania

Nadmierne drgania mogą oznaczać luz, zużycie lub niewyważenie.



Temperaturę obudowy

Zbyt wysoka temperatura może wskazywać na przeciążenie lub niedobór czynnika.



Pobór prądu

Porównać z wartościami znamionowymi – zbyt wysoki lub zbyt niski to sygnał alarmowy.



Ciśnienia ssania i tłoczenia

Sprawdzić, czy mieszczą się w typowym zakresie pracy układu.

3 Co może oznaczać ten objaw



GŁOŚNA PRACA

Uderzenia cieczy, luzy mechaniczne, uszkodzone łożyska, rezonans.



BRAK ROZRUCHU

Problem z zasilaniem, zabezpieczeniem, uzwojeniem, zablokowany wirnik lub czujnikami.



WYSOKIE NATĘŻENIE PRĄDU

Przeciążenie układu, zbyt wysokie ciśnienie skraplania, uszkodzenie mechaniczne, zła jakość oleju.



PRZEGRZEWANIE

Niedobór czynnika, zabrudzony skraplacz, niewłaściwy przepływ oleju, nadmierne sprężanie.



4 Najczęstszy błąd

Ocena sprężarki bez analizy innych parametrów układu.

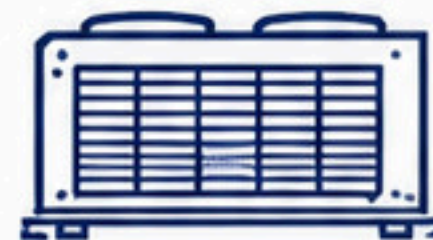
Wymiana sprężarki bez zdiagnozowania przyczyny problemu (np. zabrudzonego skraplacza, niedoboru czynnika, blokady przepływu) prowadzi do powrotu awarii.



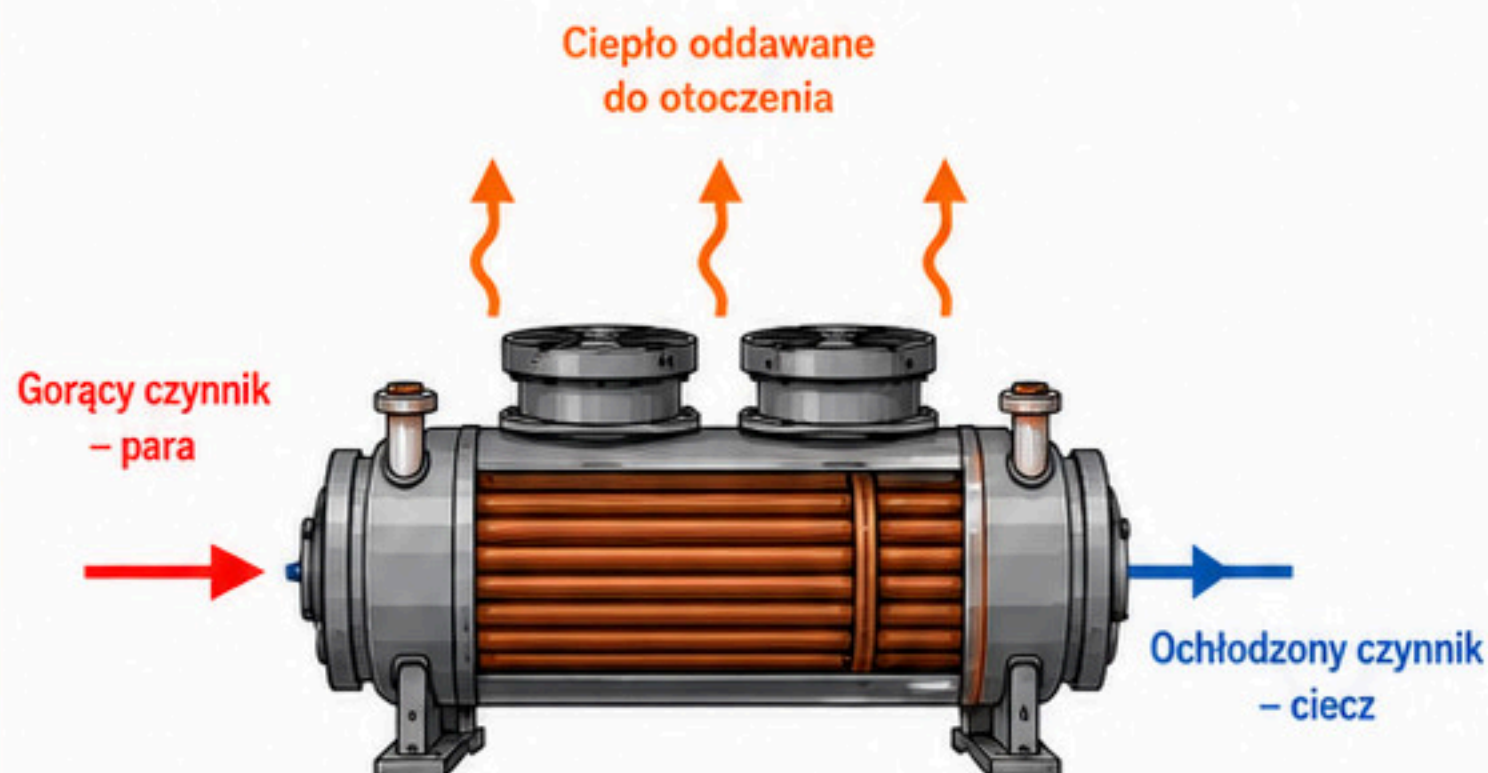
5 Wskazówka technika

Sprężarka zwykle sygnalizuje skutek problemu z układem, a nie zawsze jest jedyną przyczyną.

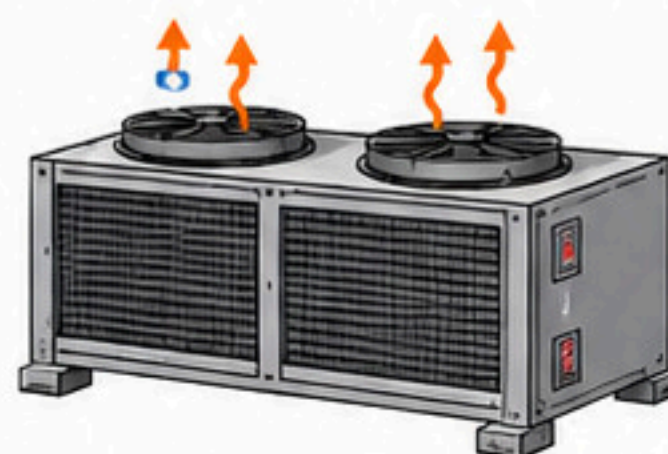
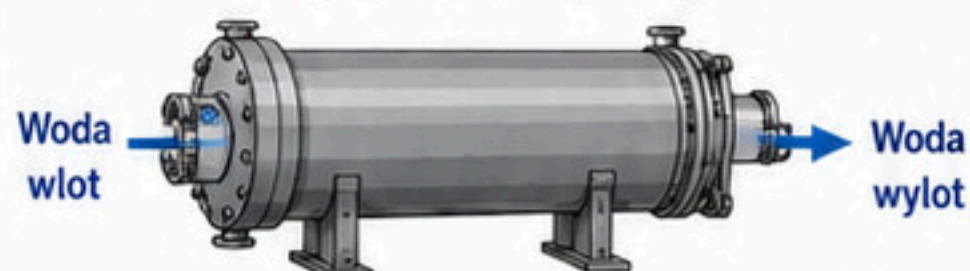
Zawsze analizuj cały układ: przepływ czynnika, ciśnienia, temperatury, pewność zasilania i stan oleju.

**CEL EDUKACYJNY:**

zrozumieć, jak skrapłacz odprowadza ciepło i jakie warunki wpływają na jego skuteczność.

GŁÓWNY SKRAPŁACZ

Czynnik przechodzi ze stanu pary w ciecz, oddając ciepło.

WARIANTY SKRAPŁACZY**Skrapłacz chłodzony powietrzem****Skrapłacz chłodzony wodą****JAK DZIAŁA**

- 1** Gorąca para wchodzi do skraplacza. Czynnik o wysokiej temperaturze i ciśnieniu napływa z parownika lub sprężarki.
- 2** Ciepło jest oddawane do otoczenia (powietrza lub wody). Czynnik ochładza się, oddając ciepło przez ścianki wymiennika.
- 3** Czynnik opuszcza skrapłacz jako ciecz. Ochłodzony czynnik w stanie ciekłym kierowany jest do zaworu rozprężnego.

**CO WPŁYWA NA PRACĘ SKRAPŁACZA****Temperatura otoczenia**

Wyższa temperatura powietrza lub wody powoduje wyższe ciśnienie tłoczenia i gorszą wydajność chłodzenia.

**Zabrudzenie wymiennika**

Brud, kurz, osady i kamień znacząco ograniczają wymianę ciepła.

**Przepływ powietrza lub wody**

Niewystarczający przepływ obniża zdolność oddawania ciepła.

**Stan wentylatorów / wieży chłodniczej**

Uszkodzone wentylatory lub nieprawidłowa praca wieży chłodniczej obniżają skuteczność skraplania.

**CO SPRAWDZIĆ**

- Czystość wymiennika (lameli / rur).
- Kierunek przepływu powietrza lub wody.
- Temperatury na wlocie i wylocie skraplacza.
- Ciśnienie tłoczenia (wysokie ciśnienie).
- Pracę wentylatorów (obroty, hałas, drgania).

**CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW**

- Wysokie ciśnienie tłoczenia – ograniczone oddawanie ciepła (wysoka temperatura skraplania).
- Słabe chłodzenie – chłdnica nie oddaje wystarczającej ilości ciepła.
- Częste alarmy HP – praca w niekorzystnych warunkach lub zabrudzenie wymiennika.

**KIEDY PRZERWAĆ DIAGNOSTYKĘ I WEZWAĆ OSOBĘ Z ODPOWIEDNIMI UPRAWNIENIAMI**

- Gdy ingerencja dotyczy czynnika chłodniczego (odłączanie, uszczelnianie, napełnianie).
- Gdy wymagane jest otwarcie połączeń ciśnieniowych (spawanie, lutowanie, odkręcanie elementów pod ciśnieniem).
- Gdy ingerencja obejmuje układy regulowane (zawory, presostaty, sterowniki, skrzynki elektryczne).
- Gdy nie masz pewności co do procedury i potencjalnego ryzyka.



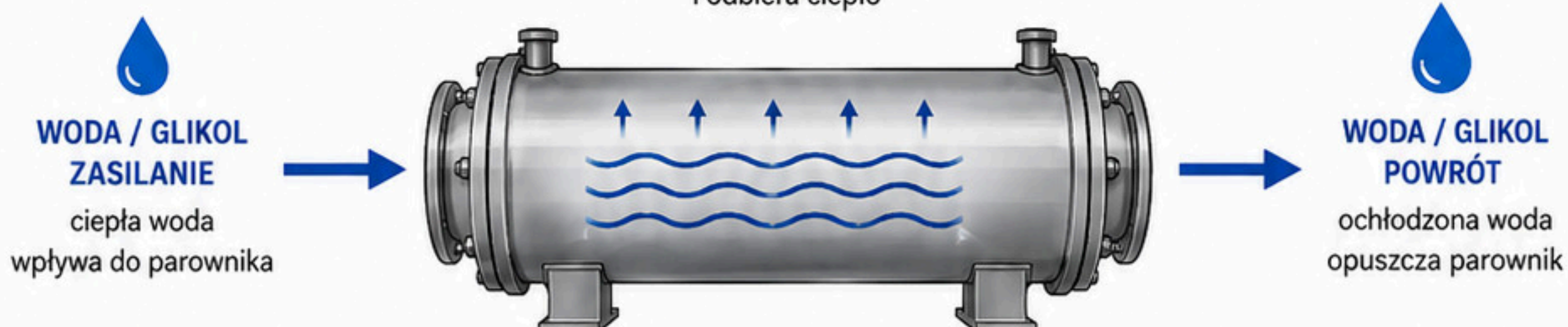
Cel edukacyjny: poznać rolę parownika i zrozumieć, dlaczego przepływ oraz wymiana ciepła są tu tak ważne.

Parownik to wymiennik, w którym czynnik chłodniczy odparowuje, odbierając ciepło z wody lub roztworu glikolu.

Ciepło przechodzi z medium do czynnika, dzięki czemu medium się ochładza, a czynnik przechodzi do postaci pary i wraca do sprężarki.

PAROWNIK

czynnik chłodniczy odparowuje i odbiera ciepło



JAK DZIAŁA PAROWNIK

- 1 Ciepła woda lub glikol wpływa do parownika.
- 2 Czynnik chłodniczy paruje, odbierając ciepło z medium.
- 3 Ochłodzone medium wypływa z parownika, a para czynnika wraca do sprężarki.



CO SPRAWDZIĆ

- Temperaturę zasilania i powrotu (ΔT).
- Przepływ wody / glikolu.
- Stan filtra siatkowego przed parownikiem.
- Zabrudzenie wymiennika (osad, kamień, biofilm).
- Ryzyko zamarzania przy niskiej temperaturze wody.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- ➔ **Niska wydajność chłodnicza:** parownik nie odbiera wystarczającej ilości ciepła (niedrożność, mały przepływ, zabrudzenie).
- ➔ **Zbyt małe ΔT :** zbyt duży przepływ lub zanieczyszczony wymiennik.
- ➔ **Alarm przeciwwamrozeniowy:** zbyt niska temperatura wody na wylocie z parownika lub ograniczony przepływ.
- ➔ **Oblodzenie parownika:** ryzyko niskiej temperatury wody lub złego sterowania zaworem.



NAJCZĘSTSZY BŁĄD

Skupianie się tylko na temperaturze bez oceny przepływu.
Prawidłowe ΔT wynika z właściwego przepływu i czystego wymiennika.



WSKAZÓWKA TECHNIKA

Przy problemach parownika analizuj jednocześnie wodę (przepływ, temperatura, czystość), czynnik (ciśnienie, przegrzanie) i sterowanie (zawór, czujniki, logika sterownika).

Element rozprężny — mały podzespół o kluczowym znaczeniu



Cel edukacyjny

Wyjaśnić rolę elementu rozprężnego bez sugerowania, że jego zadaniem jest po prostu „schłodzenie czynnika”. Czytelnik powinien rozumieć przede...

Najważniejsze

- Co dzieje się przed elementem rozprężnym?
- Czynnik chłodniczy znajduje się po stronie wysokiego ciśnienia i jest w dużej części w stanie ciekłym.
- Co robi element rozprężny?
- Tworzy kontrolowane ograniczenie przepływu.
- W wyniku przejścia przez niego ciśnienie czynnika gwałtownie spada.
- Dzięki temu czynnik może wejść do parownika w warunkach umożliwiających odbieranie ciepła.
- Najważniejsza idea:

WYSOKIE CIŚNIENIE

ELEMENT ROZPRĘŻNY

NISKIE CIŚNIENIE

- Typowe rozwiązania:
- Termostatyczny zawór rozprężny — TXV
- Steruje przepływem mechanicznie na podstawie warunków pracy.
- Elektroniczny zawór rozprężny — EEV
- Jest sterowany elektronicznie i może bardzo precyzyjnie zmieniać stopień otwarcia.
- Inne elementy dławiące
- Mogą występować w zależności od konstrukcji urządzenia.
- Co może wpływać na nieprawidłową pracę?

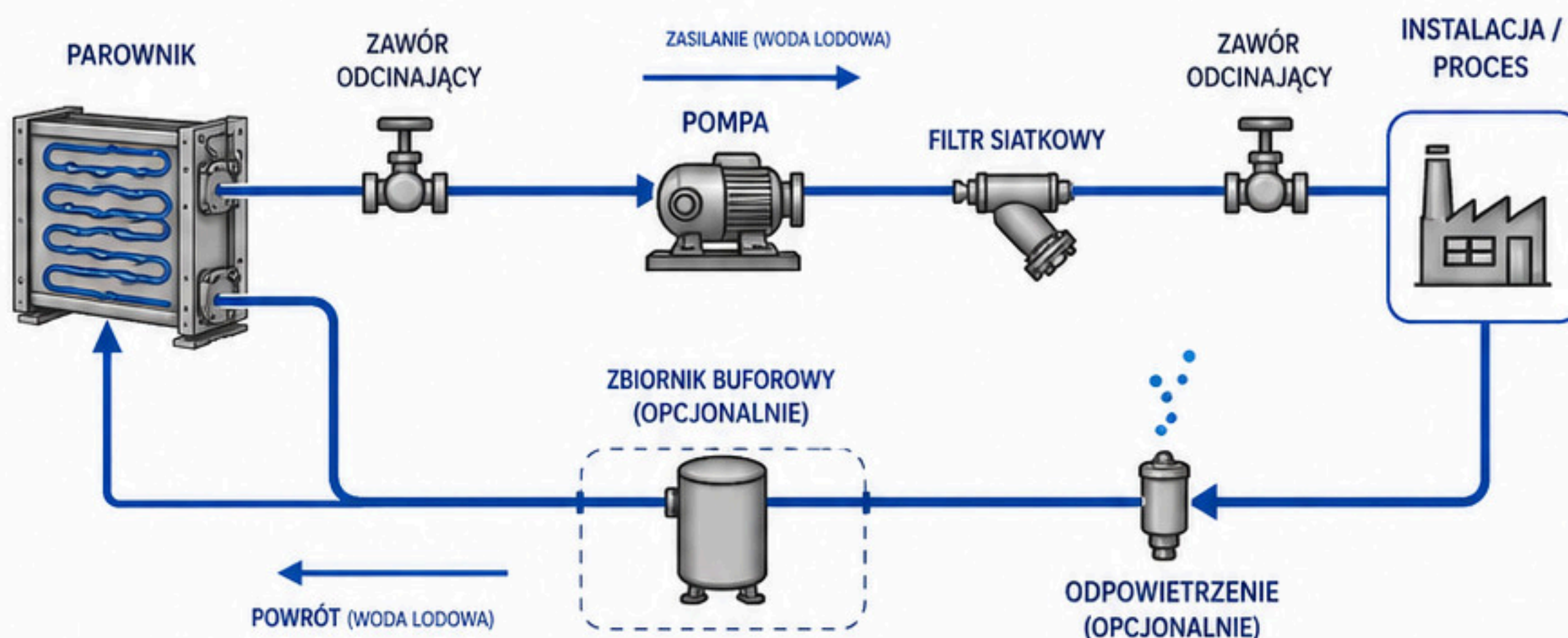
ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



CEL EDUKACYJNY:

zrozumieć drogę wody lodowej i rolę pomp w utrzymaniu prawidłowego przepływu.

OBIEG WODY LODOWEJ (CHILLED WATER)



Elementy obiegu hydraulicznego

	Pompa	Zapewnia przepływ i odpowiednie ciśnienie wody lodowej w układzie.
	Filtr siatkowy	Chroni pompę, wymienniki ciepła i armaturę przed zanieczyszczeniami.
	Zawory odcinające	Umożliwiają odcięcie fragmentów instalacji w celu serwisu.
	Odpowietrzenie	Usuwa powietrze z najwyższych punktów układu, zapobiegając kieszeniom powietrznym.
	Naczynie / zbiornik buforowy	Stabilizuje objętość wody, ogranicza wahania ciśnienia i skraca cykle pracy chillera (opcja).



CO SPRAWDZIĆ

- ✓ Kierunek obrotów pompy zgodny ze strzałką na obudowie.
- ✓ Nadmierny hałas lub wibracje pompy i rurociągów.
- ✓ Różnica ciśnień na zasilaniu i powrocie (Δp).
- ✓ Przepływ wody zgodny z wymaganiami systemu.
- ✓ Stan filtra siatkowego – drożność i czystość.
- ✓ Obecność powietrza w układzie (szumy, fluktuacje ciśnienia, niestabilne temperatury).
- ✓ Brak wycieków na połączeniach, uszczelnieniach i elementach armatury.
- ✓ Temperatura zasilania i powrotu w zakładanym zakresie pracy.
- ✓ Zawory odcinające całkowicie otwarte podczas pracy.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- **Niski przepływ** – zabrudzony filtr, zamknięty zawór, zapchane rurociągi, zbyt niskie obroty pompy.
- **Kawitacja (hałas, drgania)** – zbyt niskie ciśnienie na ssaniu pompy, zapowietrzenie układu.
- **Niestabilna temperatura** – powietrze w układzie, zbyt mały przepływ, niewłaściwe odpowietrzenie.
- **Zapowietrzenie** – kieszenie powietrzne powodują hałas, wahania ciśnienia i spadek wydajności wymiany ciepła.



WSKAZÓWKA TECHNIKA

- Problem po stronie hydraulicznej często wygląda jak problem chłodniczy.
- Zawsze zacznij diagnostykę od sprawdzenia przepływu i różnicy ciśnień.
- Większość alarmów wysokiego ciśnienia skraplania może wynikać z braku odbioru ciepła po stronie wody lodowej.
- Utrzymuj układ wolny od powietrza – to klucz do stabilnej pracy i wydajności chillera.

Pompy obiegowe – bez przepływu nie ma skutecznego transportu ciepła



Cel edukacyjny

Wyjaśnić funkcję pompy w instalacji oraz nauczyć czytelnika odróżniania „pompa pracuje” od „układ ma prawidłowy przepływ”.

Najważniejsze

- Zadanie pompy
- Pompa nadaje cieczy energię potrzebną do pokonania oporów przepływu w instalacji.
- Dzięki niej woda może krążyć pomiędzy:
 - Chillerem → instalacją → odbiornikami → Chillerem
- Co musi pokonać pompa?
 - Opory powodowane przez:
 - rurociągi;
 - kolana;
 - zawory;

1. Czy pompa rzeczywiście pracuje?

2. Czy obraca się we właściwym kierunku?

3. Czy występuje nietypowy hałas?

4. Czy pojawiają się nadmierne drgania?

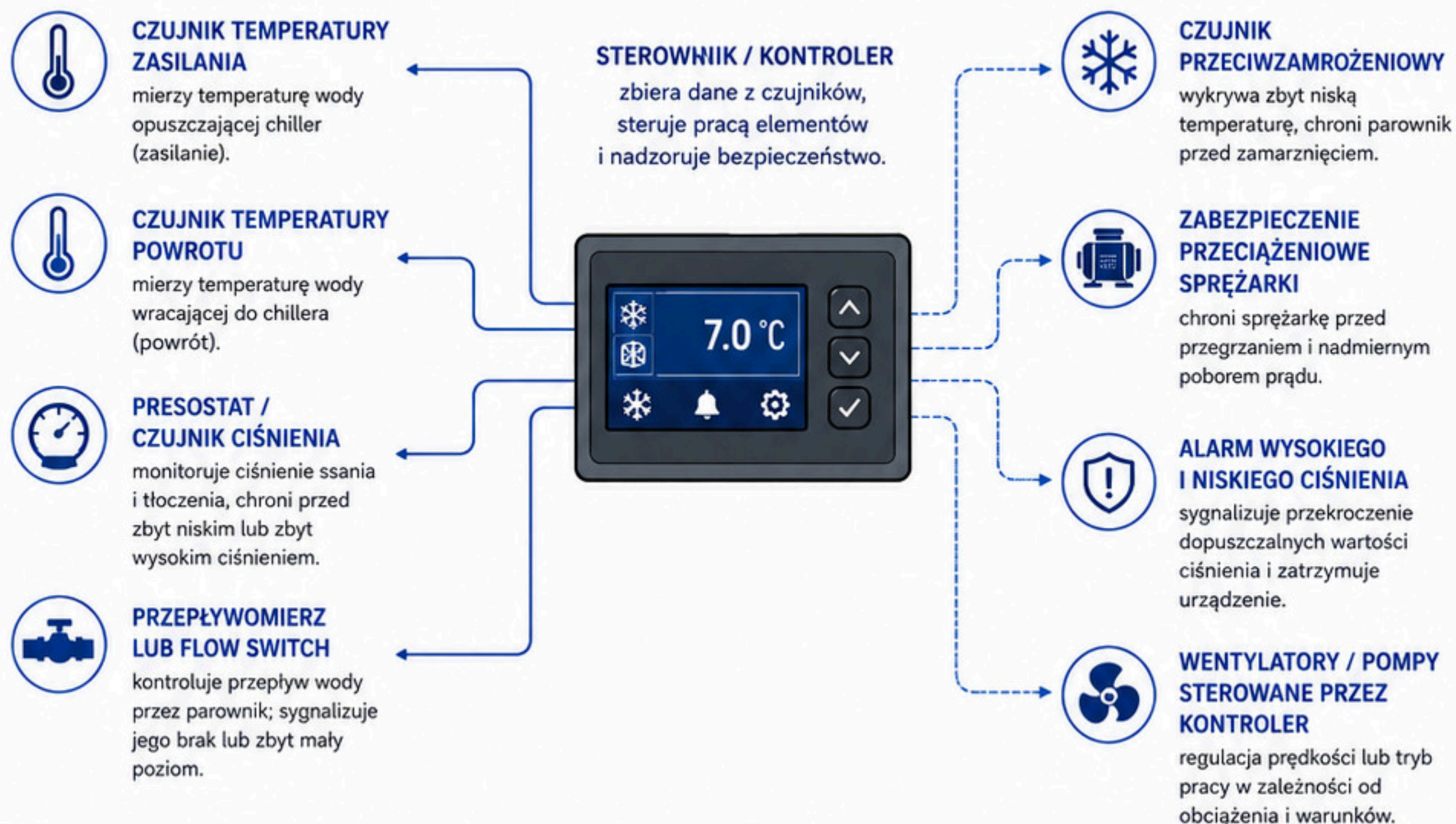
5. Czy wartości ciśnienia są logiczne?

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK

19 Czujniki, sterowanie i zabezpieczenia



CEL EDUKACYJNY: poznać elementy, które mierzą pracę układu, sterują nim i chronią urządzenie przed uszkodzeniem.



Element	– do czego służy
Czujniki temperatury (zasilanie / powrót)	Pozwalają sterownikowi utrzymać zadane temperatury wody.
Presostat / czujnik ciśnienia	Monitoruje ciśnienia w układzie chłodniczym i zabezpiecza przed ich przekroczeniem.
Przepływomierz lub flow switch	Zapewnia, że przez parownik płynie odpowiedni przepływ wody.
Czujnik przeciwzamrożeniowy	Chroni parownik przed zamarznięciem i uszkodzeniem.
Zabezpieczenie przeciążeniowe sprężarki	Chroni silnik sprężarki przed przegrzaniem i nadmiernym obciążeniem.
Alarm wysokiego i niskiego ciśnienia	Wykrywa niebezpieczne warunki pracy i wyłącza urządzenie.
Wentylatory / pompy sterowane przez kontroler	Dostosowują wydajność do aktualnego zapotrzebowania i warunków pracy.
Sterownik / kontroler	Zbiera dane, steruje elementami wykonawczymi i zarządza zabezpieczeniami.



CO SPRAWDZIĆ

- Odczyty czujników: temperatur i ciśnień.
- Czy wskazania są spójne z warunkami pracy.
- Czy nie ma aktywnych alarmów.
- Ustawienia sterownika (nastawy, histereza).
- Komunikaty błędów w sterowniku / HMI.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- Brak rozruchu – zadziałało zabezpieczenie (ciśnienie, temperatura, przepływ).
- Fałszywe alarmy – nieprawidłowe wskazania czujników lub luźne połączenia.
- Zbyt częste wyłączenia – niestabilne warunki pracy, zabrudzone wymienniki, niewłaściwy przepływ.
- Niestabilna temperatura – błędne nastawy, uszkodzony czujnik lub zakłócenia sterowania.



KIEDY PRZERWAĆ DIAGNOSTYKĘ I WEZWAĆ OSOBĘ Z ODPOWIEDNIMI UPRAWNIENIAMI

- Gdy potrzebna jest zaawansowana praca elektryczna (poza prostymi pomiarami).
- Gdy wymagane jest przeprogramowanie sterownika lub zmiana parametrów producenta.
- Gdy konieczne jest otwarcie obiegu chłodniczego regulowanego czynnikami (F-gazowymi) – tylko przez osobę z odpowiednimi uprawnieniami.

CZUJNIKI I STEROWANIE – OCZY I MÓZG AGREGATU CHŁODNICZEGO



Cel edukacyjny

Wyjaśnić, że nowoczesny Chiller podejmuje decyzje na podstawie danych otrzymywanych z czujników. Czytelnik powinien zrozumieć, że nieprawidłowy...

Najważniejsze

- Co robią czujniki?
- Czujniki mierzą aktualne warunki pracy urządzenia.
- Mogą monitorować między innymi:
 - temperaturę wody na wejściu i wyjściu;
 - temperaturę czynnika chłodniczego;
 - ciśnienie po stronie niskiej i wysokiej;
 - przepływ wody;
 - temperaturę powietrza zewnętrznego;
 - temperaturę elementów urządzenia;
 - poziom lub stan określonych układów pomocniczych.

7°C

- Sterownik odczytuje:

9°C

- Jeżeli pozostałe warunki są prawidłowe, może zwiększyć wydajność chłodniczą, aby obniżyć temperaturę.
- Ale co, jeśli czujnik podaje błędną wartość?
- Rzeczywista temperatura:

7°C

- Czujnik pokazuje:

10°C

- Sterownik „wierzy” pomiarowi.
- Może więc próbować zwiększyć chłodzenie mimo braku rzeczywistej potrzeby.
- Bloco „Zasada diagnostyczna”:

NIE ZAKŁADAJ, ŻE WARTOŚĆ NA EKRANIE JEST ZAWSZE PRAWIDŁOWA.

- Jeżeli odczyt nie pasuje do pozostałych danych, należy go zweryfikować zgodnie z dokumentacją i właściwą procedurą pomiarową.
- Typowe sygnały problemu z pomiarem:
 - wartość nierealistyczna;
 - gwałtowne skoki odczytu;
 - odczyt niezmienny mimo zmiany warunków;
 - różnica pomiędzy dwoma niezależnymi pomiarami;
 - alarm pojawiający się bez logicznego potwierdzenia w systemie.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ

Zabezpieczenia Chillera – kiedy urządzenie zatrzymuje się, aby chronić siebie i instalację



Cel edukacyjny

Zakończyć Moduł 02 poprzez pokazanie, że alarm lub zatrzymanie urządzenia nie jest wyłącznie „problemem”, lecz często świadomą reakcją...

Najważniejsze

- Dlaczego Chiller ma zabezpieczenia?
- Urządzenie pracuje z:
 - energią elektryczną;
 - ciśnieniem;
 - ruchem mechanicznym;
 - czynnikiem chłodniczym;
 - zmiennymi temperaturami;
 - przepływem cieczy.
- Dlatego system sterowania stale sprawdza, czy warunki pozostają w dozwolonym zakresie.

1. Zbyt wysokie ciśnienie

- Układ może ograniczyć pracę lub zatrzymać urządzenie, aby uniknąć niebezpiecznych warunków po stronie wysokiego ciśnienia.

2. Zbyt niskie ciśnienie

- Może wskazywać na nieprawidłowe warunki w obiegu chłodniczym lub brak odpowiedniego odbioru ciepła.

3. Brak lub zbyt mały przepływ wody

- Chiller może zablokować pracę sprężarki, aby chronić parownik.

4. Ryzyko zamarzania

- Jeżeli warunki wskazują na możliwość zamarznięcia medium w parowniku, sterownik może zatrzymać urządzenie.

5. Przeciążenie silnika

- Chroni silnik sprężarki, pompy lub wentylatora przed nadmiernym obciążeniem.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK

**Cel edukacyjny**

Rozpocząć moduł pokazujący, że nie każdy Chiller jest zbudowany i eksploatowany w taki sam sposób. Czytelnik powinien nauczyć się...

Najważniejsze

- MODUŁ 03
- RODZAJE CHILLERÓW I ICH ZASTOSOWANIA

Co to oznacza w praktyce

- Podtytuł:
- „Ten sam cel chłodniczy — różne sposoby jego realizacji.”

Co sprawdzić / zapamiętać

- Krótka zapowiedź modułu:
- „Poznasz agregaty chłodzone powietrzem i wodą, podstawowe różnice wynikające z rodzaju sprężarki, Chillery absorpcyjne, chłodzenie procesowe, instalacje

Wniosek technika

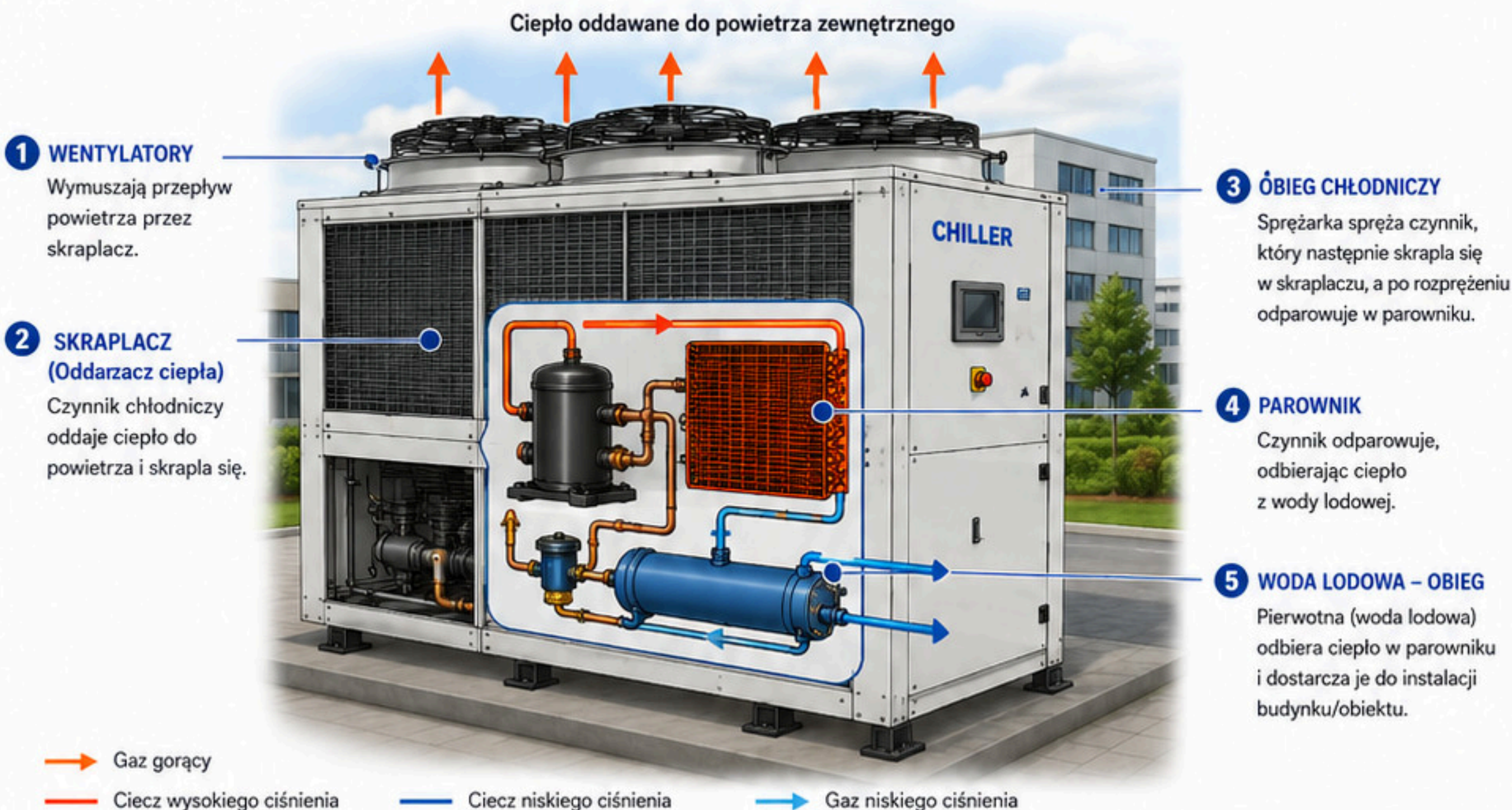
- Dodatkowe zdanie:
- „Rozpoznanie rodzaju urządzenia jest jednym z pierwszych kroków przed każdą analizą techniczną.”

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK



Cel edukacyjny: zrozumieć zasadę działania chillera chłodzonego powietrzem, jego zalety, ograniczenia i typowe zastosowania.

ZASADA DZIAŁANIA CHILLERA CHŁODZONEGO POWIETRZEM



JAK DZIAŁA

- 1 Sprężarka** spręża czynnik chłodniczy, podnosząc jego temperaturę i ciśnienie.
- 2 W skraplaczu** czynnik oddaje ciepło do powietrza zewnętrznego przy wymuszonym przepływie i skrapla się.
- 3** Po przejściu przez zawór rozprężny czynnik obniża ciśnienie i temperaturę.
- 4 W parowniku** czynnik odparowuje, odbierając ciepło z wody lodowej, która następnie chłodzi instalację użytkową.



ZALETY

- Brak potrzeby wież chłodniczych i wody chłodzącej.
- Niższe koszty instalacji i prostsza eksploatacja.
- Kompaktowa budowa – mniejsza powierzchnia zabudowy.
- Łatwa rozbudowa modułowa.
- Brak ryzyka rozwoju bakterii Legionella.



OGRANICZENIA

- Niższa efektywność przy wysokich temperaturach otoczenia.
- Wyższe zużycie energii w porównaniu do chillerów wodnych.
- Wymaga zapewnienia odpowiedniego przepływu powietrza.
- Mogą być głośniejsze (praca wentylatorów).



GDZIE SPRAWDZA SIĘ NAJLEPIEJ



Biurowce

Zapewnienie komfortu chłodniczego dla systemów HVAC.



Obiekty komercyjne

Sklepy, centra handlowe, hotele, restauracje.



Lekkie procesy

Procesy technologiczne o stabilnym, umiarkowanym zapotrzebowaniu na chłód.



Modernizacje

Idealne przy braku możliwości zastosowania wież chłodniczych.



CO SPRAWDZIĆ

- ☒ Temperatura powietrza zewnętrznego (aktualna i projektowa).
- ☒ Przepływ powietrza – brak przeszkód przed i za skraplaczem.
- ☒ Czystość lameli skraplacza (brud znacząco obniża wydajność).
- ☒ Pracę wentylatorów – prędkość, prąd, hałas, kierunek obrotów.
- ☒ Przestrzeń serwisową i odstępy montażowe wymagane przez producenta.

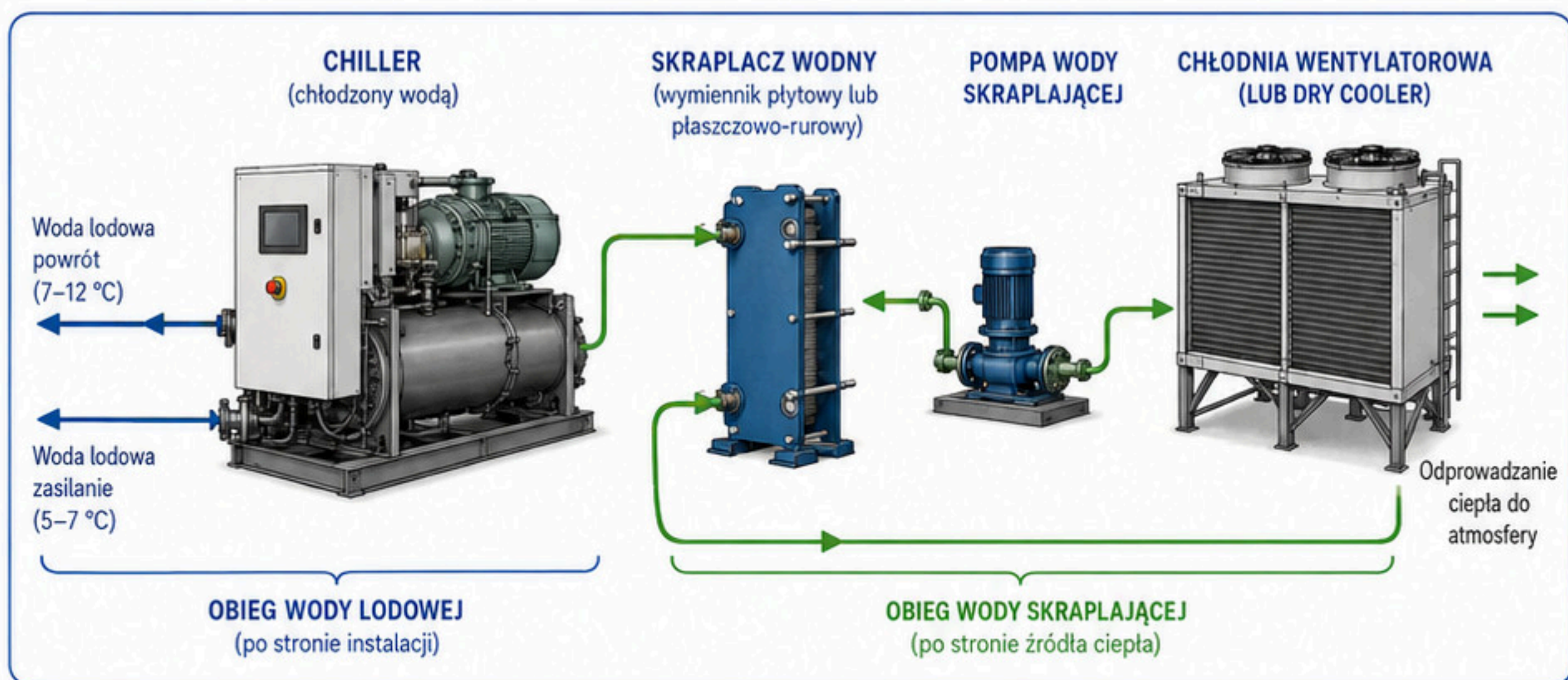


NAJCZĘSTSZY BŁĄD

Ignorowanie warunków otoczenia – montaż w miejscach z ograniczoną cyrkulacją powietrza (wnęki, między ścianami, blisko wyrzutni) prowadzi do recyrkulacji gorącego powietrza i spadku wydajności, częstych alarmów wysokiego ciśnienia oraz skrócenia żywotności układu.



Cel edukacyjny: poznać budowę i logikę pracy chillera chłodzonego wodą oraz zrozumieć, kiedy taki układ ma przewagę nad rozwiązaniem chłodzonym powietrzem.



JAK DZIAŁA

- 1 Chiller odbiera ciepło z wody lodowej (po stronie instalacji) i spręża czynnik chłodniczy.
- 2 Ciepło skraplania jest przekazywane w skraplaczu wodnym do wody skraplającej.
- 3 Woda skraplająca odbiera ciepło i transportuje je do chłodni wentylatorowej (lub dry cooler), gdzie jest oddawane do atmosfery.
- 4 Ochłodzona woda skraplająca wraca do skraplacza, a cykl się powtarza.



ZALETY

- ✓ Wyższa efektywność energetyczna (EER/COP) w porównaniu do chillerów chłodzonych powietrzem.
- ✓ Stabilna praca przy wysokich temperaturach zewnętrznych.
- ✓ Niższe poziomy hałasu – brak wentylatorów na agregacie.
- ✓ Kompaktowa konstrukcja – mniejsza powierzchnia zabudowy urządzenia.
- ✓ Lepsza wydajność w trybie częściowego obciążenia.



OGRANICZENIA

- Wyższe koszty instalacji (wieża chłodnicza, pompy, rurociągi).
- Wymagania dotyczące jakości wody i jej uzdatniania.
- Większe zapotrzebowanie na konserwację obiegu wody skraplającej.
- Uzależnienie od dostępności wody uzdatnionej lub rygorystycznych ograniczeń środowiskowych.



WYMAGANIA INSTALACYJNE

	JAKOŚĆ WODY	Woda skraplająca powinna być uzdatniona – kontrola twardości, przewodności, pH, inhibitor korozji i osadów.
	ŹRÓDŁO ODDAWANIA CIEPŁA	Chłodnia wentylatorowa (wieża chłodnicza) lub dry cooler dobrane do warunków klimatycznych i obciążenia cieplnego.
	POMPY	Pompa wody skraplającej o odpowiedniej wydajności i wysokości podnoszenia; zalecana pompa rezerwowa (stand-by).
	KONSERWACJA	Regularne czyszczenie skraplacza, kontrola uzdatniania wody, inspekcja wieży lub dry coolera.
	PRZESTRZEŃ	Miejsce na agregat, pompy, wymiennik i urządzenie oddające ciepło oraz dostęp serwisowy.



TYPOWE ZASTOSOWANIA

- Duże budynki komercyjne, centra danych, hotele, szpitale.
- Procesy przemysłowe wymagające stabilnych parametrów i wysokiej efektywności.
- Układy centralnego chłodzenia (district cooling).
- Obiekty w regionach o wysokich temperaturach zewnętrznych lub ograniczeniu emisji hałasu.

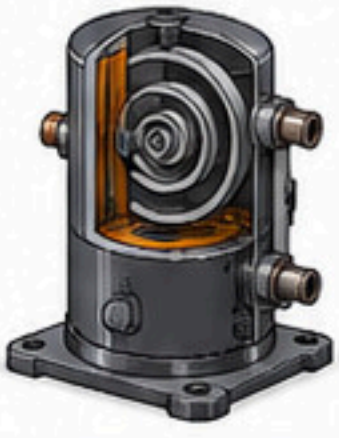
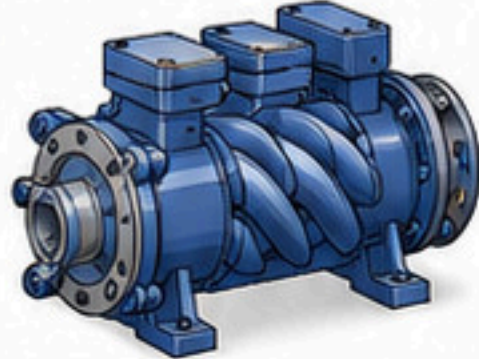
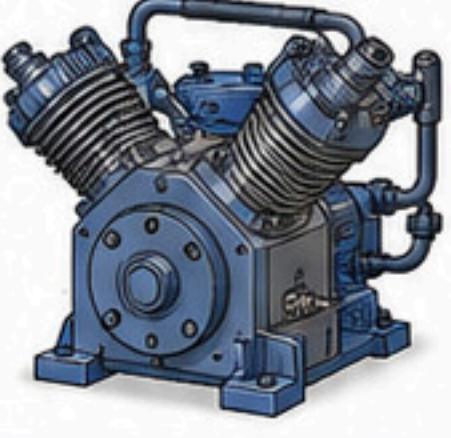
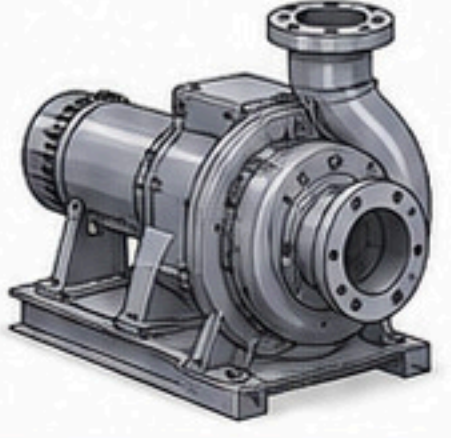


CO SPRAWDZIĆ

- Przepływ wody skraplającej – zgodny z wymaganiami producenta.
- Zabrudzenie skraplacza (spadek ΔT wody, wzrost ciśnienia).
- Uzdatnianie wody – poziom inhibitorów, pH, przewodność, biocyd.
- Stan chłodni wentylatorowej/dry coolera – wypełnienie, dysze, wentylatory, osady.
- Temperatury skraplania – zgodność z projektem i warunkami pracy.



Cel edukacyjny: porównać najczęściej spotykane typy sprężarek i rozumieć, gdzie sprawdzają się najlepiej.

	SCROLL (spiralna)	ŚRUBOWA	TŁOKOWA	ODŚRODKOWA
				
 Typowa skala zastosowań	Małe i średnie moce ok. 10–300 kW	Średnie i duże moce ok. 100–2500+ kW	Małe i średnie moce ok. 5–800 kW	Bardzo duże moce ok. 500–5000+ kW
 Mocne strony	- Wysoka sprawność - Cicha praca - Mało ruchomych części - Kompaktowa budowa	- Wysoka sprawność - Dobra praca w szerokim zakresie obciążeń - Niezawodna konstrukcja - Dobre do pracy ciągłej	- Prosta konstrukcja - Dobra przy niskich temperaturach - Łatwość naprawy - Niski koszt zakupu	- Najwyższa sprawność przy wysokich mocach - Mała liczba części ruchomych - Cicha praca
 Ograniczenia	- Wrażliwa na uderzenia ciekłe i zanieczyszczenia - Ograniczona praca przy bardzo niskich temperaturach	- Wyższy koszt początkowy - Wymaga dobrej jakości oleju i filtracji - Wrażliwa na cofanie się czynnika	- Wyższy poziom hałasu i drgań - Więcej części ruchomych - Niższa sprawność przy częściowych obciążeniach	- Wysoki koszt początkowy - Wymaga prędkości obrotowych (wałownik/łożyska ślizgowe) - Niższa sprawność przy niskich obciążeniach
 Gdzie spotykana	- Chillery wody lodowej - Pompy ciepła - Systemy komfortu - Obiekty komercyjne	- Chillery wody lodowej - Systemy przemysłowe - Duże budynki i zakłady produkcyjne	- Instalacje niskotemperaturowe - Chłodnictwo przemysłowe - Magazyny chłodnicze - Modernizacje starszych instalacji	- Duże centrale chłodnicze - Systemy miejskie (district cooling) - Przemysł chemiczny i procesowy

JAK DOBRAĆ TYP SPRĘŻARKI DO ZADANIA

	1. Profil obciążenia	Stale wysokie obciążenia – śrubowa lub odśrodkowa. Zmiennie i częściowe obciążenia – scroll (małe/średnie moce).
	2. Wymagana moc	Dopasuj typ do wymaganej mocy chłodniczej i zakresu pracy. Zbyt duży zapas mocy obniża sprawność.
	3. Hałas i drgania	Scroll i odśrodkowe są najcichsze. Tłokowe generują najwyższy poziom hałasu i drgań.
	4. Sprawność przy częściowych obciążeniach	Scroll i śrubowe dobrze modulują moc. Tłokowe i odśrodkowe są najlepsze przy pełnym obciążeniu.
	5. Serwis i dostępność części	Tłokowe – łatwe naprawy i tańsze części. Scroll/śrubowe – wymagają wyszkolonego serwisu i dobrej jakości oleju oraz filtracji.



NAJCZĘSTSZY BŁĄD

Nie istnieje „najlepszy” typ sprężarki do każdego zastosowania.



Wybór tylko po cenie zakupu lub mocy prowadzi do problemów z eksploatacją.



Źle dobrany typ skutkuje niższą sprawnością, wyższymi kosztami, częstszymi awariami i hałasem.



Zawsze analizuj:

- warunki pracy i profil obciążenia,
- wymagania instalacji,
- całkowity koszt posiadania (TCO).

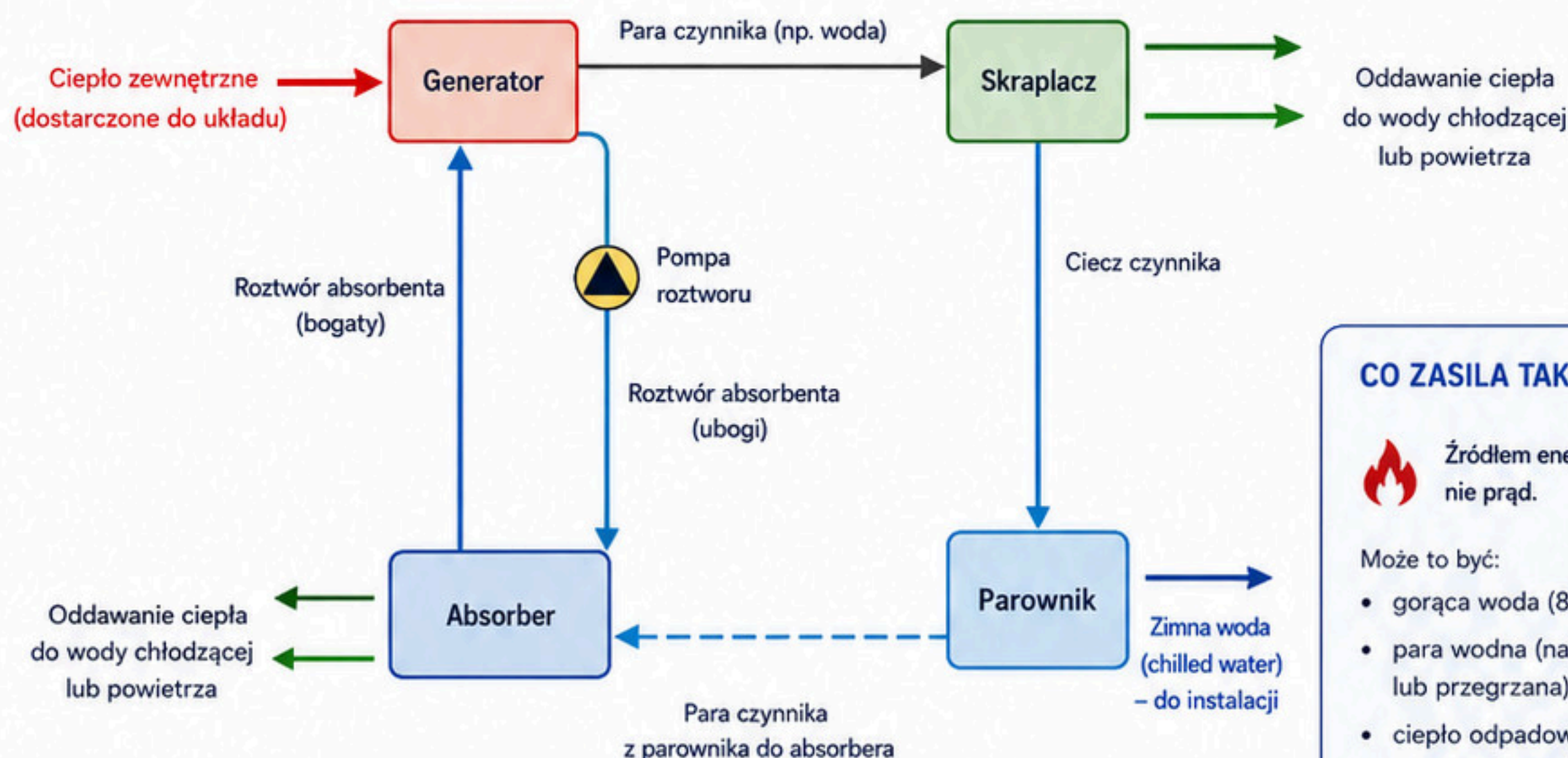
Dopasowanie to klucz do niezawodnej i ekonomicznej pracy.



Cel edukacyjny: zrozumieć podstawową zasadę działania agregatu absorpcyjnego i wiedzieć, w jakich zastosowaniach może być korzystny.

Chillery absorpcyjne wytwarzają zimną wodę przy użyciu ciepła zamiast energii elektrycznej sprężarek. Wykorzystują parę czynnika (najczęściej wody) oraz roztwór absorbenta (np. bromek litu), do przenoszenia i oddawania ciepła w zamkniętym obiegu.

UPROSZCZONY SCHEMAT CHILLERA ABSORPCYJNEGO (NAPĘD CIEPLNY)



CO ZASILĄ TAKI UKŁAD?



Źródłem energii jest ciepło, nie prąd.

Może to być:

- gorąca woda (80–95 °C)
- para wodna (nasycona lub przegrzana)
- ciepło odpadowe z procesów technologicznych
- spaliny z silników gazowych lub turbin



Zewnętrzne ciepło w generatorze uwalnia parę czynnika z roztworu. Para skrapla się, następnie odparowuje w parowniku pobierając ciepło z wody lodowej. W absorberze para jest ponownie wychwytywana przez roztwór, oddając ciepło na zewnątrz.



MOCNE STRONY

- Niskie zużycie energii elektrycznej (tylko pompy i wentylatory).
- Wykorzystanie taniego lub odpadowego ciepła.
- Dobra niezawodność i długa żywotność przy właściwej obsłudze.
- Cicha praca – mało elementów ruchomych.
- Korzystne w skojarzonych systemach (kogeneracja/trigeneracja).



OGRANICZENIA

- Wymaga stabilnego i wystarczająco wysokiego źródła ciepła.
- Niższa efektywność w porównaniu do sprężarkowych chillerów elektrycznych (COP zwykle 0,6–1,2).
- Większe gabaryty i masa.
- Dłuższy czas rozruchu i zmniejszona elastyczność przy zmianach obciążenia.
- Wymaga dobrej jakości wody chłodzącej i odpowiedniej obsługi.



GDZIE SPOTYKANY?



Układy trigeneracji (CHP + ciepło + chłód) w budynkach i kampusach.



Zakłady przemysłowe z dostępnym ciepłem odpadowym.



Obiekty z ciepłem z procesów technologicznych lub spalin: rafinerie, huty, zakłady chemiczne, biogazownie.



BEZPIECZEŃSTWO I KOMPETENCJE

Chillery absorpcyjne pracują z wysoką temperaturą i podciśnieniem oraz z roztworami absorbenta (np. roztwór bromku litu), które mogą być korozyjne i higroskopijne. Serwis, diagnostyka i naprawy powinny być wykonywane przez wykwalifikowany personel zgodnie z dokumentacją producenta oraz procedurami bezpieczeństwa.

Nie każdy Chiller pracuje dla klimatyzacji – komfort i proces to dwa różne światy



Cel edukacyjny

Rozróżnić dwa duże obszary zastosowania Chillerów i pokazać, że kryteria eksploatacyjne mogą być inne.

Najważniejsze

- CHŁODZENIE KOMFORTU
- Celem jest zapewnienie odpowiednich warunków wewnątrz budynku dla ludzi.
- Typowe obiekty:
 - biurowce;
 - hotele;
 - galerie handlowe;
 - szpitale;
 - budynki użyteczności publicznej.
- Chiller schładza wodę, która może następnie zasilać:

Co to oznacza w praktyce

- temperaturą zewnętrzną;
- nasłonecznieniem;
- liczbą osób;
- porą dnia;
- obciążeniem budynku.
- CHŁODZENIE PROCESOWE
- Celem jest utrzymanie warunków wymaganych przez:
 - maszynę, produkt lub proces technologiczny.
- Typowe zastosowania:

Co sprawdzić / zapamiętać

- procesy wymagające stabilnej temperatury.
- Tutaj priorytetem może być:
 - ciągłość pracy;
 - stabilność temperatury;
 - szybka reakcja na zmianę obciążenia;
 - praca przez cały rok;
 - wysoka niezawodność.
- Najważniejsza różnica:
 - Komfort:
 - „Czy ludzie mają odpowiednie warunki?”

Wniosek technika

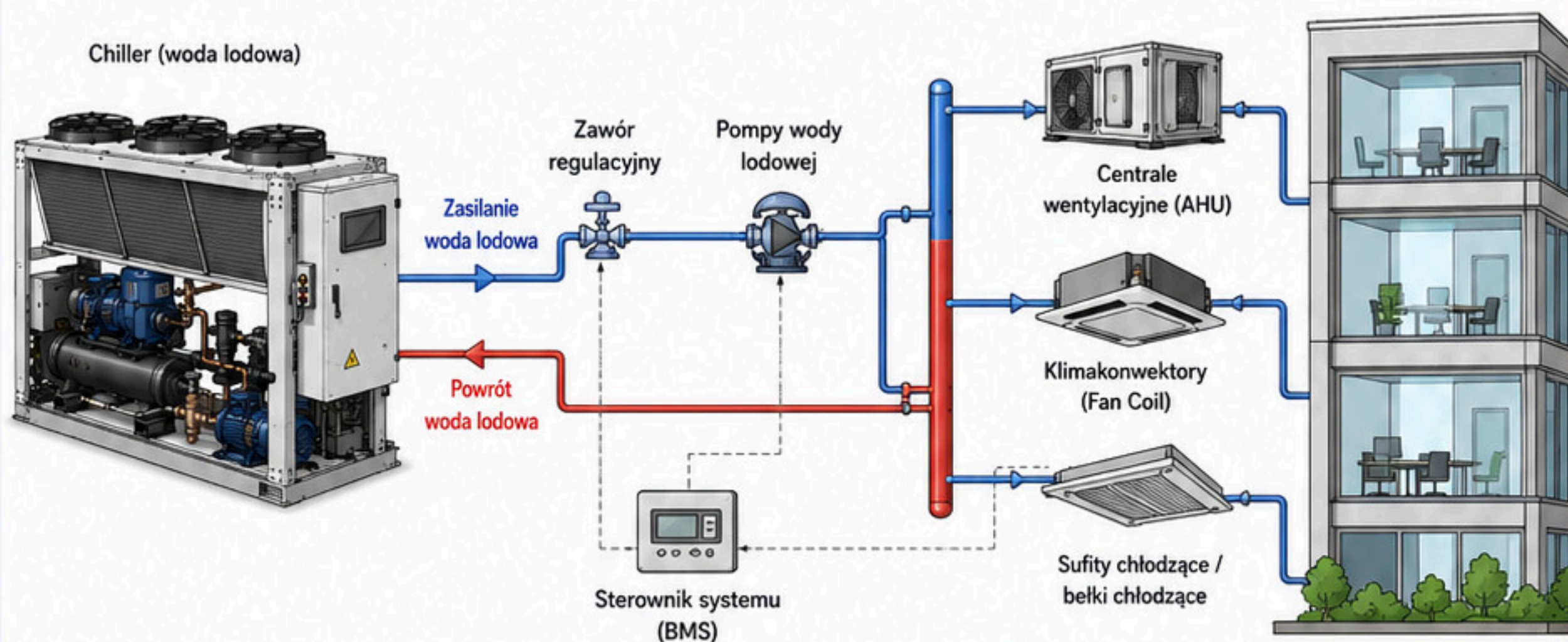
- Exemplo prático 2:
- Linia produkcyjna pracująca przez całą dobę może wymagać chłodzenia również zimą.
- Bloco „Dlaczego to ważne dla technika?”
- Ten sam objaw może mieć inny poziom pilności.
- W obiekcie procesowym zatrzymanie Chillera może zatrzymać produkcję.
- Dlatego znaczenie mają:
 - redundancja;
 - monitoring;

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK



Cel edukacyjny: poznać specyfikę zastosowania chillerów w klimatyzacji komfortu i zrozumieć, jakie parametry są wtedy najważniejsze.

SCHEMAT INSTALACJI – CHILLER W KLIMATYZACJI KOMFORTU



GDZIE STOSOWANY



Biurowce i centra biznesowe.



Hotele i obiekty noclegowe.



Galerie handlowe i centra usługowe.



Szpitala i placówki medyczne.



Obiekty publiczne (szkoły, urzędy, muzea, lotniska).



CO JEST PRIORYTETEM



Komfort użytkowników – stabilna temperatura, wilgotność i jakość powietrza.



Stabilna temperatura wody lodowej – najczęściej 5–7 °C na zasilaniu i 10–12 °C na powrocie.



Cisza – niskie poziomy hałasu urządzeń i instalacji.



Efektywność energetyczna – wysoki COP/IPLV, niski pobór energii.



Sterowanie – płynna regulacja i integracja z BMS.



JAK WYGLĄDA OBCIĄŻENIE



Zmienne obciążenie w ciągu dnia i w różnych porach roku.



Największe zapotrzebowanie w godzinach popołudniowych w okresie letnim.



Chiller pracuje głównie w zakresie częściowym (częściowe obciążenie).



Wymagana szybka reakcja na zmiany obciążenia.



CO SPRAWDZIĆ

1



ΔT WODY LODOWEJ

Utrzymuj zalecane ΔT (najczęściej 5–6 K). Zbyt niskie ΔT = większy przepływ i wyższe zużycie energii.

2



PRZEPŁYW

Sprawdź przepływ wody lodowej zgodnie z dokumentacją. Upewnij się, że pompy modułują z obciążeniem.

3



HARMONOGRAM PRACY

Dostosuj czasy pracy chillera do harmonogramu obiektu. Wykorzystuj tryby nocne i weekendowe.

4



STEROWANIE

Sprawdź nastawy regulacji (temperatury, ΔT, priorytety). Zweryfikuj komunikację z systemem BMS.

5



STAN POMP I URZĄDZEŃ KOŃCOWYCH

Kontroluj pracę pomp, zaworów i jednostek nawiewnych. Dbaj o czystość filtrów i wymienników w AHU / FCU.



WSKAZÓWKA TECHNIKA

W klimatyzacji komfortu kluczowa jest praca w zakresie częściowego obciążenia.

Dobrze dobrane regulacje, odpowiedni przepływ i utrzymanie parametrów wody lodowej zapewniają:

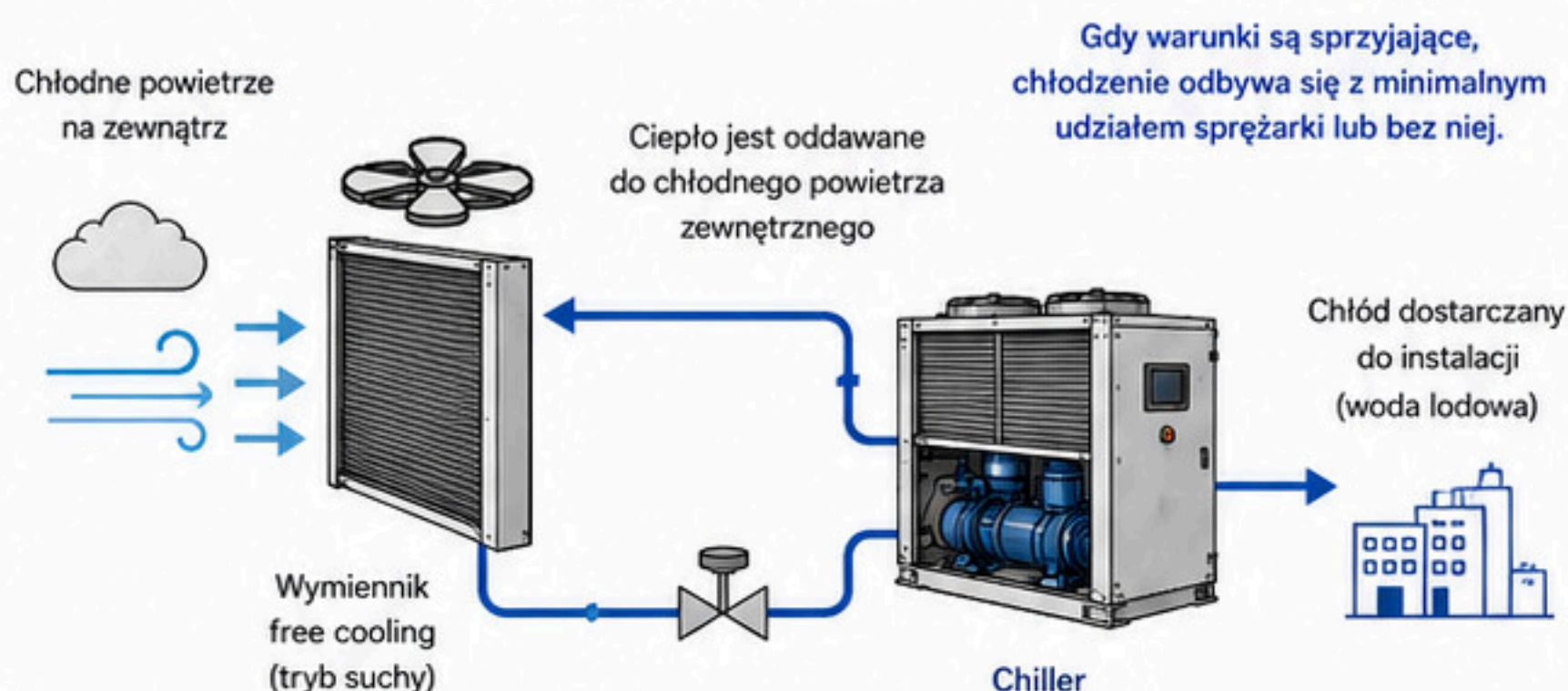
- ✓ stabilny komfort użytkowników,
- ✓ cichą pracę instalacji,
- ✓ niższe zużycie energii,
- ✓ dłuższą żywotność urządzeń.

Zawsze myśl o komforcie użytkownika – to nasz najważniejszy klient.



Cel edukacyjny: zrozumieć, na czym polega free cooling i jak porównywać różne typy chillerów pod kątem zastosowania.

1. Jak działa free cooling



Free cooling wykorzystuje niską temperaturę powietrza zewnętrznego, aby oddać ciepło z wody lodowej bez pracy sprężarki (lub z jej ograniczoną pracą), co obniża zużycie energii.

2. Kiedy free cooling ma sens



Niskie temperatury na zewnątrz
Częste okresy, gdy temperatura zewnętrzna jest niższa niż temperatura wody lodowej na wylocie z chillera.



Długi czas pracy w sezonie
Im więcej godzin w roku można pracować w trybie free cooling, tym większe oszczędności energii.



Obiekty z całoroczną potrzebą chłodu
Centra danych, przemysł procesowy, laboratoria – wymagają ciągłego chłodzenia, również zimą.

3. Porównanie typowych rozwiązań

	Chiller chłodzony powietrzem	Chiller chłodzony wodą	Chiller absorpcyjny	Układ z free cooling (hybrydowy)
Koszt instalacji	Średni	Wysoki	Wysoki	Wysoki
Złożoność	Niska	Wysoka	Wysoka	Wysoka
Efektywność sezonowa	Średnia	Wysoka	Wysoka (z ciepłem odpadowym)	Bardzo wysoka
Potrzeba wody	Brak (TYLKO woda lodowa w obiegu)	Stały pobór wody chłodzącej	Brak wody chłodzącej (wymaga ciepła)	Brak wody chłodzącej (tryb suchy) lub minimalny (tryb mokry)
Typowe zastosowania	Biura, obiekty komercyjne, procesy o średniej lub niskiej gęstości ciepła	Duże budynki, przemysł, instalacje z dostępem do wody chłodzącej	Obiekty z dostępem do ciepła odpadowego (para, gorąca woda) lub gazu	Centra danych, szpitale, zakłady przemysłowe o wysokich wymaganiach i całorocznej potrzebie chłodu

4. Jak czytać porównanie



- Nie ma jednego najlepszego rozwiązania dla każdego obiektu.
- Porównuj systemy w kontekście całkowitego kosztu posiadania (TCO) i warunków lokalnych.
- Free cooling zwiększa efektywność sezonową, zwłaszcza w klimacie o chłodnych zimach.
- Dobrze zaprojektowany układ wykorzysta free cooling tak długo, jak to możliwe, przechodząc płynnie na pracę sprężarek.



5. Najczęstszy błąd



Porównywanie systemów tylko po jednym parametrze (np. cena zakupu).

Decyzja oparta wyłącznie na koszcie instalacji może prowadzić do wysokich kosztów energii, większych opłat za wodę lub problemów z niezawodnością.



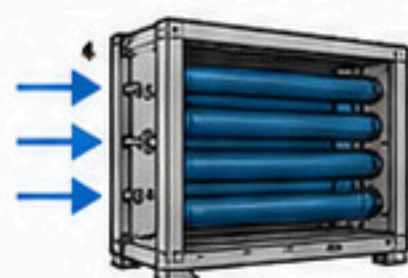
Cel edukacyjny: zrozumieć, jak zmiany ciśnienia wpływają na temperaturę czynnika i dlaczego ta zależność decyduje o pracy całego układu.

1. Zależność ciśnienia i temperatury w obiegu chłodniczym

1 PAROWNIK

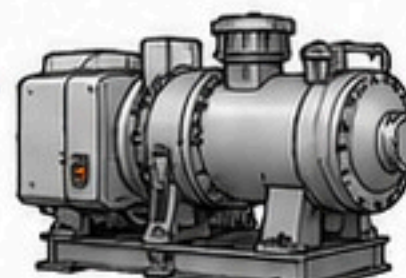
Niskie ciśnienie
Niska temperatura

Czynnik odparowuje,
chłodząc wodę lodową.



Mieszanka ciecz-gaz
(niska T, niskie p)

Gaz niskociśnieniowy
(niska T, niskie p)



2 SPRĘŻARKA

Wysokie ciśnienie
Wysoka temperatura

Sprężarka podnosi
ciśnienie i temperaturę
czynnika.

Gaz wysokociśnieniowy
(wysoka T, wysokie p)

4 ZAWÓR ROZPRĘŻNY

Spadek ciśnienie
Spadek temperatury

Zawór obniża ciśnienie
i temperaturę czynnika.



KLUCZ DO ODCZYTU

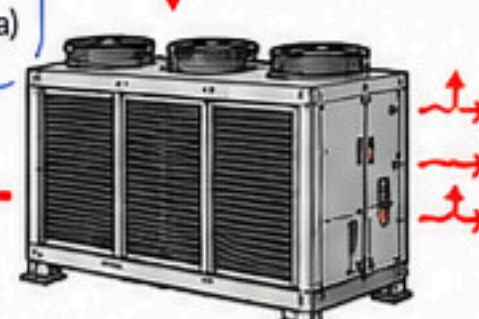
- Strona niskiego ciśnienia
(niskie ciśnienie, niska temperatura)
- Strona wysokiego ciśnienia
(wysokie ciśnienie, wysoka temperatura)

Ciecz wysokociśnieniowa
(wysoka T, wysokie p)

3 SKRAPLACZ

Wysokie ciśnienie
Wysoka temperatura

Czynnik oddaje ciepło
do otoczenia
i skrapla się.



2. Strony obiegu

STRONA NISKIEGO CIŚNIENIA (parownik + linia ssawna)

- Ciśnienie niskie
- Temperatura niska
- Czynnik w stanie:
odparowany lub mieszanina

STRONA WYSOKIEGO CIŚNIENIA (sprężarka + skraplacz + linia tłoczna)

- Ciśnienie wysokie
- Temperatura wysoka
- Czynnik w stanie:
ciecz (przed zaworem)
lub para o wysokiej T (po sprężarce)

3. Zależność ogólna



Wyższe ciśnienie → wyższa temperatura nasycenia



Niższe ciśnienie → niższa temperatura nasycenia

4. Co dzieje się z ciśnieniem w kluczowych miejscach?

Gdzie ciśnienie rośnie?	Gdzie spada?	Co to oznacza w praktyce?
Sprężarka (ssanie → tłoczenie) ↑	—	Sprężarka podnosi ciśnienie czynnika, aby możliwe było oddanie ciepła w skraplaczu.
—	Zawór rozprężny (przed → za zaworem) ↓	Zawór rozprężny gwałtownie obniża ciśnienie, co powoduje spadek temperatury i parowanie w parowniku.
Skraplacz (pod wpływem ciepła) ↑	Parownik (pobór ciepła) ↓	W skraplaczu ciśnienie rośnie wraz z temperaturą nasycenia, w parowniku maleje wraz z jej spadkiem.

CO SPRAWDZIĆ

- ☐ Odczyty ciśnień ssania i tłoczenia – czy mieszczą się w typowym zakresie dla danego czynnika.
- ☐ Temperatury nasycenia wynikające z odczytów ciśnień – porównaj z rzeczywistymi temperaturami linii i wymienników.
- ☐ Zgodność odczytów z aktualnymi warunkami pracy (instalacja, obciążenie, temperatury otoczenia).
- ☐ Stabilność pomiarów – czy odczyty nie skaczą bez przyczyny.

CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- Wysokie ciśnienie skraplania**
Zabrudzone skraplacze, brak wody, zbyt wysokie temperatury otoczenia, nadmiar czynnika.
- Zbyt niskie ciśnienie ssania**
Niedobór czynnika, zabrudzony parownik, nadmierny przepływ przez zawór rozprężny.
- Niestabilne odczyty ciśnień**
Zapowietrzenie, niestabilny przepływ czynnika lub wody, problemy z regulacją, uszkodzony czujnik.



WSKAZÓWKI TECHNIKI



Ciśnienie zawsze interpretujemy razem z temperaturą, nie osobno.

Tylko połączenie tych dwóch informacji pozwala prawidłowo ocenić stan układu i zdiagnozować źródło problemu.

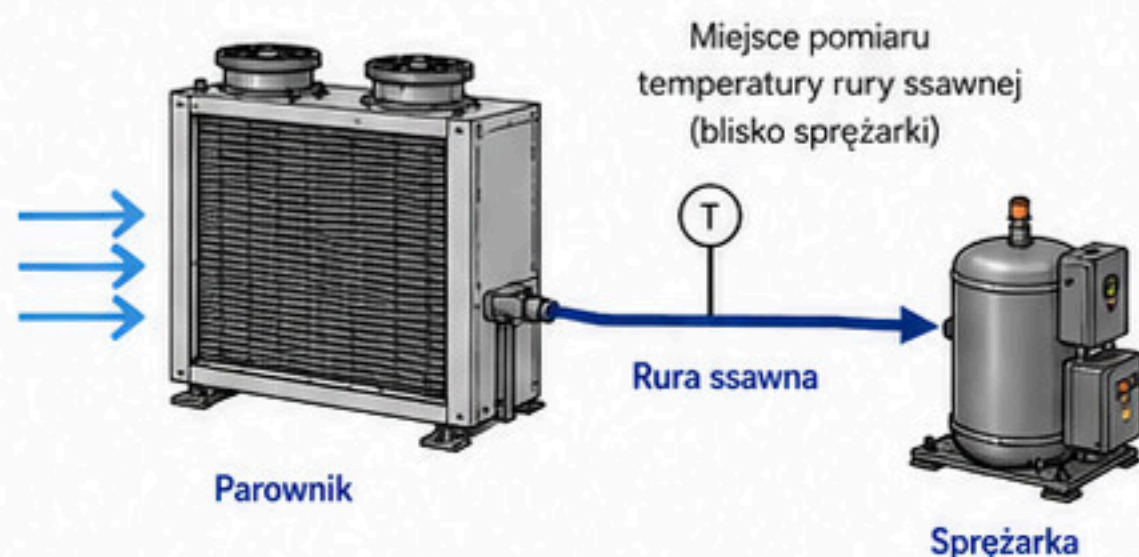
Patrz na cały obieg – nie na pojedynczy odczyt.



Cel edukacyjny: rozumieć, czym są przegrzanie i dochłodzenie oraz dlaczego oba parametry pomagają ocenić prawidłowość pracy układu.

1. PRZEGRZANIE (SUPERHEAT)

Chroni sprężarkę przed powrotem cieczy, zapewniając, że do sprężarki wraca tylko para.



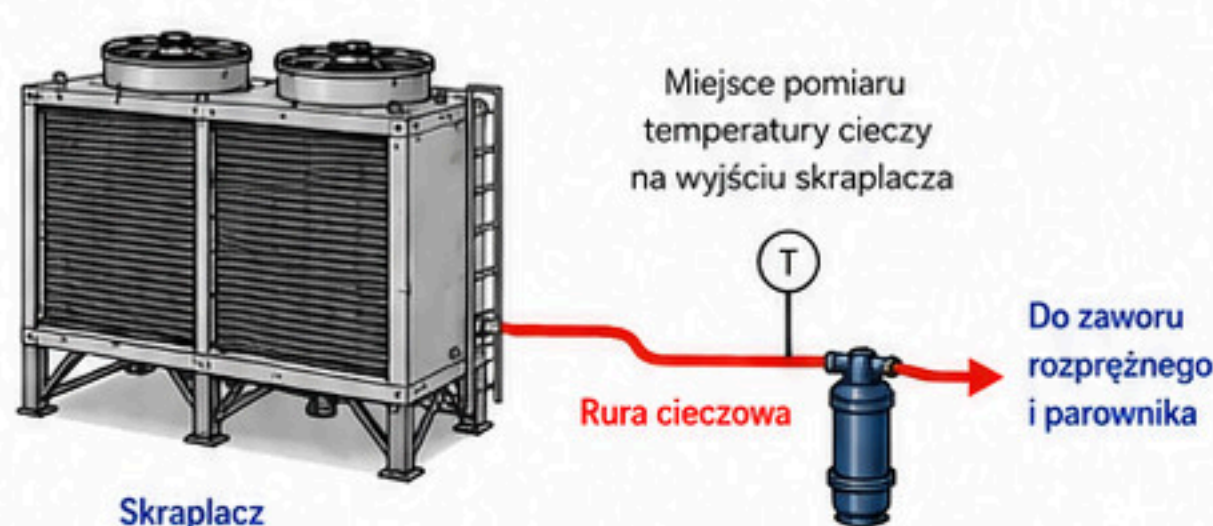
Przegrzanie = temperatura rury ssawnej
– temperatura nasycenia parowania

T Temperatura rury ssawnej – mierzona na rurociągu ssawnym.

Temperatura nasycenia parowania – odczyt z tablic lub sterownika na podstawie ciśnienia ssania.

2. DOCHŁODZENIE (SUBCOOLING)

Zapewnia, że ciecz na wyjściu ze skraplacza jest odpowiednio ochłodzona, co gwarantuje stabilne zasilanie zaworu rozprężnego.



Dochłodzenie = temperatura nasycenia skraplania
– temperatura cieczy na wyjściu skraplacza

T Temperatura cieczy – mierzona na rurociągu cieczowym na wyjściu ze skraplacza.

Temperatura nasycenia skraplania – odczyt z tablic lub sterownika na podstawie ciśnienia tłoczenia.

Parametr	Gdzie mierzymy	Co nam mówi	Typowe ryzyko przy nieprawidłowej wartości
Przegrzanie (superheat)	Temperatura na rurociągu ssawnym, blisko sprężarki. Ciśnienie ssania (do wyznaczenia temp. nasycenia parowania).	Czy para opuszczająca parownik jest wystarczająco przeegrzana, aby do sprężarki nie dotarła ciecz.	Zbyt małe przegrzanie: ryzyko powrotu cieczy do sprężarki (wzrost temperatury, uszkodzenia zaworów). Zbyt duże przegrzanie: niższa wydajność parownika, wyższe zużycie energii.
Dochłodzenie (subcooling)	Temperatura cieczy na wyjściu skraplacza (rura cieczowa). Ciśnienie tłoczenia (do wyznaczenia temp. nasycenia skraplania).	Czy ciecz na wyjściu ze skraplacza jest wystarczająco ochłodzona, aby zawór rozprężny był zasilany stabilnie i bez pęcherzy parowych.	Za małe dochłodzenie: ryzyko występowania pęcherzy pary w zaworze rozprężnym, niestabilna praca, spadek wydajności. Za duże dochłodzenie: niepotrzebne obniżenie wydajności układu i większe zużycie energii (przeochładzanie).



CO SPRAWDZIĆ



Miejsca pomiaru temperatury: ssanie – blisko sprężarki, ciecz – na wyjściu ze skraplacza.



Dokładne i stabilne odczyty ciśnienia ssania i tłoczenia.



Poprawną izolację czujników temperatury na rurach.



Stabilność odczytów – odczekaj kilka minut po zmianie warunków pracy przed oceną.



Temperatury nasycenia z tablic lub sterownika – zawsze dopasuj do użytego czynnika chłodniczego.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW



Zbyt małe przegrzanie

- Niedobór czynnika.
- Zapchany filtr/rozdzielacz.
- Zawór rozprężny zbyt otwarty.



Zbyt duże przegrzanie

- Niedobór czynnika.
- Zawór rozprężny zbyt przyknięty.
- Zanieczyszczony parownik, mały przepływ powietrza.



Za małe dochłodzenie

- Niedobór czynnika.
- Niska wydajność skraplacza (brudne lamelki, mały przepływ powietrza).
- Niewłaściwa praca wentylatorów skraplacza.



Za duże dochłodzenie

- Przewymiarowany skraplacz.
- Zbyt niska temperatura otoczenia (przeochładzanie).
- Zawór rozprężny zbyt przyknięty.



NAJCZĘSTSZY BŁĄD



Mylenie temperatury mierzonej na rurze z temperaturą nasycenia.

Pamiętaj!

Temperatura na rurze (ssawnej lub cieczowej) to nie to samo co temperatura nasycenia. Do obliczeń przegrzania i dochłodzenia zawsze potrzebna jest temperatura nasycenia wyznaczona z odpowiedniego ciśnienia dla danego czynnika.

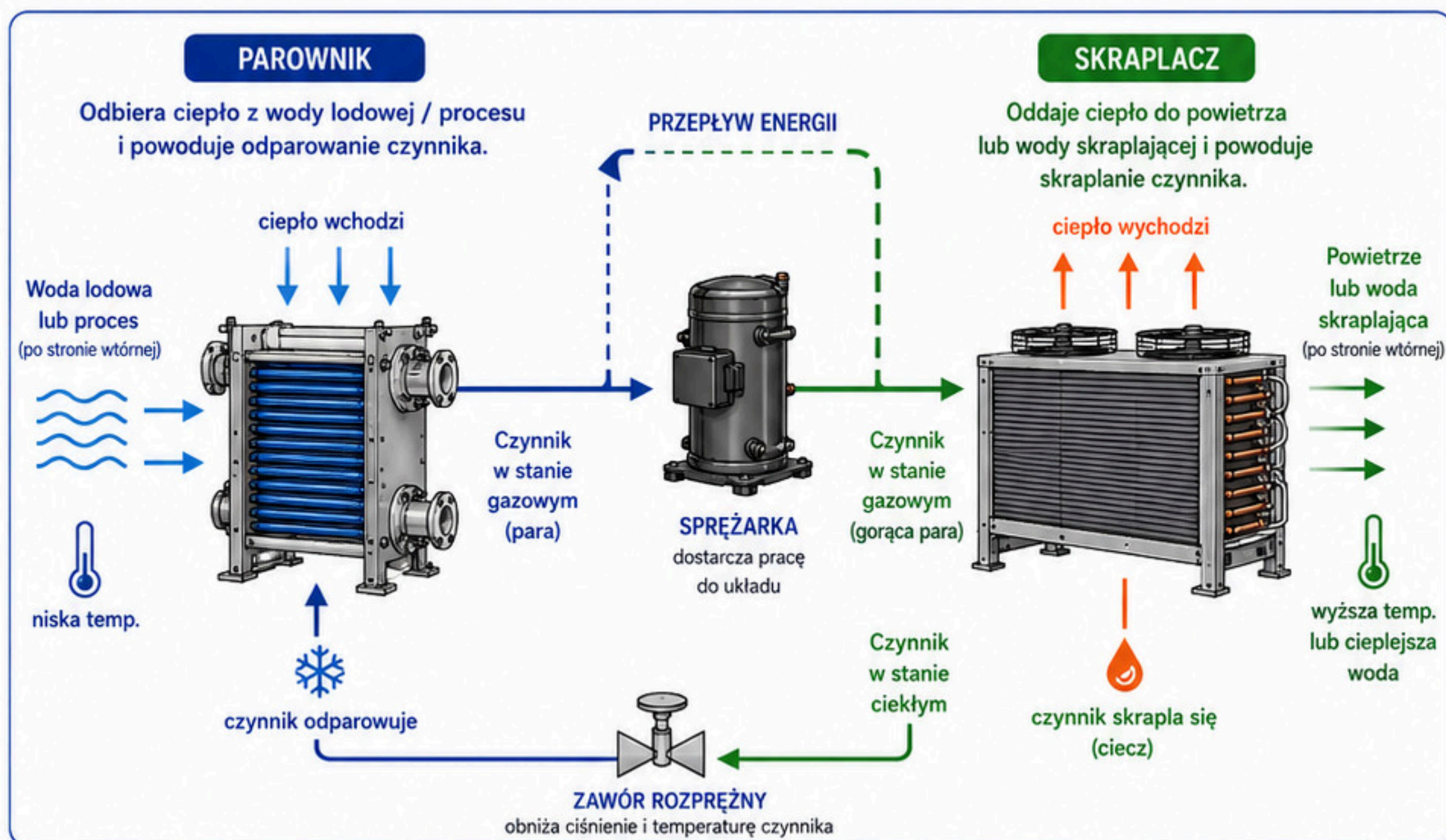


Dobra praktyka

Notuj przegrzanie i dochłodzenie podczas pracy – ułatwia to diagnozę i ocenę skuteczności prowadzonych działań.



Cel edukacyjny: zrozumieć, gdzie układ pobiera ciepło, gdzie je oddaje i jak oba wymienniki współpracują ze sobą.



Skraplacz oddaje więcej ciepła niż parownik odbiera, bo dochodzi jeszcze praca sprężarki.

Element	Funkcja	Stan czynnika na wejściu	Stan czynnika na wyjściu	Najważniejszy warunek poprawnej pracy
PAROWNIK	Odbiera ciepło z wody lodowej / procesu i odparowuje czynnik.	Ciecz niskiego ciśnienia, niskiej temperatury (po zaworze rozprężnym)	Para niskiego ciśnienia, niskiej temperatury	Dobre chłodzenie wody/procesu, odpowiedni przepływ i brak zanieczyszczeń.
SKRAPLACZ	Oddaje ciepło do powietrza lub wody skraplającej i skrapla czynnik.	Para wysokiego ciśnienia, wysokiej temperatury (po sprężarce)	Ciecz wysokiego ciśnienia, umiarkowanej temperatury	Skuteczne odprowadzanie ciepła, wystarczający przepływ powietrza/wody i czyste lamele.



1. CO SPRAWDZIĆ



Czystość powierzchni wymiany ciepła (lamele, płyty, rurki).



Prawidłowy przepływ medium (wody lodowej, wody skraplającej lub powietrza).



Różnicę temperatur (ΔT) po obu stronach wymienników.



Oznaki zanieczyszczeń lub osadów, które pogarszają wymianę ciepła.



2. CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW



Słaba wymiana ciepła
– zbyt duże różnice temperatur, niska wydajność chłodnicza.



Budny wymiennik
– wzrost temperatury skraplania, większe zużycie energii.



Zbyt mały przepływ
– wysoka temp. wyparowania, ryzyko zamarzania w parowniku.



Wysokie ciśnienie skraplania
– nadmierne obciążenie sprężarki, możliwe wyłączenia zabezpieczeń.



3. WSKAZÓWKA TECHNIKA



Wiele problemów z chłodzeniem wynika nie z samego układu chłodniczego, lecz ze złej wymiany ciepła.

Zadbaj o czyste wymienniki, prawidłowy przepływ i właściwe różnice temperatur – to podstawa sprawnego chillera.

WYMIANA CIEPŁA – FUNDAMENT DZIAŁANIA PAROWNIKA I SKRAPLACZA



Cel edukacyjny: Pokazać, że parownik i skraplacz nie „chłodzą” samodzielnie. Ich skuteczność zależy od możliwości przekazywania energii pomiędzy mediami. Czytelnik...

Najważniejsze

- Ciepło przepływa z miejsca cieplejszego do chłodniejszego
- Aby Chiller mógł działać:
- w parowniku
- ciepło musi przejść:
- woda → czynnik chłodniczy
- a
- w skraplaczu
- ciepło musi przejść:
- czynnik chłodniczy → powietrze lub woda skraplacza

Co to oznacza w praktyce

- prawidłowy przepływ;
- odpowiednia różnica temperatur;
- właściwa ilość medium;
- prawidłowe warunki po obu stronach wymiennika.
- Co ją ogranicza?
- Zabrudzenie powierzchni
- Warstwa brudu działa jak dodatkowa bariera.
- Kamień lub osady
- Mogą pogorszyć przekazywanie ciepła po stronie wodnej.

Co sprawdzić / zapamiętać

- Problem z wentylacją
- W skraplaczu chłodzonym powietrzem zbyt mały przepływ powietrza utrudnia oddawanie ciepła.
- Analogia:
- Wyobraź sobie, że próbujesz ogrzać rękę przez:
- cienką metalową płytę
- a następnie przez:
- tę samą płytę pokrytą grubą warstwą izolacji.
- W drugim przypadku energia przepływa znacznie trudniej.

Wniosek technika

- Chiller ma trudności z utrzymaniem zadanej temperatury.
- Oględziny:
- Skraplacz chłodzony powietrzem jest mocno zabrudzony.
- Logika:
- zabrudzenie
- gorszy przepływ i wymiana ciepła
- trudniejsze oddawanie energii
- zmiana parametrów całego systemu

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK



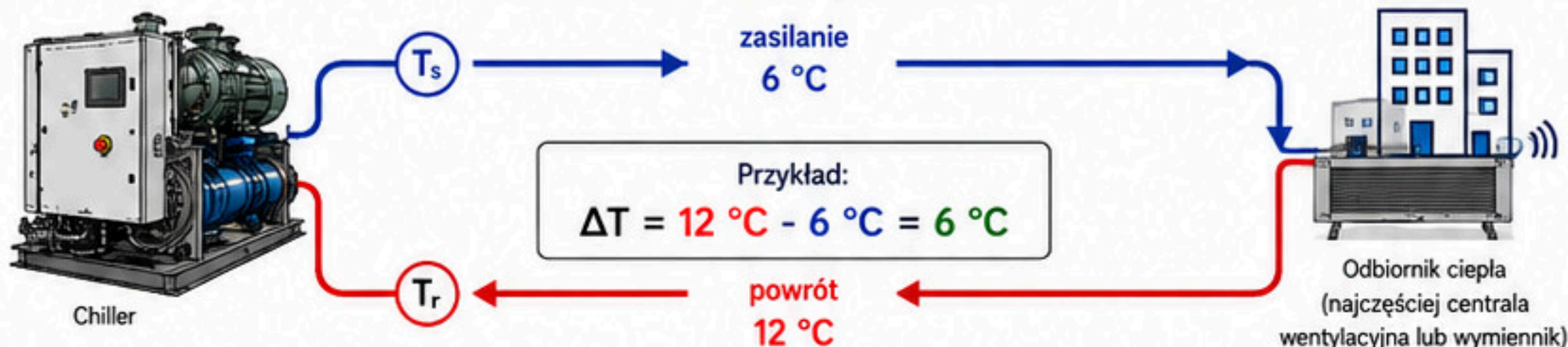
Cel edukacyjny: rozumieć, czym jest różnica temperatur między zasilaniem a powrotem i jak interpretować ją w praktyce.



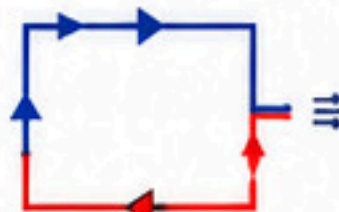
ΔT = temperatura powrotu - temperatura zasilania

Jednostka: °C (kelwin ma tę samą różnicę)

PRZYKŁADOWY UKŁAD WODY LODOWEJ



ΔT ZA MAŁE (np. < 3 °C)



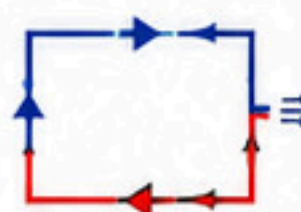
Najczęstsze przyczyny

- Zbyt duży przepływ wody lodowej
- Otwarte obejście (by-pass)
- Niskie obciążenie układu
- Zanieczyszczony wymiennik (po stronie wody)
- Problem z regulacją zaworu / sterowaniem

Skutki

- Niska efektywność
- Większe zużycie energii
- Niska temperatura powrotu
- Możliwe przemarzanie

ΔT PRAWIDŁOWE (typowo 4–8 °C)



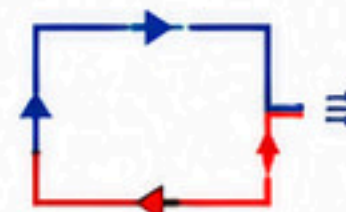
Najczęstsze przyczyny

- Odpowiedni przepływ
- Właściwe obciążenie
- Sprawny wymiennik
- Poprawne sterowanie

Skutki

- Wysoka efektywność
- Stabilna praca układu
- Prawidłowa wymiana ciepła

ΔT ZA DUŻE (np. > 8–10 °C)



Najczęstsze przyczyny

- Zbyt mały przepływ wody lodowej
- Zabrudzone filtry / sitka
- Zawór przymknięty
- Wysokie obciążenie układu
- Zanieczyszczony wymiennik (po stronie źródła lub odbioru)

Skutki

- Wysoka temperatura powrotu
- Ryzyko alarmów wysokiej temp.
- Możliwe zwiększone zużycie energii

Stan ΔT	Możliwe przyczyny	Wpływ na układ	Co sprawdzić
ΔT za małe (< 3 °C)	• Zbyt duży przepływ (pompy za szybko) • By-pate otwarty • Niskie obciążenie • Zabrudzony wymiennik (po stronie wody) • Błędna nastawa / regulacja	• Niska efektywność energetyczna • Zbyt niska temperatura powrotu • Ryzyko kondensacji / przemarznięcia • Większe zużycie energii	• Przepływ wody i nastawy pomp • Pozycja zaworów / by-pass • Filtry i stan wymiennika • Obciążenie systemu (aktualne vs projektowe) • Sterowanie i nastawy regulatora
ΔT prawidłowe (4–8 °C)	• Odpowiedni przepływ • Właściwe obciążenie • Czysty wymiennik • Poprawne sterowanie	• Optymalna wymiana ciepła • Stabilna praca chiller'a • Najlepsza efektywność	• Utrzymać obecne warunki • Monitorować trend ΔT • Regularna kontrola filtrów i wymiennika
ΔT za duże (> 8–10 °C)	• Zbyt mały przepływ (pompy za wolno) • Zatkane filtry / sitka • Zawór przymknięty lub uszkodzony • Wysokie obciążenie • Zabrudzony wymiennik (strona źródła lub odbioru)	• Wysoka temperatura powrotu • Ryzyko alarmów (High Leaving Water Temp.) • Spadek wydajności i komfortu • Możliwe większe zużycie energii	• Przepływ i nastawy pomp • Stan filtrów / sitka • Pozycja zaworów • Obciążenie układu • Stan wymiennika (fouling) • Regulacja i nastawy sterowania



1. CO SPRAWDZIĆ



Temperatury zasilania i powrotu
Sprawdź i zanotuj wartości czujników.



Kalibracja czujników temperatury
Upewnij się, że pomiar jest wiarygodny.



Przepływ wody lodowej
Zweryfikuj przepływomierz lub spadek ciśnienia.



Obciążenie układu (aktualne)
Porównaj z wartością projektową lub typową.



2. CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW



ΔT ZA MAŁE

Układ przenosi mniej ciepła niż powinien.
Często to efekt zbyt dużego przepływu lub niskiego obciążenia.



ΔT ZA DUŻE

Układ przenosi ciepło, ale zbyt mały przepływ lub zabrudzenie ogranicza wymianę ciepła.
Ryzyko wysokiej temperatury powrotu.

Cel: utrzymać ΔT w zakresie 4–8 °C.



3. NAJCZĘSTSZY BŁĄD

Ocena ΔT bez uwzględnienia rzeczywistego obciążenia i przepływu.

ΔT variuje wraz z obciążeniem – to normalne.
Zawsze interpretuje ΔT razem z:

- przepływem wody lodowej
- aktualnym obciążeniem układu
- temperaturami zewnętrznymi
- stanem instalacji (czystość, filtry, zawory)

Nie diagnozuj tylko po jednej liczbie!



Cel edukacyjny: zrozumieć, jak urządzenie dopasowuje swoją moc chłodniczą do zmieniającego się obciążenia.

JAK CHILLER DOPASOWUJE MOC DO ZMIENIAJĄCEGO SIĘ OBCIĄŻENIA

Obciążenie rośnie



Układ potrzebuje więcej chłodu.



Wydajność rośnie



Chiller zwiększa moc chłodniczą.

Obciążenie spada



Układ potrzebuje mniej chłodu.

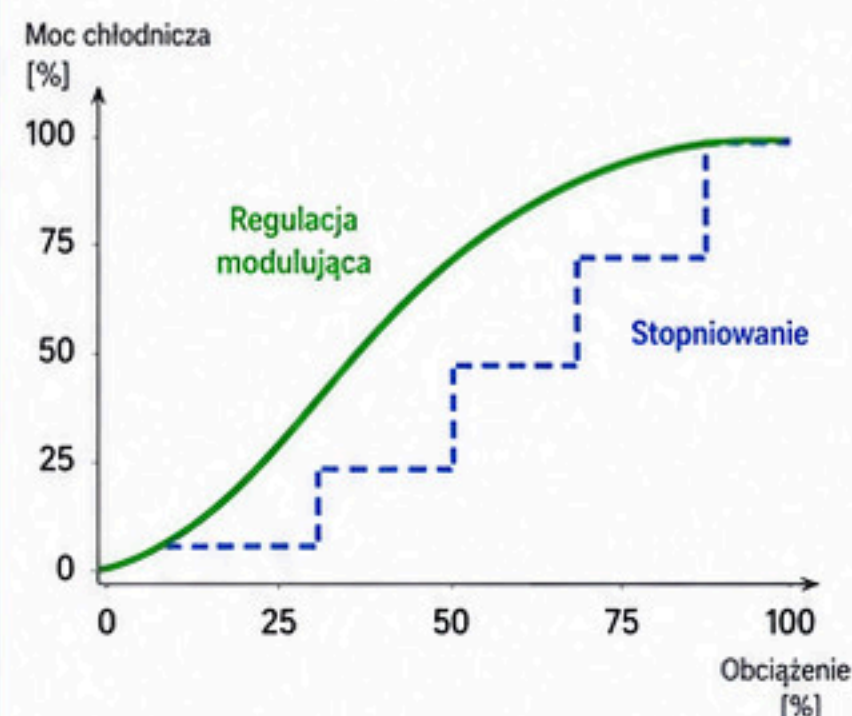


Wydajność spada



Chiller zmniejsza moc chłodniczą.

PRACA PRZY OBCIĄŻENIU CZĘŚCIOWYM



Im płynniejsza regulacja, tym wyższa efektywność i stabilniejsze temperatury.

POPULARNE METODY REGULACJI MOCY CHŁODNICZEJ

Stopniowanie sprężarek



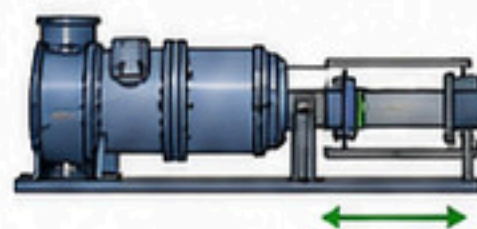
Włączanie i wyłączanie sprężarek w zależności od zapotrzebowania. Proste, ale praca skokowa.

Inwerter / zmienna prędkość



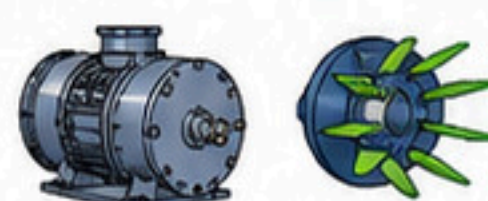
Płynna zmiana prędkości sprężarki zapewnia szeroki zakres regulacji i wysoką efektywność.

Odciążanie suwakowe



Suwak w sprężarce zmniejsza jej wydajność bez wyłączania. Dobre rozwiązanie przy częściowym obciążeniu.

Prowadnice kierownicze / modulacja



Zmiana geometrii łopatek lub prowadnic kierowniczych reguluje wydajność sprężarki. Płynna i efektywna regulacja.

Metoda	Gdzie spotykana	Mocne strony	Na co uważać
Stopniowanie sprężarek	Małe i średnie chillery, układy kaskadowe	- Niska złożoność - Niższy koszt początkowy	- Wiele startów sprężarek - Większe wahania temperatury - Niższa efektywność przy częściowym obciążeniu
Inwerter / zmienna prędkość	Nowoczesne chillery, jedna sprężarka	- Szeroki zakres regulacji - Wysoka efektywność - Stabilne temperatury	- Wyższy koszt początkowy - Wrażliwość na jakość zasilania i konfigurację
Odciążanie suwakowe	Chillery ze sprężarką śrubową	- Płynna regulacja bez wyłączania - Dobra efektywność	- Ograniczony zakres regulacji - Większe zużycie przy bardzo małym obciążeniu
Prowadnice kierownicze / modulacja	Chillery z odśrodkowymi sprężarkami	- Bardzo szeroki zakres regulacji - Bardzo wysoka efektywność	- Złożoność mechaniczna - Wymaga prawidłowego serwisowania



CO SPRAWDZIĆ

- ☐ Reakcja na zmianę obciążenia – czy chiller szybko dopasowuje moc.
- ☐ Częstotliwość startów sprężarek – zbyt duża może wskazywać na nieprawidłową regulację.
- ☐ Stabilność temperatury zasilania wody lodowej – przy stałym obciążeniu.
- ☐ Zakres modulacji – minimalna i maksymalna osiągalna moc chłodnicza.
- ☐ Parametry nastaw regulatora – histereza, czasy opóźnień, limity.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW



Krótkie cykle (częste start/stop) – zbyt duża histereza, zły dobór wydajności lub przepływu.



Wolna reakcja na zmianę obciążenia – zbyt duże opóźnienia, niewłaściwe nastawy regulatora lub czujnik.



Praca tylko na 100% mocy – uszkodzony czujnik, ograniczenie w algorytmie lub błąd nastaw.



Nadmierne zużycie energii – praca poza optymalnym zakresem lub nieprawidłowa regulacja.



WSKAZÓWKA TECHNIKA

Komfort użytkowników i efektywność energetyczna w największym stopniu zależą od stabilnej pracy przy obciążeniu częściowym.

- Dbaj o właściwe nastawy regulatora.
- Utrzymuj czujniki w dobrej kondycji.
- Zapewnij prawidłowy przepływ wody.
- Regularnie analizuj trendy pracy.

Dobrze działająca regulacja = mniejsze zużycie energii, dłuższa żywotność i większy komfort użytkowników.

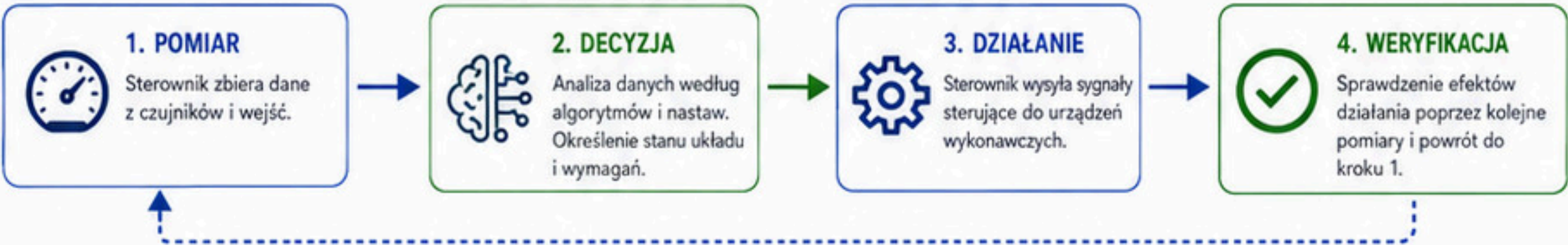


Cel edukacyjny: zrozumieć, jak sterownik zbiera informacje z czujników i steruje pompami, sprężarkami, wentylatorami oraz zabezpieczeniami.

MAPA LOGIKI UKŁADU



PROSTY CYKL PRACY STEROWNIKA



Wejście sterownika	Przykład decyzji	Efekt w układzie
Temperatura zasilania wody lodowej zbyt wysoka	Zwiększ wydajność chłodzenia	Wzrost wydajności sprężarki, otwarcie zaworu, zwiększenie prędkości wentylatorów
Ciśnienie skraplania zbyt wysokie	Zmniejsz temperaturę skraplania	Zwiększenie prędkości wentylatorów, ewentualne ograniczenie wydajności sprężarki
Niski przepływ wody lodowej	Zabezpiecz układ	Wyłączenie sprężarki, uruchomienie alarmu, komunikat do operatora
Temperatura parowania zbyt niska	Ogranicz wydajność / obciąż	Zmniejszenie wydajności sprężarki, stabilizacja pracy układu
Aktywny sygnał alarmowy	Przejdź w tryb bezpieczny	Wyłączenie urządzeń, alarm dźwiękowy i świetlny, rejestracja zdarzenia



CO SPRAWDZIĆ

- ☐ Odczyty wszystkich czujników – czy są logiczne i w dopuszczalnych zakresach.
- ☐ Kalibrację czujników i poprawność montażu (umiejscowienie, izolacja, głębokość zanurzenia).
- ☐ Komunikację sterownika z urządzeniami (wejścia/wyjścia, magistrala, zasilanie).
- ☐ Aktywne alarmy i komunikaty – skasuj i sprawdź ponownie.
- ☐ Historię zdarzeń – trendy, cykle pracy, poprzednie alarmy.



CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- Błędne odczyty czujników – zanieczyszczenie, uszkodzony czujnik lub błędna kalibracja.
- Niestabilne sterowanie – zbyt agresywne parametry regulatora lub nieodpowiednie nastawy algorytmów.
- Brak reakcji na obciążenie – uszkodzone wyjście sterownika lub problem z komunikacją.
- Alarmy bez realnej przyczyny mechanicznej – błąd algorytmu, zakłócenia sygnału lub wadliwy czujnik.



NAJCZĘSTSZY BŁĄD

- Wymiana części przed potwierdzeniem, czy problem pochodzi z logiki sterowania lub czujnika.

Decyzja o wymianie elementu na podstawie błędnego odczytu może nie rozwiązać problemu i generować dodatkowe koszty.

Zawsze najpierw sprawdź pomiar – potem działanie – na końcu mechanikę.

Sterowanie Chillerem – od wartości zadanej do reakcji urządzenia



Cel edukacyjny: Pokazać prostą pętlę sterowania: pomiar → porównanie → decyzja → działanie → nowy pomiar. Czytelnik powinien zrozumieć, że sterowanie jest procesem...

Najważniejsze

- Każdy układ regulacji potrzebuje celu
- Przykład:
- Temperatura zadana wody wychodzącej: 7°C
- To jest:

WARTOŚĆ ZADANA

- Sterownik odczytuje rzeczywistą temperaturę:

8,5°C

- Następnie porównuje:
- 8,5°C rzeczywiste
- z
- 7°C zadane
- i podejmuje odpowiednią reakcję.
- Prosta pętla sterowania:

1. POMIAR

- Czujniki zbierają informacje.

2. PORÓWNANIE

- Sterownik porównuje aktualne wartości z celem i limitami.

3. DECYZJA

- Określa, czy należy zwiększyć, zmniejszyć lub zatrzymać pracę.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



Cel edukacyjny: umieć rozpoznać stabilną, prawidłową pracę urządzenia na podstawie najważniejszych parametrów i obserwacji.



	CO OBSERWUJESZ	JAK TO INTERPRETOWAĆ
✓	Temperatura zasilania pozostaje w zadanym zakresie.	Chiller utrzymuje wymagane chłodzenie.
✓	Różnica temperatur (ΔT) zasilanie–powrót zgodna z projektem.	Przepływ wody jest prawidłowy, wymiennik pracuje poprawnie.
✓	Ciśnienia ssania i tłoczenia stabilne, w typowych zakresach.	Układ chłodniczy pracuje w normalnych warunkach.
✓	Sprężarka pracuje długo i stabilnie, bez częstych cykli.	Brak przeciążeń, poprawna regulacja i dopasowanie mocy.
✓	Wentylatory / pompy pracują płynnie, bez zbędnego cyklicznego załączania.	Sterowanie działa logicznie, instalacja ma stabilne zapotrzebowanie.
✓	Brak nietypowych hałasów, drgań i nieprzyjemnych zapachów.	Brak oznak uszkodzeń mechanicznych lub elektrycznych.
✓	Brak wycieków wody, oleju i czynnika.	Szczelność układu jest zachowana.
✓	Brak aktywnych alarmów, parametry w normie.	Brak nieprawidłowości wymagających interwencji.
✓	Wydajność zmienia się płynnie wraz ze zmianą obciążenia.	Regulacja działa poprawnie, system jest efektywny.



1. SYGNAŁY ZDROWEGO UKŁADU

- ✓ Stabilne i przewidywalne parametry.
- ✓ Długi czas pracy sprężarki (bez częstych startów).
- ✓ Stała różnica temperatur (ΔT).
- ✓ Płynna regulacja wydajności.
- ✓ Cicha, równa praca urządzenia.
- ✓ Czyste powierzchnie i brak wycieków.
- ✓ Brak alarmów – układ pod kontrolą.



2. CO POWINNO WZBUDZIĆ CZUJNOŚĆ (przykłady)

- Wzrost temperatury zasilania mimo braku zmiany obciążenia.
- Spadek ΔT (zbyt mały) lub duży wzrost ΔT .
- Wahanie ciśnień lub częste ich zmiany.
- Częste starty/stopy sprężarki.
- Nietypowe dźwięki, drgania, pulsacje.
- Wzrost poboru prądu bez wyraźnej przyczyny.
- Niestabilna praca wentylatorów / pomp.
- Pojawienie się wilgoci, oleju lub wycieków.
- Alarmy lub komunikaty ostrzegawcze.



3. WSKAZÓWKA TECHNIKA

Prawidłowa praca chillera nie jest definiowana przez jeden numer, lecz przez zgodność wielu sygnałów.

Obserwuj trendy, porównuj z typowym zachowaniem i reaguj, zanim niewielkie odchylenia przerodzą się w awarię.

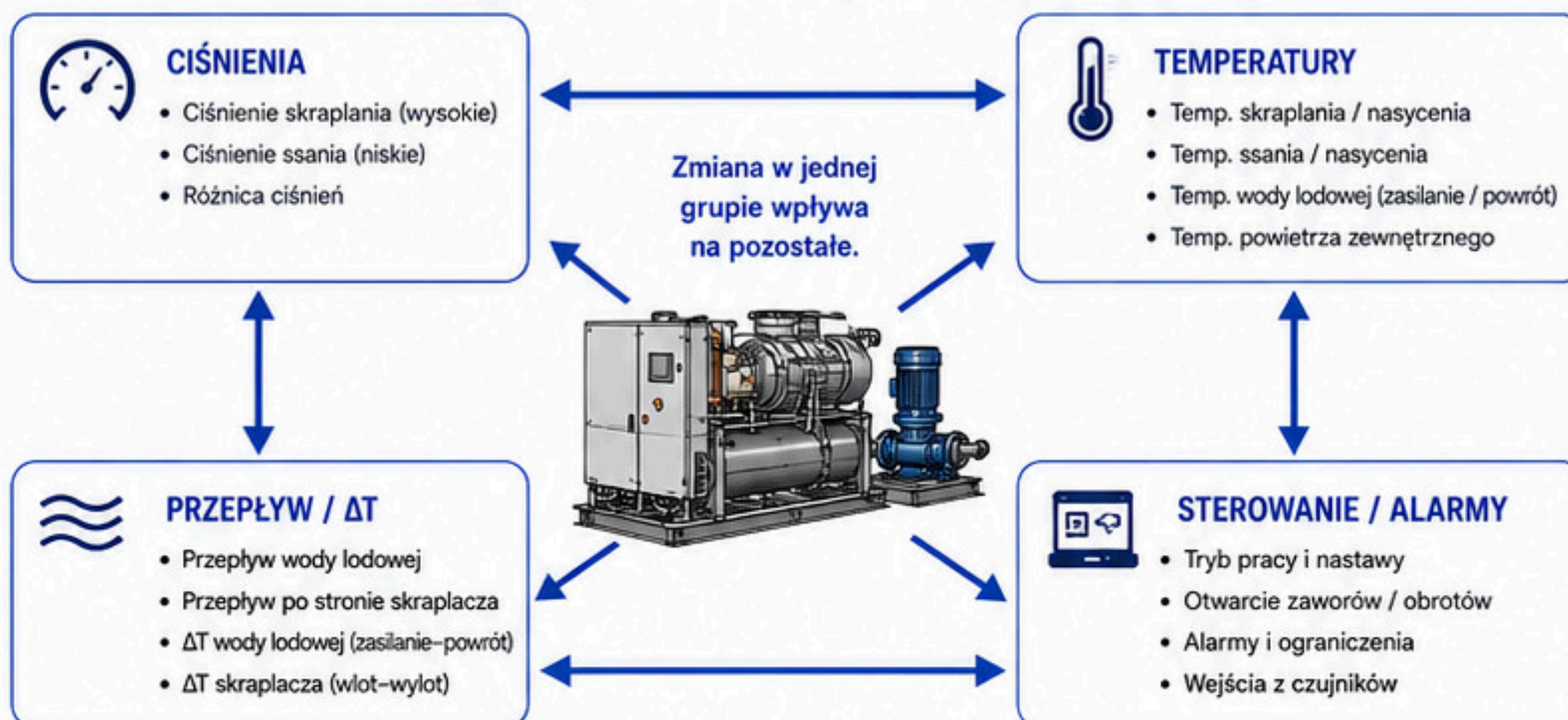


Zapisuj pamiętne wartości parametrów – to ułatwia diagnozę i ocenę stanu urządzenia.

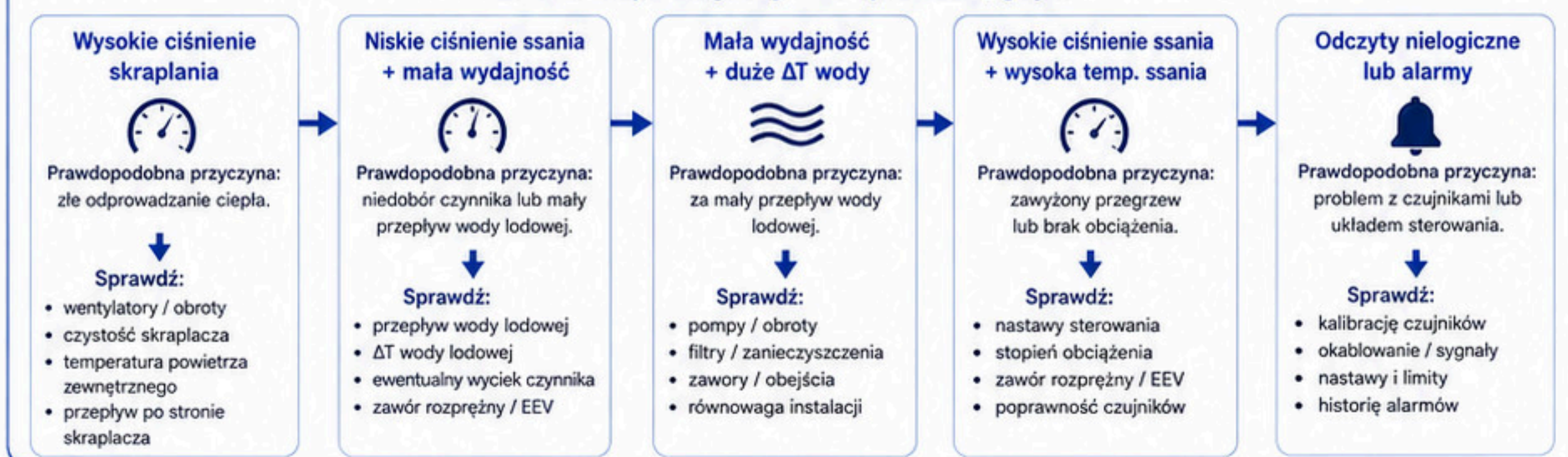


Cel edukacyjny: nauczyć się łączyć ciśnienia, temperatury, przepływ i sterowanie w jedną logiczną ocenę pracy urządzenia.

1. Cztery grupy parametrów – jedno powiązane działanie



2. Mini mapa diagnozy – co sprawdzić, gdy...



3. Syntetyczna tabela – patrz na parametry w kontekście

Parametr	Z czym go łączyć	Co można błędnie założyć
Ciśnienia	Temperatury nasycenia, przepływ po stronie skraplacza, temperatura powietrza, obciążenie, nastawy zaworu.	Samo wysokie ciśnienie = awaria sprężarki zamiast problemu z odprowadzaniem ciepła.
Temperatury	Ciśnienia nasycenia, przepływy, ΔT , obciążenie, warunki zewnętrzne.	Wysoka temperatura wody = zawsze za mała wydajność chillera.
Przepływ / ΔT	Temperatury, ciśnienia, obciążenie, pompy / wentylatory, zawory.	Małe ΔT = zawsze za mały przepływ.
Sterowanie / alarmy	Wszystkie pozostałe parametry, tryb pracy, limity, czujniki.	Alarm = przyczyna pierwotna, a nie często skutek problemu w innym miejscu.



4. Szybka ścieżka myślenia

- 1 Zbierz dane**
Sprawdź wszystkie cztery grupy parametrów.
- 2 Szukaj logiki**
Czy wartości pasują do siebie fizycznie?
- 3 Znajdź odchylenie**
Co odbiega od oczekiwanego trendu?
- 4 Potwierdź i działaj**
Zweryfikuj podejrzenie i usuń przyczynę.



5. Najczęstszy błąd

Diagnozowanie z jednego parametru w izolacji.

Jedna liczba może wprowadzić w błąd. Zawsze porównuj ze sobą parametry i z warunkami pracy.

Przykład:

Wysokie ciśnienie skraplania może być skutkiem wysokiej temperatury powietrza, brudnego skraplacza lub zamkniętych wentylatorów – a nie wadą sprężarki.



6. Wskazówka technika

Najlepsza diagnoza to porównywanie trendów, a nie pojedynczych momentów.

- ✓ Analizuj zmiany w czasie, a nie tylko aktualne odczyty.
- ✓ Zapisuj dane i szukaj powtarzalnych wzorców.
- ✓ Porównuj pracę przy różnych obciążeniach i warunkach zewnętrznych.
- ✓ Łącz wiedzę z eksploatacji, a nie tylko z liczb.



Cel edukacyjny: zrozumieć, jak uporządkować przeglądy chillera według częstotliwości i dlaczego systematyczność ogranicza ryzyko awarii.

1. Kalendarz przeglądów – przeglądaj regularnie, działaj wcześniej



CODZIENNIE



Podstawowe sprawdzenia przed uruchomieniem i podczas pracy.

CO TYDZIEŃ



Kontrole operacyjne kluczowych parametrów i elementów.

CO MIESIĄC



Dokładniejsze kontrole podzespołów mechanicznych i elektrycznych.

CO KWARTAŁ



Przeglądy elementów roboczych, nastawy i funkcje bezpieczeństwa.

CO PÓŁ ROKU



Konserwacja układów, czyszczenie, testy wydajności.

RAZ W ROKU



Pełny przegląd, serwis i dokumentacja przez serwis certyfikowany.

2. Plan przeglądów – co, jak często i dlaczego

Częstotliwość	Zakres kontroli	Dlaczego to ważne
Codziennie	- Odczyty temperatur (woda lodowa, skraplanie) - Ciśnienia ssania i tłoczenia - Przepływ wody (evaporator, skraplacz) - Alarmy aktywne i historia zdarzeń - Nietypowe dźwięki i wibracje	Wczesne wykrycie nieprawidłowości zapobiega przestojom i kosztownym awariom.
Co tydzień	- Poziom oleju w sprężarce - Wizualna kontrola szczelności (wycieki wody, oleju, czynnika) - Stan filtrów wody (ΔP, czystość) - Sprawdzenie nastaw podstawowych	Utrzymanie stabilnych parametrów pracy i potwierdzenie skuteczności filtracji.
Co miesiąc	- Kontrola połączeń elektrycznych (zaciski, styki, przewody) - Test poprawności działania czujników - Sprawdzenie zaworów bezpieczeństwa - Kontrola grzałek przeciwmroźniowych	Zapobieganie awariom elementów elektrycznych i zabezpieczeń.
Co kwartał	- Test presostatów i termostatów - Test funkcji czujników przepływu - Kontrola nastaw i logiki sterowania (BMS) - Sprawdzenie amortyzatorów drgań	Pewność działania zabezpieczeń i poprawnej komunikacji z systemem sterowania.
Co pół roku	- Czyszczenie wymienników ciepła (skraplacz, parownik) - Kontrola i czyszczenie filtrów siatkowych - Analiza oleju (gdy wymagana) - Sprawdzenie szczelności obiegu czynnika	Utrzymanie wysokiej sprawności wymiany ciepła i czystości układu hydraulicznego.
Raz w roku	- Pełny przegląd sprężarki i osprzętu - NDT/zczyszczenie skraplacza (w razie potrzeby) - Kalibracja czujników i urządzeń pomiarowych - Raport serwisowy i plan działań	Kompleksowa ocena stanu urządzenia i przygeżowanie do kolejnego sezonu.



3. CO SPRAWDZIĆ

- ✓ Temperatury: woda lodowa, skraplanie, otoczenie
- ✓ Ciśnienia: ssanie, tłoczenie
- ✓ Przepływ wody (ΔP)
- ✓ Alarmy aktywne i historia
- ✓ Nietypowe dźwięki / wibracje
- ✓ Wycieki: wody, oleju, czynnika chłodniczego
- ✓ Stan filtrów i sit
- ✓ Nastawy podstawowe



4. NAJCZĘSTSZY BŁĄD



Nieregularne przeglądy lub brak zapisu wykonanych czynności.

Skutki:

- Przegapienie wczesnych objawów awarii
- Nagłe zatrzymania i wyższe koszty napraw
- Utrata kontroli nad historią urządzenia



5. WSKAZÓWKA TECHNIKA

Dostosuj harmonogram do:

- ✓ Warunków pracy (obciążenie, środowisko, sezony)
- ✓ Wymagań producenta chillera
- ✓ Doświadczeń z eksploatacji w danym obiekcie
- ✓ Przepisów i norm dotyczących bezpieczeństwa



Zapisuj wszystkie przeglądy w karcie urządzenia lub systemie CMMS.



6. KORZYŚCI



Wyższa niezawodność i dostępność



Dłuższa żywotność urządzenia



Niższe koszty eksploatacji i napraw



Bezpieczna i stabilna praca układu



Cel edukacyjny: nauczyć się rozpoznawać szybkie sygnały ostrzegawcze podczas rutynowej obserwacji urządzenia.

1. Obchód urządzenia – krok po kroku

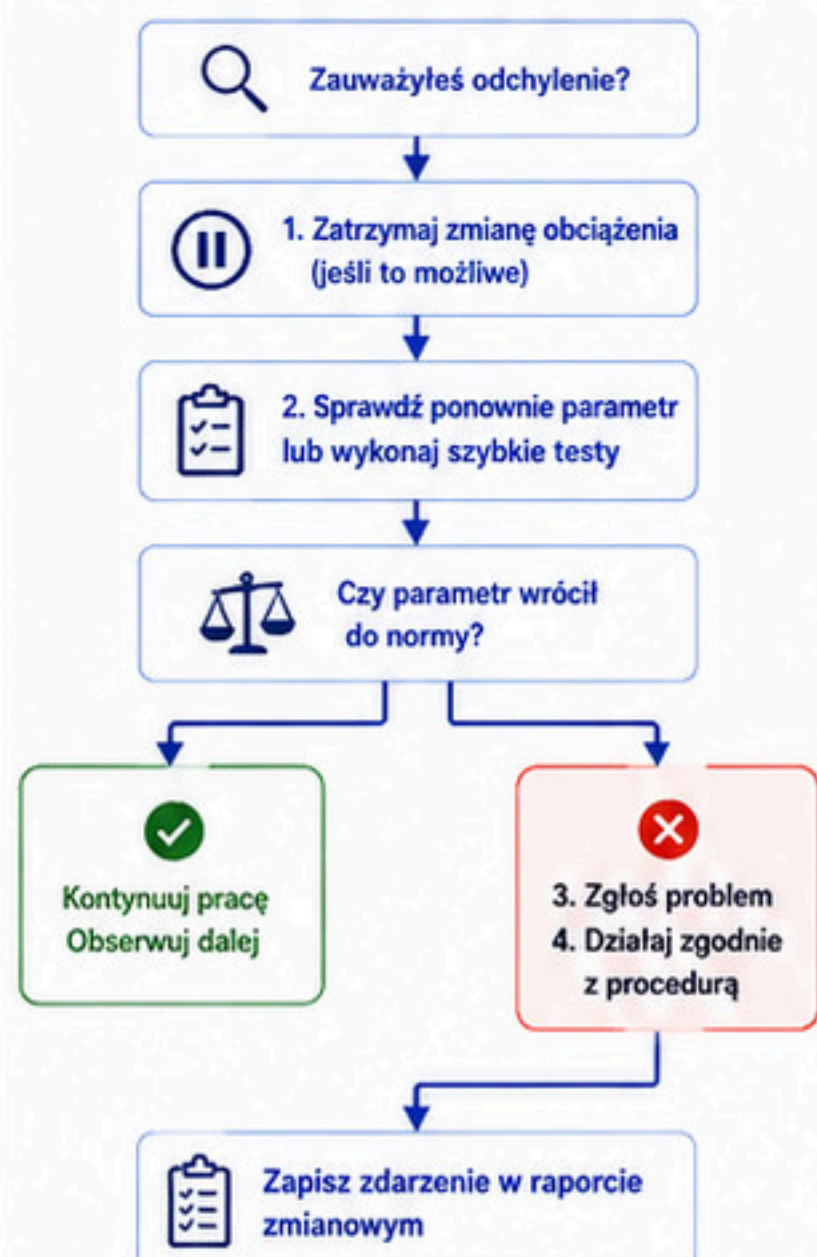


Wskazówka: wykonuj obchód według tej samej trasy i kolejności – łatwiej zauważysz zmiany w czasie.

2. Parametry do szybkiej oceny

ZASILANIE / POWRÓT	CIŚNIENIA	ALARMY	DŹWIĘK	DRGANIA	SZCZELNOŚĆ	STAN STEROWNIKA
Sprawratura zasilania - Temperatura powrotu - Różnica temperatur (ΔT) - Przepływ wody lodowej Typowe wartości orientacyjne sprawdź w dokumentacji urządzenia.	- Ciśnienie ssania (niskie) - Ciśnienie tłoczenia (wysokie) Dla danego czynnika porównaj z typowym zakresem pracy.	- Aktywne alarmy - Ostrzeżenia - Historia alarmów Brak alarmów = praca poprawna. Alarmy = działaj.	- Równa praca - Brak stuków, zgrzytów, gwizdów Zmiana dźwięku może wskazywać problem mechaniczny lub z czynnikiem.	- Drgania obudowy - Drgania rur - Elementy mocujące Nadmierne drgania przyspieszają zużycie i mogą prowadzić do awarii.	- Wycieki wody - Wycieki oleju - Wycieki czynnika Nawet mały wyciek może prowadzić do poważnej awarii.	- Tryb pracy - Obciążenie sprężarki - Wydajność chłodnicza - Stabilność parametrów Parametry stabilne = praca poprawna. Wahania = obserwuj.

3. Co zrobić, jeśli coś odbiega od normy?



4. Co może oznaczać ten objaw?

Objaw	Możliwe przyczyny
Rosnąca temperatura zasilania	- Zbyt mały przepływ wody - Zabrudzone wymienniki - Niewystarczająca wydajność chłodnicy - Niewłaściwe nastawy sterownika
Nietypowy hałas (stuki, gwizdy)	- Uszkodzenie łożysk lub sprzęgła - Uderzenia ciekłego czynnika - Luz w elementach - Problem z wentylatorem
Częste alarmy	- Niestabilne parametry procesu - Zanieczyszczenia w instalacji - Problem z czujnikami - Przeciążenie sprężarki
Wzrost ciśnienia tłoczenia	- Zabrudzone chłodnice - Wysoka temp. powietrza zewn. - Nadmiar czynnika - Niewłaściwa praca wentylatorów
Spadek ciśnienia ssania	- Zbyt mało czynnika - Zatkany filtr/drier - Nieszczelność w układzie - Zamarzanie parownika

5. Kiedy przerwać diagnostykę i wezwać osobę z odpowiednimi uprawnieniami

- Natychmiast przerwij i wezwij osobę z odpowiednimi uprawnieniami, jeśli:**
- ✗ Występuje wyciek czynnika chłodniczego.
 - ✗ Ciśnienie tłoczenia przekracza górny bezpieczny limit.
 - ✗ Ciśnienie ssania spada poniżej dolnego bezpiecznego limitu.
 - ✗ Temperatura zasilania rośnie szybciej niż zwykle, mimo braku zmian obciążenia.
 - ✗ Słychać silne stuki, uderzenia lub metaliczne dźwięki.
 - ✗ Występują silne, niestabilne drgania.
 - ✗ Aktywuje się zabezpieczenie główne lub wyłącznik awaryjny.
 - ✗ Zapach spalonej izolacji lub dym.
- Bezpieczeństwo przede wszystkim – w razie wątpliwości zawsze wezwij osobę z odpowiednimi uprawnieniami.**



Cel edukacyjny

Nauczyć czytelnika systematycznego oglądania Chillery i otoczenia przed wykonywaniem bardziej złożonych pomiarów.

Najważniejsze

- Wiele problemów daje sygnały, zanim pojawi się awaria
- Podczas oględzin szukaj:

1. ŚLADÓW WILGOCI LUB CIECZY

- krople;
- mokre połączenia;
- ślady na podłodze;
- korozja;
- zacieki.

2. ZABRUDZENIA

- kurz;
- pył;
- liście;
- osad na wymiennikach;
- zabrudzone filtry.

3. USZKODZEŃ MECHANICZNYCH

- pognięte lamele;
- poluzowane osłony;
- uszkodzone izolacje;
- pęknięcia;
- obluzowane elementy.

4. OZNAK PRZEGRZANIA

- przebarwienia;
- charakterystyczny zapach;
- nadtopione elementy;
- ślady wysokiej temperatury.

5. NIETYPOWYCH DRGAŃ

- Obserwuj:
- przewody;
- osłony;
- pompy;
- sprężarki;
- wentylatory.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



Cel edukacyjny: zrozumieć, jak stan parownika i skraplacza wpływa na wydajność, zużycie energii i bezpieczeństwo pracy.

1. Czysty wymiennik vs zabrudzony wymiennik

CZYSTY WYMIENNIK ✓



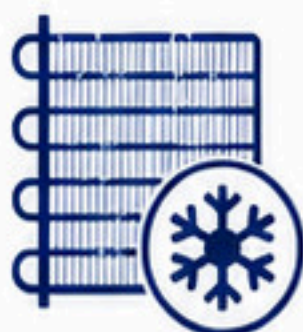
- Dobra wymiana ciepła
- Niskie ciśnienia pracy
- Niskie zużycie energii
- Stabilna praca układu
- Dłuższa żywotność

ZABRUDZONY WYMIENNIK ✗



- Gorsza wymiana ciepła
- Wysokie ciśnienia pracy
- Wysokie zużycie energii
- Niestabilna praca układu
- Ryzyko awarii

2A. Parownik – zasady profilaktyki



- Utrzymuj czystość powierzchni wymiany ciepła (lamelki/płyty/rurki).
- Zapewnij odpowiedni przepływ czynnika przez węzownicę.
- Kontroluj jakość wody lodowej (filtracja, uzdatnianie).
- Regularnie płucz układ po stronie wody lodowej.
- Chron przed osadami, biologicznym porostem i korozją.
- Kontroluj izolację – wilgoć i nieszczelności obniżają wydajność.

2B. Skraplacz – zasady profilaktyki



- Dbaj o czystość powierzchni wymiany ciepła.
- Zapewnij swobodny przepływ powietrza przez skraplacz (brak przeszkód, czyste żaluzje).
- Regularnie myj lamele pędzlem, wodą lub niskociśnieniowo.
- Sprawdzaj stan wentylatorów i ich wydajność.
- Kontroluj napełnienie układu czynnikiem.
- Zabezpieczaj przed osadami, pyłem, tłuszczem i korozją.

3. Typowe problemy związane z wymiennikami ciepła

Objaw	Możliwa przyczyna	Wpływ na układ	Działanie profilaktyczne
Wzrost ciśnienia skraplania	Zabrudzony skraplacz, wysoka temp. otoczenia, niesprawne wentylatory	Wzrost zużycia energii, przeciążenie sprężarki, skrócenie żywotności	Regularne czyszczenie skraplacza, kontrola wentylatorów, zapewnić swobodny przepływ powietrza
Wzrost ciśnienia parowania (mały ΔT)	Zabrudzony parownik, ograniczony przepływ wody lodowej	Spadek wydajności chłodniczej, ryzyko zamarzania, przeciążenie sprężarki	Płukanie parownika, kontrola filtrów, uzdatnianie wody, usuwanie osadów
Duże zużycie energii	Niska sprawność wymiany ciepła (zabrudzenia, osady)	Wyższe koszty eksploatacji, wyższe temperatury pracy	Czyszczenie wymienników, kontrola wentylatorów, właściwa regulacja
Słaba wymiana ciepła (mały efekt chłodniczy)	Osady, kamień, biofilm, korozja, pęcherzyki powietrza	Niestabilna praca układu, wydłużone czasy pracy, ryzyko awarii	Regularne płukanie układu, uzdatnianie wody, odpowietrzanie, kontrola uzdatniania
Wycieki / korozja	Korozja elektrochemiczna, nieodpowiednie medium, uszkodzenia mechaniczne	Spadek wydajności, straty czynnika lub medium, awarie i przestoje	Kontrola jakości wody, ochrona antykorozyjna, przeglądy wizualne, dobór materiałów

4. CO SPRAWDZIĆ

- ✓ Lamelki / płyty / rurki – prostota, uszkodzenia, korozja, odkształcenia.
- ✓ Przepływ medium – wody lub czynnika w zakresie projektowym.
- ✓ Osady i zanieczyszczenia – kamień, muł, tłuszcz, biofilm, kurz.
- ✓ Różnice temperatur – na wejściu i wyjściu (ΔT) w zakresie projektowym.
- ✓ Spadki ciśnienia – po stronie wody/czynnika w granicach normy.

5. CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- ❗ **Wzrost ciśnienia skraplania** – zabrudzony skraplacz, wysoka temp. otoczenia, brak przepływu powietrza.
- ❗ **Duże zużycie energii** – niska sprawność wymiany ciepła, przeciążenie sprężarki.
- ❗ **Słaba wymiana ciepła (mały efekt chłodniczy)** – zabrudzony parownik, mały przepływ wody, obecność osadów lub powietrza.
- ❗ **Wahania ciśnień i temperatur** – niestabilna praca, zanieczyszczenia, niestętność regulacji.
- ❗ **Ryzyko zamarzania parownika** – zbyt mały przepływ wody lub zbyt niska temp. czynnika.

6. WSKAZÓWKA TECHNIKA

Metoda czyszczenia musi być dobrana do rodzaju wymiennika i materiałów, z których jest wykonany.

- ✓ Przed czyszczeniem odłącz i zabezpiecz układ. Przestrzegaj procedur BHP.
- ✓ Stosuj środki i metody kompatybilne z materiałem (wracaj uwagę na miedź, aluminium, stal nierdzewną).
- ✓ Po czyszczeniu płucz dokładnie układ czystą wodą.
- ✓ Zapisuj wykonane czynności w dzienniku konserwacji.
- ✓ Regularność to najlepsza metoda zapobiegania awariom.

Obieg wody — sprawdź drogę od Chillera do odbiornika i z powrotem



Cel edukacyjny Nauczyć czytelnika, że konserwacja układu chłodniczego musi obejmować również instalację hydrauliczną.

Najważniejsze

- Dlaczego obieg wodny jest tak ważny?
- Nawet sprawny Chiller nie będzie pracował prawidłowo, jeżeli woda nie może skutecznie transportować ciepła.
- Podczas kontroli zwróć uwagę na:

1. CIŚNIENIE W INSTALACJI

- Czy wartość jest stabilna i zgodna z oczekiwaniami dla danego systemu?

2. PRZEPŁYW

- Czy układ osiąga wymagany przepływ?

3. ZAWORY

- Czy znajdują się w prawidłowych pozycjach?
- Czy któryś nie został przypadkowo przymknięty?

4. FILTRY

- Czy nie są zabrudzone i nie powodują nadmiernego oporu?

5. POWIETRZE W INSTALACJI

- Może powodować:
 - hałas;
 - niestabilny przepływ;
 - problemy z pompami;
 - pogorszenie wymiany ciepła.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ



Cel edukacyjny: rozpoznać elementy obiegowe wymagające regularnej kontroli i zrozumieć ich wpływ na stabilność pracy systemu.

1. Mapa elementów obiegowych – klucz do stabilnej pracy



POMPA OBIEGOWA

- Zapewnia przepływ czynnika w instalacji
- Kluczowa dla wydajności i stabilności systemu
- Wymaga kontroli hałasu, drgań i szczelności



ZAWÓR REGULACYJNY

- Reguluje przepływ i/lub ciśnienie
- Stabilizuje pracę systemu
- Wrażliwy na zabrudzenia i zużycie



NACZYNIĘ WZBIORCZE / SEPARATOR POWIETRZA

- Kompensuje zmiany objętości czynnika
- Odpowietrza instalację
- Zbyt małe lub rozładowane powoduje niestabilność pracy



ZAWORY ODCINAJĄCE

- Umożliwiają odizolowanie elementów instalacji
- Ułatwiają serwis i konserwację
- Sprawdzić szczelność i pełen zakres zamknięcia



FILTR SIATKOWY

- Chroni pompę i zawory przed zanieczyszczeniami
- Zatrzymuje osady i opilki
- Wymaga regularnego czyszczenia



2. Typowe objawy i możliwe przyczyny

OBJAW	CO MOŻE OZNACZAĆ	MOŻLIWE PRZYZCZYNY	WPŁYW NA PRACĘ
Hałas pompy	Kawitacja, zapowietrzenie lub zużycie łożysk	Niski poziom czynnika, zbyt mały dopływ, zanieczyszczony filtr, zużyte łożyska	Wzrost hałasu, spadek wydajności, ryzyko awarii łożysk
Drgania	Niewyważenie, luźne mocowanie lub problemy hydrauliczne	Niewłaściwe torowanie rur, osady w instalacji, uszkodzone sprzęgło, kawitacja	Przyspieszone zużycie elementów, możliwe uszkodzenia układu
Spadek przepływu	Zwiększone opory przepływu lub uszkodzenie elementów	Zabrudzony filtr, częściowo zamknięty zawór, uszkodzony zawór regulacyjny, zanieczyszczenia	Spadek wydajności chłodniczej, niestabilna praca
Przeciek na uszczelnieniu	Zużyte uszczelnienie mechaniczne lub uszkodzona uszczelka	Zużycie eksploatacyjne, praca na sucho, nieprawidłowy montaż	Ubytek czynnika, ryzyko uszkodzenia pompy i instalacji
Niestabilna praca	Wahania przepływu lub ciśnienia	Złe dobór naczynia wzbiorczego, zapowietrzenie, wadliwy zawór regulacyjny, wahania obciążenia	Włączanie/wyłączanie alarmów, niższa efektywność systemu

3. CO SPRAWDZIĆ

- ✓ Poziom czynnika w naczyniu wzbiorczym (zgodny z wymaganiami).
- ✓ Ciśnienie wstępne naczynia wzbiorczego.
- ✓ Czystość filtra siatkowego – oczyścić lub wymienić wkład.
- ✓ Szczelność zaworów odcinających.
- ✓ Prawidłowe działanie zaworu regulacyjnego (płynny ruch, brak blokad).
- ✓ Stan uszczelnienia pompy – brak wycieków.
- ✓ Hałas i drgania pompy – porównać z normalnym poziomem pracy.
- ✓ Prawidłowy kierunek przepływu i położenie zaworów.
- ✓ Mocowanie pompy – dokręcenie śrub, tłumiki drgań.



4. CO MOŻE OZNACZAĆ TEN OBJAW

- **Hałas:** kawitacja, zapowietrzenie, zużyte łożyska.
- **Drgania:** niewyważenie, luźne mocowanie, problemy hydrauliczne.
- **Spadek przepływu:** zanieczyszczenia, zawory przymknięte, uszkodzenia elementów.
- **Przeciek:** zużyte uszczelnienie, praca na sucho, uszkodzona uszczelka.
- **Niestabilna praca:** zbyt małe naczynie wzbiorcze, zapowietrzenie, wadliwy zawór regulacyjny, wahania obciążenia.



5. NAJCZĘSTSZY BŁĄD



Wymiana pompy bez sprawdzenia przyczyn hydraulicznych.

Objawy często mają źródło w zapowietrzeniu, zanieczyszczeniach, nieprawidłowych nastawach lub niewłaściwym doborze komponentów.

Przykład:

Hałas i spadek przepływu spowodowane zabrudzonym filtrem i zbyt niskim poziomem w naczyniu wzbiorczym – po oczyszczeniu i uzupełnieniu czynnika pompa pracuje prawidłowo.



6. WSKAZÓWKA TECHNIKA

- ✓ Regularnie czyść filtr siatkowy – nawet niewielkie zanieczyszczenia znacząco zwiększają opory i obniżają wydajność.
- ✓ Utrzymuj prawidłowe ciśnienie wstępne naczynia wzbiorczego (zwykle 0,2–0,3 bar poniżej statycznego ciśnienia instalacji).
- ✓ Monitoruj hałas i drgania – zmiany to wczesny sygnał problemów.
- ✓ Zawsze weryfikuj przepływ i ciśnienie przed wymianą elementów – diagnoza zaczyna się od pomiarów.
- ✓ Dobrze dobrane i sprawne elementy obiegowe to niższe zużycie energii i mniejsze ryzyko awarii.



Zapisuj zmierzone wartości i działania serwisowe. To ułatwia diagnozę i planowanie konserwacji.



Cel edukacyjny: zrozumieć, jak zabrudzenia w układzie wpływają na przepływ, wymianę ciepła i żywotność podzespołów.

1. Sitko / filtr – czyste vs. zatkane

CZYSTY ✓



- Siatka drożna, widoczne oczka
- Niski spadek ciśnienia
- Prawidłowy przepływ

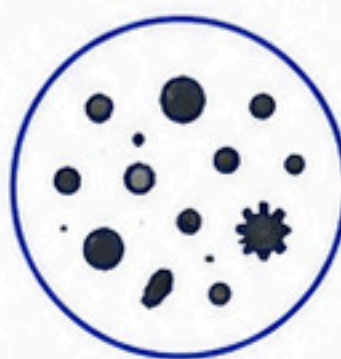
ZATKANE ✗



- Siatka wypełniona osadami
- Wysoki spadek ciśnienia
- Ograniczony przepływ

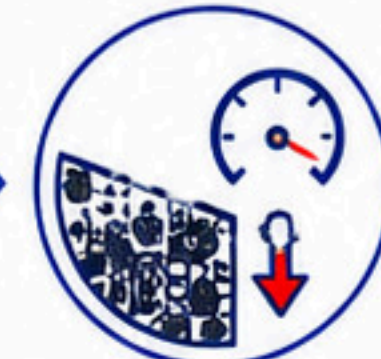
2. Jak zabrudzenia wpływają na układ

1. Zanieczyszczenia w układzie



Osady, opilki, rdza, kamień, cząstki uszczelnień.

2. Skutek bezpośredni



Spadek przepływu
→ większy ΔT
→ częstsze alarmy (przepływ, ΔT , ciśnienie).

3. Skutek końcowy



Spadek wydajności chłodzenia/grzania, większe zużycie energii, ryzyko awarii podzespołów.



Czysty układ = stabilna praca = dłuższa żywotność

Regularna kontrola i czyszczenie filtrów to najtańsza forma zapobiegania awariom.

3. Objawy, znaczenie i działania

Objaw	Co może oznaczać	Działanie profilaktyczne
Wysoki spadek ciśnienia na filtrze / sitku	Sitko lub filtr częściowo lub całkowicie zatkane.	Skontroluj, oczyść lub wymień wkład / sitko. Sprawdź źródło zanieczyszczeń.
Wzrost ΔT (zasilanie–powrót)	Ograniczony przepływ przez parownik lub skraplacz.	Sprawdź i oczyść filtry, sitka, wymiennik. Skontroluj pompę, zawory i równowagę hydrauliczną.
Częste alarmy przepływu, ΔT lub wysokiego ciśnienia	Niewystarczający przepływ lub niestabilne parametry.	Oczyść filtr/sitko. Sprawdź czujniki i ustawienia progów. Poszukaj przyczyny zabrudzeń w instalacji.
Spadek wydajności chłodzenia / grzania	Mniejsza wymiana ciepła przez zabrudzenia.	Oczyść filtry, sitka i wymiennik. Przywróć prawidłowy przepływ.
Wzrost zużycia energii	Większe opory przepływu, praca poza optymalnym punktem.	Utrzymuj czysty układ. Kontroluj filtry i równowagę hydrauliczną.

4. Co sprawdzić?

- ✓ Lokalizację wszystkich filtrów / sitek w układzie (woda lodowa, glikol, skraplacz, obieg olejowy itp.).
- ✓ Spadek ciśnienia na filtrze (przed–za filtrem, jeśli dostępne).
- ✓ Stopień zabrudzenia wkładu / siatki.
- ✓ Uszczelnienia i stan obudowy filtra.
- ✓ Czystość w okolicy filtra – czy nie ma wycieków i oznak korozji.
- ✓ Data ostatniego czyszczenia / wymiany wkładu.



5. Najczęstszy błąd



Czyszczenie filtra bez ustalenia źródła zanieczyszczeń.

Zabrudzenia szybko powrócą i problem będzie się powtarzał.

Przykład:

Po czyszczeniu sitka spadek przepływu wraca po kilku dniach, ponieważ w układzie znajdują się opilki z niedawno wykonanych prac lub korozja instalacji.

Rozwiązanie:

Zidentyfikuj i usuń źródło zanieczyszczeń, wyczyść układ (płukanie), a dopiero potem regularnie kontroluj filtry.



6. Wskazówka technika

Pierwsza kontrola filtrów jest kluczowa po pierwszym uruchomieniu lub po pracach na instalacji.

- ✓ Po pierwszym uruchomieniu sprawdź filtry po 24–72 godzinach pracy.
- ✓ Po pracach (spawanie, wymiana elementów, przepłukiwanie) zawsze skontroluj filtry przed ponownym uruchomieniem.
- ✓ Wpisuj daty i wyniki kontroli do dziennika serwisowego.
- ✓ Regularna kontrola to najmniejszy koszt w porównaniu z konsekwencjami awarii.

Jeżeli pomiar jest błędny, nawet sprawny Chiller może podejmować złe decyzje



Cel edukacyjny: Pokazać, że czujniki wymagają okresowej weryfikacji, ponieważ automatyka opiera działanie urządzenia na ich sygnałach.

Najważniejsze

- Sterownik nie „widzi” rzeczywistości bezpośrednio
- Widzi ją przez:

CZUJNIKI

- Dlatego każdy błąd pomiaru może wpłynąć na:
 - regulację wydajności;
 - uruchamianie sprężarek;
 - pracę wentylatorów;
 - zawór rozprężny;
 - alarmy;
 - decyzję o zatrzymaniu urządzenia.
- Co może pogorszyć wiarygodność pomiaru?
 - uszkodzenie czujnika;
 - luźne połączenie;

15°C

- a dwa inne, niezależne pomiary wskazują około:

8°C

- nie należy automatycznie przyjmować wartości 15°C jako prawidłowej.
- Zasada porównania:

ODCZYT STEROWNIKA

- porównaj z

NIEZALEŻNYM POMIAREM

- oraz

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ

Podejrzenie nieszczelności – obserwuj objawy, nie działaj pochopnie



Cel edukacyjny

Nauczyć czytelnika rozpoznawać symptomy, które mogą wymagać specjalistycznej kontroli, bez zachęcania osoby bez odpowiednich kwalifikacji...

Najważniejsze

- Dlaczego trzeba reagować wcześniej?
- Nieszczelność może powodować:
 - pogorszenie pracy urządzenia;
 - spadek wydajności;
 - nieprawidłowe parametry;
 - powtarzające się alarmy;
 - ryzyko dalszych uszkodzeń;
 - konieczność specjalistycznej interwencji.
- Co może zwrócić uwagę technika podczas oględzin?
 - tłuste ślady w nietypowych miejscach;

„SPRAWDŹ DOKŁADNIEJ”

- a nie:

„OTWÓRZ UKŁAD”

- Co powinna zrobić osoba bez wymaganych kwalifikacji?

1. Nie ingerować w zamknięty obieg.

2. Zabezpieczyć miejsce zgodnie z procedurą zakładową.

3. Udokumentować objawy.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSKUJ

Jeżeli nie zapiszesz danych, tracisz najcenniejsze narzędzie diagnostyczne: historię



Cel edukacyjny

Zamknąć Moduł 05 poprzez pokazanie, że dokumentacja konserwacyjna pozwala porównywać stan urządzenia w czasie, wykrywać trendy i...

Najważniejsze

- Dlaczego dokumentacja jest tak ważna?
- Pamięć człowieka jest zawodna.
- Dobrze prowadzona karta urządzenia pozwala zobaczyć:
 - co wydarzyło się miesiąc temu, pół roku temu i podczas poprzedniego sezonu.
 - Po każdej kontroli zapisz:

1. DATA I GODZINA

- Kiedy wykonano kontrolę?

2. OSOBA WYKONUJĄCA

- Kto przeprowadził inspekcję lub pracę?

3. STAN URZĄDZENIA

- pracuje;
- zatrzymane;
- alarm;
- praca ograniczona.

4. PODSTAWOWE PARAMETRY

- Na przykład:
 - temperatura wody wejściowej;
 - temperatura wody wyjściowej;
 - ΔT ;
 - dostępny odczyt przepływu;
 - wybrane ciśnienia;
 - obciążenie urządzenia;
 - temperatura otoczenia.

5. OBSERWACJE

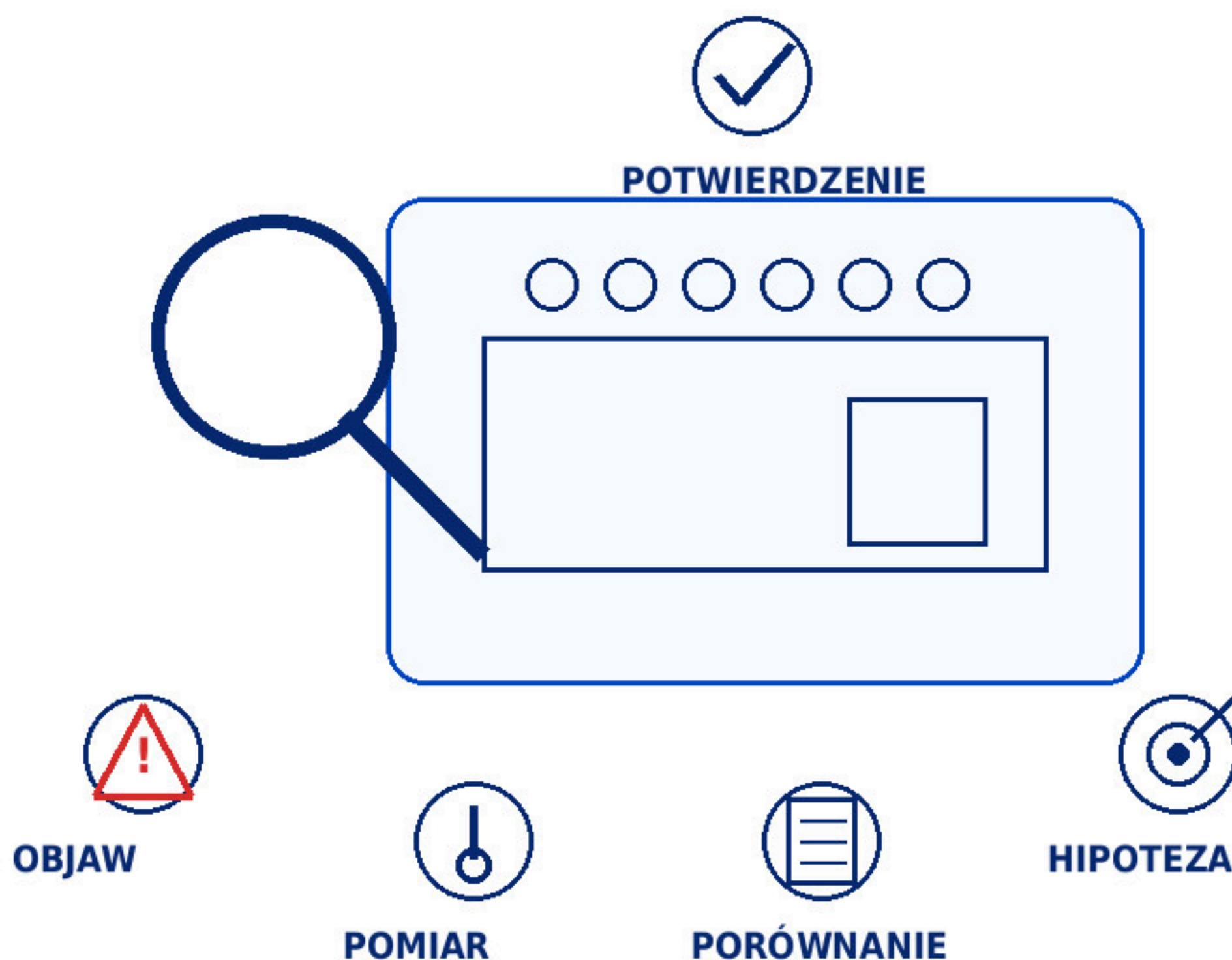
- hałas;
- drgania;
- zabrudzenie;
- stan wymiennika;
- przecieki;
- stan izolacji;
- alarmy.

ZROZUM SYSTEM → SPRAWDŹ PARAMETRY → PORÓWNAJ → WNIOSEK

MODUŁ 06 — DIAGNOSTYKA TYPOWYCH USTEREK

Nie zgaduj. Zbieraj dane, eliminuj możliwości i dochodź do przyczyny!

W tym module nauczysz się analizować najczęstsze problemy: brak uruchomienia, niewystarczającą wydajność, nieprawidłowe ciśnienia, problemy z przepływem, krótkie cykle, hałas, drgania, zwiększony pobór energii oraz alarmy.



OBJAW → DANE → HIPOTEZA → SPRAWDZENIE → PRZYCZYNA

DOBRA DIAGNOSTYKA ZACZYNA SIĘ OD PYTANIA:

- CO WIEM NA PEWNO?
- Porównuj parametry, nie zgaduj.
- Najpierw zbierz fakty, dopiero potem wskazuj możliwą przyczynę.

NIE WYMIENIAJ CZĘŚCI NA PODSTAWIE DOMYSŁU

- Najpierw potwierdź hipotezę pomiarem lub obserwacją.
- Jedna zmiana naraz, potem weryfikacja efektu.
- Dokumentuj każdy krok diagnostyczny.



Cel edukacyjny: nauczyć się logicznie identyfikować, dlaczego chiller nie uruchamia się, oraz jak odróżniać proste przyczyny od poważnych usterek.

1. Sekwencja sprawdzania braku rozruchu



2. Najczęstsze przyczyny

Objaw / sygnał	Możliwa przyczyna	Co sprawdzić
Brak zasilania sterowania	- Brak napięcia pomocniczego - Uszkodzony bezpiecznik / zasilacz - Wyłącznik główny w pozycji „OFF”	- Napięcie 24 V AC / DC lub 230 V AC - Bezpieczniki i zasilacz sterowania - Stan wyłącznika głównego
Alarm aktywny	- Zadziałanie zabezpieczenia - Błąd czujnika lub komunikacji - Niepotwierdzony alarm	- Lista alarmów i historia - Warunki pracy (P, T, przepływ) - Skasowanie alarmu po usunięciu przyczyny
Brak przepływu	- Zamknięty zawór - Zanieczyszczony filtr - Uszkodzony czujnik przepływu	- Położenie zaworów - Różnica ciśnień na wymienniku / filtrze - Sygnalizację przepływomierza
Zbyt wysoka temperatura zabezpieczenia	- Wysoka temp. wody lodowej/skrapacza - Brudne wymienniki - Niewłaściwe nastawy	- Temperatura powrotu i zasilania - Różnicę temperatur na wymienniku - Nastawy temperatur zabezpieczenia
Błąd komunikacji BMS	- Przerwa w komunikacji - Błędne adresy / parametry - Problem z siecią	- Stan połączenia i komunikacji - Adresy urządzeń i protokół - Kabel, terminacja, zasilanie interfejsu
Uszkodzony stycznik	- Spalona cewka / brak sterowania - Zwarte lub wypalone styki - Uszkodzony przekaźnik pośredni	- Napięcie na cewce - Stan styków mocy - Przekaźniki i bezpieczniki sterujące

3. Szybka ścieżka decyzji



4. Kiedy nie uruchamiać ponownie na siłę

- Powtarzające się zadziałania zabezpieczeń bez wyraźnej przyczyny.
 - Dym, zapach spalenizny lub oznaki przegrzania.
 - Silne, nienaturalne hałasy z agregatu.
 - Podejrzenie zatarcia sprężarki lub układu.
 - Wyciek czynnika chłodniczego lub podejrzenie nieszczelności.
- Bezpieczeństwo przede wszystkim – w razie wątpliwości skonsultuj się z osobą odpowiedzialną lub serwisem.**

5. Co sprawdzić

- Bezpieczniki główne i pomocnicze.
- Napięcie sterowania (24 V AC/DC lub 230 V AC).
- Aktualne i skasowane alarmy (historia).
- Presostaty i termostaty (wartości i nastawy).
- Przepływomierz / czujnik przepływu.
- Nastawy sterownika i tryb pracy.
- Połączenia elektryczne i stan okablowania.

6. Wskazówka technika

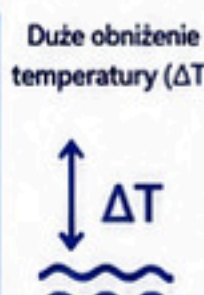
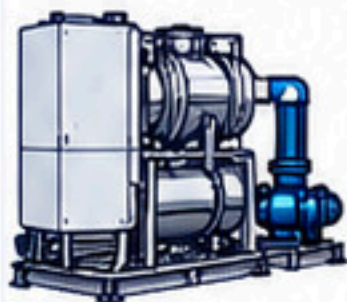
- Najpierw potwierdź wszystkie blokady, zezwolenia i warunki pracy – dopiero potem szukaj awarii elementów.
 - Większość braku rozruchu wynika z prostych przyczyn: brak sygnału startu, brak przepływu lub zadziałanie zabezpieczenia.
 - Systematyczna kontrola oszczędza czas i zapobiega niepotrzebnej wymianie podzespołów.
- Zapisuj przyczyny, działania i czas przestoju w raporcie serwisowym.



Cel edukacyjny: zrozumieć, dlaczego chiller chłodzi mniej niż oczekiwano i jak zweryfikować, czy przyczyną jest obciążenie, przepływ, wymiana ciepła, obieg chłodniczy czy nastawy.

1. Co oznacza niska wydajność?

WARTOŚĆ OCZEKIWANA



VS.

WARTOŚĆ RZECZYWISTA



2. Najczęstsze przyczyny niskiej wydajności

Przyczyna	Jak się objawia	Co sprawdzić
Zabrudzone wymienniki	- Wyższa temp. zasilania - Mniejsze obniżenie temperatury (ΔT) - Wzrost ciśnień skraplania	- Stan czystości skraplacza i parownika - Spadek ciśnienia na wymiennikach
Niski przepływ wody	- Zbyt małe obniżenie temperatury (ΔT) - Alarmy przepływu - Niestabilna praca urządzenia	- Praca pomp, zaworów i filtrów - Rzeczywisty przepływ (pomiar lub wskazanie) - Zamulenie instalacji
Nieprawidłowe napełnienie czynnikiem	- Zbyt niskie lub zbyt wysokie ciśnienia ssania/tłoczenia - Niższa wydajność chłodnicza - Przegrzewanie / dochłodzenie poza zakresem	- Ciśnienia i temperatury w obiegu - Stopień przegrzania i dochłodzenia - Kontrola napełnienia czynnikiem
Zbyt wysoka temperatura otoczenia	- Wzrost ciśnienia skraplania - Spadek wydajności chłodniczej - Dłuższy czas pracy sprężarek	- Temperatura otoczenia - Drożność wylotu powietrza skraplacza - Odsunięcie od przeszkód, recyrkulacja
Nieprawidłowe nastawy sterownika	- Zbyt wysoka temp. zasilania - Nieoptymalne sekwencje pracy - Częste cykle włącz/wyłącz	- Nastawy temp. zasilania i ΔT - Programy czasowe i limity - Tryb priorytetów i ograniczenia mocy
Problemy z wentylatorami / pompami	- Wysokie ciśnienie skraplania - Niestabilna praca - Alarmy silników	- Praca wentylatorów (prędkość, liczba) - Praca pomp (ciśnienie, pobór prądu) - Zanieczyszczone lub uszkodzone elementy

3. Gdzie najpierw szukać problemu?



4. Co sprawdzić

- Obniżenie temperatury (ΔT) wody
- Przepływ wody (odczyt lub pomiar)
- Temperatury zasilania i powrotu
- Ciśnienia ssania i tłoczenia
- Czystość skraplacza i parownika
- Praca wentylatorów / pomp
- Poziom obciążenia urządzenia (%)
- Aktywne alarmy i ograniczenia



5. Najczęstszy błąd



Nie zakładaj od razu braku czynnika chłodniczego. Zanim podejrzewasz nieszczelność lub niedobór, sprawdź przepływ wody i czystość wymienników. To najczęstsza przyczyna niskiej wydajności.



6. Wskazówka technika



Zawsze porównuj aktualną wydajność z pracą urządzenia przy podobnym obciążeniu i zbliżonych warunkach zewnętrznych. Zapisuj wartości referencyjne – ułatwi to szybką diagnozę i ocenę trendów wydajności.



Cel edukacyjny: nauczyć się interpretować nieprawidłowe ciśnienia i łączyć je z możliwymi przyczynami w układzie chłodniczym lub warunkach pracy urządzenia.

1. Jak czytać odchylenia ciśnień?



Wysokie ciśnienie tłoczenia (HP)

- Zabrudzony skraplacz lub słaba wymiana ciepła
- Za mały przepływ wody przez skraplacz
- Niesprawne wentylatory skraplacza
- Wysoka temperatura otoczenia
- Nadmierna ilość czynnika
- Zatkany filtr / dławienie w linii cieczowej



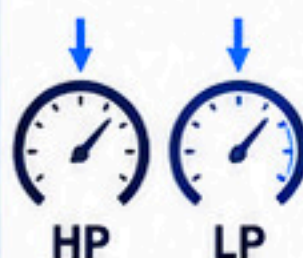
Niskie ciśnienie ssania (LP)

- Niedobór czynnika
- Za mały przepływ przez parownik
- Zamarzanie parownika
- Zatkany filtr / dławienie
- Nieszczelność układu



Jednocześnie wysokie tłoczenie i niskie ssanie

- Zatkany filtr / silne dławienie
- Zamarzanie parownika
- Za mały przepływ przez parownik
- Wadliwy zawór rozprężny
- Zabrudzony parownik



Jednocześnie niskie tłoczenie i niskie ssanie

- Niedobór czynnika
- Niska temperatura otoczenia
- Zbyt niska nastawa sterowania
- Nieszczelność układu

2. Objaw – możliwa przyczyna – co sprawdzić

Objaw / sytuacja	Możliwa przyczyna	Co sprawdzić
Zabrudzony skraplacz	• Osad, pył, zanieczyszczenia na lamelach • Ograniczona wymiana ciepła	• Czystość lameli i wlotów powietrza • Różnica temp. powietrza wlot / wylot
Za mały przepływ przez parownik	• Zbyt mały przepływ wody / glikolu • Zawór odcinający przymknięty • Zapowietrzenie	• Różnica temp. zasilanie / powrót • Przepływomierz • Odpowietrzenie układu
Niedobór czynnika	• Nieszczelność układu • Nieprawidłowy serwis	• Poziom ciśnienia ssania • Przegrzanie • Poszukiwanie nieszczelności
Nadmiar czynnika	• Przeładowanie układu • Błędne napełnienie po serwisie	• Wysokie ciśnienie tłoczenia • Dochłodzenie • Obserwacja pracy zaworu rozprężnego
Niesprawne wentylatory	• Uszkodzony silnik / kondensator • Zmniejszona prędkość obrotowa • Zanieczyszczone łopatki	• Praca wszystkich wentylatorów • Pobór prądu • Obrót łopatek, czystość
Zamarzanie parownika	• Za mały przepływ powietrza / wody • Niski poziom czynnika • Zbyt niskie nastawy	• Równomierność oblodzenia • Przegrzanie na wyjściu parownika • Nastawy sterownika
Zatkany filtr / dławienie	• Zanieczyszczony filtr • Dławienie w rurze / zaworze • Zatkany zawór rozprężny	• Spadek ciśnienia przed i za filtrem • Temperatura rur (ciepłe chłodne odcinki) • Praca zaworu rozprężnego
Wysokie obciążenie cieplne	• Wzrost zapotrzebowania na chłód • Więcej źródeł ciepła w układzie • Zmiana warunków procesu	• Temperatura zasilania / powrotu w instalacji • Czas pracy sprężarki • Trendy obciążenia

3. Czynniki wpływające na ciśnienie

- Temperatura otoczenia**
Wyższa temp. → wyższe ciśnienie tłoczenia.
- Wymiana ciepła**
Sprawne wymienniki → stabilne ciśnienia.
- Przepływ medium**
Za mały przepływ → spadek ciśnienia ssania.
- Ilość czynnika**
Niedobór lub nadmiar → odchylenia ciśnień.
- Sterowanie zaworem rozprężnym**
Prawidłowa modulacja → właściwe przegrzanie i ciśnienia.

4. Co sprawdzić

- Ciśnienia HP i LP ✓
- Temperatury nasycenia (z tabel PT) ✓
- Przegrzanie na ssaniu ✓
- Dochłodzenie na cieczy ✓
- Przepływ powietrza / wody ✓
- Czystość wymienników ✓

5. Kiedy przerwać diagnostykę



Natychmiast przerwij i wezwij osobę z odpowiednimi uprawnieniami, jeśli:

- ✗ Ciśnienie tłoczenia przekracza wartości dopuszczalne (wg tabliczki znamionowej).
- ✗ Urządzenie często się wyłącza z powodu wysokiego ciśnienia.
- ✗ Istnieje podejrzenie zalania cieplego czynnika (liquid floodback) do sprężarki.
- ✗ Konieczna jest ingerencja w układ chłodniczy lub czynnik – wymagane są odpowiednie kwalifikacje.



6. Wskazówka technika

Interpretuj ciśnienia zawsze razem z temperaturami.

- ✓ Samo ciśnienie nie zawsze wskazuje jednoznacznie na usterkę.
- ✓ Zawsze analizuj cały obraz: ciśnienia, temperatury i przepływy.
- ✓ Korzystaj z trendów z systemu sterowania.
- ✓ Dobre dane = skuteczna diagnostyka.



Cel edukacyjny: zrozumieć, jak niewystarczający, niestabilny lub przerwany przepływ wody wpływa na pracę chillera oraz jak szybko zdiagnozować przyczynę hydrauliczną.

1. Typowe objawy problemów z przepływem

WYSOKIE ΔT



- Zbyt duża różnica temperatur zasilanie-powrót.
- Spadek efektywności wymiany ciepła.

ALARM PRZEPŁYWU



- Wyświetlany alarm przepływu.
- Możliwe zatrzymanie agregatu.

WAHANIA TEMPERATURY



- Niestabilne temperatury zasilania.
- Wahania komfortu po stronie instalacji.

HAŁAS POMPY



- Głośna praca pompy.
- Możliwe drgania i zjawiska kawitacji.

SPADEK WYDAJNOŚCI



- Niższe moce chłodnicze/grzewcze.
- Wzrost czasu pracy sprężarek.

CZĘSTE ZADZIAŁANIA LP/HP



- Częste alarmy niskiego ciśnienia (LP).
- Praca sprężarki przy granicznych warunkach.

2. Najczęstsze przyczyny

	ZAPOWIERZENIE	Powietrze w instalacji powoduje spadek przepływu, hałas i niestabilną pracę pompy.		KAWITACJA	Zbyt niskie ciśnienie na ssaniu prowadzi do kawitacji, hałasu, uszkodzenia pompy i spadku wydajności.
	ZABRUDZONE FILTRY	Zanieczyszczone sitka i filtry zwiększają opory przepływu i zmniejszają wydajność.		ZŁA JAKOŚĆ WODY / OSADY	Kamień, rdza i osady zmniejszają przekrój przepływu i wymianę ciepła.
	ZAMKNIĘTY / PRZYMKNĘTY ZAWÓR	Zawory odcinające lub regulacyjne nie w pełni otwarte ograniczają przepływ.		BŁĘDNE NASTAWY FALOWNIKA	Zbyt niska częstotliwość lub błędny tryb sterowania ogranicza przepływ.
	NIEWŁAŚCIWA PRACA POMPY	Niewłaściwa prędkość, uszkodzenie lub zła kolejność faz – niższy przepływ i wyższe zużycie energii.		PROBLEM Z CZUJNIKIEM PRZEPŁYWU	Zabrudzenie, uszkodzenie lub złe ustawienie powoduje błędne odczyty i nieprawidłowe działanie zabezpieczeń.

3. Uproszczona ścieżka diagnostyczna



4. Co sprawdzić

- ✓ Przepływ wody (l/s, m³/h) – zgodnie z projektem
- ✓ ΔP na filtrze (czysty vs. zabrudzony)
- ✓ Odpowietrzniki – obecność, działanie, szczelność
- ✓ Pozycje zaworów – całkowicie otwarte?
- ✓ Kierunek pracy pompy (zgodny ze strzałką)
- ✓ Dźwięk i drgania pompy – czy występują?
- ✓ Stan sit i filtrów – stopień zabrudzenia
- ✓ Jakość wody – twardość, pH, przewodność, zawartość osadów



5. Najczęstszy błąd



Wielu użytkowników szuka usterki chłodniczej (niedobór czynnika, uszkodzenie sprężarki), zanim sprawdzi obieg hydrauliczny.

Skutek:

- Niepotrzebne przestoje i niepotrzebne koszty.
- Faktyczna przyczyna pozostaje nierozwiązana.
- Ryzyko uszkodzenia pompy i wymienników.



6. Wskazówka technika

- ✓ Zawsze zaczynaj od najprostszych ograniczeń hydraulicznych.
- ✓ Porównuj wszystkie odczyty z wartościami projektowymi.
- ✓ Regularnie czyść filtry i odpowietrzaj instalację.
- ✓ Dokumentuj przepływy po stronie zasilania i powrotu.
- ✓ Stosuj dobrej jakości wodę i prowadź jej regularną kontrolę.



Cel edukacyjny: zrozumieć, czym jest taktowanie, dlaczego jest szkodliwe i jak zidentyfikować jego najczęstsze przyczyny w obciążeniu, sterowaniu, hydraulice lub doborze urządzenia.

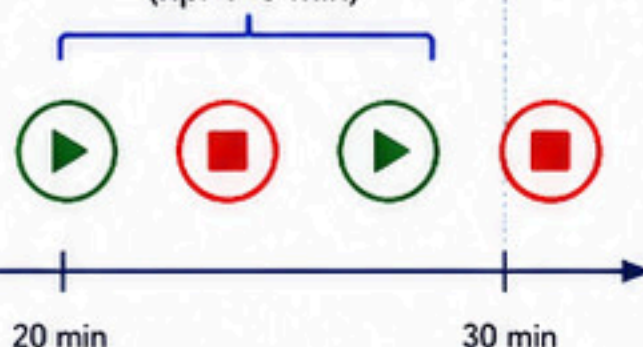
1. Jak rozpoznać taktowanie?

CZĘSTE STARTY I ZATRZYMANIA

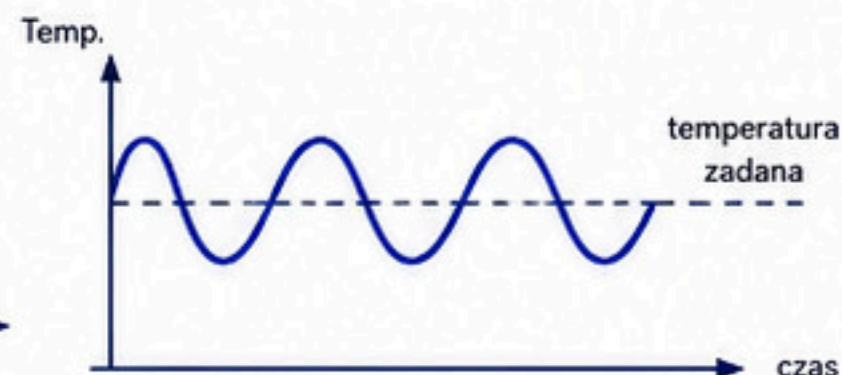


KRÓTKI CZAS PRACY

każdy cykl trwa krótko
(np. 1–3 min)



NIESTABILNE OSIĄGANIE ZADANEJ TEMPERATURY



2. Możliwe przyczyny

1 Zbyt mała pojemność wodna



Zbyt mała objętość wody w układzie lub brak bufora powoduje szybkie zmiany temperatury.

2 Niestabilne obciążenie



Wahania obciążenia (np. w procesie, systemach VRF) powodują szybkie zmiany zapotrzebowania.

3 Błędna histereza sterownika



Zbyt mała histereza lub zbyt wąskie pasmo działania powoduje częste włączanie/wyłączanie.

4 Niewłaściwe umiejscowienie czujnika



Czujnik w miejscu narażonym na zakłócenia (promienie słoneczne, stratyfikacja, martwe strefy) fałszuje odczyt.

5 Za duża moc urządzenia względem obciążenia



Urządzenie o zbyt dużej mocy chłodniczej często osiąga temperaturę zadana i się wyłącza.

6 Słaby przepływ



Zbyt niski przepływ wody lub działanie na granicy przepływu minimalnego powoduje szybkie wychładzanie.

7 Zabrudzone wymienniki



Osady po stronie wody lub czynnika pogarszają wymianę ciepła i przyspieszają osiągnięcie stanu granicznego.

8 Problem z zabezpieczeniami



Zbyt czułe zabezpieczenia lub częste odblokowania po alarmach mogą prowadzić do krótkich cykli pracy.

3. Skutki taktowania



WIĘKSZE ZUŻYCIE ENERGII

Spadek sprawności i wyższe zużycie energii elektrycznej.



SZYBSZE ZUŻYCIE SPRĘŻARKI

Częste rozruchy zwiększają zużycie mechaniczne i ciepłne.



CZĘSTSZE ALARMY

Większa liczba alarmów i odblokowań skraca ciągłość pracy.



NIESTABILNA TEMPERATURA

Wahania temperatury wpływają negatywnie na proces / komfort.



KRÓTSZA ŻYWOTNOŚĆ PODZESPOŁÓW

Skraca żywotność sprężarki, stycznych i pozostałych elementów.

4. Co sprawdzić

- ✓ Historię startów i zatrzymań – liczba cykli w ostatnich 24 h / 7 dniach.
- ✓ Czas jednego cyklu pracy – ile sekund/minut trwa praca sprężarki.
- ✓ Temperaturę zasilania i powrotu – szybkość zmian i amplitudę wahań.
- ✓ Nastawy sterownika – wartość zadana, histerezę, limity, priorytety.
- ✓ Pozycję czujnika temperatury – czy jest w reprezentatywnym miejscu.
- ✓ Przepływ wody – porównanie z wymaganym minimalnym przepływem.
- ✓ Objętość bufora / pojemność układu – czy jest wystarczająca do stabilizacji.



5. Najczęstszy błąd



Powtarzające się kasowanie alarmów lub zmiana nastaw zadanych „na oko”.

Bez analizy przyczyn taktowanie będzie się powtarzać, prowadząc do awarii i wyższych kosztów.



6. Wskazówka technika

- ✓ Zacznij od weryfikacji obciążenia i logiki sterowania.
- ✓ Dopiero potem podejrzewaj uszkodzenie podzespołów.
- ✓ Stabilny układ to odpowiednia pojemność wodna, poprawny przepływ i właściwe nastawy.



Cel edukacyjny: nauczyć się rozróżniać najczęstsze typy hałasu oraz łączyć je z prawdopodobnymi przyczynami mechanicznymi, hydraulicznymi lub chłodniczymi.

1. Typy hałasu i możliwe znaczenie

STUK / UDERZENIE	PISK / GWIZD	BUCZENIE	SZUM PRZEPŁYWU	HAŁAS WENTYLATORA	HAŁAS POMPY
Uderzenia ciekłego czynnika, luzy montażowe, poluzowane elementy, zawory lub popychacze.	Wycieki, dławienia, kawitacja, łożyska wymagające smarowania, luźny pasek.	Silnik, transformator, uzwojenia, sprężarka pracująca w niekorzystnych warunkach.	Przepływ czynnika lub wody przez rurociągi, wymienniki, filtry, zawory – zwykle normalny przy wysokim przepływie.	Niewyważenie, zabrudzenie, uszkodzone łożyska, luźne mocowanie, kontakt z osłoną.	Kawitacja, zużyte łożyska, niestabilny przepływ, zapowietrzenie, luzy sprzęgła.

2. Objaw – możliwa przyczyna – co sprawdzić

Objaw (jaki hałas?)	Możliwa przyczyna	Co sprawdzić
Uderzenia ciekłego czynnika	Powrót ciekłego czynnika do sprężarki, niewłaściwe sterowanie, niskie przegrzanie, wadliwy zawór rozprężny.	Przegrzanie na ssaniu, ustawienia zaworu, obciążenie, ciśnienia ssania/tłoczenia, sekwencję odszraniania.
Zużyte łożyska	Zużycie łożysk w pompie, wentylatorze lub sprężarce.	Luz promieniowy/osiowy, temperatura łożyska, stan smarowania, historia pracy.
Luzy montażowe / poluzowane elementy	Poluzowane śruby, panele, wsporniki, mocowania, obejmę rurociągów.	Dokręcenie elementów, stan podkładek antywibracyjnych, momenty dokręcania.
Kawitacja	Niski NPSH, zbyt niska temperatura wody, wysokie straty ssania, zapowietrzenie.	Ciśnienie na ssaniu, poziom wody, straty rur, stawianie pompy, filtr siatkowy, odpowietrzenie.
Ocieranie wentylatora	Kontakt łopatek z osłoną, obudową lub innymi elementami.	Luz łopatek, wyważenie wentylatora, deformacje, mocowanie obudowy.
Niestabilny przepływ (szumy)	Nadmierna prędkość przepływu, zawirowania, zamknięte zawory, zabrudzone wymienniki.	Przepływ wody, różnice temperatur, ustawienia zaworów, czystość wymiennika, kształtki, redukcje.
Rezonans obudowy	Przenoszenie drgań z urządzenia na obudowę lub konstrukcję.	Mocowania, podkładki antywibracyjne, masa i sztywność konstrukcji, punkty podparcia.

3. Gdzie nasłuchiwać?



6. Wskazówka technika



Poznaj „normalny podpis dźwiękowy” urządzenia w stabilnej pracy.

- ✓ Porównuj wszystkie odstępstwa – małe zmiany dziś to często poważny problem jutro.
- ✓ Dokumentuj: kiedy hałas występuje, przy jakich warunkach, z jakim obciążeniem i jakie towarzyszą mu wskazania.

4. Co sprawdzić

- ✓ Moment pojawienia się hałasu (rozruch, praca stabilna, odszranianie, stop).
- ✓ Czy hałas zależy od obciążenia lub warunków pracy?
- ✓ Dźwięk pompy (ssanie/tłoczenie). Czy występuje kawitacja?
- ✓ Dźwięk wentylatorów (wyważenie, łożyska, kontakt łopatek).
- ✓ Dźwięk sprężarki (uderzenia, stukanie, buczenie, piski).
- ✓ Mocowania i elementy konstrukcyjne (luzy, rezonans).
- ✓ Ślady uderzeń lub otarć na rurociągach i komponentach.
- ✓ Przepływ i różnice temperatur (woda/chłodziwo).
- ✓ Ciśnienia ssania i tłoczenia, przegrzanie i dochłodzenie.

5. Kiedy natychmiast zatrzymać obserwację i eskalować

- ⚠ Silne metaliczne stuki lub uderzenia, zwłaszcza w sprężarce.
- ⚠ Tarcie lub ocieranie wirujących części (o wentylator, osłony, łożyska).
- ⚠ Zapach spalenizny lub widoczny dym.
- ⚠ Gwałtowny wzrost drgań lub hałasu w krótkim czasie.
- ⚠ Dźwięk wskazujący na uderzenia ciekłego czynnika w sprężarce.



Zatrzymaj urządzenie zgodnie z procedurą bezpieczeństwa i nie kontynuuj obserwacji – niezwłocznie poinformuj przełożonego/serwis.



Cel edukacyjny: nauczyć się rozpoznawać nieprawidłowe drgania, wskazywać ich źródło i rozumieć zagrożenia wynikające z pozostawienia drgań bez reakcji.

1. Skąd mogą pochodzić drgania?



Sprężarka

Niewyważenie wirników, uszkodzone łożyska, luzy mechaniczne, uderzenia tłoków / ślizgów.



Pompa

Kawitacja, niewyważenie wirnika, luzy łożysk, niewspółosiowość z napędem.



Rama / fundament

Nierówne posadowienie, luźne kotwy, przenoszenie drgań na konstrukcję budynku.



Wentylator

Niewyważenie łopat, uszkodzone łożyska, zabrudzenia, luźne mocowania.



Rurociągi

Brak kompensacji wydłużeń, luźne obejmy, uderzenia cieczy, przenoszenie drgań z maszyny.



Amortyzatory

Zużycie, pęknięcia gumy, utrata elastyczności, nieodpowiedni dobór lub montaż.

2. Typowe objawy i możliwe przyczyny

Objaw	Co może oznaczać	Co sprawdzić	Ryzyko
Drgania obudowy	Niewyważenie sprężarki lub wentylatora, luzy mechaniczne, rezonans ramy.	Mocowania maszyny, stan łożysk, wyważenie wirników, sztywność ramy.	Luzowanie połączeń, pęknięcia, uszkodzenie elementów, awaria.
Drgania rur	Brak kompensacji, luźne podpory, uderzenia cieczy (water hammer), przenoszenie drgań z maszyny.	Podpory i obejmy, kompensatory, punkty stałe i przesuwne, izolacja drgań.	Pęknięcia rur, przecieki, uszkodzenia zaworów i kształtek.
Drgania pompy	Kawitacja, niewyważenie wirnika, luzy łożysk, niewspółosiowość.	NPSH, wirnik, łożyska, osiowość, stan sprzęgła lub sprzęgła ślizgowego.	Szybsze zużycie łożysk, spadek wydajności, awaria uszczelnień.
Drgania wentylatorów	Niewyważenie łopat, zabrudzenia, uszkodzone łożyska, luźne śruby.	Łopaty i wirnik, czystość, łożyska, mocowania, równomierność obrotów.	Uszkodzenie wentylatora, zwiększone zużycie energii, hałas.
Rezonans konstrukcji	Zbieżność częstotliwości pracy z częstotliwością własną ramy lub rurociągów.	Sztywność konstrukcji, masy, częstotliwości własne, izolacja drgań.	Duże amplitudy drgań, pęknięcia, uszkodzenia całego układu.

3. Dlaczego drgania są groźne?



Luzowanie połączeń



Pękanie podpór



Przecieki i wycieki



Szybsze zużycie łożysk



Błędne odczyty czujników

4. Co sprawdzić

- ✓ Mocowania maszyny (śruby, kotwy)
- ✓ Stan i dobór amortyzatorów
- ✓ Współosiowość napędu (sprzęgło)
- ✓ Stan łożysk i elementów wirujących
- ✓ Podpory i obejmy rurociągów
- ✓ Kawitację w układzie pompowym
- ✓ Przepływ i warunki pracy
- ✓ Obecność śladów ocierania lub uderzeń



5. Najczęstszy błąd

✗ Ignorowanie drgań, dopóki nie pojawi się widoczne uszkodzenie.

Wibracje zwykle rosną stopniowo – zbyt późna reakcja prowadzi do poważnych uszkodzeń, długich przestojów i wysokich kosztów napraw. Reaguj wcześniej, zanim skutki staną się nieodwracalne.



6. Wskazówka technika

- ✓ Zawsze porównuj aktualny poziom drgań z wartościami historycznymi z tego samego punktu pomiarowego – trend jest kluczowy.
- ✓ Sprawdź, czy drgania zmieniają się wraz ze zmianą obciążenia (np. 25%, 50%, 75%, 100%) – to pomaga wskazać źródło.
- ✓ Jeśli masz system monitoringu, zapisuj alarmy i trend – ułatwi to analizę oraz ocenę skuteczności działań naprawczych.

NOWY DŹWIĘK TO NOWA INFORMACJA – SŁUCHAJ URZĄDZENIA ŚWIADOMIE



Cel edukacyjny: Nauczyć czytelnika wykorzystywać hałas i drgania jako sygnały zmian, ale bez diagnozowania konkretnej awarii wyłącznie „na słuch”.

Najważniejsze

- Każdy Chiller ma swój normalny profil dźwięku
- Technik, który regularnie obserwuje to samo urządzenie, zaczyna rozpoznawać:
 - normalny dźwięk sprężarki;
 - pracę pomp;
 - start wentylatorów;
 - zmianę wydajności;
 - typowe drgania.
- Niepokojące są przede wszystkim:

ZMIANY W STOSUNKU DO NORMALNEGO STANU

- Przykłady:

METALICZNE STUKANIE

- Może wskazywać na problem mechaniczny, luźny element lub drgania konstrukcji.

GŁOŚNE WIBRACJE OSŁONY

- Może występować przy poluzowanym mocowaniu lub przenoszeniu drgań.

NIETYPOWY DŹWIĘK POMPY

- Może wymagać analizy warunków hydraulicznych, mocowania lub stanu pompy.

NIERÓWNA PRACA WENTYLATORA

- Sprawdź:
 - łopatki;
 - mocowanie;
 - przeszkody;
 - stan mechaniczny;
 - równomierność pracy.
- Jak diagnozować?
- Nie zapisuj:
 - „dziwny dźwięk.”
- Zapisz:

OBJAW → DANE → HIPOTEZA → POTWIERDZENIE → DZIAŁANIE



Cel edukacyjny: nauczyć się klasyfikować najczęstsze alarmy, rozumieć co zwykle mogą oznaczać oraz odpowiadać spokojnie – bez kasowania alarmów „w ciemno”.

1. Główne grupy alarmów

CIŚNIENIE	TEMPERATURA	PRZEPŁYW	ELEKTRYKA / SILNIK	STEROWANIE / KOMUNIKACJA
- Wysokie ciśnienie HP - Niskie ciśnienie LP - Różnica ciśnień zbyt niska / wysoka	- Wysoka temperatura wody - Niska temperatura wody - Zbyt wysoka temp. przegrzania / tłoczenia	- Brak przepływu wody - Niski przepływ - Różnica przepływu (ΔT zbyt małe)	- Przeciążenie silnika - Zanik fazy / asymetria - Zbyt wysokie natężenie - Błąd napędu / softstartu	- Błąd komunikacji BMS - Utrata komunikacji między modułami - Błąd parametrów / pamięci

2. Jak reagować na alarm?



3. Alarm – co może oznaczać – co sprawdzić

Alarm	Co może oznaczać	Co sprawdzić
Wysokie ciśnienie HP	Za wysoka temperatura otoczenia, brudny skraplacz, za mały przepływ powietrza, nadmiar czynnika, niesprawny zawór regulacyjny.	Ciśnienie skraplania, temp. otoczenia, stan skraplacza, prędkość wentylatorów, przepływ wody, ładunek czynnika.
Niskie ciśnienie LP	Niedobór czynnika, zbyt małe obciążenie, zacięty zawór rozprężny, nieszczelność, zamarzanie parownika.	Ciśnienie parowania, przegrzanie na ssaniu, ładunek czynnika, zawór rozprężny, stan parownika.
Alarm przepływu	Brak lub zbyt mały przepływ wody, zamknięte zawory, zapchany filtr, uszkodzona pompa.	Przepływ wody, różnica temperatur ΔT , stany zaworów, filtr siatkowy, praca pompy.
Alarm wysokiej temperatury	Zbyt wysoka temp. wody lub czynnika, uszkodzony wymiennik, zbyt duże obciążenie, zaburzony przepływ.	Temp. zasilania/powrotu, ΔT , czyszczenie wymiennika, obciążenie układu, pracę zaworów.
Alarm silnika	Przeciążenie, zanik fazy, asymetria, zbyt wysokie natężenie, przegrzanie silnika.	Natężenie prądu, napięcia fazowe, kolejność faz, wentylacja szafy, stan filtra, praca wentylatora silnika.
Błąd czujnika	Uszkodzony czujnik, przerwany przewód, zwarcie, niewłaściwy zakres.	Rezystancja czujnika, okablowanie, złącza, wartości wskazań względem innych czujników.
Błąd komunikacji	Problemy z siecią BMS, przerwa w kablu, zakłócenia, błąd adresu lub ustawień modułu.	Status sieci, adresy modułów, okablowanie, złącza, zakłócenia, wersje oprogramowania.

4. Co sprawdzić

- ✓ Kod alarmu i jego opis na sterowniku
- ✓ Historię alarmów (czas, częstotliwość, powracające alarmy)
- ✓ Temperatury: zasilanie, powrót, skraplanie, parowanie, przegrzanie
- ✓ Ciśnienia: HP, LP, różnica ciśnień
- ✓ Przepływ wody i różnicę temperatur (ΔT)
- ✓ Stan czujników i ich wartości
- ✓ Zasilanie: napięcia, prądy, asymetria faz
- ✓ Tryb pracy sterownika (obciążenie, tryb ręczny/auto)



5. Najczęstszy błąd



Kasowanie alarmu bez rozpoznania przyczyny lub wielokrotne restartowanie urządzenia.

- Problem nie zniknie – alarm powróci.
- Może dojść do uszkodzenia komponentów.
- Tracisz cenny czas i pogarszasz sytuację.
- Zawsze najpierw diagnozuj, potem działaj.



6. Wskazówka technika

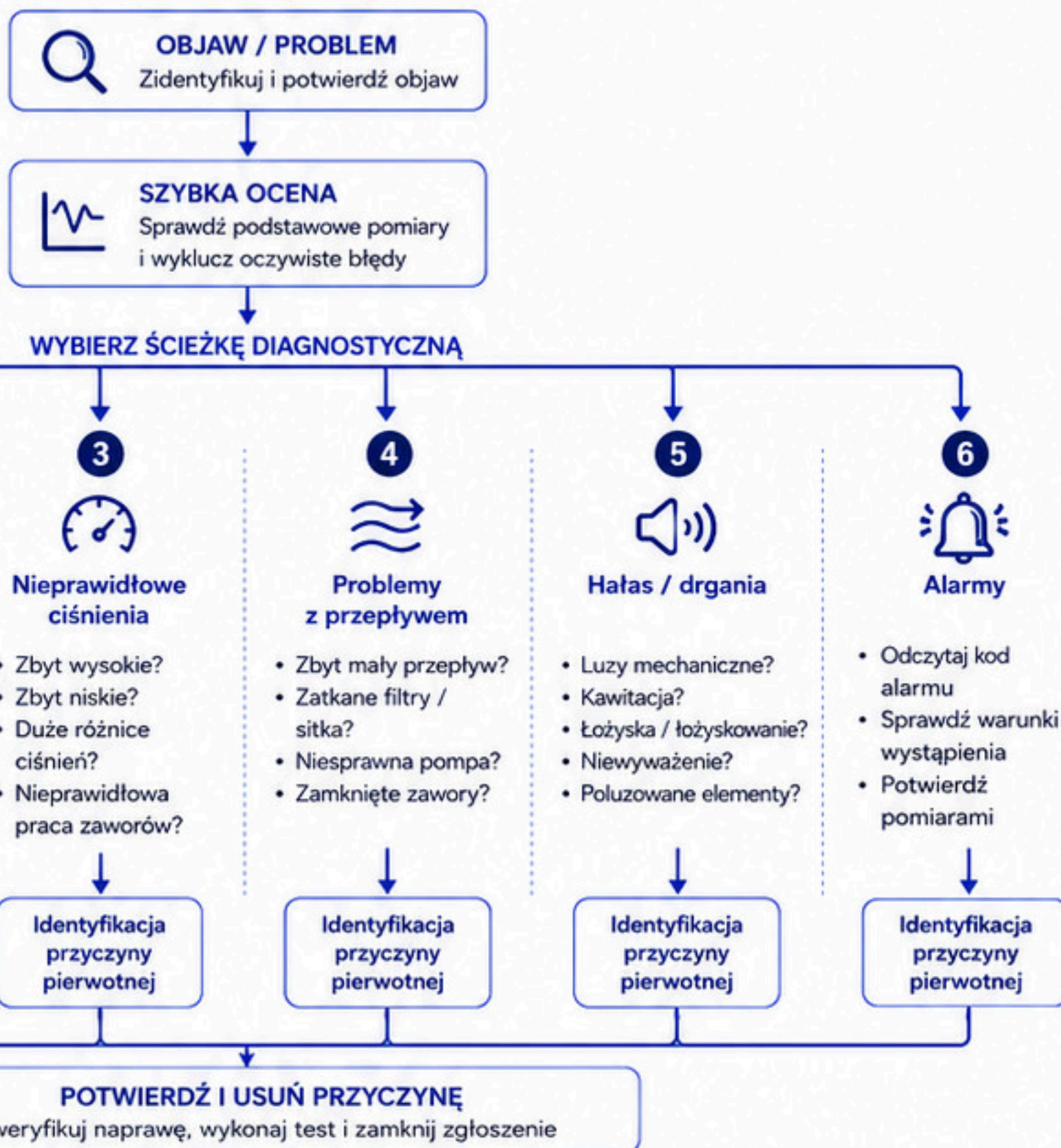
Alarm to nie wyrok – to informacja.

- ✓ Sam alarm jest tylko wskazówką.
- ✓ Skuteczna diagnoza łączy alarm z rzeczywistymi warunkami pracy (mierzone wartości, trendy, logika sterownika).
- ✓ Zbieraj dane, analizuj spokojnie i działaj metodycznie – wtedy szybko znajdziesz przyczynę.



Cel edukacyjny: nauczyć się krok po kroku podążać za logicznym drzewem diagnostycznym, aby szybko dojść od objawu do rzeczywistej przyczyny awarii chillera.

1. Drzewo diagnostyczne



2. Jak korzystać z drzewa

- 1** **Zidentyfikuj objaw**
Opisz, co się dzieje i kiedy występuje.
- 2** **Wykonaj szybką ocenę**
Sprawdź podstawowe pomiary i wyklucz oczywiste przyczyny.
- 3** **Wybierz odpowiednią ścieżkę**
Dopasuj objaw do kategorii i postępuj według pytań pomocniczych.
- 4** **Zlokalizuj przyczynę pierwotną**
Podążaj za pytaniami, aż dojdiesz do rzeczywistego źródła problemu.
- 5** **Zweryfikuj i zamknij**
Potwierdź poprawę, zrób test końcowy i udokumentuj działania.

3. Objaw → pierwszy pomiar → możliwy obszar

Objaw	Pierwszy pomiar	Możliwy obszar (kierunek diagnozy)
Brak rozruchu	Napięcie zasilania, sygnał startu	Zasilanie, sterowanie, zabezpieczenia, blokady, warunki startu
Niska wydajność	Temp. wody zasil./powrot., temp. skraplania	Wymienniki, przepływ, czynnik, nastawy, zawory rozprężne
Nieprawidłowe ciśnienia	Ciśnienie ssania / tłoczenia, ΔP skraplacza / parownika	Czynnik, zawory, nieszczelności, wymienniki, regulacja
Problemy z przepływem	ΔP parownika, przepływ wody	Filtry, pompy, zawory, rurociągi, zanieczyszczenia
Hałas / drgania	Poziom drgań, temperatura łożysk	Łożyska, mocowania, luzy, hydraulika, niewyważenie
Alarmy	Kod alarmu, wartości czujników	Obwód czujnika, parametry pracy, blokady, czynnik, przepływ

4. Kiedy nie iść dalej samodzielnie

- ✗ Podejrzanie wycieku czynnika lub oleju.
- ✗ Uszkodzenia elektryczne – przepalione elementy, zapach spalenizny.
- ✗ Brak dokumentacji i brak możliwości potwierdzenia parametrów.
- ✗ Powtarzające się alarmy po wykonaniu podstawowych kroków.
- ✗ Usterki wymagające rozbiórki instalacji pod ciśnieniem.
- ✗ Niepewność co do bezpieczeństwa pracy urządzenia.

Skontaktuj się z serwisem producenta lub przełożonym.



5. Wskazówka technika

- ✓ Zawsze zaczynaj od najprostszych i najszybszych pomiarów.
- ✓ Potwierdzaj każdą hipotezę pomiarem, nie domyślaj się.
- ✓ Notuj wyniki – ułatwi to diagnozę i zapobiegnie powrotowi awarii.
- ✓ Porównuj wartości z historią pracy i typowymi zakresami.
- ✓ Pracuj metodycznie – jedna zmiana naraz, potem weryfikacja.
- ✓ Zadbaj o czystość wymienników i stan filtrów – to zapobiega większości problemów.

OD OBJAWU DO PRZYCZYNY – UNIWERSALNA MAPA DIAGNOSTYCZNA



Cel edukacyjny Zakończyć Moduł 06 dużym, praktycznym drzewem diagnostycznym, które czytelnik może wykorzystać jako punkt odniesienia podczas pierwszej analizy...

ZACZNIJ TUTAJ:

CO JEST GŁÓWNYM OBJAWEM?

A. CHILLER NIE URUCHAMIA SIĘ

- Sprawdź kolejno:
- Czy jest polecenie START?
- Czy istnieje zapotrzebowanie na chłodzenie?
- Czy aktywny jest alarm?
- Czy istnieje prawidłowy przepływ wody?
- Czy urządzenie znajduje się w czasie ochronnym?
- Czy wszystkie warunki startowe są spełnione?

B. CHILLER PRACUJE, ALE NIE CHŁODZI WYSTARCZAJĄCO

- Sprawdź:
- Czy obciążenie nie wzrosło?
- Czy przepływ jest prawidłowy?
- Czy parownik może skutecznie odbierać ciepło?
- Czy skraplacz może skutecznie oddawać ciepło?
- Czy urządzenie osiąga dostępną wydajność?
- Czy czujniki pokazują prawidłowe wartości?

C. WYSTĘPUJE WYSOKIE CIŚNIENIE

- Sprawdź:
- Skraplacz
- Wentylatory / przepływ wody
- Temperaturę otoczenia lub wody
- Zabrudzenie
- Warunki odprowadzania ciepła
- Wiarygodność pomiaru

D. WYSTĘPUJE NISKIE CIŚNIENIE

- Sprawdź:
- Przepływ przez parownik
- Obciążenie cieplne
- Warunki wymiany ciepła
- Sterowanie elementem rozprężnym
- Czujniki i pomiary
- Dopiero później analizuj zamknięty obieg chłodniczy w zakresie odpowiednim do kwalifikacji

OBJAW → DANE → HIPOTEZA → POTWIERDZENIE → DZIAŁANIE

**Cel edukacyjny:**

Rozpocząć moduł przeprowadzający czytelnika od prawidłowo potwierdzonej usterki do bezpiecznie zaplanowanej interwencji, kontroli po wykonanej pracy...

Najważniejsze

- MODUŁ 07
- NAPRAWA, BEZPIECZNA INTERWENCJA I PONOWNE URUCHOMIENIE
- Podtytuł:

Co to oznacza w praktyce

- „Dobra naprawa zaczyna się przed użyciem narzędzi i kończy dopiero po potwierdzeniu prawidłowej pracy.”
- Krótka zapowiedź modułu:
- „Dowiesz się, jak określić zakres interwencji, przygotować urządzenie i miejsce pracy, bezpiecznie odłączyć system, zaplanować wymianę podzespołu,

Co sprawdzić / zapamiętać

- Dodatkowe zdanie:
- „NAPRAWA NIE KOŃCZY SIĘ W MOMENCIE WYMIANY CZĘŚCI.”
- Prawidłowy proces obejmuje:

Wniosek technika

- DIAGNOZĘ → PLAN → ZABEZPIECZENIE → INTERWENCJĘ → KONTROLĘ → URUCHOMIENIE → POTWIERDZENIE

OBJAW → DANE → HIPOTEZA → POTWIERDZENIE → DZIAŁANIE

Co dokładnie trzeba naprawić? Nie rozpoczynaj pracy bez jasno określonego zakresu



Cel edukacyjny: Nauczyć czytelnika rozdzielać potwierdzoną przyczynę od domysłów oraz jasno określać, które elementy rzeczywiście wymagają interwencji.

Najważniejsze

- Przed rozpoczęciem naprawy odpowiedz na pięć pytań:

1. JAKI OBJAW ZOSTAŁ POTWIERDZONY?

- Przykład:
- Nie:
 - „Chiller źle działa.”
- Lepiej:
 - „Wentylator nr 3 nie uruchamia się mimo prawidłowego polecenia sterownika.”

2. JAKA JEST POTWIERDZONA PRZYCZYNA?

- Przykład:
- Uszkodzenie mechaniczne konkretnego wentylatora zostało potwierdzone zgodnie z właściwą procedurą.
- Nie rozszerzaj zakresu bez potrzeby.

3. CO TRZEBA ZROBIĆ?

- Przykłady:
 - oczyścić element;
 - przywrócić prawidłową pozycję;
 - poprawić mocowanie;
 - wymienić uszkodzony podzespół;
 - przekazać czynność specjalistycznemu serwisowi.

4. JAKIE ZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄ?

- Czy praca wiąże się z:
 - energią elektryczną?
 - ciśnieniem?
 - gorącymi powierzchniami?
 - elementami obrotowymi?
 - czynnikiem chłodniczym?
 - pracą na wysokości?
 - ciężkimi elementami?
 - możliwością automatycznego startu?

5. KTO POWINIEN WYKONAĆ PRACĘ?

- Nie każda czynność jest odpowiednia dla każdej osoby.
- Należy uwzględnić:
 - kwalifikacje;
 - uprawnienia;
 - procedury zakładowe;
 - narzędzia;
 - dokumentację producenta.
- Bloco „Zakres pracy”: *\
- Przed interwencją utwórz krótką kartę:

OBJAW → DANE → HIPOTEZA → POTWIERDZENIE → DZIAŁANIE



Cel edukacyjny: nauczyć się prawidłowo przygotować się do naprawy chillera, aby praca była bezpieczna, skuteczna i udokumentowana.

1 Dokumentacja i dane

Zbierz i przeanalizuj informacje o urządzeniu.



Tabliczka znamionowa

Sprawdź model, numer seryjny, napięcie, czynnik, ciśnienie robocze i normy.



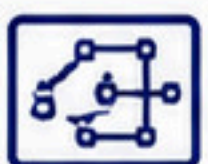
Historia alarmów

Przeglądaj listę alarmów, zapis trendów i godzin wystąpień.



Pomiary przed naprawą

Zapisz kluczowe parametry pracy (T, P, przepływy, prądy, poziomy oleju itp.).



Schematy i instrukcje

Przygotuj schematy elektryczne, chłodnicze i hydrauliczne oraz instrukcje serwisowe.

2 Narzędzia i środki ochrony

Upewnij się, że masz wszystko potrzebne do bezpiecznej pracy.



Narzędzia ręczne



Mierniki (elektryczne)



Manometry i węże serwisowe



Pompa próżniowa



ŚOI: rękawice, okulary, obuwie



Blokady LOTO i oznakowanie



Latarka



Materiały absorpcyjne

3 Części i materiały

Sprawdź dostępność i zgodność elementów przed użyciem.



Części zamienne

Zweryfikuj numer katalogowy, kompletność i zgodność z modelem urządzenia.



Czynnik chłodniczy

Sprawdź typ, ilość dostępną i czystość (wilgoć).



Oleje i smary

Używaj tylko olejów zatwierdzonych przez producenta.



Materiały eksploatacyjne

Uszczelki, O-ringi, filtry, opaski zaciskowe, taśmy, środki czyszczące.

4. Przygotowanie miejsca pracy – krok po kroku

1

Zabezpiecz urządzenie



- Wylącz chiller zgodnie z procedurą.
- Odlącz zasilanie (LOTO).
- Upewnij się, że urządzenie nie może zostać przypadkowo uruchomione.

2

Opróżnij i odizoluj układy



- Zatrzymaj przepływ wody.
- Odpowietrz układ hydrauliczny.
- Odzyskaj czynnik (jeśli wymagane).
- Sprawdź brak ciśnienia.

3

Przygotuj przestrzeń



- Zapewnij dobrą wentylację i oświetlenie.
- Usuń przeszkody, zapewnij dostęp do urządzenia.
- Zadbaj o porządek i czystość miejsca pracy.

4

Oceń ryzyko



- Zidentyfikuj zagrożenia: elektryczne, chemiczne, ciśnieniowe, termiczne.
- Oceń ryzyko i dobierz środki ochrony.

5

Potwierdź gotowość do pracy



- Sprawdź narzędzia i materiały.
- Zweryfikuj plan naprawy.
- Poinformuj zespół o zakresie prac.



5. Najczęstsze błędy przygotowania

- ✗ Brak analizy historii alarmów i danych pracy.
- ✗ Praca bez odłączenia i zabezpieczenia zasilania (LOTO).
- ✗ Nieodpowiednie opróżnienie lub odizolowanie układów – ryzyko wycieku.
- ✗ Brak wymaganych narzędzi i ŚOI.
- ✗ Użycie niezgodnych części, oleju lub czynnika.
- ✗ Brak oceny ryzyka i przygotowania miejsca pracy.
- ✗ Pominięcie pomiarów przed naprawą – brak punktu odniesienia.



6. Wskazówka technika

- ✓ Dobre przygotowanie oszczędza czas i zapobiega błędom.
- ✓ Zawsze zapisuj parametry przed rozpoczęciem prac – to ułatwia diagnozę i weryfikację po naprawie.
- ✓ Pracuj zgodnie z procedurami producenta i obowiązującymi normami.
- ✓ Bezpieczeństwo i dokumentacja to podstawa profesjonalnej obsługi chillera.



Cel edukacyjny: nauczyć się planować wymianę podzespołów w sposób bezpieczny, logiczny i oparty na przyczynach, aby zapewnić niezawodność układu i uniknąć powtarzających się awarii.

1. Najczęściej wymieniane podzespoły – jak planować wymianę

Podzespół	Co sprawdzić przed wymianą	Typowe błędy	Po wymianie zweryfikuj
 Sprężarka	- Stan instalacji (czystość, wilgoć, zawilgocenie) - Olej – stan, rodzaj, ilość - Warunki pracy (skraplanie, przegrzew, ΔT) - Zasilanie i zabezpieczenia	- Wymiana bez płukania instalacji - Nieprawidłowy olej lub jego ilość - Niewykryta przyczyna przegrzewu - Brak kontroli elektrycznej	- Ciśnienia i temperatury - Poziom i powrót oleju - Pobór prądu / praca bez wibracji - Brak alarmów i szczelność
 Pompa	- Zanieczyszczenia w układzie - Filtry i przepływ - Łożyska i uszczelnienie - Zasilanie i sterowanie	- Wymiana bez czyszczenia filtrów - Niewłaściwy kierunek przepływu - Błędny dobór wydajności - Brak odpowietrzenia po starcie	- Przepływ i ΔT - Brak hałasu i wibracji - Pobór prądu - Szczelność i brak przecieków
 Czujnik	- Porównanie z innym czujnikiem - Kalibracja i dokładność - Okablowanie i złącza - Lokalizacja montażu	- Wymiana bez weryfikacji wskazań - Błędna lokalizacja czujnika - Poluzowane lub uszkodzone złącza - Brak kalibracji po wymianie	- Wartości rzeczywiste w sterowniku - Stabilność odczytów - Reakcję układu na zmiany - Kalibrację / offset
 Stycznik	- Stan styków i cewki - Napięcie zasilania cewki - Sterowanie z PLC / przekaźnika - Obciążenie i kategoria pracy	- Wymiana bez sprawdzenia przyczyny - Zbyt mała kategoria prądowa - Luźne przewody i zaciski - Brak zabezpieczenia przed przepięciami	- Napięcie cewki i stan sygnału - Temperaturę styków - Działanie pod obciążeniem - Brak grzania i iskrzenia
 Wentylator	- Drożność skraplacza/wymiennika - Stan łożysk i wyważenie - Zasilanie, sterowanie, PWM - Prąd pracy i obroty	- Wymiana bez czyszczenia wymiennika - Nieprawidłowe kierunki i obroty - Zły dobór wydajności wentylatora - Brak ochrony przed przegrzaniem	- Przepływ powietrza - Temperaturę skraplania - Pobór prądu / obroty - Brak drgań i nietypowych dźwięków
 Filtr	- Wskaźnik różnicy ciśnień - Zanieczyszczenia w układzie - Typ i przepływ nominalny - Lokalizację (ssanie/ciśnienie)	- Wymiana tylko samego wkładu - Niewłaściwy typ lub wielkość porów - Montaż odwrotny kierunku przepływu - Brak płukania instalacji	- Różnica ciśnień na filtrze - Temperatury i przepływ - Szczelność połączeń - Brak alarmów
 Zawór	- Przyczyna zacięcia/nieszczelności - Czystość i wilgotność czynnika - Zasilanie / sygnał sterujący - Dobór średnicy i Kvs	- Wymiana bez usunięcia zanieczyszczeń - Nieprawidłowy typ zaworu - Błędne podłączenie sygnału - Brak filtracji przed zaworem	- Działanie i pozycjonowanie - Szczelność zamknięcia - Reakcję układu na zmianę sygnału - Brak drgań i hałasu

2. Dobór części



Tabliczka znamionowa

Zawsze spisuj dane z tabliczki: producent, model, numer seryjny, napięcie, prąd, moc, czynnik, klasa ochrony.



Parametry pracy

Upewnij się, że nowa część spełnia wymagania dotyczące wydajności, ciśnienia, temperatury, napięcia i warunków pracy.



Kompatybilność

Sprawdź zgodność elektryczną, mechaniczną i programową ze sterownikiem oraz pozostałymi elementami układu.



Zamienniki

Dopuszczaj zamienniki tylko producentów rekomendowanych i o potwierdzonych parametrach.

3. Od diagnozy do zamówienia części

1



Diagnoza

Zidentyfikuj przyczynę awarii na podstawie danych i testów.

2



Potwierdzenie

Zweryfikuj, że wymiana jest konieczna i celowa.

3



Dobór części

Dobierz właściwą część zgodnie z wymaganiami i kompatybilnością.

4



Zamówienie

Zamów u sprawdzonego dostawcy, potwierdź termin, dostępność i gwarancję.

5



Odbiór i kontrola

Sprawdź zgodność części z zamówieniem przed montażem.



4. Nie wymieniaj części bez potwierdzenia przyczyny

- ✗ Wymiana „na próbę” zwiększa koszty i przestoje.
- ✗ Nowa część szybko ulegnie uszkodzeniu, jeśli przyczyna awarii nie zostanie usunięta.
- ✗ Zawsze usuwaj przyczynę, a następnie wymieniaj.
- ✗ Dokumentuj wyniki diagnozy i decyzję o wymianie.



5. Wskazówka technika

- ✓ Planuj wymianę w oparciu o dane, nie domysły.
- ✓ Stosuj części oryginalne lub rekomendowane.
- ✓ Zwracaj uwagę na warunki pracy i czynniki zewnętrzne.
- ✓ Zawsze wykonuj testy po wymianie i dokumentuj wyniki.
- ✓ Utrzymuj magazyn krytycznych części w gotowości.



Cel edukacyjny: zrozumieć, które prace na chillerze wymagają specjalistycznych uprawnień, aby zapewnić bezpieczeństwo własne, ochronę instalacji oraz zgodność z przepisami.

1. Matryca prac i wymagań uprawnień

Obszar / kategoria	Czy wymaga uprawnień?	Dlaczego?	Kogo wezwać?
 Układ chłodniczy	 Tak	- Ryzyko uwolnienia czynnika - Wysokie ciśnienia - Wpływ na szczelność i bezpieczeństwo	 Serwis chłodniczy z uprawnieniami F-gazowymi i chłodniczymi
 Czynnik chłodniczy	 Tak	- Substancje kontrolowane (F-gazy) - Wymagane certyfikowane odzyskiwanie - Kary za nielegalne uwalnianie	 Serwis z certyfikatem F-gazowym
 Instalacja elektryczna	 Tak	- Ryzyko porażenia prądem - Wysokie napięcie - Wymagane uprawnienia SEP	 Elektryk z uprawnieniami SEP (E1 do 1 kV lub odpowiednimi)
 Prace pod ciśnieniem	 Tak	- Zbiorniki i rurociągi pod ciśnieniem - Ryzyko wybuchu / rozszczelnienia - Wynogi UDT i przepisów	 Serwis UDT / osoba z uprawnieniami do urządzeń ciśnieniowych
 Lutowanie / spawanie	 Tak	- Ryzyko pożaru i wybuchu - Gaz obojętny, bezpieczeństwo materiałów - Wymagane kwalifikacje spawalnicze	 Spawacz / instalator z odpowiednimi kwalifikacjami (np. EN ISO 9606-1)
 Automatyka / BMS	 Tak	- Logika sterowania i integracja systemów - Konfiguracja, parametryzacja - Ryzyko nieprawidłowej pracy instalacji	 Automatyk / specjalista BMS producenta lub upoważniony partner
 Chemia wody	 Tak	- Ryzyko korozji, kamienia, biofilmu - Niewłaściwe dozowanie = awarie - Wymagane wiedza i testy wody	 Specjalista ds. chemii wody (uzdatnianie / inhibitory)

2. Sygnały ostrzegawcze do natychmiastowej eskalacji



Wyciek czynnika chłodniczego (szron, olej, syczący dźwięk).



Nietypowe ciśnienia i temperatury poza zakresem bezpieczeństwa.



Zapach spalenizny, przegrzane elementy, wybija zabezpieczenia.



Dym, iskry, zapłon materiałów lub nietypowe odgłosy.



Alarmy krytyczne, zatrzymanie agregatu lub utrata komunikacji z systemem.



3. Stop — nie wykonuj bez kwalifikacji



Nie otwieraj układu chłodniczego ani nie uzupełniaj czynnika.



Nie modyfikuj instalacji elektrycznej ani połączeń.



Nie rozwiązuje zabezpieczeń ani nie mostkuj czujników.



Nie wykonuj prac pod ciśnieniem i nie spuszcza czynnika bez uprawnień.



Nie lutuj ani nie spawaj bez zabezpieczeń i kwalifikacji.



4. Wskazówka technika

- ✓ Dokumentuj każdy niepokojący objaw (czas, parametry, zdjęcia).
- ✓ Nie podejmuj działań na własną rękę — eskaluj do właściwej osoby.
- ✓ Używaj listy kontaktów serwisowych i procedur alarmowych.
- ✓ Zachowaj ciągłość pracy i bezpieczeństwo instalacji.



Cel edukacyjny: nauczyć się bezpiecznie ponownie uruchamiać agregat chłodniczy po naprawie lub konserwacji, potwierdzając prawidłowy stan układu oraz kontrolując pierwsze minuty pracy.

1. Sekwencja ponownego uruchomienia

1 Przed startem



- Wykonaj kontrolę według listy z pkt 2.
- Usuń narzędzia i materiały z obszaru urządzenia.
- Upewnij się, że osłony i pokrywy są zamontowane.
- Poinformuj zespół o planowanym rozruchu.

2 Start



- Włącz zasilanie główne.
- Włącz sterownik / HMI.
- Skasuj aktywne alarmy (jeśli są).
- Ustaw tryb pracy i nastawy zgodnie z wymaganiami.
- Włącz urządzenie.

3 Pierwsze minuty pracy



- Uważnie obserwuj urządzenie.
- Monitoruj parametry (pkt 3).
- Sprawdź szczelność i brak wycieków.
- Zweryfikuj poprawną pracę wszystkich elementów.
- Stopniowo dopasuj obciążenie do wymagań procesu.

2. Co potwierdzić przed uruchomieniem

Połączenia elektryczne



- ✓ Dokręcone zaciski
- ✓ Brak uszkodzeń przewodów
- ✓ Uziemienie poprawne

Zawory i armatura



- ✓ Prawidłowe położenia zaworów
- ✓ Zawory serwisowe zamknięte (jeśli wymagane)
- ✓ Brak wycieków

Przepływ



- ✓ Strona wody – filtry czyste
- ✓ Pompy działają poprawnie
- ✓ Przepływ zapewniony w kierunku pracy

Odpowietrzenie i czynnik



- ✓ Układ odpowietrzony
- ✓ Poziom czynnika zgodny z wymaganiami
- ✓ Brak wycieków czynnika

Zasilanie



- ✓ Napięcie w normie
- ✓ Fazy właściwe
- ✓ Zabezpieczenia i bezpieczniki OK

Sterownik i ustawienia



- ✓ Komunikacja OK
- ✓ Nastawy zgodne z wymaganiami
- ✓ Harmonogramy/tryb pracy OK

3. Monitoring w pierwszym rozruchu (pierwsze 15-30 minut)

Parametr	Co obserwować	Zakres / wartość referencyjna	Co zrobić
Temperatury	Temp. skraplania, odparowania oraz wlotu/wylotu wody	Zgodne z projektem i warunkami pracy	Jeśli poza zakresem – sprawdź przepływ, obciążenie, nastawy
Ciśnienia	Wysokie i niskie ciśnienie czynnika, różnica ciśnień po stronach wody	W granicach dopuszczalnych dla urządzenia	Jeśli nieprawidłowe – zweryfikuj przepływ, ładunek czynnika, drożność filtrów
Przepływ	Przepływ wody chłodzonej/skraplającej	Zgodny z wymaganiami projektu	Jeśli zbyt niski – wyczyść filtry, sprawdź pompy i położenia zaworów
Alarmy	Aktywne alarmy i ostrzeżenia	Brak aktywnych alarmów	Jeśli alarmy – skasuj przyczynę i wykonaj działania korygujące
Hałas	Nietypowe dźwięki (pompy, wentylatory, sprężarki)	Równomierna, stabilna praca	Jeśli nieprawidłowy – sprawdź mocowania, łożyska, przepływ, kawitację
Drgania	Poziom drgań sprężarki, pomp, wentylatorów	W granicach norm producenta (brak wzrostu)	Jeśli podwyższone – sprawdź mocowania, wyważenie, fundament, kawitację



4. Kiedy natychmiast zatrzymać rozruch

- ✗ Wysokie ciśnienie – zbliża się do wartości granicznych.
- ✗ Niskie ciśnienie – ryzyko zasysania powietrza lub braku czynnika.
- Nagły wzrost temperatury skraplania lub spadek temperatury odparowania.
- Brak przepływu wody lub zatrzymanie pompy.
- Silne wibracje, nietypowe dźwięki, dym, zapach spalenizny.
- Aktywacja zabezpieczeń krytycznych.

Zatrzymaj urządzenie i usuń przyczynę przed ponownym startem.



5. Wskazówka technika

- ✓ Rozruch wykonuj stopniowo i obserwuj parametry na bieżąco.
- ✓ Zapisz parametry początkowe (baseline) dla tego urządzenia.
- ✓ Nie zwiększaj obciążenia, dopóki parametry nie są stabilne.
- ✓ Po pierwszych 30–60 minutach pracy wykonaj ponowną kontrolę szczelności i dokręcenia połączeń.
- ✓ Dokumentuj przebieg rozruchu i ewentualne uwagi w karcie pracy serwisowej.



Cel edukacyjny: zweryfikować skuteczność naprawy, potwierdzić powrót parametrów do prawidłowych wartości oraz upewnić się, że jednostka pracuje stabilnie i bezpiecznie.

1. Parametry do potwierdzenia



Temperatury

- Woda lodowa
- Skraplanie
- Ssanie / tłoczenie
- Przegrzanie
- Dochłodzenie



Ciśnienia

- Ssania
- Tłoczenia
- Różnica ciśnień
- Ciśnienie oleju



ΔT

- ΔT wody lodowej
- ΔT skraplacza
- ΔT po stronie powietrza



Przepływy

- Przepływ wody lodowej
- Przepływ skraplacza
- Przepływ powietrza



Pobór prądu

- Prąd całkowity
- Prąd sprężarki
- Załadunek (A/%)
- Moc czynna (kW)



Alarmy

- Aktywne alarmy
- Historia alarmów
- Ostrzeżenia
- Liczniki startów

2. Porównanie przed naprawą i po naprawie

Parametr	Przed naprawą	Po naprawie	Oczekiwany efekt
Temperatury			Wartości w zakresie nominalnym, stabilne.
Ciśnienia			Wartości w normie dla danego obciążenia.
ΔT			ΔT zgodne z projektowymi / referencyjnymi.
Przepływy			Przepływy odpowiednie i stabilne.
Pobór prądu			Pobór prądu i moc w zakresie oczekiwanym.
Alarmy			Brak aktywnych alarmów i ostrzeżeń.

3. Objawy po naprawie

✓ Objawy, które powinny zniknąć

- Alarmy związane z usterką
- Wahania temperatur i ciśnień
- Zbyt wysoka / niska ΔT
- Nadmierny pobór prądu
- Nietypowe dźwięki i drgania
- Częste załączanie zabezpieczeń

🔍 Objawy, które wymagają dalszej obserwacji

- Niewielne wahania parametrów przy zmianie obciążenia
- Wolne dochładzanie / nagrzewanie instalacji
- Sporadyczne ostrzeżenia (bez alarmów)
- Nieznacznie podwyższone wartości (np. temp. skraplania)
- Hałas lub drgania zmniejszone, ale jeszcze obecne

4. Kontrola w czasie

1

Kontrola po 5 min



- Czy brak aktywnych alarmów?
- Czy parametry wstępne są w normie?
- Czy sprężarka i pompy pracują poprawnie?
- Czy nie występują nietypowe dźwięki i drgania?

2

Kontrola po 30 min



- Stabilność temperatur i ciśnień?
- Pobór prądu w normie?
- ΔT i przepływy stabilne?
- Brak nowych alarmów lub ostrzeżeń?

3

Kontrola po 24 h



- Parametry stabilne w różnych warunkach pracy?
- Brak zgłoszeń od użytkownika?
- Historia alarmów czysta?
- Kontrola szczelności i poziomu oleju?



5. Nie zamykaj zlecenia zbyt wcześnie

- ✗ Zamknięcie zlecenia przed pełną weryfikacją może skutkować szybkim powrotem usterki i dodatkowymi kosztami.
- ✗ Upewnij się, że jednostka pracuje stabilnie przez co najmniej 24 h.
- ✗ Dokumentuj wyniki kontroli i pozostaw zalecenia dla operatora.
- ✗ W razie wątpliwości – wydłuż obserwację.



6. Wskazówka technika

- ✓ Zawsze porównuj z wcześniej zapisanymi wartościami referencyjnymi.
- ✓ Obserwuj urządzenie przy różnych obciążeniach – od minimum do 100%.
- ✓ Zapisuj wszystkie wyniki: była wartość, jest wartość, efekt.
- ✓ Wskazuj operatorowi, na co zwrócić uwagę w kolejnych dniach.
- ✓ Dobrze przeprowadzona kontrola po naprawie to mniejsza liczba powrotów i większe zaufanie klienta.

RAPORT PO INTERWENCJI I CHECKLISTA ODBIORU



Cel edukacyjny: prawidłowo dokumentować interwencję serwisową, wyniki pomiarów, decyzje i zalecenia dla operatora lub klienta.

1. Opis usterki

2. Przyczyna podstawowa

3. Wykonane działania

4. Wymienione części

5. Pomiary przed / po

6. Wynik rozruchu

7. Zalecenia dalsze

8. Odbiór po naprawie — checklista

	Tak	Nie	N/D
Układ uruchomiony i pracuje stabilnie	☐	☐	☐
Brak wycieków w układzie	☐	☐	☐
Temperatury i ciśnienia w normie	☐	☐	☐
Przepływy wody w normie	☐	☐	☐
Zawory ustawione prawidłowo	☐	☐	☐
Zabezpieczenia i alarmy sprawdzone	☐	☐	☐
Parametry sterownika zapisane	☐	☐	☐
Obudowy i osłony zamontowane	☐	☐	☐
Miejsce pracy posprzątane	☐	☐	☐
Dokumentacja aktualna	☐	☐	☐

9. Co przekazać operatorowi / klientowi

- Opis wykonanych prac i wymienionych części.
- Aktualne nastawy i parametry pracy.
- Zalecenia dotyczące eksploatacji i konserwacji.

10. Czego nie pomijać w raporcie

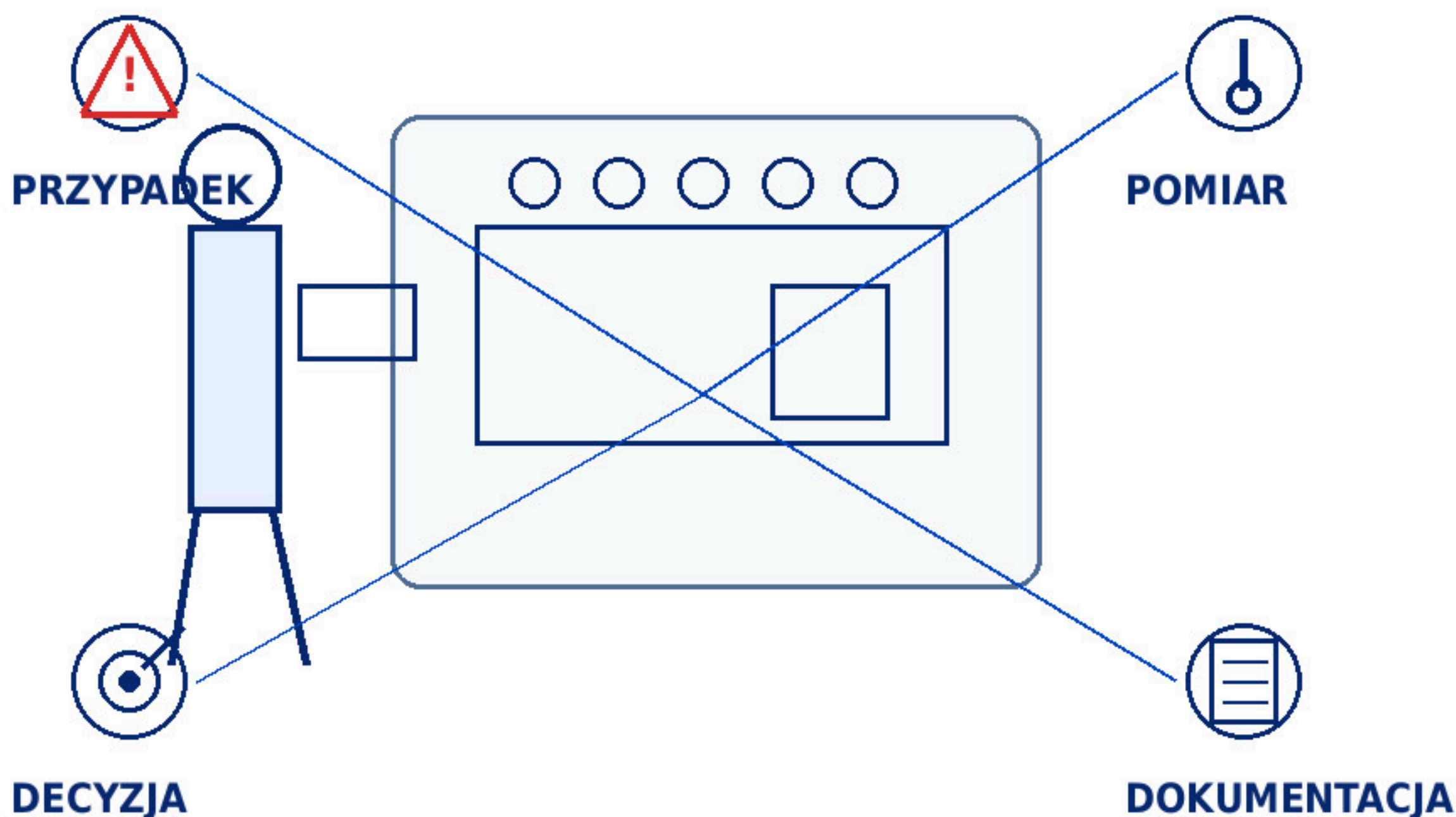
- Pełny opis objawu i okoliczności wystąpienia.
- Przyczyna podstawowa - nie tylko objaw.
- Wyniki pomiarów przed i po interwencji.

11. Wskazówka technika

- Pisz zwięźle, jasno i chronologicznie.
- Dane liczbowe zawsze z jednostką.

Teraz połącz wszystko w całość i zacznij myśleć jak technik.

Przeanalizujesz cztery realistyczne przypadki diagnostyczne, otrzymasz gotową kartę kontroli Chillera, uporządkujesz najważniejsze pojęcia techniczne i zbudujesz własny plan dalszego rozwoju zawodowego.



**WIEDZA STAJE SIĘ UMIEJĘTNOŚCIĄ DOPIERO
WTEDY, GDY POTRAFISZ ZASTOSOWAĆ JĄ W
KONKRETNEJ SYTUACJI.**



Przypadek 01 – „Chiller nie chce się uruchomić”



SYTUACJA

Chiller nie uruchomił się rano.
Na panelu nie widać pracy sprężarki.

Temperatura wody powrotnej jest wyższa
od wartości zadanej.

Zapotrzebowanie na chłodzenie istnieje.

Dane początkowe

Wartość zadana:	7°C
Temperatura wody powrotnej:	12°C
Temperatura wody zasilającej:	11,5°C
Polecenie ENABLE:	TAK
Alarm główny:	BRAK
Pompa:	pracuje
Potwierdzenie FLOW:	NIE



CO SPRAWDZISZ JAKO PIERWSZE?

Nie zaczynaj od sprężarki.

Analiza krok po kroku

- 1 KROK 1 – Polecenie pracy**
ENABLE = TAK. Sterownik otrzymał zgodę na pracę.
- 2 KROK 2 – Zapotrzebowanie**
Temperatura jest znacznie wyższa
od wartości zadanej.
Zapotrzebowanie = TAK.
- 3 KROK 3 – Alarm blokujący**
Brak aktywnego alarmu głównego.
- 4 KROK 4 – Przepływ**
FLOW = NIE.
To pierwszy niespełniony warunek.



Po przywróceniu prawidłowego przepływu

- ☐ FLOW = TAK
- ☐ sekwencja startowa przebiega prawidłowo
- ☐ sprężarka uruchamia się normalnie
- ☐ temperatura wody zaczyna spadać
- ☐ nie pojawiają się nowe alarmy



BRAK STARTU



ENABLE?
– TAK



DEMAND?
– TAK



ALARM?
– NIE



FLOW?
– NIE



POMPA?
– TAK



FILTR –
SPRAWDŹ



**SPRĘŻARKA
NIE BYŁA PRZYCYNĄ.
BYŁA ELEMENTEM,
KTÓREGO START
ZOSTAŁ ZABLOKOWANY.**



Dalsza kontrola

- pompa pracuje;
- zawory są otwarte;
- brak nietypowego hałasu;
- filtr jest mocno zabrudzony;
- różnica ciśnień na filtrze
jest znacznie większa niż
w poprzednich zapisach.



Najbardziej logiczny kierunek:

**ograniczenie przepływu
przez zabrudzony filtr.**



Co NIE należy robić?

- wymieniać sprężarki;
- omijać zabezpieczenia przepływu;
- wymuszać startu;
- resetować systemu wielokrotnie
bez usunięcia przyczyny.



Wniosek z przypadku

**NIE DIAGNOZUJ OSTATNIEGO ELEMENTU, KTÓRY SIĘ NIE URUCHOMIŁ.
ZNAJDŹ WCZEŚNIEJSZY WARUNEK, KTÓRY ZABLOKOWAŁ SEKWENCJĘ.**

PRZYPADEK 02 — WYSOKIE CIŚNIENIE PRZY DUŻYM OBCIĄŻENIU



Cel edukacyjny: Przećwiczyć analizę strony skraplacza i pokazać, jak temperatura otoczenia, zabrudzenie wymiennika oraz praca wentylatorów mogą wspólnie pogorszyć...

SYTUACJA

- Chiller chłodzony powietrzem działa prawidłowo rano.
- Po południu, przy wysokiej temperaturze zewnętrznej, kilkakrotnie pojawia się alarm wysokiego ciśnienia.
- Dane:
 - Temperatura zewnętrzna rano: 22°C
 - Temperatura zewnętrzna po południu: 34°C
 - Obciążenie rano: średnie
 - Obciążenie po południu: wysokie
 - Wentylatory skraplacza: 5 z 6 pracuje

CZY SYSTEM MOŻE SKUTECZNIE ODDAWAĆ CIEPŁO?

- Analiza:
- W ciągu dnia wystąpiły jednocześnie trzy niekorzystne warunki:

1. Wyższa temperatura powietrza zewnętrznego

- mniejsza różnica temperatur dostępna dla oddawania ciepła

2. Jeden wentylator nie pracuje

- mniejszy przepływ powietrza przez część skraplacza

3. Wymiennik jest zabrudzony

- pogorszona wymiana ciepła
- Razem:
 - trudniejsze warunki zewnętrzne
 - mniejszy przepływ powietrza
 - zabrudzenie

OGRANICZONE ODDAWANIE CIEPŁA

- wzrost warunków skraplania
- alarm wysokiego ciśnienia
- Co byłoby błędem?
- Resetowanie alarmu co godzinę bez analizy przyczyny.
- Reset może umożliwić ponowny start, ale:

OBSERWUJ → MYŚL → POTWIERDŹ → DZIAŁAJ

PRZYPADEK 03 — CHILLER PRACUJE NA 100%, ALE TEMPERATURA NADAL JEST ZA WYSOKA



1. SYTUACJA

Operator zgłasza:
„Chiller stracił wydajność,
Kiedyś utrzymywał 7°C,
a teraz mamy 9°C.”

2. DANE Z UKŁADU W CHWILI ZGŁOSZENIA

	Wartość zadana:	7°C
	Temperatura zasilania:	9°C
	Temperatura powrotu:	14°C
	ΔT :	5 K
	Przepływ:	zgodny z wcześniejszym profilem
	Sprężarki:	dostępne stopnie pracują
	Skrapacz:	czysty
	Alarmy:	brak

3. CO ZMieniło SIĘ OSTATNIO?



Technik pyta operatora:

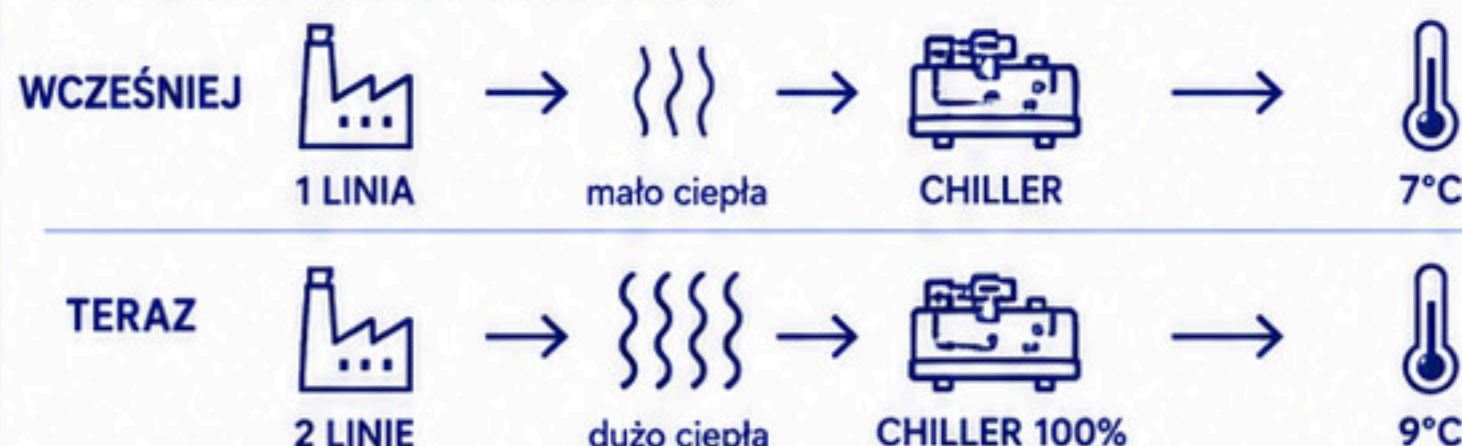
„Czy w systemie coś się zmieniło
w ostatnim czasie?”

Odpowiedź operatora:



„Wczoraj uruchomiliśmy
drugą linię produkcyjną.”

4. PORÓWNAJMY SYTUACJĘ



5. LOGIKA PROBLEMU



**CZY CHILLER MA USTERKĘ, CZY SYSTEM POTRZEBUJE
WIĘKSZEJ WYDAJNOŚCI NIŻ WCZEŚNIEJ?**



6. JAK TO SPRAWDZIĆ?

- ☒ obciążenie procesu;
- ☒ godziny pracy;
- ☒ temperaturę powrotną;
- ☒ przepływ;
- ☐ pracę sprężarek;
- ☐ wcześniejsze dane przy podobnych warunkach.



7. NIEPRAWIDŁOWA REAKCJA

- zmieniać losowo nastawy;
- czujniki;
- elementy sterowania;
- części Chillera

bez potwierdzenia awarii.



8. PRAWIDŁOWY WNIOSEK

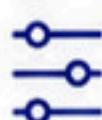
Prawidłowy wniosek może brzmieć:

„Agregat osiąga dostępną
wydajność, ale aktualne
obciążenie instalacji jest
wyższe niż wcześniej.”

9. ROZWIĄZANIE MOŻE DOTYCZYĆ:



bilansu chłodniczego
instalacji



strategii pracy



dodatkowej
wydajności



modernizacji
systemu

a niekoniecznie
naprawy samego
Chillera.



10. WNIOSEK Z PRZYPADKU

**NIE KAŻDA TEMPERATURA POWYŻEJ SETPOINTU OZNACZA AWARIĘ.
Zawsze sprawdź: CO ZMieniło SIĘ PO STRONIE OBCIĄŻENIA?**

PRZYPADEK 04 — ALARM ZNIKA PO RESECIE, ALE POWRACA CO KILKA DNI



Operator informuje:

„Chiller co kilka dni zatrzymuje się. Resetujemy alarm i znowu działa.”

- ✓ w chwili przyjazdu technika urządzenie pracuje;
- ✓ nie ma aktywnego alarmu;
- ✓ osiąga temperaturę zadaną.

Czy oznacza to, że problem nie istnieje? NIE.

1

KROK 1 —
Sprawdź historię alarmów



- Poniedziałek 02:11 — LOW FLOW
- Czwartek 03:07 — LOW FLOW
- Niedziela 02:34 — LOW FLOW

2

KROK 2 —
Sprawdź system w tym czasie



Harmonogram BMS pokazuje: około godziny 02:00 system przechodzi w inny tryb pracy. Jedna z pomp zmniejsza prędkość.

3

KROK 3 —
Porównaj dane



- Dzień: przepływ stabilny
- Noc: przepływ zbliża się do minimalnego wymaganego poziomu

PN 02:11 !

CZW 03:07 !

ND 02:34 !

TRYB NOCNY



PRZEPŁYW ↓



LOW FLOW



MOŻLIWY KIERUNEK

- nocna nastawa pompy;
- sposób regulacji;
- hydraulika przy małym przepływie;
- działanie czujnika przepływu;
- konfiguracja systemu.

NIEPRAWIDŁOWY MODEL



Alarm → reset → działa → zapominamy

PRAWIDŁOWY MODEL



Alarm → zapis → dane → porównanie zdarzeń → wzorzec → przyczyna



PIĘĆ PYTAŃ PRZY USTERCE OKRESOWEJ

1 Kiedy występuje?

2 Jak długo trwa?

3 Co w tym momencie pracuje?

4 Jakie wartości zmieniają się tuż przed alarmem?

5 Co automatyka robi inaczej niż podczas normalnej pracy?



**JEŻELI USTERKA NIE WYSTĘPUJE TERAZ,
SZUKAJ JEJ ŚLADÓW W HISTORII.**

Przydatne są: alarmy + trendy + BMS + karta serwisowa + rozmowa z operatorem

POWTARZAJĄCY SIĘ WZORZEC JEST INFORMACJĄ DIAGNOSTYCZNĄ.

KARTA KONTROLI CHILLERA – UŻYWAJ JEJ PODCZAS KAŻDEJ WIZYTY

KARTA KONTROLI TECHNICZNEJ

DANE URZĄDZENIA

Obiekt: _____ Model: _____
 Lokalizacja: _____ Numer seryjny: _____
 Producent: _____ Data / Godzina / Technik: _____

1. STAN OGÓLNY

- ☐ Urządzenie pracuje ☐ Nietypowy hałas
☐ Urządzenie zatrzymane ☐ Nietypowe drgania
☐ Alarm aktywny ☐ Widoczne uszkodzenia
☐ Praca ograniczona ☐ Ślady cieczy / wilgoci

Uwagi: _____

2. OBIEG WODY LODOWEJ

- Temperatura wejściowa ____ °C ☐ Pompa pracuje prawidłowo
 Temperatura wyjściowa ____ °C ☐ Filtr sprawdzony
 ΔT ____ K ☐ Zawory w prawidłowych pozycjach
 Przepływ _____ ☐ Brak oznak zapowietrzenia
 Ciśnienie _____ ☐ Izolacja w dobrym stanie

3. OBIEG CHŁODNICZY

- Ciśnienie strony niskiej ____ ☐ Brak nietypowego hałasu
 Ciśnienie strony wysokiej ____ ☐ Brak nietypowych drgań
 Obciążenie sprężarki ____ ☐ Parametry logiczne
☐ Praca stabilna

4. SKRAPLACZ

Chłodzony powietrzem: Chłodzony wodą:

- ☐ Wymiennik czysty ☐ Przepływ wody prawidłowy
☐ Wentylatory pracują ☐ Pompa pracuje
☐ Brak blokady przepływu ☐ Wieża pracuje
☐ Brak recyrkulacji ☐ Wymiennik w dobrym stanie

5. AUTOMATYKA

- Setpoint ____ °C
☐ Czujniki logiczne
☐ Brak aktywnych alarmów
☐ Historia alarmów sprawdzona
☐ Sekwencja pracy prawidłowa
☐ Sterowanie reague

6. ALARMY / ZDARZENIA

Kod	Opis	Godzina	Warunki wystąpienia

7. WYKONANE CZYNNOŚCI

8. ZALECENIA

Końcowa decyzja: ☐ Urządzenie może pracować normalnie ☐ Dalsza obserwacja ☐ Naprawa ☐ Specjalistyczny serwis



Jak używać karty

NIE WYPEŁNIAJ JEJ Z PAMIĘCI PO WIZYCIE. Zapisuj dane podczas kontroli.
Karta staje się: dowodem stanu urządzenia + historią + narzędziem diagnostycznym.

AGREGAT CHŁODNICZY / CHILLER	Urządzenie przeznaczone do odbierania ciepła z cieczy i przekazywania go do innego środowiska.
WODA LODOWA	Schłodzona woda lub mieszanina robocza krążąca pomiędzy Chillerem a odbiornikami ciepła.
CZYNNIK CHŁODNICZY	Medium krążące w obiegu chłodniczym i uczestniczące w transportowaniu energii cieplnej.
PAROWNIK	Wymiennik, w którym czynnik chłodniczy odbiera ciepło od chłodzonego medium.
SKRAPLACZ	Wymiennik, w którym czynnik chłodniczy oddaje ciepło.
SPRĘŻARKA	Podzespół zwiększający ciśnienie pary czynnika i umożliwiający działanie obiegu.
ELEMENT ROZPRĘŻNY	Podzespół powodujący kontrolowany spadek ciśnienia i reguluje dopływ czynnika do parownika.
TEMPERATURA NASYCENIA	Temperatura odpowiadająca przemianie fazowej czynnika przy określonym ciśnieniu.
PRZEGRZANIE	Różnica między temperaturą pary a odpowiadającą danemu ciśnieniu temperaturą nasycenia.
DOCHŁODZENIE	Różnica między temperaturą nasycenia a temperaturą ciekłego czynnika po skropleniu.
ΔT	Różnica pomiędzy dwiema temperaturami.
PRZEPŁYW	Ilość medium przemieszczającego się przez instalację w określonym czasie.
OBCIĄŻENIE CHŁODNICZE	Ilość ciepła, którą system musi odebrać w określonych warunkach.
SETPOINT / WARTOŚĆ ZADANA	Docelowa wartość, do której dąży układ sterowania.
BMS	Building Management System — system zarządzania instalacjami budynku.
FLOW SWITCH / CZUJNIK PRZEPŁYWU	Element potwierdzający obecność lub odpowiedni stan przepływu medium.
FREE COOLING	Wykorzystanie korzystnych warunków zewnętrznych do ograniczenia pracy mechanicznego chłodzenia.
KAWITACJA	Zjawisko w pompie przy niewłaściwych warunkach ciśnienia, prowadzące do hałasu i drgań.
ALARM	Informacja sterownika o wykryciu warunku wymagającego uwagi lub zatrzymania urządzenia.
TREND	Zapis zmian określonego parametru w czasie.
DIAGNOSTYKA	Systematyczne zbieranie i analizowanie danych w celu ustalenia przyczyny problemu.
KONSERWACJA ZAPOBIEGAWCZA	Planowane działania ograniczające ryzyko awarii i pogarszania się stanu urządzenia.
LOTO	Lockout/Tagout — zabezpieczenie źródeł energii przed niezamierzonym uruchomieniem podczas pracy.



Jak korzystać ze słownika

Jeżeli w dokumentacji pojawia się termin, którego nie rozumiesz: **NIE ZGADUJ JEGO ZNACZENIA.**
Najpierw sprawdź: słownik → dokumentację producenta → kontekst konkretnego urządzenia.

TO DOPIERO POCZĄTEK – ZBUDUJ SWOJĄ DROGĘ OD PODSTAW DO PROFESJONALNEJ PRAKTYKI



Jeżeli dotarłeś tutaj, masz już coś bardzo ważnego: MAPĘ SYSTEMU.

Rozumiesz już, że Chiller nie jest przypadkowym zbiorem części.

- gdzie odbierane jest ciepło;
- gdzie jest oddawane;
- co robi sprężarka;
- dlaczego przepływ ma znaczenie;
- jak czytać podstawowe parametry;
- dlaczego alarm nie jest gotową diagnozą;
- jak prowadzić logiczną diagnostykę;
- dlaczego konserwacja zaczyna się przed awarią;
- kiedy należy zatrzymać się i przekazać pracę osobie z odpowiednimi kwalifikacjami.



ETAP 1 — DOKUMENTACJA TECHNICZNA

- instrukcje producentów
- schematy hydrauliczne
- schematy elektryczne
- schematy obiegu chłodniczego
- tabele parametrów
- sekwencje sterowania

Cel: Nie tylko widzieć schemat, ale rozumieć przepływ informacji i energii.



ETAP 2 — POMIARY

- temperaturę
- ΔT
- przepływ
- ciśnienie po stronie wodnej
- analizę trendów
- porównywanie danych

Cel: Podejmować decyzje na podstawie danych, nie odczuć.



ETAP 3 — AUTOMATYKA I STEROWANIE

- czujniki
- elementy wykonawcze
- logikę startową
- setpointy
- alarmy
- BMS
- modulację wydajności

Cel: Rozumieć nie tylko urządzenie mechaniczne, ale także logikę, która nim steruje.



ETAP 4 — PRAKTYKA POD NADZOREM

Obserwuj doświadczonych techników.

Zadawaj pytania:

Dlaczego najpierw sprawdziłeś właśnie ten parametr?

Co wykluczyło poprzednią hipotezę?

Skąd wiedziałeś, że ten odczyt był nietypowy?

To pozwala uczyć się SPOSOBU MYŚLENIA.



ETAP 5 — KWALIFIKACJE I CERTYFIKACJA

Sprawdź, jakie kwalifikacje, szkolenia oraz uprawnienia są wymagane dla prac, które chcesz wykonywać w Polsce.

- chłodnictwa
- instalacji elektrycznych
- automatyki
- diagnostyki
- bezpieczeństwa
- efektywności energetycznej

Sam przewodnik nie zastępuje wymaganych kwalifikacji zawodowych.



PLAN NA NAJBLIŻSZE 30 DNI

TYDZIEŃ 1

- ☐ Powtórz podstawowy obieg chłodniczy
- ☐ Naucz się wskazywać wszystkie główne komponenty
- ☐ Przecwicz czytanie schematu z pamięci.

TYDZIEŃ 2

- ☐ Obserwuj temperatury i ΔT rzeczywistego systemu
- ☐ Zaczynaj prowadzić kartę parametrów
- ☐ Porównuj wartości w różnych warunkach.

TYDZIEŃ 3

- ☐ Analizuj historię alarmów
- ☐ Ćwicz metodę: objaw → dane → hipoteza
- ☐ Spróbuj rozwiązać ponownie cztery przypadki z tego modułu bez patrzenia na odpowiedź.

TYDZIEŃ 4

- ☐ Wybierz jeden obszar do pogłębienia
- ☐ Znajdź odpowiednie szkolenie lub ścieżkę kwalifikacji
- ☐ Stwórz własną checklistę kontroli urządzenia
- ☐ Zaczynaj dokumentować prawidłową pracę konkretnego Chillera.



Ostatnia zasada przewodnika: NIE MUSISZ WIEDZIEĆ WSZYSTKIEGO.

Musisz wiedzieć: co obserwować, jak myśleć, gdzie szukać informacji, jak potwierdzić wniosek oraz kiedy nie kontynuować samodzielnej ingerencji.



PODSTAWY



KOMPONENTY



PARAMETRY



KONSERWACJA



DIAGNOSTYKA



PRAKTYKA



KWALIFIKACJE



1

ZROZUM SYSTEM

2

POZNAJ PODZESPOŁY

3

NAUCZ SIĘ CZYTAĆ PARAMETRY

4

DBAJ O KONSERWACJĘ

5

DIAGNOZUJ LOGICZNIE

6

NAPRAWIAJ TYLKO POTWIERDZONĄ PRZYCZYNĘ

7

SPRAWDZAJ EFEKT

8

DOKUMENTUJ

9

ROZWIJAJ SIĘ DALEJ

“

Każdy dobry technik kiedyś patrzył na pierwszy Chiller i nie znał odpowiedzi na wszystkie pytania. Różnica pojawia się wtedy, gdy zaczynasz systematycznie obserwować, mierzyć, porównywać i rozumieć zależności.
Nie zgaduj. Buduj wiedzę krok po kroku.