AC MedTech

INSTALACJE WENTYLACYJNE I KLIMATYZACYJNE WODY LODOWEJ CIEPŁA TECHNOLOGICZNEGO GAZÓW MEDYCZNYCH
GRZEWCZE WOD.KAN. EKSPERTYZY TECHNICZNE POMIARY I REGULACJA URZĄDZEŃ

52-210 WROCŁAW
ul. Łubinowa 3c/8
☎ 0509-234-334
e-mail: rafal.splawski@acmedtech.com

AUDYT WYBRANYCH INSTALACJI WENTYLACYJNYCH, KLIMATYZACYJNYCH, GRZEWCZYCH I CHŁODNICZYCH BLOKU OPERACYJNEGO W SZPITALU LORO PRZY UL. ZAMKOWEJ 1W ŚWIEBODZINIE

Nazwa obiektu: Lubuskie Centrum Ortopedii - Szpital LORO

Adres obiektu: 66-200 Świebodzin ul. Zamkowa 1

Zamawiający: LORO Świebodzin

Opracowali:

dr inż. Rafał Spławski
dr inż. Paweł Szałański
dr inż. Wojciech Cepiński

Wrocław, kwiecień-grudzień 2021 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP 4

1.1. PODSTAWA OPRACOWANIA 4
1.2. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA 4
1.3. MATERIAŁY I DOKUMENTY. 4

2. WIZJA LOKALNA 6

2.1. CENTRALA NW1 6
2.2. CENTRALA NW2 7
2.3. CENTRALA NW3 8
2.4. CENTRALA NW6 9
2.5. NASTAWY PRZETWORNIC CZĘSTOTLIWOŚCI CENTRAL WENTYLACYJNYCH 9
2.6. INSTALACJA CHŁODNICZA 10
2.7. INSTALACJA CIEPŁA TECHNOLOGICZNEGO 13
2.8. NAGRZEWNICE ELEKTRYCZNE 14

3. SPRAWDZENIE POPRAWNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADÓW AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA 15

3.1. NASTAWNIKI POMIESZCZENIOWE 15
3.2. PANEL OPERATORSKI DISTECH CONTROLS W MASZYNOWNI 15
3.3. REGULACJA TEMPERATURY POWIETRZA 15
3.4. REGULACJA WILGOTNOŚCI POWIETRZA 15
3.5. REGULATORY MOCY NAGRZEWNIC ELEKTRYCZNYCH 15
3.6. REGULACJA TEMPERATURY WODY LODOWEJ 16
3.7. POMPY OBIEGOWE WODY LODOWEJ 16

4. METODYKA POMIARÓW 17

4.1. POMIARY PRZEPŁYWÓW W KANAŁACH - ZA POMOCĄ RURKI PRANDTLA 17
4.2. POMIARY PRZEPŁYWÓW W KANAŁACH - ZA POMOCĄ TERMOANEMOMETRU 17
4.3. POMIARY I OBLICZENIA STRUMIENI POWIETRZA NAWIEWANEGO I WYWIEWANEGO NA ELEMENTACH ZAKAŃCZAJĄCYCH INSTALACJĘ W POMIESZCZENIACH – BALOMETR 17
4.4. POMIARY I OBLICZENIA STRUMIENI POWIETRZA NAWIEWANEGO I WYWIEWANEGO NA ELEMENTACH KOŃCOWYCH INSTALACJI W POMIESZCZENIACH – ANEMOMETR 17
4.5. POMIARY CIŚNIEŃ 17
4.6. POMIAR TEMPERATURY POWIETRZA 17
4.7. POMIAR WILGOTNOŚCI POWIETRZA 17
4.8 POMIARY PRZEPŁYWÓW W INSTALACJACH CIEPŁA TECHNOLOGICZNEGO I WODY LODOWEJ 17
4.9. POMIAR TEMPERATURY POWIERZCHNI 17

5. WYNIKI POMIARÓW INSTALACJI WENTYLACYJNYCH 18

5.1. STRUMIENIE POWIETRZA 18
5.1.1. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza przepływających w kanałach wentylacyjnych .. 18
5.1.2. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach końcowych instalacji 18
5.2. POMIARY TEMPERATUR, WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ POWIETRZA W KANAŁACH PRZY CENTRALACH WENTYLACYJNYCH 19
5.3. POMIARY TEMPERATUR I STRUMIENI WODY GRZEWCZEJ I WODY LODOWEJ 20
5.4. UWAGI I WNIOSKI 20

6. WEFYFIKACJA DOBORU URZĄDZEŃ 22

6.1 WYDAJNOŚCI I SPRĘŻU WENTYLATORÓW W CENTRALACH WENTYLACYJNYCH 22
6.2 WYMIENNIKÓW CIEPŁA W CENTRALACH WENTYLACYJNYCH 22
6.3 NAWILŻACZY POWIETRZA 22
6.4 AGREGATÓW CHŁODNICZYCH 22
6.5 INSTALACJI ZASILANIA NAGRZEWNIC 23
6.6 INSTALACJI ZASILANIA CHŁODNIC 23
7. PODSUMOWANIE 24
8. MOŻLIWOŚCI POPRAWY STANU ISTNIEJĄCEGO 25
8.1 WARIANT DORAŹNY /NAPRAWCZY 25
8.2 WARIANT KOMPLEKSOWY 26

9. ZAŁĄCZNIKI 28

9.1. ANEMOMETR TESTO 417 – CERTYFIKAT KALIBRACJI 28
9.2. SONDA TERMOHIGROMETRYCZNA TESTO 605I – PROTOKÓŁ KALIBRACJI 29
9.3. PRZYLGOWA SONDA TEMPERATURY POWIERZCHNI TESTO 915I – PROTOKÓŁ KALIBRACJI 29
9.3. SONDA TERMOANEMOMETRYCZNA TESTO 405I – PROTOKÓŁ KALIBRACJI 30
9.3. SONDA MIKROMANOMETR TESTO 510I – PROTOKÓŁ KALIBRACJI 30
9.4. BALOMETR AIRFLOW PH 721 – CERTYFIKAT KALIBRACJI 31

1. WSTĘP

1.1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest zlecenie na przeprowadzenie audytu wybranych instalacji wentylacyjnych, klimatyzacyjnych, grzewczych i chłodniczych bloku operacyjnego w Szpitalu LORO przy ul. Zamkowej 1 w Świebodzinie, w zakresie potrzebnym do oceny stanu tych instalacji w kontekście zgłaszanych przez Zlecającego problemów z utrzymaniem oczekiwanych parametrów powietrza w salach operacyjnych i sali wybudzeniowej bloku operacyjnego, na podstawie dokumentacji przekazanej przez Zlecającego i wizji lokalnej w asyście automatyka zapewnionej przez Zlecającego.

1.2. Przedmiot, cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania są instalacje wentylacyjne N1W1, N2W2, N3W3, N6W6 obsługujące pomieszczenia: salę operacyjną 1, salę operacyjną 2, przygotowania pacjenta 1, przygotowanie pacjenta 2, przygotowanie personelu i salę pooperacyjną wraz z instalacjami chłodniczymi i grzewczymi zasilającymi centrale wentylacyjne w zakresie potrzebnym do oceny stanu tych instalacji w kontekście zgłaszanych przez Zlecającego problemów z utrzymaniem oczekiwanych parametrów powietrza w salach operacyjnych i sali wybudzeniowej bloku operacyjnego.

Celem opracowania jest przedstawienie obserwacji z wizji lokalnej, wyników pomiarów w stanie zastanym, opisu obserwacji ze sprawdzenia poprawności działania układów automatycznej regulacji wykonanego w asyście automatyka zapewnionej przez Zlecającego, wniosków z weryfikacji doboru urządzeń w oparciu o dane projektowe w zakresie potrzebnym do oceny stanu tych instalacji w kontekście zgłaszanych przez Zlecającego problemów z utrzymaniem oczekiwanych parametrów powietrza w salach operacyjnych i sali wybudzeniowej bloku operacyjnego i podanie wytycznych poprawy stanu istniejącego.

Niniejsze opracowanie obejmuje:

- opis obserwacji z wizji lokalnej,
- wyniki pomiarów w stanie zastanym,
- opis obserwacji ze sprawdzenia poprawności działania układów automatycznej regulacji,
- wnioski z weryfikacji doboru urządzeń w oparciu o dane projektowe przekazane przez Zlecającego,

w zakresie potrzebnym do oceny stanu tych instalacji w kontekście zgłaszanych przez Zlecającego problemów z utrzymaniem oczekiwanych parametrów powietrza w salach operacyjnych i sali wybudzeniowej bloku operacyjnego

- oraz wytyczne poprawy stanu istniejącego.

1.3. Materiały i dokumenty.

Opracowanie wykonano w oparciu o następujące materiały i dokumenty:

1. Informacje podane przez Zamawiającego.

Materiały przekazane przez Zamawiającego lub osoby przez niego wskazane:

2. Projekt wykonawczy, Wentylacja mechaniczna klimatyzacja, Dobudowa bloku operacyjnego do budynku ”A” LORO SP ZOZ przy ul. Zamkowej 1 w Świebodzinie, projektant instalacji mgr inż. Zenon Makowski, główny projektant dr inż. arch. Ewa Pruszewicz-Sipińska, Pracownia Architektoniczna Ewy i Stanisława Sipińskich Sp. z o.o. ul Radosna 16 60-593 Poznań, styczeń 2008 r.
3. Dokumentacja techniczna, LORO Świebodzin, Układ sterowania wentylacją mechaniczną, inż. Sławomir Duży, Energo-ster ul. Strzelecka 90A/9 63-400 Ostrów Wielkopolski, grudzień 2008 r.
4. Opinia projektanta do zaprojektowanej i wykonanej instalacji wentylacji mechanicznej w kontekście opracowanej “ekspertyzy technicznej w zakresie oceny funkcjonowania nowo zainstalowanych Central Wentylacyjno-Klimatyzacyjnych dotyczącej central odNW1 do NW8 w dobudowanym Bloku Operacyjnym do budynku “A” w LORO SPZOZ przy ul. Zamkowej 1 w Świebodzinie, mgr inż. Zenon Makowski, sierpień 2010 r.

5. Pismo z firmy Romark Narojczyk, Sikora Sp.j. do Zakład-Remontowy Idziaszek Sp. z o.o. Z 27 maja 2013 r.
6. Rysunki z dokumentacji powykonawczej (bez określonych dat i autora):
   - Rzut poziomu +2 instalacja freonowa zasilania chłodnic
   - Schemat węzła chłodniczego
7. Projekt budowlany Instalacji grzewczej zasilającej centrale klimatyzacyjno wentylacyjne bloku operacyjnego LORO SP ZOZ w Świebodzinie przy ul. Zamkowej 1, projektant inż. Grzegorz Kęsicki, Projektowanie i nadzór Grzegorz Kęsicki 65-101 Zielona Góra ul Strumykowa 23d/14, październik 2013 r.
8. Oferta firmy MEZON Klima z 18.6.2013r. z wnioskami z analizy dokumentacji powykonawczej, wizji lokalnej i pomiarów instalacji wentylacji i klimatyzacji
9. Dokumentacja powykonawcza, branża AKPiA, Blok operacyjny dobudowany do budynku "A" Lubuski Ośrodek Rehabilitacyjno Ortopedyczny Sp. ZOZ ul. Zamkowa 1, 66-200 Świebodzin, Modernizacja układu wentylacji i klimatyzacji zapewniającej komfort klimatyczny, inż. Sławomir Duży, dr inż. Kamil Szkarłat, Pracownia projektowa Mezon Klima, wrzesień 2013 r.
10. Dokumentacja powykonawcza, branża Wentylacja i klimatyzacja, Blok operacyjny dobudowany do budynku "A" Lubuski Ośrodek Rehabilitacyjno Ortopedyczny Sp. ZOZ ul. Zamkowa 1, 66-200 Świebodzin, Modernizacja układu wentylacji i klimatyzacji zapewniającej komfort klimatyczny, mgr inż. Michał Sokołowski (upr.), sprawdził dr hab. Inż. Tomasz Mróz (upr.), Pracownia projektowa Mezon Klima, październik 2013 r.
11. Pismo z 16 lipca 2015 r. o zmianie nastaw temperatury powietrza w salach operacyjnych i osiąganiu zadanych parametrów (wraz z ich trendami)

oraz

12. PN-EN 12599 „Wentylacja budynków – Procedury badań i metody pomiarowe dotyczące odbioru wykonanych instalacji wentylacji i klimatyzacji"
13. PN-ISO 5221 „Rozprowadzenie i rozdział powietrza - Metody pomiaru przepływu powietrza w przewodzie"
14. COBRTI INSTAL zeszyt nr 5, wrzesień 2002 r.
15. Literaturę dotyczącą wentylacji mechanicznej oraz aktualne normy i normatywy.

2. WIZJA LOKALNA

Poniżej przedstawiono dokumentację oraz obserwacje z wizji lokalnej przeprowadzonej w dniach 21.04.2021r., przy temperaturze powietrza zewnętrznego około 13°C, 19.07.2021r. przy temperaturze powietrza zewnętrznego około 20°C i 15.09.2021r. przy temperaturze powietrza zewnętrznego około 25°C.

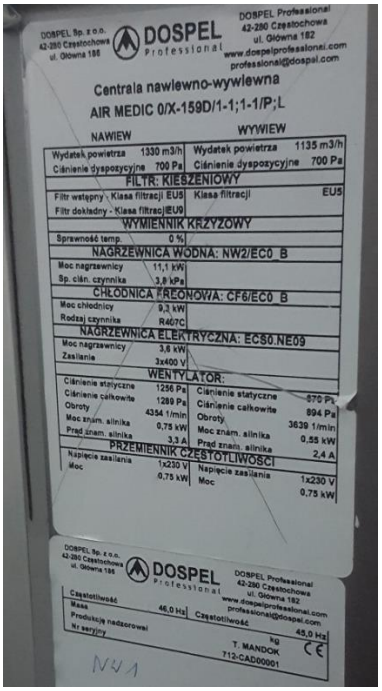
Otrzymana od Zlecającego dokumentacja jest niekompletna. Brakuje niektórych etapów. Szczególnie brakuje:
- dokumentacji dotyczącej zastosowania chłodnic wodnych zamiast freonowych w centralach wentylacyjnych NW1, NW2, NW3, NW6 – prawdopodobnie w latach 2008-2013,
- dokumentacji dotyczącej wymiany agregatów skraplających na obecnie zamontowane agregaty wody lodowej – prawdopodobnie w latach 2013-2021.

Dokumentacja projektowa nie zawiera wszystkich założeń i informacji niezbędnych do zrozumienia zamierzeń projektanta, co w znacznym stopniu utrudnia weryfikację i diagnostykę. W dokumentacji istnieją rozbieżności pomiędzy częścią opisową a rysunkową.
Niektóre późniejsze modernizacje również wzbudzają wątpliwości. Szczególnie ostatnia polegająca na wymianie agregatów skraplających na agregaty wody lodowej z pompami i sposób połączenia ich z instalacją chłodnicza.

2.1. Centrala NW1

Centrala znajduje się w maszynowni (pomieszczenie 2/03) na kondygnacji +2 i obsługuje salę operacyjną 2 (pomieszczenie 1/27) na kondygnacji +1. Zdjęcia centrali przedstawiono na rysunku 1, a jej tabliczkę znamionową na rysunku 2. Centrala wyposażona jest w nagrzewnicę pierwotną, chłodnicę i nagrzewnicą wtórną.

Rys. 1 Fotografie centrali NW1



Rys. 2 Tabliczka znamionowa centrali NW1

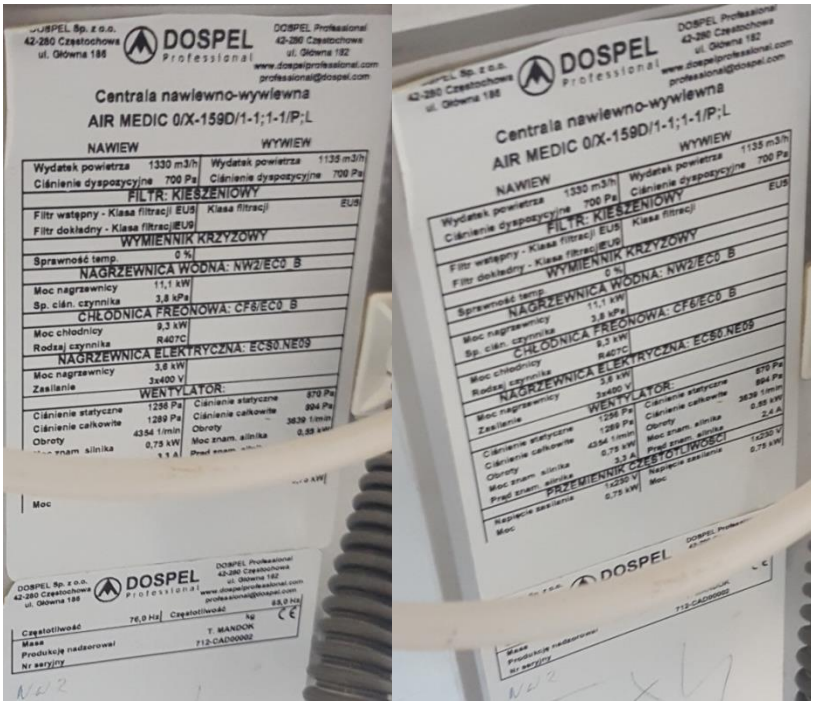
Obserwacje i nieprawidłowości:

Tabliczka znamionowa nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka identyczna jak w przypadku centrali NW2.
Tabliczka znamionowa nie jest zgodna ze z stanem faktycznym centrali. Centrala jest wyposażona w chłodnicę zasilaną z instalacji wody lodowej, a nie w chłodnicę freonową.

2.2. Centrala NW2

Centrala znajduje się w maszynowni (pomieszczenie 2/03) na kondygnacji +2 i obsługuje pomieszczenie przygotowania personelu (pomieszczenie 1/23) i magazyn sterylny (pomieszczenie 1/25) na kondygnacji +1. Zdjęcia centrali przedstawiono na rysunku 3, a jej tabliczkę znamionową na rysunku 4. Centrala wyposażona jest w nagrzewnicę pierwotną, chłodnicę i nagrzewnicą wtórną.

Rys. 3 Fotografie centrali NW2



Rys. 4 Tabliczka znamionowa centrali NW2

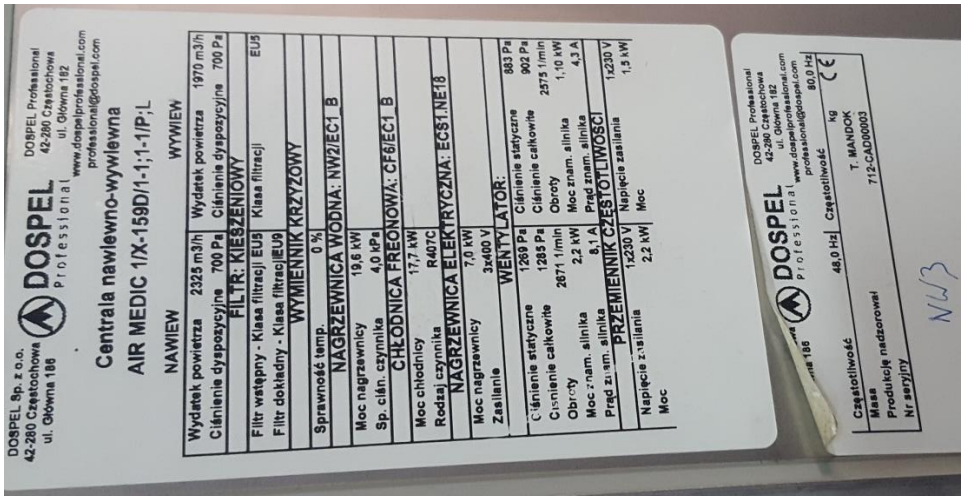
Obserwacje i nieprawidłowości:

Tabliczka znamionowa nie jest zgodna ze z stanem faktycznym centrali. Centrala jest wyposażona w chłodnicę zasilaną z instalacji wody lodowej, a nie w chłodnicę freonową.

2.3. Centrala NW3

Centrala znajduje się w maszynowni (pomieszczenie 2/03) na kondygnacji +2 i obsługuje salę operacyjną 2 (pomieszczenie 1/27) na kondygnacji +1. Zdjęcia centrali przedstawiono na rysunku 5, a jej tabliczkę znamionową na rysunku 6. Centrala wyposażona jest w nagrzewnicę pierwotną, chłodnicę i nagrzewnicą wtórną.

Rys. 5 Fotografie centrali NW3



Rys. 6 Tabliczka znamionowa centrali NW3

Obserwacje i nieprawidłowości:

Tabliczka znamionowa nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka jest zgodna z kartą doboru centrali NW1.
Tabliczka znamionowa nie jest zgodna ze z stanem faktycznym centrali. Centrala jest wyposażona w chłodnicę zasilaną z instalacji wody lodowej, a nie w chłodnicę freonową.

2.4. Centrala NW6

Centrala znajduje się w maszynowni (pomieszczenie 2/03) na kondygnacji +2 i obsługuje salę operacyjną 2 (pomieszczenie 1/27) na kondygnacji +1. Zdjęcia centrali przedstawiono na rysunku 7. Centrala wyposażona jest w nagrzewnicę pierwotną, chłodnicę i nagrzewnicą wtórną.

Rys. 7 Fotografie centrali NW6

Obserwacje i nieprawidłowości:

Karta doboru centrali z projektu wykonawczego nie jest zgodna ze z stanem faktycznym centrali. Centrala jest wyposażona w chłodnicę zasilaną z instalacji wody lodowej, a nie w chłodnicę freonową.
Strumień powietrza w tym układzie wentylacyjnym w opisie i na rysunkach projektu wykonawczego różnią się (ciąg dalszy w punkcie 6.1).

2.5. Nastawy przetwornic częstotliwości central wentylacyjnych

Nastawy przetwornic częstotliwości central wentylacyjnych w stanie zastanym przedstawiono w tabeli 1 poniżej.

Tabela. 1 Nastawy przetwornic częstotliwości central wentylacyjnych

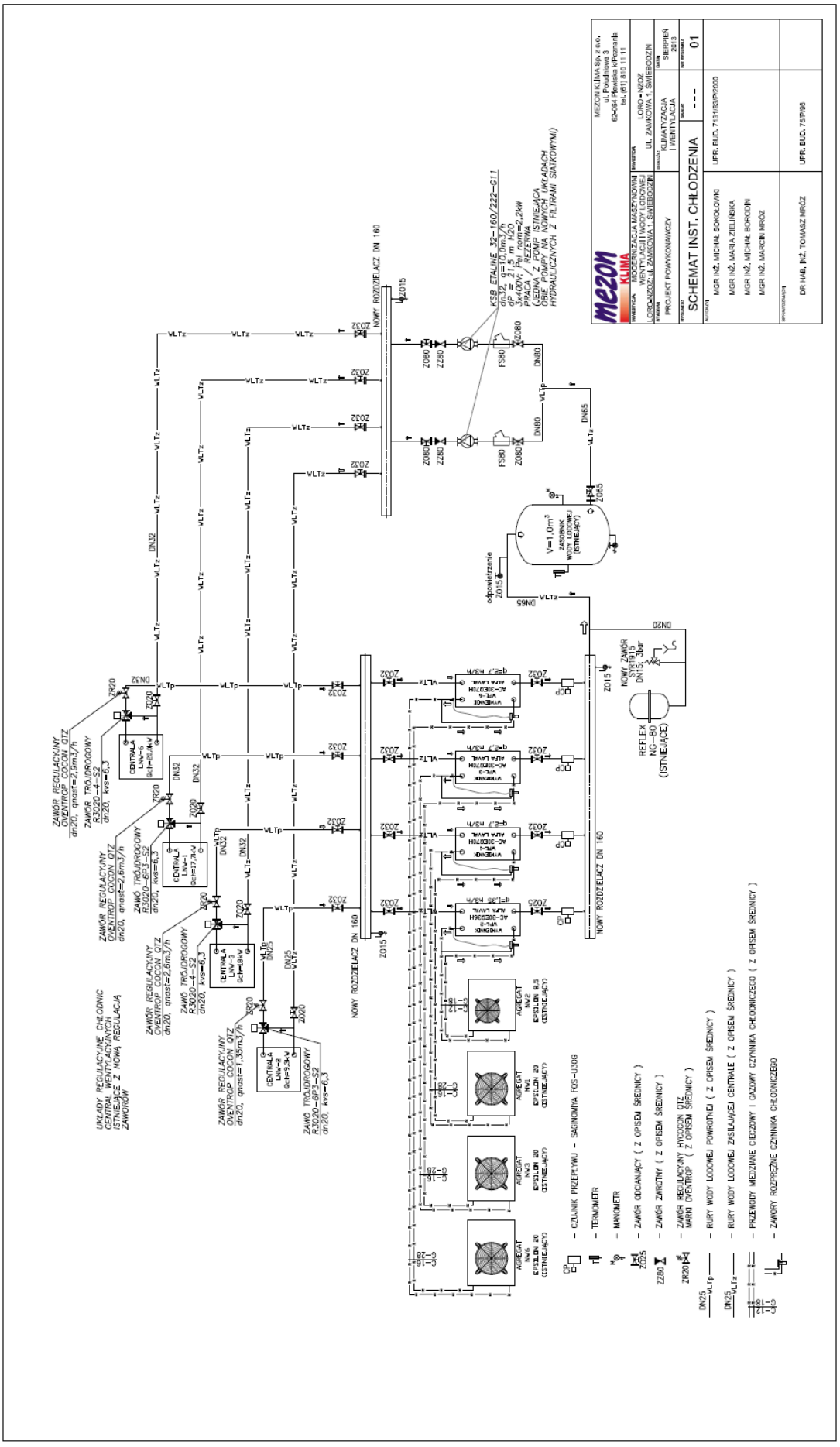
Układ	Nawiew	Wywiew
-	*Hz*	*Hz*
NW1	55	50
NW2	50	50
NW3	50	50
NW4	33	44
NW5	60	32
NW6	36	48
NW7	25	22
NW8	30	33

2.6. Instalacja chłodnicza

Agregaty wody lodowej zamontowane są w pomieszczeniu agregatów 2/04. Ciepłe powietrze po schłodzeniu skraplaczy agregatów odprowadzane jest kanałami na zewnątrz kratami wyrzutowymi w ścianie wschodnio-północnej, natomiast na jego miejsce do pomieszczenia agregatów przez kraty czerpne w ścianie północno-zachodniej, napływa powietrze zewnętrzne.

Rys. 8 Agregaty wody lodowej – na górze od lewej: tabliczka znamionowa, wnętrze (w czerwonym okręgu pompa w agregacie), nieszczelne podłączenie kanałów odprowadzających powietrze; na dole: prowadzenie kanałów odprowadzających powietrze

Rys. 9 Instalacja wody lodowej – po lewej: układ pompowy z rozdzielaczami zasilającymi powrotnym oraz czujnikami przepływu podłączone do bufora; po prawej: bufor



Rys. 10 Schemat instalacji wody lodowej zaczerpnięty z [9] zgodny z umieszczonym na ścianie maszynowni

Rys. 11 Instalacja wody lodowej – góra: podłączenie centrali NW1 i NW6 z zaworami trójdrogowymi z siłownikami i z zaworami równoważącymi; dół: tabliczka chłodnicy centrali NW6 i głowica zaworu równoważącego

Na podłączeniu chłodnic do instalacji wody lodowej zamontowano zawory trójdrogowe z siłownikami oraz zawory równoważące (rysunek 12).

Obserwacje i nieprawidłowości:

- Zgodnie ze schematem instalacji wody lodowej (rysunek 10) umieszczonym na ścianie pomiędzy pomieszczeniem maszynowni 2/02 i pomieszczeniem agregatów 2/04 w instalacji wody lodowej pomiędzy agregatami, a instalacją powinny się znajdować wymienniki. Obecnie wymienników tych nie ma i w konsekwencji pompy w agregatach (rysunek 9) i pompy przy rozdzielaczach (rysunek 11) pracują szeregowo. Jednak sposób współpracy pomp w agregatach, uruchamianych przy włączeniu poszczególnych agregatów, z dwoma pompami połączonymi ze sobą równolegle (rysunek 11) nie jest znany. Taki sposób połączenia pomp może powodować dużą zmienności przepływów w instalacji, potencjalne podmieszanie ciepłe przez niepracujące agregaty, duże dławienie na ogranicznikach przepływów przy centralach i w konsekwencji związane z tym nieprawidłowości.
- Połączenia agregatów z kanałami odprowadzającymi powietrze jest nieszczelne (rysunek 9).
- Chłodzenia agregatów umieszczonych w głębi pomieszczenia jest mniej skuteczne niż tych umieszczonych przy kratach czerpnych ze względu na wyższą temperaturę powietrza docierającego w głąb pomieszczenia (temperatury powietrza na wyświetlaczach agregatów od 26°C do 38°C, przy temperaturze powietrza zewnętrznego około 25°C).

2.7. Instalacja ciepła technologicznego

Rozdzielacze instalacji ciepła technologicznego zlokalizowane są w pomieszczeniu maszynowni 2/02 (rysunek 13). Pierwotne nagrzewnice wodne central wentylacyjnych podłączone są do instalacji ciepła technologicznego poprzez zawory trójdrogowe z siłownikami, a przy centralach po stronie obiegu pierwotnego zamontowane są pompy obiegowe (rysunek 14).

Rys. 12 Rozdzielacze instalacji ciepła technologicznego

Rys. 13 Podłączenie pierwotnej nagrzewnicy wodnej z pompą obiegową i zaworem trójdrogowym z siłownikiem w centrali wentylacyjnej NW3

Obserwacje i nieprawidłowości:

. Lokalizacja pomp obiegowych przy centralach po stronie obiegu pierwotnego jest nietypowa. Zastanawiająca jest lokalizacja pomp przy każdej centrali po stronie pierwotnej (rys.13), a nie po stronie wtórnej (po stronie węzła nagrzewnicy) i brak elementów do równoważenia hydraulicznego (brak zaworów równoważących z króćcami do pomiaru przepływu czynnika), że według dokumentacji projektowej w węźle cieplnym (kotłowni) zainstalowana jest pompa na zasilaniu obiegu ciepła technologicznego. Może to spowodować zwiększone ryzyko zamarznięcia nagrzewnicy.

2.8. Nagrzewnice elektryczne

Centrale NW1, NW2, NW3 i NW6 wyposażono we wtórne, elektryczne nagrzewnice powietrza z regulatorami mocy (rysunek 15).

Rys. 14 Nagrzewnica elektryczna i regulatory mocy nagrzewnicy elektrycznej w centrali wentylacyjnej NW1

Obserwacje i nieprawidłowości:

Działanie regulatorów mocy nagrzewnic elektrycznych było nieprawidłowe (ciąg dalszy w punkcie 3.3).

3. SPRAWDZENIE POPRAWNOŚCI DZIAŁANIA UKŁADÓW AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA

Niniejszy zakres prac zgodnie ze Zleceniem miał być przeprowadzony przy asyście automatyka (zapewnionej przez Zlecającego) znającego układy automatycznej regulacji przedmiotowych instalacji (który zaprogramował sterowniki na central wentylacyjnych albo może to zrobić). Niestety takiej asysty nie udało się uzyskać. Udało się jedynie odbyć kilka rozmów telefonicznych z automatykiem wskazanym przez Zlecającego i uzyskać dokumentację powykonawczą modyfikacji instalacji wentylacyjnej, chłodniczej i automatycznej regulacji z 2013 r. [9] oraz ustną informację o braku dysponowania algorytmami wgranymi do sterownika i technicznymi możliwości modyfikacji tych algorytmów.
Poniżej przedstawiono obserwacje ze sprawdzenia poprawności działania układów automatycznej regulacji i sterowania przeprowadzonego w ograniczonym zakresie (z uwagi na brak wyżej wspomnianej asysty) okresie kwiecień-wrzesień 2021r.

3.1. Nastawniki pomieszczeniowe

Brak możliwości zmiany stanu pracy central za pomocą nastawników pomieszczeniowych zlokalizowanych w pokoju rekreacyjnym 1/20 (nazewnictwo wg dokumentacji rysunkowej). Zmiany parametrów nie powodowały reakcji układu automatycznej regulacji. Pojawiła się informacja, że panele te zostały celowo pozbawione tych funkcji na etapie eksploatacji.

3.2. Panel operatorski DISTECH CONTROLS w maszynowni

Zauważono:

- Różne ustawienia w podobnych układach. Mimo, że centrale NW2 i NW6 mają chłodzenie i nagrzewnice wtórne elektryczne (a więc konfigurację wskazującą na możliwość osuszania powietrza), jak NW1 i NW3, to w panelu operatorskim w ich przypadku nie ma możliwości nastawy wilgotności – krótsze menu w zakładce NASTAWY. Być może jest to związane z brakiem nawilżaczy w układach NW2 i NW6.
- Nieosiągane parametry pracy układów.
- Parametr *REGULACJA* – brak możliwości zmiany, inne wartości dla układów identycznych technologicznie central NW1 i NW3 i inne wartości wyświetlane podczas kolejnych odczytów.

3.3. Regulacja temperatury powietrza

Reakcja wskazań na panelu operatorskim DISTECH CONTROLS po zmianie parametru *Tregulacji* nie wskazuje jasno, który parametr jest regulowany czy *Twywiewu* czy *Tnawiewu* (może to kwestia zmiany parametru *REGULACJA*?). Natomiast z materiałów [9] wynika, że istnieje możliwość zadawania temperatury powierza wewnątrz sal operacyjnych i realizacji tej regulacji.

3.4. Regulacja wilgotności powietrza

Reakcja wskazań na panelu operatorskim DISTECH CONTROLS po zmianie parametru PRÓG WILGOTNOŚCI nie wskazuje na realizację procesu regulacji wilgotności względnej powietrza w salach operacyjnych. Natomiast z materiałów [9] wynika, że istnieje możliwość zadawania wilgotności względnej powietrza wewnątrz sal operacyjnych i realizacji tej regulacji.

3.5. Regulatory mocy nagrzewnic elektrycznych

Działanie układu regulatorów mocy nagrzewnicy elektrycznej w przykładowej centrali NW3 było nieprawidłowe - mimo sygnału grzania wyświetlanym na panelu operatorskim DISTECH CONTROLS, stycznik przy regulatorach mocy nie był załączony, a wzrost temperatury powietrza przy przepływie przez nagrzewnicę był znikomy. Dolna część przestrzeni z regulatorami mocy w centrali NW6 (analogicznej jak na prawym zdjęciu na rysunku 14) była zalana kondensatem z chłodnicy. Fakt ten zgłoszono przedstawicielowi Zlecającego w dniu 19.07.2021 r. Przyczynę usunięto (nieszczelność tacy ociekowej), jednak podczas wizyty 19.05.2021 r. w miejscu tym

w centralach z chłodnicami nadal zauważono ślady wody (choć znacznie mniejsze niż 19.07.2021 r.). Prawdopodobnie takie wycieki bywały już wcześniej i mogły uszkodzić poszczególne podzespoły elektryczne.

3.6. Regulacja temperatury wody lodowej

W panelu operatorskim DISTECH CONTROLS, mimo nastawy TEMP. ZAD. WODY wynoszącej 4°C, wskazania parametru TEMP. WODY BUFOR wynosiły 7,6°C. Na wyświetlaczach agregatów temperatury były na poziomie 8-10°C w trakcie postoju, a w trakcie pracy spadały do 4°C. Obsługa techniczna realizowała nastawy wody lodowej na sterowniku zamontowanym w szafie po lewej stornie od drzwi do pomieszczenia agregatów, a nie na panelu DISTECH CONTROLS. Brak informacji czy te układy automatycznej regulacji są powiązane, a jeżeli tak to w jaki sposób.

3.7. Pompy obiegowe wody lodowej

Według opisu automatyki materiałów [9] praca pomp obiegowych wody lodowej (rysunek 9) jest redundantna (pracują naprzemiennie, a w razie awarii jedna pompa stanowi rezerwę dla drugiej). Mimo to, zauważono moment jednoczesnej pracy dwóch pomp.

4. METODYKA POMIARÓW

4.1. Pomiary przepływów w kanałach - za pomocą rurki Prandtla

Wydajności wentylatorów oraz przepływy powietrza w kanałach obliczono na podstawie pomiarów ciśnień dynamicznych powietrza w przekrojach pomiarowych wykonanych rurką Prandtla. oraz mikromanometrem elektronicznym typu 510i firmy TESTO Pomiary wykonano przy użyciu sond Prandtla wykonanych zgodnie z normą: PN-ISO 5221 „Rozprowadzenie rozdział powietrza - Metody pomiaru przepływu powietrza w przewodzie" zgodnie z zasadami wielopunktowego pomiaru ciśnienia dynamicznego. Wielkość siatki pomiarowej dostosowywano do wymiarów i kształtu przekroju poprzecznego kanału i miejsca pomiaru.

4.2. Pomiary przepływów w kanałach - za pomocą termoanemometru

W przypadku małych prędkości oraz celem sprawdzenia wydajności wentylatorów obliczono na podstawie pomiarów prędkości powietrza w przekrojach pomiarowych wykonanych sondą termoanemometryczną teleskopową typu 405 i firmy TESTO wg procedury opisanej w normie PN-ISO 5221.

4.3. Pomiary i obliczenia strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach zakańczających instalację w pomieszczeniach – balometr

Strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach zakańczających instalacje w miejscach, gdzie było to możliwe pomierzono elektronicznymi balometrem typu PH 721 firmy AIRFLOW.

4.4. Pomiary i obliczenia strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach końcowych instalacji w pomieszczeniach – anemometr

Strumienie powietrza wywiewanego na elementach końcowych instalacji zmierzono elektronicznym anemometrem skrzydełkowy typu 417 firmy TESTO. Z uwagi na budowę elementów wywiewnych pomiary wykonywano z zastosowaniem odpowiednich dzwonów pomiarowych.

4.5. Pomiary ciśnień

Ciśnienie mierzono mikromanometrem różnicowym typu 510i firmy TESTO.

4.6. Pomiar temperatury powietrza

Temperaturę powietrza mierzono sondą termoanemometryczną teleskopową typu 405i i termohigrometryczną 605i firmy TESTO.

4.7. Pomiar wilgotności powietrza

Temperaturę powietrza mierzono sondą termohigrometryczną 605i firmy TESTO.

4.8 Pomiary przepływów w instalacjach ciepła technologicznego i wody lodowej

Ze względu na brak króćców pomiarowych na zaworach. Odczytano jedynie nastawy na zaworach/ogranicznikach przepływu wody lodowej.

4.9. Pomiar temperatury powierzchni

Ze względu na brak króćców pomiarowych w zaworach i brak innych możliwości zmierzenia temperatury wody grzewczej i wody lodowej w rurach, mierzono temperaturę powierzchni metalowych elementów rurociągów przylgową sondą temperatury powierzchni Testo 915i.

5. WYNIKI POMIARÓW INSTALACJI WENTYLACYJNYCH

Pomiary przeprowadzono w okresie od kwietnia do września 2021 r.
Wyniki pomiarów podano dla pracy urządzeń w stanie zastanym według zadanego harmonogramu.
Oznaczenia układów i pomieszczeń zgodnie z dokumentacją projektową.

5.1. Strumienie powietrza

5.1.1. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza przepływających w kanałach wentylacyjnych

W tabeli 1 poniżej przedstawiono zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza w kanałach wentylacyjnych. Ponadto w tabeli tej zamieszczono wartości strumieni powietrza przewidziane w dokumentacji projektowej. Poniższe pomiary przeprowadzono w dniu 21.04.2021 r., przy temperaturze zewnętrznej około 13°C.

Tabela 1. Strumienie powietrza w kanałach zbiorczych

Nr układu	Przekrój	Prędkość zmierzona	Strumień zmierzony	Strumień projektowany	Różnica (V-Vp) /Vp
	F	w	V	Vp	-
	m^2	m/s	m^3/h	m^3/h	%
1	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
N1	0,123	6,29	2775	2325	19%
W1	0,100	8,06	2902	1970	47%
N2	0,063	3,21	723	1330	-46%
W2	0,063	4,65	1047	1135	-8%
N3	0,123	5,63	2485	2540	-2%
W3	0,123	4,55	2004	2160	-7%
N6	0,203	3,76	2744	2900	-5%
W6	-	-	-	-	-

*oznaczenia zgodnie z projektem

5.1.2. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach końcowych instalacji

W tabeli 2 poniżej przedstawiono zestawienie wyników pomiarów i obliczeń strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego na elementach końcowych instalacji powietrznych. Ponadto w tabeli tej zamieszczono wartości strumieni powietrza przewidziane w dokumentacji projektowej. Poniższe pomiary przeprowadzono w dniu 19.07.2021 r. , przy temperaturze zewnętrznej około 20°C.

Tabela 2. Strumienie na elementach końcowych instalacji

Numer elementu mierzonego	Strumień zmierzony balometrem V	Strumień projektowany Vp	Różnica (V-Vp)100 / Vp
-	m^3/h	m^3/h	%
1	*2*	*3*	*4*
N1W1 - sala operacyjna 1 + przygot. Pacjenta			
N1-1 - sufit	2051	1640	25
N1-2 przyg.pacjenta	464	685	-32
Σ =	**2515**	**2325**	**8**
W1 - 1 dół 1	785	555	41

W1 - 2 dół 2	939	555	69
W1 - 3 góra 1	109	140	-22
W1 - 4 góra 2	111	140	-21
W1-5- przyg. Pacjenta	769	580	33
Σ =	**2713**	**1970**	**38**
N2W2 - przyg. personelu			
N2-1 - przyg. pers.	422	810	-48
N2-2 - śluza	250	520	-52
Σ =	**672**	**1330**	**-49**
W2 - 1 - przygot.pers.	556	690	-19
W2 - 2 -śluza	310	445	-30
Σ =	**866**	**1135**	**-24**
N3W3 - sala operacyjna 2 + przygot. Pacjenta			
N3-1 - sufit	2347	1970	19
N3-2 przyg.pacjenta	556	570	-2
Σ =	**2903**	**2540**	**14**
W3 - 1 dół 1	618	670	-8
W3 - 2 dół 2	550	670	-18
W3 - 3 góra 1	71	170	-58
W3 - 4 góra 2	73	170	-57
W3-5- przyg. Pacjenta	550	480	15
Σ =	**1862**	**2160**	**-14**
N6W6 - sala pooperacyjna			
N6-1	488	485	1
N6-2	762	485	57
N6-3	527	485	9
N6-4	608	485	25
N6-5	515	485	6
Σ =	**2900**	**2425**	**20**
W6-1	0	485	-100
W6-2	0	485	-100
W6-3	0	485	-100
W6-4	0	485	-100
W6-5	0	485	-100
Σ =	**0**	**2425**	**-100**

*numeracja sal operacyjnych według rzeczywistych oznaczeń (w projekcie wykonawczym [2] odwrotnie)

5.2. Pomiary temperatur, wilgotności względnej powietrza w kanałach przy centralach wentylacyjnych

Zmierzone temperatury i wilgotności względnej powietrza w kanałach zbiorczych przedstawiono poniżej w tabeli 3. Poniższe pomiary przeprowadzono w dniu 21.04.2021 r., przy temperaturze zewnętrznej około 13°C.

Tabela 3. Temperatury powietrza w kanałach zbiorczych

Nr układu	**Temperatura**	**Wilgotność względna**
	°C	**%**
1	*2*	*3*
N1	18,5	43,0

W1	21,5	35,7
N2	19,4	43,0
W2	21,4	36,4
N3	18,5	41,3
W3	19,8	38,6
N6	21,0	43,6
W6	-	-

5.3. Pomiary temperatur i strumieni wody grzewczej i wody lodowej

Ze względu na brak króćców pomiarowych w zaworach i brak innych możliwości zmierzenia temperatury wody grzewczej i wody lodowej w rurach, mierzono temperaturę powierzchni metalowych elementów rurociągów i odczytano jedynie nastawy na zaworach/ogranicznikach przepływu wody lodowej przy centralach wentylacyjnych. Poniższe pomiary przeprowadzono w dniu 19.07.2021 r., przy temperaturze zewnętrznej około 20°C. (pomiary chwilowe dla wybranych układów w różnych momentach).

Tabela. 4 Temperatury wody chłodniczej przy poszczególnych węzłach central wentylacyjnych

	Zasilanie woda lodowa	**Powrót woda lodowa**	**Δt woda lodowa**	**Nastawa przepływ woda lodowa**	**Według dokumentacji [9]**	**Zasilanie woda grzewcza**	**Powrót woda grzewcza**	**Δt woda grzewcza**
	°C	°C	*K*	*m3/h*	*m3/h*	°C	°C	*K*
Agregat	5,7-9,4 (4,0-8,7)	-	-	-	-	-	-	-
NW1	12,0	15,0	3,0	3,6	2,6	49	39	10
NW2	9,7	15,2	5,5	1,9	1,35	-	-	-
NW3	11,9-12 [9,0]	14-15,2 [12,1]	2,1-3,2 [3,1]	3,4	2,6	50	42	8
	11,9	15,5	3,6					
NW6	9,5	15,5	6	3,5	2,9	-	-	-

( ) - wyświetlacz agregatu
[ ] - przy w pełni otwartym siłowniku zaworu regulacyjnego na wodzie lodowej przy centrali

Wg założeń w [9] temperatura wody lodowej powinna wynosić 6°C, a przy przepływach wody lodowej według [9] przyrosty temperatury wynoszą około 6K.

5.4. Uwagi i wnioski

1. W opracowaniu wartości projektowe strumieni powietrza przyjęto na podstawie wartości z elementów końcowych z rysunków projektu wykonawczego [2]. Wartości sumaryczne wyznaczono na podstawie wartości z elementów końcowych.
2. Sumaryczne strumienie powietrza w układach wentylacyjnych NW1 i NW3 istotnie odbiegają od wartości projektowych.
3. Skutkiem powyższego może być brak możliwości obróbki cieplnej powietrza założonej w projekcie przez urządzenia zainstalowane w centrali. Na przykład: za duży przepływ powietrza przez wymienniki to za małe schłodzenie powietrza, za małe osuszanie i w efekcie za duża wilgotność powietrza w pomieszczeniu.
4. W każdym z układów NW1, NW2, NW3 i NW6 rozpływy powietrza do i z poszczególnych pomieszczeń są niezgodne z założeniami projektowymi. Poza możliwością niedotrzymywania parametrów mikroklimatu w poszczególnych pomieszczeniach może to skutkować również niezachowaniem odpowiedniej gradacji ciśnień pomiędzy pomieszczeniami, a w efekcie niewłaściwy przepływ powietrza pomiędzy nimi i związane z tym ryzyko dostawania się zanieczyszczeń do pomieszczeń sali operacyjnych.

5. W każdym z układów NW1, NW2, NW3 i NW6 strumienie powietrza na niektórych elementach końcowych znacznie odbiegają od wartości projektowych.
6. Wypływ powietrza z nawiewników sufitowych w salach operacyjnych był nierównomierny. Większy strumień płynął środkiem nawiewnika, a mniejszy na jego obrzeżach.
7. Temperatura wody lodowej na zasilaniu przy chłodnicach w centralach wahała się na istotnie wyższym poziomie niż przy agregatach. Powodem mogą być niewłaściwe przepływy w układzie hydraulicznym wody lodowej i związane z nim potencjalne podmieszanie ciepłe na niepracujących agregatach.

6. WEFYFIKACJA DOBORU URZĄDZEŃ

Poniżej opisano, zauważone przy znacznie ograniczonych danych, różnice pomiędzy zaprojektowanymi i zamontowanymi urządzeniami.

6.1 Wydajności i sprężu wentylatorów w centralach wentylacyjnych

Nastawy na falownikach central N1, W1, N2, W2, N3, W3 i N6 zostały zmienione w stosunku do podanych w dokumentacji powykonawczej [9]. W pozostałych centralach nastawy na falownikach są takie jak w [9].

Strumień powietrza w układzie wentylacyjnym NW6 w opisie i na rysunkach projektu wykonawczego różnią się i wynoszą odpowiednio: N6 – 2900 m^3/h i W6 – 2850 m^3/h oraz N6 – 2425 m^3/h i W6 – 2425 m^3/h, a w karcie doboru centrali podano N6 – 2900 m^3/h i W6 – 2900 m^3/h.

Inne strumienie na tabliczkach znamionowych i w kartach doboru. Tabliczka znamionowa centrali NW1 nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka identyczna jak w przypadku centrali NW2. Tabliczka znamionowa centrali NW3 nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka jest zgodna z kartą doboru centrali NW1.

6.2 Wymienników ciepła w centralach wentylacyjnych

Brak udokumentowanego doboru chłodnic wodnych, zamienionych z freonowych, zlokalizowanych w centralach. Nie otrzymano dokumentacji tej modyfikacji. Nieznane typy zastosowanych obecnie chłodnic wodnych.

Inne moce chłodnic i nagrzewnic na tabliczkach znamionowych i w kartach doboru. Tabliczka znamionowa centrali NW1 nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka identyczna jak w przypadku centrali NW2. Tabliczka znamionowa centrali NW3 nie jest zgodna z kartą doboru centrali z projektu wykonawczego. Tabliczka jest zgodna z kartą doboru centrali NW1.

Ze względu na powyższe brak możliwości weryfikacji prawidłowości doboru zamontowanych obecnie chłodnic wodnych.

6.3 Nawilżaczy powietrza

W okresie letnim, gdy dokonywano pomiarów, ze względu na znaczną zawartości wilgoci w powietrzu zewnętrznym urządzenia te nie działały. Wydajności pary na tabliczkach znamionowych nawilżaczy są zgodne z wartościami podanymi w kartach doborowych nawilżaczy z [2].

6.4 Agregatów chłodniczych

Suma nominalnych mocy zamontowanych agregatów wody lodowej około 86 kW (38,8 kW – moc elektryczna). Suma mocy chłodnic freonowych z kart doborowych central 65,5 kW. Suma mocy agregatów z projektu wykonawczego [2] 59,9 kW. Moc zamontowanych agregatów jest większa niż pierwotnie zaprojektowanych i większa niż suma mocy pierwotnie zaprojektowanych chłodnic. Jednak ze względu na brak dokumentacji:

- na podstawie, której zamieniono indywidualne agregaty skraplające dobrane w projekcie wykonawczym [2] na agregaty skraplające typu EPSILON z oddzielnymi wymiennikami przedstawione na rysunkach [6] i w dokumentacji [9] (prawdopodobnie lata 2008 – 2013),
- na podstawie, której zamieniono na agregaty skraplające typu EPSILON z oddzielnymi wymiennikami przedstawione na rysunkach [6] i w dokumentacji [9], na obecnie zamontowane agregaty wody lodowej z modułami hydraulicznymi (prawdopodobnie lata 2013– 2021),

trudno jest jednoznacznie zweryfikować prawidłowość doboru obecnie zamontowanych urządzeń. Z powyższego porównania wynika, że moc agregatów prawdopodobnie nie jest problemem (chyba, że bilanse cieplne pomieszczeń uległy istotnym zmianom od czasu sporządzania projektu wykonawczego [2]), a jest nim prawdopodobnie niewłaściwy układ hydrauliczny instalacji wody lodowej.

6.5 Instalacji zasilania nagrzewnic

Brak dokumentacji projektowej zasilania nagrzewnic wodnych.

6.6 Instalacji zasilania chłodnic

Stan istniejący niezgodny z aktualną dokumentacją w tym zakresie [9]. Zamiast agregatów skraplających z wymiennikami "freon"/glikol zamontowane są agregaty wody lodowej z dodatkowymi pompami obiegowymi. Nie otrzymano dokumentacji tej modyfikacji.

7. PODSUMOWANIE

1. Otrzymana dokumentacja jest niekompletna. Brakuje niektórych projektów przebudowy instalacji chłodzenia:
    - zastąpienie chłodnic freonowych wodnymi, a indywidualnych agregatów skraplających poszczególnych central wentylacyjnych agregatami skraplającymi z oddzielnymi wymiennikami pracującymi we wspólnej dla wszystkich central instalacji wody lodowej (prawdopodobnie lata 2008-2013),
    - zastąpienie agregatów skraplających agregatami wody lodowej z pompami (prawdopodobnie lata 2013-2021).

   Pierwotna dokumentacja projektowa [2] nie zawiera wszystkich niezbędnych informacji. Ubogi opis techniczny, brak założeń projektowych i poszczególnych obliczeń, brak uzasadnienia wyboru danego rozwiązania projektowego, itp. Strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego oznaczone na rysunkach nie bilansują się w sposób przedstawiony w opisie technicznym (układ NW6).
2. Na podstawie zgromadzonego materiału nie udało się jednoznacznie stwierdzić, ile razy w ciągu roku i w czasie występowania jakich parametrów powietrza zewnętrznego, temperatura i wilgotność względna powietrza w badanych salach operacyjnych nie spełnia wartości wymaganych przepisami (w projekcie wykonawczym [2] brak jednoznacznych informacji o zakładanych parametrach projektowych). Należy wziąć pod uwagę, że do oceny parametrów powietrza w salach operacyjnych personel medyczny posługuje się sprzętem służącym do orientacyjnych pomiarów parametrów powietrza. W związku z tym czasami odczucia personelu mogą być jedynie subiektywne.
3. Nie uzyskano asysty automatyka i możliwości weryfikacji pracy automatyki na poziomie algorytmów i sygnałów. Z uzyskanych telefonicznie informacji od automatyka, wskazanego przez Zlecającego, wynika, że obecne sterowniki są wykonane w starej technologii, a dostęp do ich algorytmów i ich modyfikacja wymaga specjalnego starego oprogramowania.
4. Automatyka nie działa poprawnie:
    - reakcje układu automatycznej regulacji temperatury i wilgotności powietrza w salach operacyjnych nie wskazują na prawidłową realizację tych funkcji i wydają się być różne w różnych układach,
    - nastawy temperatury powietrza zmieniane są przez obsługę techniczną obiektu po otrzymaniu informacji o niezadowalających parametrach powietrza w salach operacyjnych, a poczynione obserwacje wskazują, że regulowana może być temperatura nawiewu zamiast wywiewu (pomieszczenia), a obsługa próbuje ręcznie ją dostosować, aby osiągnąć wymagane parametry w pomieszczeniu,
    - z obserwacji odczytów wskazań sterownika nie jest jasne, które parametry są regulowane (nawiewu czy wywiewu) - być może w sterowniku można to wybrać - brak jednoznacznej informacji i dostępu do wgranych algorytmów,
    - nieprawidłowe działanie nagrzewnic elektrycznych biorących udział w procesie osuszania powietrza (nie załączają się).
5. Odpływy skroplin z niektórych central wentylacyjnych jest prawdopodobnie nieskuteczny. Niektóre centrale są zalewane, co może mieć wpływ na uszkodzenia nagrzewnic elektrycznych. Pomiędzy poszczególnymi wizytami na obiekcie serwis wyeliminował przeciek tacy chłodnicy w centrali NW6.
6. Nie zachowano właściwych przepływów powietrza w instalacjach wentylacyjnych (na przykład: skrajną sytuacją jest brak przepływu na wywiewie z sali wybudzeń). Skutkiem niewłaściwych przepływów może być brak możliwości obróbki cieplnej powietrza w centrali a przez to niedotrzymywania parametrów mikroklimatu w poszczególnych pomieszczeniach. Może to skutkować również niezachowaniem odpowiedniej gradacji ciśnień pomiędzy pomieszczeniami, a w efekcie niewłaściwy przepływ powietrza pomiędzy nimi.
7. Sposób połączeń instalacji wody lodowej niezgodny ze schematem w maszynowni. Potencjalnie zmienne przepływy w instalacji wody lodowej, podmieszanie ciepłe i duże dławienie na ogranicznikach przepływu przy chłodnicach w centralach wentylacyjnych.
8. Kanały odprowadzające ciepłe powietrze z agregatów połączone nieszczelnie co może powodować spadek ich mocy i pracę z niższą efektywnością i większą konsumpcją energii.
9. Podwyższona temperatura wody lodowej przy chłodnicach, co może mieć wpływ na obniżoną skuteczność osuszania powietrza ze względy na zbyt wysoką temperaturę ścianki chłodnicy.

8. MOŻLIWOŚCI POPRAWY STANU ISTNIEJĄCEGO

Niezależnie od wariantu sugeruje się wyjaśnić i uzupełnić nieścisłości projektowe i wynikające z późniejszych modyfikacji w celu ułatwienia przeprowadzenia poniższych działań.

8.1 Wariant doraźny / naprawczy

Aby analizowane układy wentylacyjne skutecznie utrzymywały zadaną temperaturę i wilgotność powietrza w obsługiwanych pomieszczeniach, wydajność central wentylacyjnych powinna być odpowiednia, nagrzewnice i chłodnice powinny działać prawidłowo i powinny być zasilane czynnikami o właściwej temperaturze i przepływie, strumień powietrza do i z poszczególnych pomieszczeń powinien być odpowiedni, nawiewniki powinny skutecznie dostarczać powietrze do strefy przebywania ludzi, a układ automatycznej regulacji powinien realizować funkcję regulacji temperatury i wilgotności powietrza, również w trybie ich nawilżania i osuszania. Ponadto wydajności poszczególnych elementów powinny być dostosowane do potrzeb/bilansów ciepła i wilgoci poszczególnych pomieszczeń.
Dlatego potencjalnymi przyczynami nieprawidłowego działania układu są: niewłaściwe wydajności niektórych central, niezgodne z dokumentacją projektową ilości powietrza w pomieszczeniach dostarczane do strefy przebywania ludzi, nieprawidłowa praca lub brak działania nagrzewnic elektrycznych, za wysoka temperatura wody lodowej (przepływ czynnika nieznany), nieprawidłowy tryb (lub algorytm) pracy układu automatycznej regulacji i uszkodzenia podzespołów układu automatycznej regulacji.
Na podstawie opisanych powyżej obserwacji z pomiarów stwierdzono, że obecnie w większości tych kwestii występują nieprawidłowości. Z otrzymanych materiałów wynika, że jeszcze w 2015 r. układ realizował wymagane funkcje. Zakładając, że tak było, można domniemywać, że algorytmy automatyki w 2015 r. były prawidłowe. Dodatkowo zakładając, że bilanse ciepła i wilgoci pomieszczeń nie zmieniły się, należałoby przywrócić sprawność systemu do tamtego stanu. Jednak należy zwrócić uwagę, że prawdopodobnie, od tego czasu modyfikowano układ wody lodowej. Niestety nieznana jest ilość czynnika płynącego do poszczególnych chłodnic ani w całym układzie. Dlatego na początkowym etapie napraw trzeba założyć, że ograniczniki przepływu przy chłodnicach działają poprawnie i w układzie jest nadwyżka ciśnienia (pobieżna analiza charakterystyk hydraulicznych pomp), która zapewnia odpowiedni przepływ przez wszystkie odbiorniki.

Biorąc pod uwagę powyższe i dążąc do naprawienia rozpatrywanych układów wentylacyjnych, w pierwszej kolejności (przy założeniu braku istotnych zmian w bilansach cieplnych pomieszczeń w stosunku do stanu z pierwotnego projektu):

1. Wydajności central wentylacyjnych doprowadzić do stanu projektowego, zapewnić założone rozpływy powietrza w instalacjach i w pomieszczeniach, a także zagwarantować założony układ ciśnień pomiędzy pomieszczeniami. Po regulacji sprawdzić dopuszczalne poziomy dźwięku hałasu w poszczególnych objętych przepisami pomieszczeniach.
2. Sprawdzić tace ociekowe i odpływ oraz syfony na odprowadzeniu skroplin przy centralach w celu wyeliminowania możliwości zalewania podzespołów elektrycznych i automatycznej regulacji.
3. Sprawdzić i zapewnić właściwą pracę automatyki nagrzewnic elektrycznych w trybie osuszania powietrza. W razie konieczności wymienić uszkodzone nagrzewnice elektryczne i odpowiadające im układy sterowania.
4. Uszczelnić połączenia agregatów z kanałami odprowadzającymi z nich powietrze oraz połączenia tych kanałów z wyrzutniami. Zapewnić skuteczny i szczelny odpływ powietrza chłodzącego skraplacze agregatów na zewnątrz. Ma to na celu zapewnienie maksymalnej dostępnej mocy pracy urządzeń, ponieważ wysoka temperatura powietrza napływającego na skraplacz ją obniża.
5. Nastawić w układzie automatycznej regulacji właściwą temperaturę wody lodowej i odpowiednią histerezę, w celu zapewnienia możliwości odpowiedniego osuszania powietrza. Zaleca się nastawienie takiej temperatury zasilania w układzie regulacji (w sterowniku), która zapewni stałe osiąganie 6°C (według [9]) na zasilaniu przy najbardziej niekorzystnie usytuowanej chłodnicy w centralach. Pomocna byłaby również weryfikacja modeli i mocy chłodnic wodnych central klimatyzacyjnych (obecnie brak danych) celem ewentualnej korekty temperatury wody lodowej potrzebnej do odpowiedniego osuszania

powietrza (założenie, że zamontowane chłodnice to umożliwiają). Jeżeli osiągnięcie właściwej temperatury wody lodowej przy chłodnicach nie będzie możliwe będą potrzebne działania opisane w punkcie 8.

6. Ustawić w sterowniku właściwy tryb działania układów automatycznej regulacji - regulacja temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniu lub na wywiewie z trybem osuszania i nawilżania. Jeżeli właściwego trybu nie będzie można ustawić, albo nie będzie wiadomo, który tryb pracy jest prawidłowy, może to wymagać wymiany sterowników i zaprogramowania w nich odpowiednich algorytmów w ramach realizacji kolejnego punktu 7.

Jeżeli powyższe działania nie będą wystarczające:

7. W celu zapewnienia sprawności i funkcjonalności układu automatycznej regulacji central wentylacyjnych, wody lodowej i ciepła technologicznego, przeprowadzić rzetelną diagnostykę i naprawić lub wymienić uszkodzone lub nieprawidłowo działające elementy automatyki i sterowania. Sprawdzić działanie sterowników (jeżeli będzie to możliwe zweryfikować zaprogramowane algorytmy) i elementów wykonawczych (siłowniki zaworów regulacyjnych chłodnic i nagrzewnic, nawilżaczy i agregatów) oraz działanie i lokalizacje elementów pomiarowych (czujników temperatury i wilgotności względnej powietrza w oparciu, o które prowadzone jest sterowanie pracą centrali wentylacyjnej).

Powinno się również:

8. W układzie wody lodowej zweryfikować i ewentualnie nastawić właściwe przepływy i zoptymalizować pracę pomp. Niestety w aktualnym stanie instalacji, bez żadnych jej modyfikacji, weryfikacja przepływów jest praktycznie niemożliwa. Przeprowadzenie tych działań może wymagać doposażenia instalacji, na przykład w zawory równoważące z króćcami pomiarowymi oraz opracowania sposobu zmiany trybu pracy agregatów, a może nawet przebudowy układu hydraulicznego instalacji wody lodowej.

Dlatego, po wykonaniu prac opisanych w punktach 1-7, w razie dalszego nieosiągania oczekiwanych parametrów powietrza w pomieszczeniach, przy nieuzyskiwaniu właściwej temperatury wody lodowej, potrzebne będzie przeprowadzenie działań opisanych w punkcie 8.

Jeżeli po wykonaniu prac opisanych w punktach 1-7, oczekiwane parametry powietrza w pomieszczeniach byłyby nadal nieuzyskiwane, przy osiąganiu właściwej temperatury wody lodowej:

9. Wyznaczyć aktualne bilanse zysków ciepła i wilgoci problematycznych pomieszczeń na bloku operacyjnym i zweryfikować możliwości ich odebrania przez instalację wentylacyjną.
10. W razie stwierdzenia braku możliwości zapewnienia właściwych parametrów instalacją w stanie po wykonaniu powyżej wymienionych działań dostosować ją do aktualnych potrzeb.

Jeżeli istnieje uzasadnione podejrzenie, że bilanse cieplne pomieszczeń zmieniły się istotnie w stosunku do stanu z pierwotnego projektu, to przed podjęciem działań opisanych w punktach 1-8, właściwym byłoby wyznaczenie nowych bilansów, wykonanie obliczeń sprawdzających możliwość wykorzystania istniejących urządzeń, wyznaczenie nowych wymaganych nastaw i na ich podstawie ponowne rozważenie możliwości osiągnięcia zamierzonego celu poprzez wyżej opisane czynności.

Podejmując decyzję o działaniach, należy wziąć pod uwagę, że powyższe prace, wykonane wybiórczo, mogą nie przynieść w pełni pożądanego skutku, a niektóre instalacje i urządzenia pracują już wiele lat i mają ograniczoną żywotność.

8.2 Wariant gruntowny/ przyszłościowy

Biorąc pod uwagę wiek, stan oraz historię modyfikacji instalacji i ciągle występujące problemy z utrzymaniem parametrów, zasadnym jest również rozważenie podjęcia poniższych działań.

1. Wykonanie nowego projektu instalacji wentylacyjnych oraz towarzyszących im instalacjom chłodniczym, grzewczym, nawilżania i automatycznej regulacji (z wymianą wszystkich urządzeń lub dopasowując projekt do możliwości wykorzystania nadających się do tego urządzeń) uwzględniającego wykonanie obliczeń bilansów ciepła dla poszczególnych pomieszczeń z ich faktycznym wyposażeniem i obsługą dla wariantu wszystkich możliwych wykonywanych operacji z możliwością zmiany parametrów (temperatura i wilgotność względna powietrza) do różnych rodzajów wykonywanych na bloku operacji.
2. Wykonanie nowej instalacji z zastosowaniem nowych urządzeń lub jej przebudowanie z wykorzystaniem nadających się do tego urządzeń w oparciu o nową dokumentację.

9. ZAŁĄCZNIKI

9.1. Anemometr TESTO 417 – certyfikat kalibracji

Be sure. testo

TESTO Sp. z o.o.
ul. Wiejska 2, 05-802 Pruszków
tel. (0-22) 863-74-01, 863-74-22
fax. (0-22) 863-74-15
e-mail: testo@testo.com.pl, www.testo.com.pl

PCA Polskie Centrum Akredytacji >O< WZORCOWANIE AP 176

ilac-MRA

Laboratorium wzorcujące akredytowane przez
Polskie Centrum Akredytacji, sygnatariusza porozumień EA MLA i ILAC MRA
dotyczących wzajemnego uznawania świadectw wzorcowania
Nr akredytacji AP 176

ŚWIADECTWO WZORCOWANIA

Data wydania: 30 grudnia 2020 Nr świadectwa: **5186 /A/2020** Strona 1/2

OBIEKT WZORCOWANIA Anemometr testo 417
Nr katalogowy przyrządu: 0560 4170
Nr fabryczny przyrządu: 61239455

ZGŁASZAJĄCY AC MEDTECH Rafał Spławski
ul. Łubinowa 3c/8
52-210 Wrocław

METODA WZORCOWANIA Wzorcowanie przeprowadzono zgodnie z Procedurą Pomiarową "Wzorcowanie anemometrów", PP.11.01, wydanie 3 z dnia 30.09.2019 r.

WARUNKI ŚRODOWISKOWE Temperatura otoczenia: (18,4 ÷ 20,3) °C
Wilgotność względna: (20,1 ÷ 30,2) %

DATA WYKONANIA WZORCOWANIA 28 grudnia 2020

SPÓJNOŚĆ POMIAROWA Świadectwo jest wydane w ramach porozumienia EA MLA w zakresie wzorcowania i potwierdza spójność wyników pomiarów z jednostkami miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI).

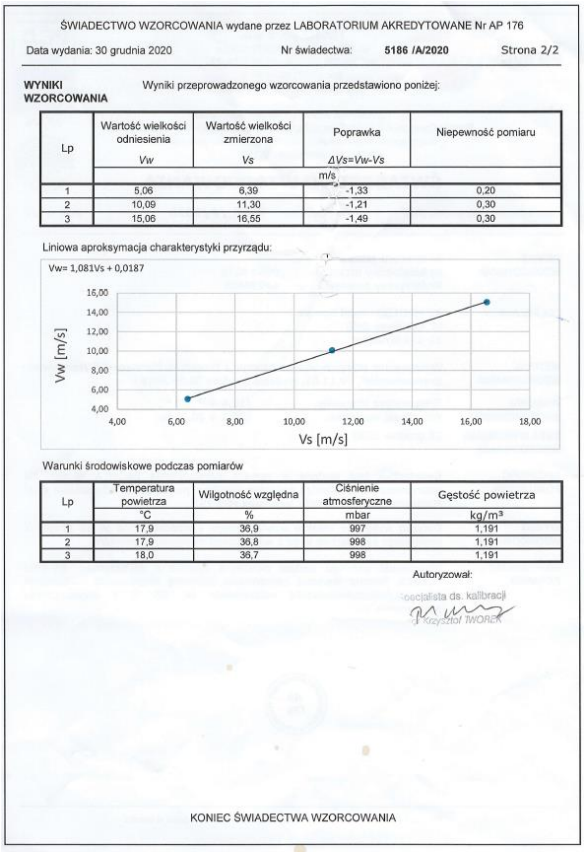
WYNIKI WZORCOWANIA Dotyczą wyłącznie obiektu wzorcowanego i przedstawiono je na stronie 2 niniejszego świadectwa wraz z wartościami niepewności pomiaru.

NIEPEWNOŚĆ POMIARU Niepewność pomiaru została określona zgodnie z dokumentem EA-4/02 M:2013. Podane wartości niepewności stanowią niepewności rozszerzone przy prawdopodobieństwie rozszerzenia ok. 95 % i współczynniku rozszerzenia k=2.

Laboratorium Wzorcujące AP 176

Specjalista ds. kalibracji
mgr Krzysztof TWOREK

Niniejsze świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości.



ŚWIADECTWO WZORCOWANIA wydane przez LABORATORIUM AKREDYTOWANE Nr AP 176

Data wydania: 30 grudnia 2020 Nr świadectwa: **5186 /A/2020** Strona 2/2

WYNIKI WZORCOWANIA Wyniki przeprowadzonego wzorcowania przedstawiono poniżej:

Lp	Wartość wielkości odniesienia Vw	Wartość wielkości zmierzona Vs	Poprawka ΔVs=Vw-Vs	Niepewność pomiaru
	m/s			
1	5,06	6,39	-1,33	0,20
2	10,09	11,30	-1,21	0,30
3	15,06	16,55	-1,49	0,30

Liniowa aproksymacja charakterystyki przyrządu:

Vw= 1,081Vs + 0,0187

Warunki środowiskowe podczas pomiarów

Lp	Temperatura powietrza	Wilgotność względna	Ciśnienie atmosferyczne	Gęstość powietrza
	°C	%	mbar	kg/m³
1	17,9	36,9	997	1,191
2	17,9	36,8	998	1,191
3	18,0	36,7	998	1,191

Autoryzował:
specjalista ds. kalibracji
mgr Krzysztof TWOREK

KONIEC ŚWIADECTWA WZORCOWANIA

9.2. Sonda termohigrometryczna Testo 605i – protokół kalibracji

testo

Kalibrier-Protokoll
Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Protocollo di collaudo • Informe de calibración

Gerät / Module type / Modèle / Modelo:	testo 605i
Messbereich / Measuring range / Etendue de mesure / Rango de medición:	**Humidity: 0 ... 100 %rF** **Temperature: -20 ... +60 °C**
Serien-Nr. / Serial no. / N°. de série / Número de serie:	49329253
Humidity test:	☑ OK
Temperature test:	☑ OK

J. Yeung
Prüfer / Inspector / Responsable / Verificador

ISO 9001:2008 TESTO QUALITY zertifiziert

9.3. Przylgowa sonda temperatury powierzchni Testo 915i – protokół kalibracji

Kalibrier-Protokoll
Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. testo

Gerät / Module type / Modèle / Modelo:	**testo 915i (0560 1915)**
Messbereich / Measuring range / Etendue de mesure / Rango de medición:	**-60 ... +1000°C (Type K)**
Serien-Nr. / Serial no. / N°. de série / Número de serie:	83334545

Elektronische Kalibrierung / Electronic calibration / Etalonnage électronique / Calibración electrónica		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
80.00 °C	**+/- 0.74 °C**	**79.94 °C**

Datum / Date
Date / Fecha:
13.04.2021

Prüfer / Inspector / Responsable / Verificador
1982

9.3. Sonda termoanemometryczna Testo 405i – protokół kalibracji

testo

Kalibrier-Protokoll
Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Protocollo di collaudo • Informe de calibración

Gerät / Module type / Modèle / Modelo: **testo 405i**

Messbereich / Measuring range / Etendue de mesure / Rango de medición: **Velocity: 0 ... 30 m/s** **Temperature: -20 ... +60 °C**

Serien-Nr. / Serial no. / N°. de série / Número de serie: 48928963

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
Velocity:		
8.0 m/s	**±0.7 m/s**	**7.9 m/s**
Temperature :		
24.8 °C	**±0.5 °C**	**24.8 °C**

J. Yeung
Prüfer / Inspector / Responsable / Verificador

9.3. Sonda mikromanometr Testo 510i – protokół kalibracji

Kalibrier-Protokoll
Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificato di taratura • Informe de calibración

Be sure. testo

Gerät / Module type / Modèle / Modelo: **testo 510i**

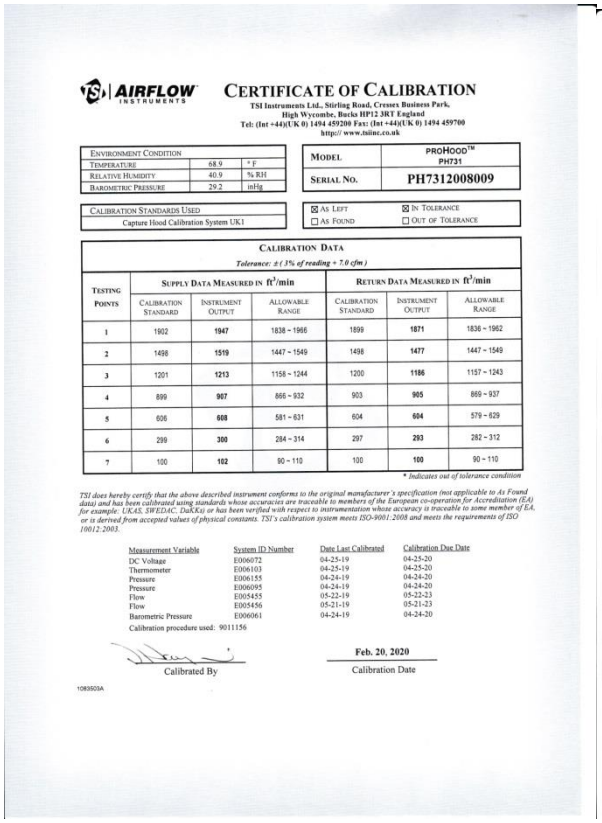
Messbereich / Measuring range / Etendue de mesure / Rango de medición: **Pressure: -150 ... 150 hPa**

Serien-Nr. / Serial no. / N°. de série / Número de serie: 45988220

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido:
Pressure :		
5.00 hPa	**±0.27 hPa**	**5.00 hPa**
80.00 hPa	**±1.40 hPa**	**80.10 hPa**

Prüfer / Inspector / Responsable / Verificador

9.4. Balometr AirFlow PH 721 – certyfikat kalibracji



AIRFLOW INSTRUMENTS

CERTIFICATE OF CALIBRATION

TSI Instruments Ltd., Stirling Road, Cressex Business Park,
High Wycombe, Bucks HP12 3RT England
Tel: (Int +44)(UK 0) 1494 459200 Fax: (Int +44)(UK 0) 1494 459700
http:// www.tsiinc.co.uk

Environment Condition		
Temperature	68.9	° F
Relative Humidity	40.9	% RH
Barometric Pressure	29.2	inHg

Model	ProHood™ PH731
Serial No.	PH7312008009

Calibration Standards Used: Capture Hood Calibration System UK1

☒ As Left ☒ In Tolerance
☐ As Found ☐ Out of Tolerance

Calibration Data

Tolerance: ± (3% of reading + 7.0 cfm)

Testing Points	Supply Data Measured in ft³/min			Return Data Measured in ft³/min		
	Calibration Standard	Instrument Output	Allowable Range	Calibration Standard	Instrument Output	Allowable Range
1	1902	**1947**	1838 ~ 1966	1899	**1871**	1836 ~ 1962
2	1498	**1519**	1447 ~ 1549	1498	**1477**	1447 ~ 1549
3	1201	**1213**	1158 ~ 1244	1200	**1186**	1157 ~ 1243
4	899	**907**	866 ~ 932	903	**905**	869 ~ 937
5	606	**608**	581 ~ 631	604	**604**	579 ~ 629
6	299	**300**	284 ~ 314	297	**293**	282 ~ 312
7	100	**102**	90 ~ 110	100	**100**	90 ~ 110

** Indicates out of tolerance condition*

TSI does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specification (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to members of the European co-operation for Accreditation (EA) for example: UKAS, SWEDAC, DaKKs) or has been verified with respect to instrumentation whose accuracy is traceable to some member of EA, or is derived from accepted values of physical constants. TSI's calibration system meets ISO-9001:2008 and meets the requirements of ISO 10012:2003.

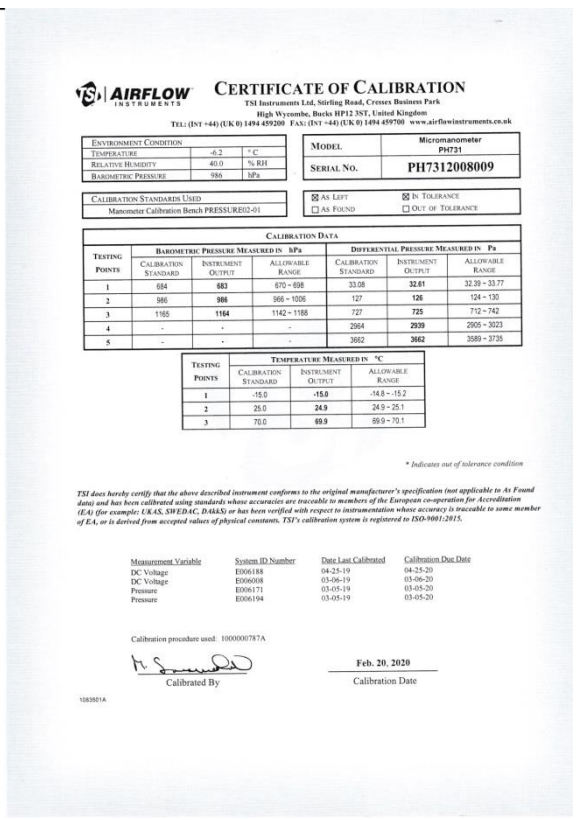
Measurement Variable	System ID Number	Date Last Calibrated	Calibration Due Date
DC Voltage	E006072	04-25-19	04-25-20
Thermometer	E006103	04-25-19	04-25-20
Pressure	E006155	04-24-19	04-24-20
Pressure	E006095	04-24-19	04-24-20
Flow	E005455	05-22-19	05-22-23
Flow	E005456	05-21-19	05-21-23
Barometric Pressure	E006061	04-24-19	04-24-20

Calibration procedure used: 9011156

Calibrated By

Feb. 20, 2020
Calibration Date

1083503A



AIRFLOW INSTRUMENTS

CERTIFICATE OF CALIBRATION

TSI Instruments Ltd, Stirling Road, Cressex Business Park
High Wycombe, Bucks HP12 3ST, United Kingdom
Tel: (Int +44) (UK 0) 1494 459200 Fax: (Int +44) (UK 0) 1494 459700 www.airflowinstruments.co.uk

Environment Condition		
Temperature	-6.2	° C
Relative Humidity	40.0	% RH
Barometric Pressure	986	hPa

Model	Micromanometer PH731
Serial No.	PH7312008009

Calibration Standards Used: Manometer Calibration Bench PRESSURE02-01

☒ As Left ☒ In Tolerance
☐ As Found ☐ Out of Tolerance

Calibration Data

Testing Points	Barometric Pressure Measured in hPa			Differential Pressure Measured in Pa		
	Calibration Standard	Instrument Output	Allowable Range	Calibration Standard	Instrument Output	Allowable Range
1	684	**683**	670 ~ 698	33.08	**32.61**	32.39 ~ 33.77
2	986	**986**	966 ~ 1006	127	**126**	124 ~ 130
3	1165	**1164**	1142 ~ 1188	727	**725**	712 ~ 742
4	-	-	-	2964	**2939**	2905 ~ 3023
5	-	-	-	3662	**3662**	3589 ~ 3735

Testing Points	Temperature Measured in °C		
	Calibration Standard	Instrument Output	Allowable Range
1	-15.0	**-15.0**	-14.8 ~ -15.2
2	25.0	**24.9**	24.9 ~ 25.1
3	70.0	**69.9**	69.9 ~ 70.1

** Indicates out of tolerance condition*

TSI does hereby certify that the above described instrument conforms to the original manufacturer's specification (not applicable to As Found data) and has been calibrated using standards whose accuracies are traceable to members of the European co-operation for Accreditation (EA) (for example: UKAS, SWEDAC, DAkkS) or has been verified with respect to instrumentation whose accuracy is traceable to some member of EA, or is derived from accepted values of physical constants. TSI's calibration system is registered to ISO-9001:2015.

Measurement Variable	System ID Number	Date Last Calibrated	Calibration Due Date
DC Voltage	E006188	04-25-19	04-25-20
DC Voltage	E006008	03-06-19	03-06-20
Pressure	E006171	03-05-19	03-05-20
Pressure	E006194	03-05-19	03-05-20

Calibration procedure used: 1000000787A

Calibrated By

Feb. 20, 2020
Calibration Date

1083501A