

CIEPŁOWNICTWO OGRZEWNICTWO WENTYLACJA

DISTRICT HEATING, HEATING, VENTILATION

Nr **11** LISTOPAD 2021/TOM 52

CENA 32,00 zł (w tym 8% VAT)

Zintegrowane
zarządzanie
energią termiczną
i rozliczanie jej
łatwiejsze niż
kiedykolwiek

Zawór Belimo Energy Valve™
– licznik energii termicznej (TEM)



BELIMO Siłowniki S.A.

www.belimo.pl info@belimo.pl

BELIMO®



PRENUMERATA

2022

Sprawdź
PAKIET!

www.cieplowent.pl

WYDAWNICTWO SIGMA-NOT 

Dodatkowe informacje na stronie www.sigma-not.pl
Kontakt: tel.: 22 840-35-89 prenumerata@sigma-not.pl

OD REDAKCJI

Szanowni Państwo,

przedstawiamy Państwu 11 numer COW, który w większości poświęciliśmy tematyce związanej z instalacjami wentylacji/klimatyzacji stosowanymi w szpitalach.

Numer rozpoczyna wywiad z panem Andrzejem Różyckim (Prezesem SAR PW Sp. z o.o.), w którym rozmawiamy na temat obserwacji stanu instalacji funkcjonujących w istniejących szpitalach, ale również możliwych przyczyn problemów występujących w wielu placówkach.

Pan Wojciech Porowski (POROWSKI Design Pracownia Projektowa) omawia natomiast projekt rozwiązania systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji szpitala ginekologiczno-położniczego wraz z funkcją usługową. Umożliwia to prześledzenie wyzwań, jakie zostały postawione przed zespołem projektantów, zwłaszcza w zakresie uwarunkowań technologicznych, akustycznych, architektonicznych oraz energetycznych.

W moim artykule natomiast przedstawiam garść informacji dotyczących projektu normy europejskiej dotyczącej wentylacji w szpitalach przygotowywanej w grupie roboczej CEN TC 156 WG 18. W normie podane będą minimalne wymagania i kwestie higieniczne w odniesieniu do systemów wentylacyjnych, w tym m.in. wymagania projektowe i wymagania dotyczące elementów składowych instalacji, jakości powietrza (np. poziomy czystości, temperatura, wilgotność, ilość powietrza) oraz ochrony pacjentów, personelu i gości przed szkodliwymi czynnikami.

W kolejnym artykule pani Amelia Staszowska skupia się na dostępnych technikach odpylania i dezynfekcji powietrza w instalacjach szpitalnych ze szczególnym uwzględnieniem systemów wykorzystujących pole elektrostatyczne.

Bardzo interesujące wyniki badań są przedstawione w artykule opracowanym przez zespół kierowany przez Guangyu Cao. Badacze porównali dwa systemy wentylacji sal operacyjnych szpitala w Norwegii: system z laminarnym przepływem powietrza oraz system wentylacji mieszającej w aspekcie rozdziału powietrza w przestrzeni mikrośrodowiska chirurgicznego.

W artykule przygotowanym przez Karola Bandurskiego z zespołem pochyłono się nad kwestią metody wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków porównując zbiory obliczonych wartości znajdujące się w Centralnym rejestrze charakterystyk energetycznych budynków z wartościami zmierzonymi w budynkach poddawanych termomodernizacji, opublikowanymi przez GUS, a także danymi oszacowanymi we współpracy przez GUS i Rząd RP.

Uzupełnieniem numeru są konkretne rozwiązania techniczne, które mogą być stosowane w obiektach służby zdrowia. Są one przedstawione przez pana Pawła Olijarczyka w artykule dotyczącym rozwiązań central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych oraz pana Zbigniewa Kowalskiego w artykule, którego tematem są zagadnienia związane z równoważeniem przepływów oraz stopniowaniem ciśnienia powietrza w pomieszczeniach laboratoryjnych. Następnie pani Aleksandra Słonecka opisuje centrale klimatyzacyjne, a pan Bartosz Brzoska omawia system zarządzania obiektami.

Życzę ciekawej lektury.
Anna Bogdan



PRENUMERATA 2022

Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o

**WYDAWNICTWO
SIGMA-NOT**

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa
tel.: 22 818-09-18, 818-98-32, fax 619-21-87

Internet: <http://www.sigma-not.pl>

Sekretariat: sekretariat@sigma-not.pl

Prenumerata e-mail: prenumerata@sigma-not.pl

Informacje e-mail: informacja@sigma-not.pl

Dział Reklamy i Marketingu

Wydawnictwa Sigma-NOT Sp. z o.o.

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa

tel. 22 827 43 65 – stacjonarny

604 528 865 – Katarzyna Przybytniak-Marzec

e-mail: reklama@sigma-not.pl

© SIGMA-NOT Sp. z o.o.

Wszelkie prawa zastrzeżone

Skład: Studio DTP Wydawnictwa SIGMA-NOT

Druk: Zakład Poligrafii i Kolportażu

Wydawnictwa SIGMA-NOT

01-595 Warszawa, ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21

drukarnia@sigma-not.pl

Rodzaje prenumerat:

- ▶ Prenumerata papierowa
- ▶ Prenumerata cyfrowa
- ▶ Prenumerata w pakiecie w wersji PLUS zawiera wersję papierową, cyfrową + dostęp do archiwum na Portalu www.sigma-not.pl

Ceny prenumeraty w roku 2022:

- ▶ Cena 1 egzemplarza 32 zł (z VAT),
- ▶ Cena prenumeraty rocznej w wersji papierowej 360 zł + roczny koszt wysyłki 36 zł,
- ▶ Cena prenumeraty rocznej w wersji cyfrowej 360 zł,
- ▶ Cena rocznej prenumeraty w pakiecie w wersji PLUS (papierowa + cyfrowa + archiwum) – 552 zł.

Prenumeratę można zamówić:

- ▶ Telefonicznie: 22 840 30 86, 22 840 35 89,
- ▶ e-mailem: prenumerata@sigma-not.pl,
- ▶ Listownie: Zakład Poligrafii i Kolportażu Wydawnictwa SIGMA-NOT Sp. z o.o., ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21, 01-595 Warszawa,
- ▶ Dokonując wpłaty na konto: Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o. ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa, nr 24 1020 1026 0000 1002 0250 05



KOLEGIUM REDAKCYJNE EDITORIAL STAFF

Redaktor naczelny – Editor in Chief
dr hab. inż. ANNA BOGDAN, prof. PW

Zastępca redaktora naczelnego
– osoba do kontaktu
mgr inż. BARBARA RUBIK tel. 605032330

Redaktorzy tematyczni
dr hab. inż. BOŻENA BABIARZ, prof. PRZ
dr hab. inż. TOMASZ CHOLEWA, prof. PL
dr hab. inż. ROBERT CICHOWICZ, prof. PŁ
dr inż. ANDRZEJ GÓRKA
mgr inż. EWA KRĘCIELEWSKA
mgr inż. PAWEŁ LACHMAN
dr hab. inż. MIROSŁAW SZYŁAK-SZYDŁOWSKI
prof. dr hab. inż. ROBERT SEKRET
dr inż. AGNIESZKA PALMOWSKA
mgr inż. WOJCIECH RATAJCZAK
dr inż. MARIAN RUBIK
dr inż. PIOTR ZIĘTEK

Redaktor językowy
mgr HANNA MICHALIK

Redaktor statystyczny
mgr MACIEJ PERETA

Kierownik Zakładu – Pełnomocnik Zarządu
mgr inż. BARBARA RUBIK

Adres Redakcji:
CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO,
WENTYLACJA
ul. Czackiego 3/5, pokój 216
00-430 Warszawa,
tel./fax 22 828-27-26, tel. 22 826-43-35

INTERNET: www.cieplowent.pl
www.sigma-not.pl
e-mail: cieploogrzewwent@sigma-not.pl
e-mail: redakcja.cow@cieplowent.pl

ISSN 0137-3676, e-ISSN 2449-9900

Materiałów nie zamówionych redakcja nie zwraca. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń. Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane.

Wersja pierwotna czasopisma – papierowa.

Jesteśmy w bazach czasopism technicznych:

BazTech, Index Copernicus oraz POL-index.

Artykuły publikowane w naszym czasopiśmie są rejestrowane w bazie danych CrossRef. Każdy artykuł ma numer identyfikacyjny DOI (Digital Object Identifier). Prosimy autorów artykułów o stosowanie numeru DOI w wykazach literatury.

Za publikację artykułów w czasopiśmie naukowym „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” autor otrzymuje 5 pkt. – Rozp. MNISW z 22.02.2019 r. w sprawie ewaluacji jakości działalności naukowej.

W NUMERZE 11/2021 CONTENTS

strona
page

Od redakcji	1
Wywiad z Andrzejem Różyckim Członkiem Zarządu ENGIE SAR Sp. z o.o., ekspertem Pracodawców RP w zakresie szpitalnictwa, szczególnie sal operacyjnych, rzeczoznawcą budowlanym RZE i branżowym PZITS	3

WENTYLACJA • KLIMATYZACJA – VENTILATION • AIR-CONDITIONING

Systemy HVAC szpitala – studium przypadku. <i>HVAC Systems of the Hospital – a Case Study</i> – Wojciech Porowski	5
Wybrane informacje o projekcie normy europejskiej dotyczącej wentylacji w szpitalach – Anna Bogdan	11
Techniki oczyszczania powietrza na potrzeby instalacji wentylacji i klimatyzacji w obiektach szpitalnych. <i>Air Purification Techniques for Ventilation and Air Conditioning Installations in Hospital Facilities</i> – Amelia Staszowska	16
Porównanie laminarnego i mieszającego przepływu powietrza w salach operacyjnych norweskiego szpitala. <i>Comparison of Laminar and Mixing Airflow Pattern in Operating Rooms of a Norwegian Hospital</i> – Guangyu Cao, Anders Mostrøm Nilssen, Hans Martin Mathisen, Yixian Zhang, Kai Xue, Liv-Inger Stenstad, Andreas Radtke, Jan Gunnar Skogås ...	20

Z PRAKTYKI

#Szczegóły Są Ważne – centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia – Paweł Olijarczyk	26
Systemair – pierwszy na świecie producent oferujący certyfikat EUROVENT dla higienicznych central wentylacyjnych Geniox – Aleksandra Stonecka ..	30
Równoważenie przepływów oraz stopniowanie ciśnienia powietrza w pomieszczeniach laboratoryjnych – Zbigniew Kowalski	32
Skuteczne zarządzanie obiektami medycznymi z jednego miejsca. C&C Partners – Bartosz Brzoska	34
Czystość mikrobiologiczna powietrza a elastyczność i efektywność energetyczna w hybrydowej sali operacyjnej – Paweł Borowiecki	36

PZITS

Warsztaty pracy projektanta i rzeczoznawcy instalacji i sieci sanitarnych – podsumowanie	40
Seminarium COIW – Sieci ciepłe	41
Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 10/2021 r.	42

Zapraszamy do odwiedzenia strony
www.cieplowent.pl

Wywiad z Andrzejem Różyckim Członkiem Zarządu ENGIE SAR Sp. z o.o.,

ekspertem Pracodawców RP w zakresie szpitalnictwa, szczególnie sal operacyjnych, rzeczoznawcą budowlanym RZE i branżowym PZITS.

Redakcja: Bardzo dziękujemy, że zgodził się Pan na rozmowę.

Redakcja: Od przeszło 20 lat zajmują się Państwo usługami serwisowymi obejmującymi utrzymanie instalacji w wielu polskich szpitalach. Jak ocenia Pan zmiany, które nastąpiły w tym czasie pod kątem jakości środowiska wewnętrznego w szpitalach?

Andrzej Różycki: Świadomość podnoszenia jakości powietrza i zmian w tym kierunku rośnie, ale bardzo nierównomiernie, lepiej jest w dużych akademickich szpitalach, choć i tu jest różnie. W powiatowych szpitalach jest znacznie gorzej. Jeżeli szpitalem zarządza pasjonat dyrektor, znany na oddziale ordynator lub znany kontraktowy operator praktykujący za granicą, szpital zaczyna dbać o jakość powietrza.

Niestety, Centrum Monitorowania Jakości w Ochronie Zdrowia odpowiedzialne za jakość w polskich szpitalach nie ocenia jakości powietrza w szpitalach, a szkoda bo na pewno skutecznie podniosłoby to jej jakość w obiektach leczniczych.

Nie najlepiej, mówiąc delikatnie, dzieje się w nowo budowanych szpitalach. Podstawowym problemem są złe, tanie projekty, monopol Generalnego Wykonawcy, który wykorzystuje luki w prawie budowlanym we własnych interesach, a nie interesach szpitali, a pomaga mu w tym brak procedur odbiorowych z prawdziwego zdarzenia, brak commissioningu, brak wymogu profesjonalnych szkoleń personelu odpowiedzialnego za prawidłową eksploatację infrastruktury technicznej. Brak jest jasnych regulacji prawnych w Prawie Budowlanym ukierunkowanym na funkcjonalność, jako realizację inwestycji, jako cel procesu budowlanego, które by podniosły świadomość Projektanta, Inwestora, Wykonawcy i Użytkownika. Brak jest form docenienia osób wprowadzających innowacyjne rozwiązania a ryzyko związane z kosztami inwestycyjnymi podnoszącymi jakość środowiska wewnętrznego jest wysokie, niedocenione



i niezrozumiałe. Brak jest profesjonalnego odbiorcy usługi po stronie szpitala – eksperta higienisty. Oczywiście jest coraz lepiej, ale to kropla w morzu potrzeb zmian na lepsze. Jestem przekonany na poziomie pewności, że rewolucyjne zmiany na lepsze przyniosą rozwiązania oparte na szpitalach modułowych i jestem ich gorącym orędownikiem.

Redakcja: Bardzo istotnym warunkiem prawidłowego funkcjonowania instalacji wentylacji i klimatyzacji we wszystkich obiektach, a szczególnie obiektach służby zdrowia jest regularne czyszczenie przewodów powietrznych oraz urządzeń. Jak realizacja tego procesu wygląda w polskich szpitalach? Czy mamy skuteczne zapisy prawne i procedury, które pomagają utrzymywać dobrą jakość pod względem czystości urządzeń i instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych?

Andrzej Różycki: Realizacja tego procesu wygląda w mojej ocenie słabo lub gorzej niż słabo, prawie nie istnieje. Wiele instalacji wentylacyjnych jest nieprzystosowanych do tego procesu: brak klap rewizyjnych, brak dostępu i inne zagrożenia. Niesprecyzowana jasno procedura definiująca skuteczność czyszczenia, stan zabrudzenia kanałów przed czyszczeniem i oceną stopnia zabrudzenia i skuteczności czyszczenia

mechanicznego i bakteriologicznego. Brak zrozumienia konieczności wyregulowania instalacji po czyszczeniu i traktowanie tego jako „wyciąganie” pieniędzy od Inwestora. Odbiory są uznaniowe więc konieczne jest sparometryzowanie tego procesu. Mamy generalnie dobre, ale martwe zapisy prawne i procedury, które są interpretowane na niekorzyść procesu czyszczenia. Brak zrozumienia, uciążliwe koszty, pracochłonność, brak świadomości użytkownika, to wszystko kosztuje. Brak świadomości kosztu przygotowania i przesyłania czystego powietrza – jednego z najdroższych mediów w szpitalu.

Redakcja: W szpitalach szczególnie trudnym obszarem są bloki operacyjne oraz IOM, w których warunki środowiska wewnętrznego, szczególnie w zakresie temperatury i czystości powietrza wewnętrznego, powinny spełniać najwyższe standardy. Czy Pana zdaniem jakość projektowania, wykonawstwa, a także eksploatacji są na dobrym poziomie?

Andrzej Różycki: Bloki operacyjne w zakresie czystości powietrza to moja wieloletnia pasja, teraz jeszcze wdarły się zanieczyszczenia mikrobiologiczne.

Projektant. Tak jak wspominałem, kuleje projektowanie, poza nielicznymi wyjątkami. Nie projektuje się rozwiązań zapewniających funkcjonalność. Niestety projektant jest wielokrotnie elementem rozgrywki przez Generalnego Wykonawcę, a walka doświadczonego, dobrze opłacanego biura prawnego Generalnego Wykonawcy z Projektantem to nie walka Dawida, ale mrówki z Goliatem. Na dodatek projektowanie automatyki jest piętą Achillesową polskiego projektowania, brak zrozumienia technologii, brak wiedzy, brak zdefiniowanych oczekiwań. Wykorzystywanie mankamentów prawa budowlanego, w myśl zasady, że w Polsce buduje się, aby stało, a nie aby funkcjonowało, nie chroni Projektanta jako twórcy. Brak definicji budownictwa specjalistycznego, brak wymogów commissioningu, brak sparometryzowanej funkcjonalności. Nadużywanie zobowiązań

gwarancyjnych w trakcie eksploatacji na hasło „nie działa”, jest nadużywane przez Użytkownika i generalnego Wykonawcę na nieprawidłowe działanie, które powinno zostać skorygowane już podczas procesu odbiorowego.

Wykonawca. Wykonawca wybrany w procesie przetargowym przez zastosowanie kryterium najniższej ceny zapewnia słabą jakość realizacji, a brak rzetelnie przeprowadzonych prób odbiorowych poszczególnych instalacji w procesie budowlanym, np.: brak prób szczelności kanałów wentylacyjnych czy nieszczelności struktury budowlanej sali operacyjnej, spowoduje negatywne konsekwencje przez wszystkie lata jej użytkowania z niekontrolowanego i szkodliwego wpływu czystego powietrza – tak bardzo kosztownego medium.

Poziom wykonawstwa nie jest zależny od jakości, ale jest zależny od poziomu generowania zysku. W rzeczywistości, nie liczy się funkcjonalność a tylko zysk i to, że uda się zdobyć pozwolenie na użytkowanie i podpisać protokół odbioru wykonanych robót bez prawdziwych prób użytkowych, co niestety staje się standardem.

Serwis i eksploatacja. Jakość obsługi technicznej szpitala też budzi wątpliwości, bo właśnie od tych ludzi zawsze zaczyna się proces oszczędności w szpitalach.

Służby serwisowe odpowiadają za prawidłową funkcjonalność instalacji, niestety przez politykę szukania oszczędności za wszelką cenę, są na niskim poziomie technicznym wynikającym ze źle opłacanej usługi, niejednokrotnie służby te traktowane są na poziomie firm sprzątających. Są wyjątki, ale wówczas kiedy świadomość dyrekcji szpitala w zapewnieniu bezpieczeństwa funkcjonalnego i polityka optymalizacji w zużyciu czynników energetycznych jest na znacznie wyższym poziomie.

Wysoko wyspecjalizowana kadra techniczna naprawdę potrafi zarabiać i oszczędzać pieniądze dla szpitala w tworzeniu procesów optymalizacji zużycia różnych form energii i to skutecznie, ale za wiedzę, doświadczenie i odwagę w zarządzaniu ryzykiem trzeba zapłacić, a na to szpitali nie stać.

Redakcja: Będąc w szpitalach można odnieść wrażenie, że wiele robi się w zakresie poprawy jakości powietrza wewnętrznego w obszarach pomieszczeń specjalistycznych, natomiast sale chorych są jakby zapomniane w tym zakresie. Czy to jest rzeczywisty obraz?

Andrzej Różycki: Faktem jest, że robi się coraz więcej w obszarze pomieszczeń specjalistycznych, ale głównie dlatego, że specjalistyczne pomieszczenia mają sparametryzowane warunki

klimatyczne i czystość powietrza, które łatwo pomierzyć i stwierdzić, że są lub ich nie ma. Wymaga tych warunków producent urządzeń specjalistycznej aparatury medycznej lub procedura medyczna lub laboratoryjna. W obsłudze pomieszczeń specjalistycznych znaczącą funkcję pełnią serwisy zewnętrzne a wymagania techniczno-gwarancyjne chronią zakupione urządzenia specjalistyczne wymaganiami jakościowej obsługi. A sale chorych? Tam jest znacznie gorzej, kłania się znowu polityka oszczędności – ma wyglądać czysto, a bezpieczne dla pacjenta powietrze, po co, przecież tego nie widać a sporo kosztuje. Systemy wentylacyjno-klimatyzacyjne zapewniające komfort szpitalny, wspomagają pacjenta i ułatwiają szybki powrót do zdrowia, niestety są niejednokrotnie odkładane na później ze względu na wysokie koszty. Tak zgadzam się, to smutna rzeczywistość.

Redakcja: Z jednej strony służba zdrowia boryka się z dużym deficytem środków finansowych, a z drugiej strony wyposażenie techniczne obiektów medycznych jest coraz bardziej zaawansowane technologicznie i wymagające kosztowo. Czy ta rozbieżność jest widoczna z Pana perspektywy?

Andrzej Różycki: Tak i to bardzo dużo dysproporcji, zakupy celowe dotyczące konkretnych projektów, często dofinansowywanych przez Ministerstwo, Unię Europejską, prywatnych fundatorów.

Sporządzone jako projekty docelowe, często są elementem incydentalnym, (nie wchodzące w politykę całościowej modernizacji szpitala) często zakłócają też działanie infrastruktury technicznej, która ma wspomagać dane urządzenie lub pomieszczenie zgodnie z wymaganiami dostawcy urządzeń. Oczywiście te urządzenia są bardzo potrzebne szpitalom, ale brak spójności z istniejącą infrastrukturą, albo z planami modernizacyjnymi powoduje, że wielokrotnie, te kosztowne urządzenia nie są wykorzystywane nawet w 60%.

Brak zrównoważonego procesu modernizacji w szpitalach to jeden z głównych problemów stabilnego funkcjonowania szpitali, bo gdy są pieniądze trzeba je wydać, jak najszybciej bo je tracimy, gdy ich brakuje to zaoszczędzamy zwalniając kilka osób, najlepiej z działu technicznego.

Redakcja: Jakimi doświadczeniami, wynikającymi z dalszego utrzymania szpitali, chciałby Pan podzielić się z projektantami? Na co powinni zwrócić szczególną uwagę w procesie projektowania?

Andrzej Różycki: Odpowiedzialność za wynik procesu projektowego,

to świadomość, że zaprojektowane instalacje mogą chronić zdrowie pacjenta i personelu medycznego, to jest świadomość, że twórca projektuje nie instalacje czy system, ale projektuje wynik ich prawidłowej pracy gwarantującej parametry konieczne do zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonalności szpitala przy wymogu zrównoważonej efektywności energetycznej. Świadomość, że zapewnienie czystości to wyprodukowanie czystego powietrza i dostarczenie bez strat w miejsce docelowe. Świadomość, że projektujemy systemy z jednym z najdroższych i nieprzewidywalnych do końca w procesie dystrybucji mediów w szpitalu, a ile kosztuje powietrze w szpitalu w okresie kilkunastoletniej eksploatacji – naprawdę duże pieniądze. Podsumowując, zawsze świadomość celu – funkcjonalność i jego pochodne.

W przetargu obowiązkowe w SWZ, trzeba określić kryteria jakościowe projektowania i wyeliminować kryterium najniższej ceny a najtańsze oferty należy odrzucić jako nierzetelną ofertę. Dobry projekt musi kosztować dobre pieniądze.

Redakcja: Jakie widzi Pan perspektywy rozwoju instalacji w szpitalach w kontekście najbliższych lat?

Andrzej Różycki: Chciałbym widzieć zrównoważony rozwój dla szpitali spełniających lub zabiegających o spełnienie kryteriów/standardów europejskich. Pod pojęciem zrównoważonego rozwoju rozumiem zapewnienie bezpieczeństwa funkcjonalności, sparametryzowane wyniki funkcjonalności (umowy SLA dla obszarów krytycznych), rozsądna polityka optymalizacji zużycia energii i efektywność energetyczna, a w szczególności krucjata dotycząca świadomości ile kosztuje czyste powietrze w szpitalach i jak je zapewnić w miejscach docelowych z minimalnym kosztem własnym. Należy pochylić się nad kosztami eksploatacji poprzez planowane zarządzanie wszelkimi formami zużycia energii przez monitoring realizowany przez specjalistów i analizę ich zużycia. Przyszłość nowoczesnego szpitala to budowa języka Business Continuity pomiędzy służbami technicznymi, medycznymi, a dyrekcją szpitala i innymi płatnikami danej usługi. Wszystko to będzie można spotkać w koncepcji szpitali modułowych.

Myślę, że właśnie szpitale modułowe będącym najlepszym rozwiązaniem organizacyjno-technicznym tak, jak już wspominałem wcześniej będą skuteczną, elastyczną odpowiedzią na zapotrzebowanie lecznictwa w Polsce i będą dostosowywały się do zmian wynikających z podnoszenia standardów jakości świadczenia usług medycznych.

Dziękujemy za rozmowę.

Systemy HVAC szpitala – studium przypadku

HVAC Systems of the Hospital – a Case Study

DOI: 10.15199/9.2021.11.1

WOJCIECH POROWSKI

Słowa kluczowe: projektowanie szpitali, systemy HVAC**Streszczenie**

W artykule przedstawiono rozwiązania systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji – HVAC (Heating, Ventilation, Air conditioning) dla wybranej realizacji szpitala. Jest to szpital ginekologiczno-położniczy wraz z funkcją usługową – obiekt czterokondygnacyjny o powierzchni około 3300 m² z garażem podziemnym i nadbudową techniczną na dachu. Zaprezentowano klasyczne rozwiązania systemów wentylacji, klimatyzacji, chłodu dla klimatyzacji oraz ogrzewania. Przedstawiono uwarunkowania i wyzwania na etapie projektowania, na podstawie których dokonano wyboru struktury systemów HVAC. Dotyczy to zwłaszcza uwarunkowań technologicznych, akustycznych, architektonicznych oraz energetycznych. Uwarunkowania te były podstawą wyboru wariantu recyrkulacji powietrza w układach klimatyzacyjnych sal operacyjnych, struktury systemu wentylacji i klimatyzacji dla wybranych funkcji: sal nadzoru poznieczuleniowego, sal porodowych, funkcji usługowej – stacji dializ, a także źródła chłodu dla klimatyzacji oraz struktury całego systemu – w tym lokalizacji urządzeń.

Keywords: hospital design, HVAC systems**Abstract**

The article presents solutions for heating, ventilation and air conditioning systems – HVAC (Heating, Ventilation, Air conditioning) for a selected hospital implementation. It is a gynecology and obstetrics hospital with a service function – a four-storey facility with an area of approximately 3,300 m² with an underground garage and a technical superstructure on the roof. Classic solutions for ventilation, air-conditioning, cooling, air-conditioning and heating systems were presented. Conditions and challenges at the design stage were presented on the basis of which the HVAC system structure was selected. This applies in particular to technological, acoustic, architectural and energy conditions. These conditions were the basis for the selection of the variant of air recirculation in the air conditioning systems of operating rooms, the structure of the ventilation and air conditioning system for selected functions: post-anesthesia supervision rooms, delivery rooms, service function – dialysis station, as well as a cooling source for air conditioning and the structure of the entire system – including location devices.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

1. Wstęp

Systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC – Heating, Ventilation, Air Conditioning) należą do kluczowych elementów technicznego wyposażenia budynków szpitali. Wynika to z realizowanych przez te systemy funkcji, wymaganej wysokiej niezawodności, a także relatywnie dużych kosztów energetycznych. Udział kosztów energetycznych generowanych przez systemy HVAC w szpitalach w całkowitych kosztach energetycznych budynku według badań literaturowych wynosi około 60% [1]. Uwzględniając realizowane funkcje, projekt systemu HVAC szpitali powinien spełniać szereg wymagań technologicznych, formalnych, eksploatacyjnych oraz energetycznych. Punktem wyjścia jest tutaj projekt technologiczny, który formułuje wymagania w zakresie parametrów termodynamicznych i jakości powietrza

w pomieszczeniach, układu ciśnień i niekiedy strumieni powietrza wentylacyjnego. Projekt ten określa również dane wyjściowe do bilansowania obciążeń dla wentylacji i klimatyzacji. Na etapie projektowania uwzględnia się ograniczenia formalne zawarte w rozporządzeniach i normach [6], [7]. W polskich warunkach kluczowe są tutaj wymagania sformułowane w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002...” [6] oraz w normach branżowych. Istotnym wsparciem w projektowaniu systemów HVAC szpitali są aktualnie „Wytyczne projektowania...” [3], a także ogólna wiedza techniczna zawarta w literaturze technicznej i normach zagranicznych, a zwłaszcza DIN 1946-4: 2008-12 [4] oraz ASHREA Standard 170-2013 [2]. W artykule przedstawiono rozwiązania systemów HVAC szpitala dla studium przypadku – jest to projekt opracowany w 2015 roku, natomiast szpital został oddany do użytkowania w 2016 roku. W projekcie i realizacji zastosowano głównie standardowe rozwiązania systemów HVAC. Do celów poznawczych oraz praktyki projektowej istotne są natomiast dodatkowe wyzwania i uwarunkowania, które przedstawiono w artykule i które miały istotny wpływ na wybór rozwiązań projektowych.

mgr inż. **Wojciech Porowski**;
wojciech.porowski@porowskidesign.pl
POROWSKI Design Pracownia Projektowa Wojciech Porowski,
Poznań

2. Technologia i dane ogólne budynku

Obiekt realizowany był jako rozbudowa istniejącego szpitala zlokalizowanego w zabudowie śródmiejskiej. Jest to budynek 4-kondygnacyjny: jedna kondygnacja podziemna, trzy kondygnacje naziemne oraz obudowa techniczna na dachu. Łączna powierzchnia użytkowa budynku wynosi około 3300 m². Realizowane funkcje technologiczne są następujące:

- kondygnacja podziemna – parking na 18 miejsc postojowych, pracownia RTG, zaplecze techniczne, socjalne,
- kondygnacja 0 – izba przyjęć, gabinety lekarskie oraz stacja dializ,
- kondygnacja +1 – połączony z istniejącą częścią szpitala blok porodowy, na który składa się sala przedporodowa, cztery sale porodowe, sala cięć cesarskich oraz sala nadzoru poznieczuleniowego; uzupełnieniem programu funkcjonalnego są pomieszczenia administracyjne zlokalizowane w wydzielonym skrzydle,
- kondygnacja +2 – blok operacyjny składający się z dwóch sal operacyjnych, sterylizatorni oraz pokoju nadzoru poznieczuleniowego,
- nadbudowa techniczna na dachu – wentylatorownia oraz pomieszczenie węzła chłodu.

Lokalizacja budynku oraz konieczność połączenia z istniejącym budynkiem szpitalnym stanowiły istotne wyzwania i ograniczenia nie tylko dla architektury i konstrukcji budynku, ale również wyboru struktury systemów HVAC.

3. Systemy wentylacji i klimatyzacji

3.1. Charakterystyka ogólna

Punktem wyjścia projektowania systemów wentylacji i klimatyzacji był projekt technologiczny, w którym określono wymagania dotyczące parametrów termodynamicznych i jakości powietrza w poszczególnych pomieszczeniach oraz dane dotyczące wyposażenia technologicznego. Następnie dokonano podziału przestrzeni budynku na strefy według kryterium higienicznego, dla których przyporządkowano wydzielone złady powietrzne. Kolejnym krokiem był wybór sposobu odprowadzenia obciążeń i w konsekwencji struktury systemów wentylacji i klimatyzacji. Na tym etapie określono liczbę i funkcję linii wentylacyjnych i klimatyzacyjnych oraz zakres ich współdziałania ze stacjonarnymi urządzeniami do odprowadzania obciążeń termicznych (klimakonwektory, grzejniki).

Etapem wyjściowym wymiarowania systemów było sformułowanie bilansów obciążeń (cieplnych, chłodniczych oraz zanieczyszczeń) a następnie bilansów powietrza dla poszczególnych pomieszczeń i linii wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych. Kluczową decyzją projektową w kolejnym etapie było wyznaczenie przestrzeni technicznych na lokalizację central, prowadzenia instalacji – zwłaszcza kanałowych powietrznych, a także lokalizacji urządzeń chłodniczych. Uwzględniając uwarunkowania akustyczne (bezpśrednie sąsiedztwo innych budynków), eksploatacyjne oraz energetyczne uzgodniono lokalizację central wentylacyjnych, klimatyzacyjnych oraz agregatu chłodniczego – w systemie „split” wewnątrz obudowy technicznej na dachu budynku. W konsekwencji ograniczono emisję hałasu do otoczenia zewnętrznego oraz straty ciepła i chłodu przez centrale i instalację kanałową

powietrzną. Dodatkową zaletą tego rozwiązania – co potwierdziła praktyka – jest komfort eksploatacyjny obsługi urządzeń zlokalizowanych w izolowanej termicznie obudowie technicznej na dachu.

3.2. Funkcje pomieszczeń, rozwiązania projektowe

Rozwiązania projektowe układów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych opracowano na podstawie funkcji oraz obciążeń poszczególnych pomieszczeń lub grup pomieszczeń – poniżej charakterystyka tych rozwiązań.

Blok operacyjny z zapleczem, sala cięć cesarskich

Blok operacyjny zlokalizowany jest na 2 piętrze, natomiast sala cięć cesarskich na 1 piętrze budynku. Fragment kondygnacji z blokiem operacyjnym przedstawiono na rys. 1, natomiast widok sali operacyjnej z wyposażeniem technologicznym (po realizacji) na rys. 2. W układzie technologicznym bloku operacyjnego występują następujące pomieszczenia: dwa zespoły operacyjne (sala operacyjna, przygotowanie pacjenta, przygotowanie lekarzy), korytarz czysty, korytarz brudny, sterylizatornia, instrumentarium, pomieszczenia personelu oraz służy. Do każdego zespołu operacyjnego zaprojektowano oddzielną linię klimatyzacyjną o następującej charakterystyce:

- normowane parametry powietrza (temperatura – t_p , wilgotność względna – ϕ_p):

- sale operacyjne: $t_p/\phi_p = +24^\circ\text{C}/40\text{-}60\%$

- przygotowanie pacjenta, lekarzy:

- $t_p/\phi_p = +24^\circ\text{C}/40\text{-}60\%$

- rozdział powietrza:

- sale operacyjne: strop nawiewny (2,4 × 2,4 m) – 4500 m³/h (2400 m³/h – centrala klimatyzacyjna, powietrze zewnętrzne; 2100 m³/h – moduł zewnętrzny recyrkulacyjny), wynikowa krotność wymian 31,4 1/h, wywiew górą (20%) i dołem (80%)

- przygotowanie pacjenta: nawiew górą, wywiew dołem i górą,

- przygotowanie lekarzy: nawiew górą, wywiew górą
- 3 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala, H13 – strop nawiewny, nawiewniki),

- centrala klimatyzacyjna (2400 m³/h), CAV (Constant Air Volume): wykonanie higieniczne, odzysk ciepła – wymiennik glikolowy, wymienniki ciepła, nawilżacz parowy,

- moduł zewnętrzny recyrkulacyjny (2100 m³/h): wykonanie higieniczne, filtr F9.

Wielkość stropu nawiewnego pola operacyjnego wynikała z wymagań technologicznych i obciążeń termicznych. Strop nawiewny jest tutaj rozwiązaniem klasycznym, należy jednak zauważyć, że obecnie w kolejnych rozwiązaniach rozważa się również inne warianty systemów nawiewu powietrza [5].

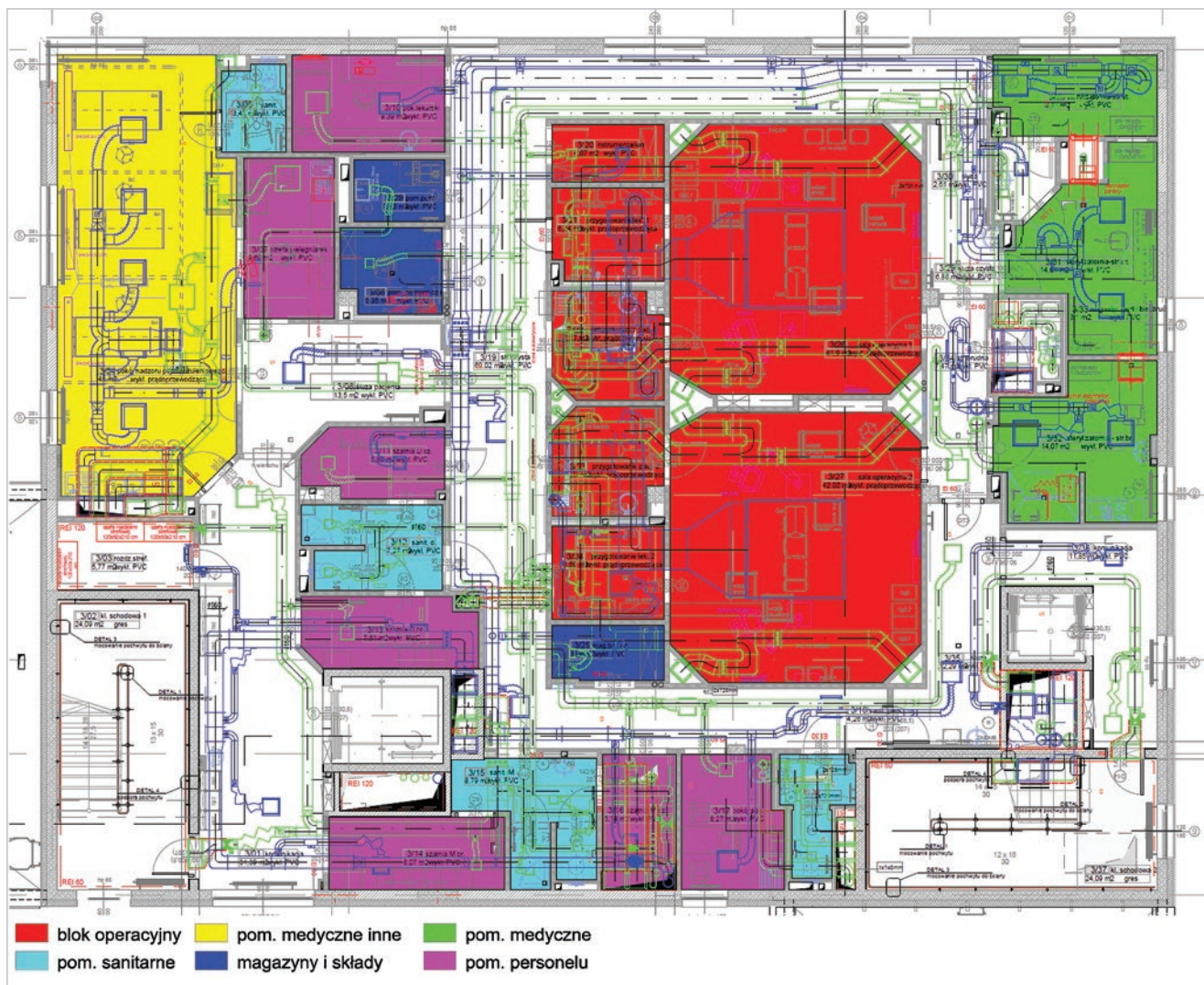
Linie klimatyzacyjne zespołów operacyjnych działają w trybie 100%/ 50% (w okresach przerw w użytkowaniu sali operacyjnej).

Do pozostałych pomieszczeń bloku operacyjnego zaprojektowano dwie linie wentylacji z chłodzeniem odpowiednio w następujących grupach pomieszczeń:

- korytarza czystego, sterylizatorni części czystej i sterylnej,

- korytarza brudnego, sterylizatorni części brudnej

Do sali cięć cesarskich z zapleczem (1 piętro) zaprojektowano linię klimatyzacyjną o funkcji i strukturze tożsamej z liniami klimatyzacyjnymi do zespołów operacyjnych bloku operacyjnego (2 piętro).



Rys. 1. Blok operacyjny – rzut, fragment
 Fig. 1. Operating theater – view, fragment



Rys. 2. Zdjęcie sali operacyjnej po realizacji (źródło: Klimor Sp. z o.o.)
 Fig. 2. Photo of the operating room after implementation (source: Klimor Sp. z o.o.)

Sale nadzoru poznieczuleniowego

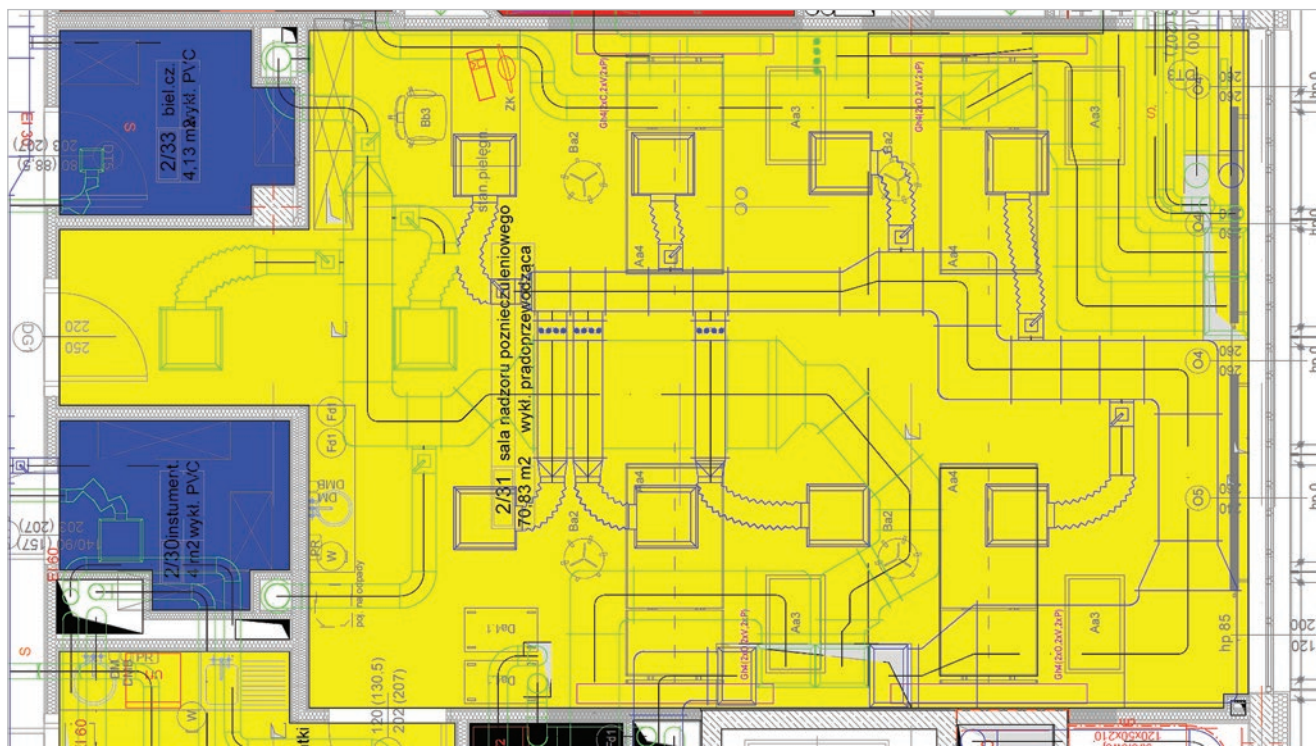
W budynku istnieją dwie sale nadzoru poznieczuleniowego – odpowiednio na 1 (rys. 3, 4) i 2 piętrze. Dla tych pomieszczeń zaprojektowano oddzielną linię klimatyzacyjną o następującej charakterystyce.

- normowane parametry powietrza:
 $t_p/\phi_p = +24^\circ\text{C}/40\text{-}60\%$,
- rozdział powietrza: nawiew góra, wywiew dołem i góra,
- 3 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala, H13 – nawiewniki),
- centrala klimatyzacyjna CAV:
 - centrala wstępnej obróbki: wykonanie higieniczne, filtracja wstępna M5, odzysk ciepła – wymiennik glikolowy, przetwarzanie,
 - 2 centrale strefowe odpowiednio do każdej z sal: wykonanie higieniczne, wymienniki ciepła, nawilżacz parowy, filtr F9.

Sale porodowe

Zespół sal porodowych zlokalizowany jest na 1 piętrze budynku (rys. 5). Do tych pomieszczeń zaprojektowano oddzielną linię wentylacyjną z chłodzeniem o następującej charakterystyce.

- normowane parametry powietrza: $t_p = +24^\circ\text{C}$,
- rozdział powietrza: nawiew góra, wywiew góra,
- 2 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala),
- centrala wentylacyjna CAV: wykonanie higieniczne, odzysk ciepła – wymiennik glikolowy,
- nagrzewnice strefowe elektryczne do poszczególnych pomieszczeń.



Rys. 3. Sala nadzoru poznieczuleniowego – rzut
Fig. 3. Post anesthesia supervision room – view



Rys. 4. Zdjęcie sali nadzoru poznieczuleniowego po realizacji (źródło: Klimor Sp. z o.o.)
Fig. 4. Photo of the post-anesthesia supervision room (source: Klimor Sp. z o.o.)

Gabinety lekarskie

Gabinety lekarskie zlokalizowane są na parterze budynku. Do tych pomieszczeń zaprojektowano system powietrzno-wodny o następującej charakterystyce:

- normowane parametry powietrza: $t_p = +24^{\circ}\text{C}$,
- rozdział powietrza: nawiew góra, wywiew góra,
- 2 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala),
- centrala wentylacyjna CAV (strumień powietrza na potrzeby higieniczne): wykonanie higieniczne, odzysk ciepła – wymiennik glikolowy,
- klimakonwektory kasetowe sufitowe (funkcja chłodzenia – odprowadzenie obciążeń chłodniczych).

Stacje dializ

Funkcja komercyjna w postaci stacji dializ zlokalizowana została na parterze budynku (rys. 6). Do tych

pomieszczeń zaprojektowano system powietrzno-wodny z oddzielną linią wentylacyjną o następującej charakterystyce:

- normowane parametry powietrza: $t_p = +24^{\circ}\text{C}$,
- rozdział powietrza: nawiew góra, wywiew góra,
- 2 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala),
- centrala wentylacyjna CAV (strumień powietrza na potrzeby higieniczne): wykonanie higieniczne, odzysk ciepła – wymiennik glikolowy,
- klimakonwektory kanałowe (funkcja chłodzenia – odprowadzenie obciążeń chłodniczych).

Istotną decyzją projektową i realizacyjną było tutaj zaprojektowanie klimakonwektorów kanałowych zlokalizowanych w przestrzeni korytarza. Poleszyło to w sposób znaczący komfort akustyczny w pomieszczeniu, a także pole prędkości w strefie przebywania ludzi (nawiewniki wirowe o kontrolowanym strumieniu powietrza).

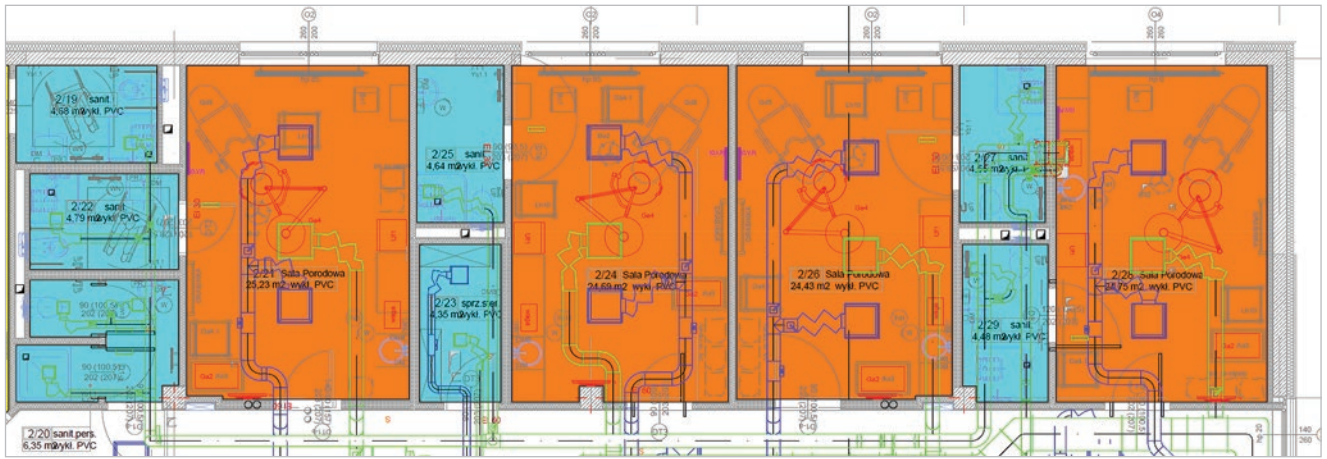
Zaplecze socjalno-biurowe, komunikacja

Do tych pomieszczeń zaprojektowano system powietrzno-wodny o następującej charakterystyce:

- normowane parametry powietrza: $t_p = +20/24^{\circ}\text{C}$ (zima/lato),
- rozdział powietrza: nawiew góra, wywiew góra,
- 2 stopnie filtracji na nawiewie (M5+F9 – centrala),
- centrala wentylacyjna CAV (strumień powietrza na potrzeby higieniczne): odzysk ciepła – wymiennik glikolowy,
- klimakonwektory kasetowe sufitowe (funkcja chłodzenia – odprowadzenie obciążeń chłodniczych).

Pomieszczenia zaplecza technicznego, garaż podziemny

Pomieszczenia zaplecza technicznego stanowiły: pomieszczenie stacji sprężarek, pomp próżniowych, transformatora, agregatu prądotwórczego. Do tych pomieszczeń oraz garażu podziemnego zaprojektowano układy wentylacyjne wywiewne z kompensacją powietrza z zewnątrz.



Rys. 5. Sale porodowe – rzut
Fig. 5. Delivery rooms – view



Rys. 6. Stacje dializ – rzut
Fig. 6. Dialysis stations – view

4. Źródło i dystrybucja chłodu dla klimatyzacji

Odbiornikami chłodu w systemie klimatyzacji były chłodnice w centralach oraz klimakonwektory w pomieszczeniach. Projektowana obliczeniowa moc chłodnicza dla źródła chłodu wynosiła 512 kW. Przy wyborze źródła i struktury układu dystrybucji chłodu uwzględniono kryteria akustyczne, energetyczne i ekologiczne. Jako źródło chłodu zaprojektowano agregat wody chłodzącej w systemie “split” – agregat zlokalizowany wewnątrz obudowy technicznej na dachu, skraplacz zlokalizowany na dachu budynku. Jest to rozwiązanie optymalne akustycznie, ponieważ skraplacz powietrzny zewnętrzny generuje hałas do otoczenia tylko od wentylatorów. Jednocześnie w rozważanym przypadku było to rozwiązanie optymalne energetycznie ze względu na brak potrzeby zastosowania dodatkowego zespołu pomp obiegowych w obiegu chłodzenia skraplacza wodnego – rozwiązanie konieczne dla alternatywnego systemu z chłodnicami suchymi. Jako chłodziwo przyjęto wodę, która jest energetycznie i ekologicznie najlepszym chłodziwem. Parametry wody chłodzącej przyjęto równe $t_z/t_p = 7/12^\circ\text{C}$ (temperatura zasilania/temperatura powrotu). W strukturze węzła chłodu zaprojektowano dwa obiegi hydrauliczne odpowiednio

dla chłodnic w centralach wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych oraz klimakonwektorów. Zastosowano klasyczne rozwiązanie w układzie hydraulicznym – system stało-przepływowy w obiegu agregatu oraz system zmiennie-przepływowy w obiegach odbiorników chłodu.

5. Systemy ogrzewania i zasilania nagrzewnic

Podstawowym źródłem ciepła w obiekcie był węzeł cieplny zasilany z sieci ciepłej (projekt i realizacja w zakresie gestora ciepła). Projektowana obliczeniowa moc cieplna na potrzeby ogrzewania i zasilania nagrzewnic wynosiła 479 kW. Odbiornikami ciepła w obiekcie były grzejniki (w wybranych pomieszczeniach w wykonaniu higienicznym), nagrzewnice pierwotne oraz wtórne (wtórny podgrzew po osuszeniu) w centralach, a także aparaty grzewczo-wentylacyjne (AGW – w wybranych pomieszczeniach technicznych) i kurtyny powietrzne. Przyjęte parametry wody grzewczej wynosiły: $t_z/t_p = 70/55^\circ\text{C}$ – grzejniki, $t_z/t_p = 70/50^\circ\text{C}$ – nagrzewnice pierwotne, AGW, kurtyny, $t_z/t_p = 50/30^\circ\text{C}$ – nagrzewnice wtórne. Zaprojektowano cztery obiegi grzewcze odpowiednio dla: grzejników (2 obiegi, w tym wydzielony obieg dla najemcy), nagrzewnic pierwotnych, AGW, kurtyn oraz

nagrzewnic wtórnych. W układach hydraulicznych obiegów grzewczych zaprojektowano systemy zmiennoprzepływowe, z wyjątkiem obiegów wtórnych nagrzewnic pierwotnych, gdzie moduły pompowo-hydrauliczne realizują stały przepływ (zabezpieczenie przed zamrożeniem). Oryginalnym elementem w ogrzewaniu sal operacyjnych (niewielkie straty ciepła wynikające z lokalizacji na ostatniej kondygnacji – pod obudową techniczną urządzeń na dachu) było zastosowanie ogrzewania ściennego elektrycznego.

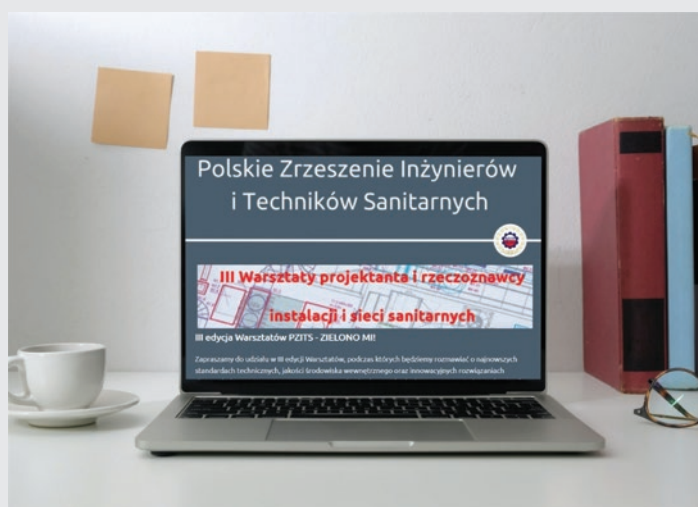
6. Podsumowanie

Projektowanie systemów HVAC szpitali jest każdorazowo dużym i odpowiedzialnym wyzwaniem dla projektanta. Wynika to z jednej strony z różnorodności funkcji technologicznych obiektu, a z drugiej strony z konieczności zastosowania rozwiązań niezawodnych do realizacji tych funkcji. Punktem wyjścia w projektowaniu obiektów szpitalnych jest projekt technologiczny, który określa podstawowe wymagania a także dane do bilansowania obciążeń systemów HVAC. Na dalszych etapach istotne są ograniczenia zawarte w normach i rozporządzeniach oraz wytyczne i literatura techniczna, które są elementami wsparcia w procesie projektowania. Zaprezentowane w artykule rozwiązania techniczne systemów HVAC są w zasadzie rozwiązaniami sprawdzonymi – standardowymi, a ich zaletą jest niezawodność, co potwierdziła praktyka. Przy wyborze rozwiązań projektowych uwzględniono kryteria energetyczne, ekologiczne, akustyczne a także eksploatacyjne. W projekcie dotyczyło to zwłaszcza konfiguracji oraz wyboru źródła chłodu, a także systemu dystrybucji chłodu i ciepła. Oryginalnym elementem w układzie klimatyzacji sal operacyjnych było zastosowanie modułów zewnętrznych recyrkulacyjnych zlokalizowanych bezpośrednio nad salami operacyjnymi w przestrzeni odbudowy technicznej na dachu. W rozważanym przypadku pozwoliło to na skuteczne wyeliminowanie hałasu w salach operacyjnych. Istotnym wyzwaniem dla projektanta było również rozwiązanie z pozoru błędnego

problemu – wentylacji agregatu prądotwórczego zlokalizowanego w piwnicy budynku. Ze względu tę lokalizację, duży poziom emisji hałasu, relatywnie bardzo duże strumienie powietrza wentylacyjnego oraz konieczność bezpiecznego odprowadzenia spalin, rozwiązanie projektowe w tym przypadku stanowiło trudny problem projektowy. Ważnym elementem i zaletą prezentowanego rozwiązania projektowanego, zwłaszcza w kontekście współpracy z branżą architektury było również wykorzystanie zamkniętej, izolowanej termicznie przestrzeni obudowy urządzeń technicznych (wentylatorowni, węzła chłodu) na dachu budynku. Praktyka potwierdziła, iż jest to rozwiązanie optymalne zarówno energetycznie, eksploatacyjnie jak i akustycznie.

L I T E R A T U R A

- [1] Ahmet Tekea, Oğuzhan Timur. 2014. „Assessing the energy efficiency improvement potentials of HVAC systems considering economic and environmental aspects at the hospitals”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 33: 224-235.
- [2] ASHRAE Standard 170 – 2013, Ventilation of Health Care Facilities.
- [3] Charkowska Anna, Andrzej Różycki, Radosław Lenarski, Agata Sobierajska. 2018. „Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą”. *Pracodawcy Rzeczypospolitej Polskiej*.
- [4] DIN 1946-4:2008-12. Ventilation and air-conditioning. Part 4: VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector. December 2008.
- [5] Minchao Fan, Guangyu Cao, Christoffer Pedersen, Shilei Lu, Liv-Inger Stenstad, Jan Gunnar Skogås. 2021. „Suitability evaluation on laminar airflow and mixing airflow distribution strategies in operating rooms: A case study at St. Olavs Hospital”. *Building and Environment* 194: 107677.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi nowelizacjami.
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 06 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzenia i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. Dz. U. Nr 201, poz. 1240. ■



Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych zaprasza do zapisywania się na newsletter, w którym można znaleźć:

- najnowsze informacje z PZITS,
- kalendarium nadchodzących wydażeń,
- wiadomości od członków wspierających,
- oraz polecane artykuły z czasopism Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja i Gaz, Woda i Technika Sanitarna.

Newsletter jest wysyłany się raz na miesiąc. Formularz zapisu znajduje się na stronie
– <http://pzits.pl/newsletter-pzits/>

Wybrane informacje o projekcie normy europejskiej dotyczącej wentylacji w szpitalach

DOI: 10.15199/9.2021.11.2

ANNA BOGDAN

W Europejskim Komitecie Normalizacyjnym, zrzeszającym krajowe jednostki normalizacyjne z 34 krajów europejskich działa Komitet Techniczny 156 Wentylacja budynków, w którym to działa grupa 18 – wentylacja szpitali. Grupa ta prowadzona jest przez Roberto Travesari z TNO Building Physics & Systems (Holandia) natomiast członkami są przedstawiciele z m.in. Wielkiej Brytanii, Irlandii, Szwajcarii, Niemiec, Hiszpanii, Szwecji, Norwegii, Finlandii, Włoch i Polski. Zespół ten od wielu lat pracuje nad europejskim standardem dotyczącym układów wentylacji w szpitalach. Ponieważ temat jest bardzo złożony, obecnie dyskutowana jest nie norma, ale specyfikacja techniczna *prTS 16244-1 Ventilation for hospitals – Part 1: General requirements*. W niniejszym artykule przedstawiono wybrane informacje zamieszczone w projekcie specyfikacji technicznej dotyczące projektowania instalacji wentylacji w szpitalach.

Ogólne zasady

Założeniem jest, że specyfikacja techniczna będzie obejmować wybrane obszary obiektu i stosowanego w nim układu wentylacji/klimatyzacji w celu zapewnienia określonych poziomów jakości (czystości) powietrza. Zakres dokumentu obejmie fazę klasyfikacji, projektowania, budowy, rozruchu, eksploatacji i utrzymania obiektu. W dokumencie opisane będą minimalne wymagania i kwestie higieniczne dla systemów wentylacyjnych, w tym: specyfikacja minimalnych wymagań pod kątem użytkowników, wymagania projektowe oraz wymagania dotyczące elementów składowych instalacji, jakość powietrza (np. poziomy czystości, temperatura, wilgotność, ilość powietrza), sposoby ochrony pacjentów, personelu i gości przed szkodliwymi czynnikami, sposoby ograniczenia wzrostu mikroorganizmów (np. umożliwienie czyszczenia, dostępność, mokre powierzchnie, akumulacja cząstek) a także sposoby kontroli kierunku przepływu powietrza (np. szczelność systemów i konstrukcji, różnica ciśnień). Założeniem jest, że dokument będzie przeznaczony dla inżynierów zajmujących się projektowaniem, budową i uruchomieniem systemu, kierowników służby zdrowia,

zarządców nieruchomości, a także kierowników ds. eksploatacji i utrzymania obiektu.

W dokumencie jest wyraźnie powiedziane, że z układami wentylacji stosowanej w obiektach opieki zdrowotnej należy obchodzić się z dużą ostrożnością. Systemy powinny być określone, zaprojektowane, szczegółowe, zbudowane, uruchomione, zweryfikowane, walidowane i utrzymywane w celu zapewnienia, że zapewnią one odpowiednie parametry środowiska wewnętrznego do wykonywania usług opieki zdrowotnej. W tabeli 1 przedstawiono proponowane cele każdego z wymienionych etapów, powiązania pomiędzy poszczególnymi etapami przedstawia natomiast rys. 1.

Patrząc na rysunek 1, oprócz wizualizacji poszczególnych kroków w działaniu, można zaobserwować powiązania pomiędzy wszystkimi etapami oraz umiejscowienie ich na poziomie odpowiedzialności i weryfikowalności. Proces rozpoczyna się od przeprowadzenia analiz, których wyniki powinny w finalnym okresie tworzenia układu być uzyskane w fazie IV – fazie działania obiektu. URS – specyfikacja wymagań użytkownika jest kolejnym etapem po pierwszych analizach, natomiast jej wyniki powinny być osiągnięte i potwierdzone podczas PV – weryfikacji wydajności układu itp. Z tej przyczyny definicje i kryteria określone w lewej części rysunku (etapy w fazach I-II) powinny mieć wyraźnie zdefiniowane i mierzalne wyniki, których uzyskanie będzie możliwe do weryfikacji podczas etapu III oraz podczas eksploatacji układu – etap IV (prawa strona wykresu). W dalszej części artykułu omówione zostaną głównie etapy projektowania układu.

Faza projektowania (I)

Wynikiem fazy projektowania jest ustalenie planowanej wydajności układu niezbędnej do zapewnienia ochrony pacjentów, personelu i osób odwiedzających przed czynnikami szkodliwymi oraz ograniczenie rozwoju mikroorganizmów, a także kontrola kierunku przepływu powietrza i jakości powietrza.

Kluczowym etapem w fazie projektowania jest odpowiednio przeprowadzona *analiza (0)*. Podczas tego etapu niezbędne jest określenie stanu, który ma być uzyskany za pomocą układów wentylacji i na tej podstawie określenie wymagań dotyczących instalacji, w tym ocena czy jeżeli w obiekcie istnieją już układy wentylacji, możliwe jest ich wykorzystanie lub konieczny jest demontaż. Podczas

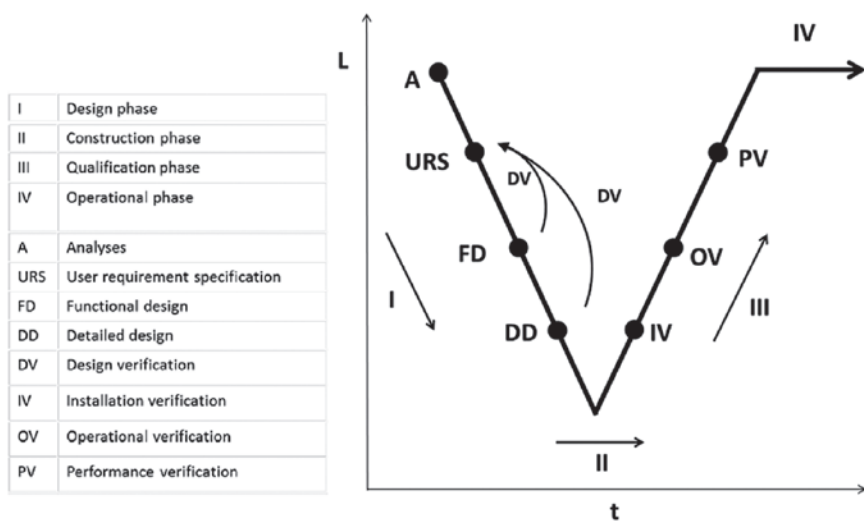
dr hab. inż. **Anna Bogdan**, prof. PW; anna.bogdan@pw.edu.pl
ORCID ID 0000-0003-1502-6548
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych

TABELA 1. Cele i odpowiedzialności podczas poszczególnych etapów procesu projektowania, budowy i eksploatacji układu [1]

Faza projektu	Etap tworzenia układu	Cel	Odpowiedzialny
Faza projektowania (I)	0. Analiza	Określenie rzeczywistych warunków i ustalenie podstaw projektu	Konsultant
	1. Specyfikacja wymagań użytkownika (URS)	Określenie celów projektu pod względem specyfikacji systemu, a także aspektów funkcjonalnych, eksploatacyjnych i / lub technicznych systemu wymaganych do realizacji pożądanej jakości powietrza	Klient (podmiot odpowiedzialny)
	2. Projekt funkcjonalny (FD)	Przetworzenie specyfikacji wymagań użytkownika na specyfikację funkcji elementów systemu i relacji eksploatacyjnych między nimi	Zespół projektowy
	3. Dokładny projekt (DD)	Przetworzenie specyfikacji wymagań użytkownika i projektu funkcjonalnego na rysunki, dane, obliczenia i specyfikacje, na podstawie których można budować projekt wykonawczy uwzględniający elementy i zespoły	Zespół projektowy
	4. Weryfikacja projektowa (DV)	W celu zweryfikowania, czy proponowany projekt obiektów, systemów i wyposażenia jest odpowiedni do zamierzonego zastosowania; w oparciu o URS	Klient (podmiot odpowiedzialny)
Faza konstrukcji (II)	5. Realizacja	Zastosowanie URS; Dokumentacja systemu	Kontrahent
Faza weryfikacji (III)	6. Weryfikacja instalacji (IV)	W celu zweryfikowania, że sprzęt został dostarczony, zainstalowany lub zmodyfikowany zgodnie z zaaprobowanym projektem szczegółowym i rekomendacjami producenta	Kontrahent nadzorowany przez Klienta (podmiot odpowiedzialny)
	7. Weryfikacja eksploatacyjna (OV)	W celu zapewnienia, że instalacje i systemy wentylacyjne, w stanie zainstalowanym lub zmodyfikowanym, działają zgodnie z przeznaczeniem we wszystkich przewidywanych zakresach eksploatacyjnych w oparciu o specyfikacje funkcjonalne	Kontrahent nadzorowany przez Klienta (podmiot odpowiedzialny)
	8. Weryfikacja wydajności (PV)	W celu zapewnienia, że urządzenia i systemy wentylacyjne, połączone razem, mogą działać skutecznie i odpornie w oparciu o URS	Klient (podmiot odpowiedzialny)
Faza eksploatacji i konserwacji (IV)	9. Eksploatacja i konserwacja	Szkolenie personelu; Aktualizacja i uzupełnienie systemu i jego dokumentacji; Zarządzanie utrzymaniem; Utylizacja materiałów eksploatacyjnych.	Klient (podmiot odpowiedzialny)
	10. Re-weryfikacja	Re-weryfikacja Optymalizacja eksploatacji	Klient (podmiot odpowiedzialny)

UWAGA 1. Weryfikacja instalacji (IV) może rozpocząć się na etapie budowy, szczególnie dla elementów i systemów ukrytych w obiektach konstrukcyjnych lub trudno dostępnych w późniejszym czasie.

UWAGA 2. Weryfikacja wydajności jest prawie zawsze przeprowadzana po przekazaniu systemu użytkownikowi końcowemu. Zwykle nie stanowi części prawnego przeniesienia systemu między klientem a kontrahentem



procesu analizy niezbędne jest podjęcie następujących działań: opis funkcji układu, opis procesów, zebranie odpowiednich przepisów, norm i wytycznych, określenie zasobów, wybór miejsca instalacji, wymiarów i infrastruktury, perspektywy na przyszłość (ustawodawstwo, standardy, zmiany w procedurach leczenia), określenie zadań medycznych i planowanie strategiczne dla przyszłych zabiegów i sprzętu.

Wyniki prawidłowo przeprowadzonej analizy są wstępem do drugiego etapu – *specyfikacji wymagań użytkownika (URS)*. URS zawiera warunki brzegowe, które są niezbędne do spełnienia wymagań dotyczących układu i zawiera wiedzę z zakresu higieny, procedur medycznych, sprzętu

Rys. 1. Graficzne przedstawienie procesu z tab. 1.

TABELA 2. Minimalne wymagania w odniesieniu do środowiska wewnętrznego

Typ pomieszczenia	Ilość powietrza zewnętrznego (ODA=SUP) l/s na osobę	Wilgotność względna**** %	Temperatura °C	Powietrze nawiewane jakość (SUP) -	Kierunek przepływu -	Poziom dźwięku system wentylacji*** dB(A)
Sala chorych z obłożeniem o charakterze stałym **.	10l/s, pacjent + 1l/s.m ²	Nawilżanie powietrza w sezonie grzewczym nie jest obowiązkowe, może być stosowane	Sezon grzewczy: 20-24 Sezon chłodniczy: 23-26	SUP 1*	NA	< 30
Pokoje dla personelu oraz inne ogólne obszary**	7l/s, osoba + 0,7l/s.m ²	Nawilżanie powietrza podczas ogrzewania sezon nie jest obowiązkowy		SUP 1*	NA	< 30

* SUP 1 jak EN 16798-3 dodatkowa wentylacja może być wymagana przez lokalne przepisy lub dla mikrobiologicznego i chemicznego rozcieńczenia oraz zysków i strat ciepła itp.
 ** Goście i personel są uwzględniani oddzielnie w oparciu o typowe zastosowania.
 *** Zgodnie z normą EN-ISO 16032

TABELA 3. Wymagania dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniu

Typ pomieszczenia	Ilość powietrza zewnętrznego (ODA=SUP) l/s na osobę	Wilgotność względna (osuszać do) %	Temperatura °C	Jakość powietrza nawiewanego (SUP) -	Kierunek przepływu do sąsiednich pomieszczeń -	Poziom hałasu systemu wentylacyjnego*** dB(A)
Sala operacyjna	>275 *) ****)	Nawilżanie powietrza w sezonie grzewczym nie jest obowiązkowe	18-26	SUP 1* + H13 lub lepsza	Pozytywne przepływ na zewnątrz	< 48
Instrumentarium	7l/s, osoba + 0,7l/s.m ²	Nawilżanie powietrza w sezonie grzewczym nie jest obowiązkowe		SUP 1* + H13 lub lepszy	Dodatni przepływ na zewnątrz	< 48

* SUP 1 jak EN 16798-3 dodatkowa wentylacja może być wymagana przez lokalne przepisy lub dla mikrobiologicznego i chemicznego rozcieńczenia oraz zysków i strat ciepła itp.
 ** Goście i personel są uwzględniani oddzielnie w oparciu o typowe zastosowania.
 *** Zgodnie z normą EN-ISO 16032

medycznego, logistyki, procedur i operacji chirurgicznych. Niezbędne informacje jakie powinny znaleźć się w URS to: planowany poziom jakości powietrza, powierzchnie sal operacyjnych i ustawiania instrumentów, wysokości pomieszczeń, lokalizacja i rodzaj stosowane w salach sprzętu medycznego, liczba użytkowników każdej Sali, planowane do zastosowania rozwiązania dotyczące odzieży medycznej, obciążenie cieplne sprzętu medycznego, wymagania termiczne dotyczące pacjenta, źródła zanieczyszczeń, jak wyposażenie anestezyjologiczne i diatermiczne, układ stref pokazujący relacje między pomieszczeniami oraz preferencje dotyczące rodzaju koncepcji wentylacji sali operacyjnej i weryfikacja wybranej koncepcji

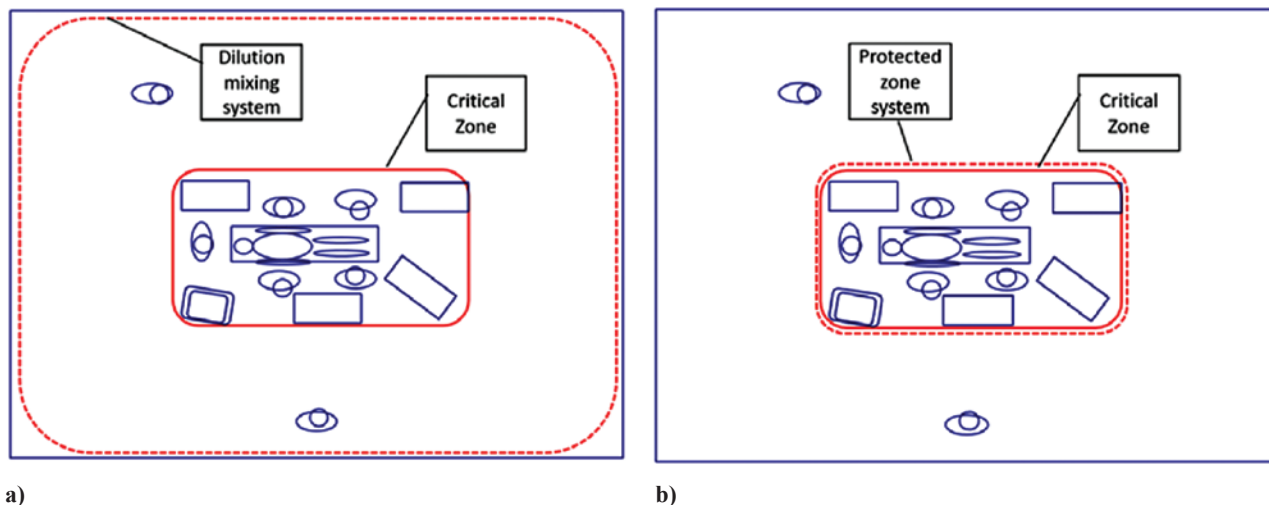
Kolejnym etapem jest opracowanie *projektu funkcjonalnego (FD)*, który dostarcza specyfikacji funkcji elementów układu oraz powiązań między nimi i zawiera w sobie co najmniej: wybrane koncepcje, współzależności między układami, schematy technologiczne i oprzyrządowanie, funkcjonalność układów, specyfikację przewodów i izolacji, rysunki koncepcyjne (na poziomie „sprawdzić rysunki pod kątem dostępności miejsca”) a także podsumowanie i zlecenia.

Projekt funkcjonalny opracowany w poprzednim etapie jest następnie przetwarzany w celu opracowania *projektu wykonawczego (DD)*. Projekt wykonawczy składa się z informacji i specyfikacji, na podstawie których powstaje cały układ i zawiera co najmniej: rysunki szczegółowe, szczegółowe obliczenia, dobór i specyfikację części składowych,

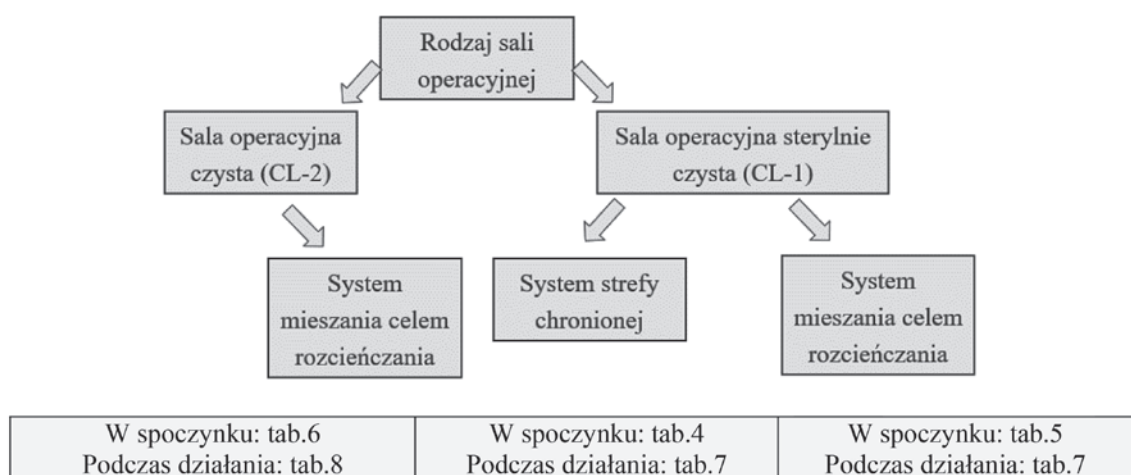
schematy szaf sterowniczych, schematy połączeń, szczegółową specyfikację oprogramowania a także dokumenty dotyczące testów i przekazania do eksploatacji.

Ostatnim elementem fazy projektowania jest *weryfikacja projektowa (DV)*, która obejmuje co najmniej udokumentowaną weryfikację, czy proponowany projekt jest odpowiedni do zamierzonego zastosowania, oraz zgodność projektu funkcjonalnego i wykonawczego z URS, którą należy wykazać.

W dokumencie przedstawiono również minimalne wymagania projektowe, które powinny być rozważone podczas projektowania, w tym parametry dotyczące środowiska wewnętrznego przedstawione w tabeli 2 i tabeli 3. Należy jednak zauważyć, że autorzy zastrzegają konieczność sprawdzenia czy krajowe przepisy nie zastrzegają przedstawionych wartości – w tym przypadku należy pamiętać o wyższości prawa nad standardami. Ponadto wymagane jest, że nawiew i wywiew powietrza w układach wentylacji powinien być zaprojektowany, kontrolowany, obsługiwany i serwisowany tak, aby nie dopuścić do skażenia powietrza substancjami nieorganicznymi lub organicznymi, np. szkodliwymi gazami w obrębie. Recykulacja powietrza jest dozwolone tylko w placówkach medycznych, w których system wentylacyjny obsługuje tylko jedno pomieszczenie z powietrzem wtórnym (SEC, zgodnie z EN 16798-3) lub jeżeli inne części niniejszego dokumentu dopuszczają recykulację powietrza i powietrza mieszanego. Podkreślone jest jednak, że tylko powietrze



Rys. 3. Blok operacyjny z: a) układem mieszania celem rozcieńczenia, b) układem stref zamkniętych



Rys. 4. Schemat blokowy: poziom skuteczności, główny układ i kryteria skuteczności podczas pracy i postoju

TABELA 4. Wymagania przy układzie strefy chronionej; w spoczynku. Poziom wydajności CL-1

	Standard	Specyfikacja	Strefa chroniona	Obszar peryferyjny
Stężenie cząstek stałych	ISO 14644-1	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	ISO 5	ISO 6
Segregacja test	DIS-ISO 14644-3	Metody krajowe	Tak *)	n.d.
Test odzysku	ISO 14644-3	100:1, $\geq 0,5 \mu\text{m}$	n.d.	$\leq 10 \text{ min}$
Test regeneracji	ISO 14644-3	100:1, $\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\leq 5 \text{ min}^{**}$)	n.d.
<i>Nie tylko aspekty związane z wentylacją</i>				
Badanie mikrobiologiczne Powietrze	ISO 14698-1	CFU/m ³	<1	<1

TABELA 5. Wymagania przy układzie mieszającym celem rozcieńczenia; w spoczynku. Poziom wydajności CL-1

	Standard	Specyfikacja	W stanie spoczynku
Stężenie cząstek stałych	ISO-14644-1	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	ISO 5
Test odzysku	ISO 14644-3	100:1, $\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\leq 10 \text{ min}$
<i>Nie tylko aspekty związane z wentylacją</i>			
Badanie mikrobiologiczne Powietrze	ISO 14698-1	CFU/m ³	<1

TABELA 6. Wymagania przy układzie mieszającym celem rozcieńczania; w spoczynku. Poziom wydajności CL-2

	Standard	Specyfikacja	W stanie spoczynku
Stężenie cząstek stałych	ISO-14644-1	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	ISO 7
Test odzyskiwania	ISO 14644-3	100:1, $\geq 0,5 \mu\text{m}$	<20 min
<i>Nie tylko aspekty związane z wentylacją</i>			
Badanie mikrobiologiczne Powietrze	ISO 14698-1	CFU/m ³	<10

TABELA 7. Wymagania w okresie eksploatacji. Poziom wydajności CL-1

	Standard	Specyfikacja	Operacyjna	
			Strefa krytyczna	Obszar peryferyjny
Badanie mikrobiologiczne Powietrze	ISO 14698-1 & -2	CFU/m ³ *	≤ 10 **)	≤ 100 **)

TABELA 8. Wymagania w okresie eksploatacji. Poziom wydajności CL-2

	Standard	Specyfikacja	Operacyjna	
			Strefa krytyczna	Obszar peryferyjny
Badanie mikrobiologiczne Powietrze	ISO 14698-1 & -2	CFU/m ³ *	≤ 100 **)	≤ 100 **)

wywiewane kategorii ETA 1 może być recykulowane do innych pomieszczeń.

Odnosnie do czystości powietrza – określono dwa poziomy wydajności: CL-1 i CL-2 oraz dwa rozdziały powietrza bazujące na różnych koncepcjach wentylacji (rys. 2.). Wyróżnia się: układ stosowany do strefy chronionej oraz układ wentylacji mieszającej celem rozcieńczenia. Układ strefy chronionej doprowadza powietrze do strefy krytycznej w taki sposób, że jest ona chroniona przez wypychanie zużytego powietrza i nawiew czystego powietrza do pola operacyjnego. Układ mieszania celem rozcieńczenia bazuje na niejednorodnym przepływie powietrza, przy czym powietrze nawiewane jest do pomieszczenia w ilości umożliwiającej rozcieńczenie i obniżenie poziomu zanieczyszczeń. W tym układzie z założenia nie ma obszaru pomieszczenia specjalnie chronionego przed przedostawaniem się zanieczyszczeń z innych obszarów. Wybór koncepcji wentylacji i jej projektu powinien opierać się na ocenie ryzyka uwzględniającej co najmniej następujące aspekty: lokalizacja pacjenta, liczba personelu i jego lokalizacja, stosowana odzież ochronna personelu, liczba stolików na narzędzia i wyposażenia, rodzaj i położenie lamp, inne obciążenia: stężenie cząstek, obciążenie mikrobiologiczne, dym chirurgiczny, niepożądane gazy, obciążenie cieplne.

Odnosnie do aspektów związanych z oszczędnością energii w dokumencie podane są następujące zalecenia:

- Prędkości powietrza w centralach wentylacyjnych, sekcjach filtrów, alternatorach dźwięku, wymiennikach ciepła nie mogą przekraczać 2 m/s.
- Spadek ciśnienia w wymiennikach ciepła, filtrach, kanałach i innych elementach systemu powinien być tak niski, jak to rozsądnie osiągalne zgodnie z dobrą praktyką inżynierską w celu zmniejszenia zużycia energii.
- W miarę możliwości należy stosować regulację opartą na zapotrzebowaniu, aby zmniejszyć ilość powietrza potrzebnego w różnych pomieszczeniach lub obszarach,

jeśli analizy cyklu życia wykażą, że będzie to bardziej opłacalne rozwiązanie.

– Aby zapobiec szkodliwym skutkom dla użytkowników, takim jak przenoszenie zanieczyszczeń, nie należy stosować regeneracyjnego wymiennika ciepła (kategoria III, zgodnie z EN 13053 i EN 308).

– Przekiek w jednostce odzysku ciepła i jej wymienniku ciepła (obudowa wymiennika ciepła i przepływy powietrza przez by-pass) EATR powinna być ograniczona do 0,05 (5%) zgodnie z EN 16798-3 przy różnicy ciśnień 500 Pa.

– Aby uniknąć potencjalnych zagrożeń, ciśnienie powietrza zewnętrznego (ODA) i powietrza mieszanego (MIA) we wszystkich warunkach pracy układu powinno być wyższe niż powietrze wywiewane (EHA) i powietrze wywiewane (ETA).

Podsumowanie

W niniejszym artykule przedstawiono wyłącznie część informacji, które omawiane są w projekcie specyfikacji technicznej CEN. Pomimo, że w wielu krajach istnieją lokalne regulacje i wytyczne techniczne dotyczące tych skomplikowanych i wymagających układów, nadal znaczna część krajów europejskich bazuje na bieżących pracach zespołu CEN TC 156 WG 18 [2]. Należy zatem mieć nadzieję, że prace zespołu będą kontynuowane aż do finału zakończonego sukcesem.

LITERATURA

- [1] prTS 16244-1 Ventilation for hospitals – Part 1: General requirements (specyfikacja techniczna)
- [2] Cwiklińska D., A. Bogdan. 2021. „Przegląd wymagań normatywnych dotyczących komfortu cieplnego chirurgów i personelu medycznego w salach operacyjnych”. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja* 52 (3):22-26. DOI:10.15199/9.2021.3.4

Techniki oczyszczania powietrza na potrzeby instalacji wentylacji i klimatyzacji w obiektach szpitalnych

Air Purification Techniques for Ventilation and Air Conditioning Installations in Hospital Facilities

DOI: 10.15199/9.2021.11.3

AMELIA STASZOWSKA

Słowa kluczowe: *oczyszczanie powietrza, dezynfekcja powietrza, filtr elektrostatyczny, usuwanie PM*

Streszczenie

W artykule przedstawiono informacje na temat dostępnych technik odpylania i dezynfekcji powietrza na potrzeby instalacji wentylacji i klimatyzacji w obiektach szpitalnych ze szczególnym uwzględnieniem systemów opartych na wykorzystaniu fotokatalizy i pola elektrostatycznego. Obiekty szpitalne z racji pełnionej funkcji są miejscem szczególnie narażenia na organizmy chorobotwórcze zarówno wśród personelu jak i pacjentów. Stąd istnieje tam konieczność nie tylko uzdatniania powietrza, ale jego oczyszczania celem usunięcia obecnych w nim patogenów. W artykule przedstawiono informacje na temat dostępnych technik odpylania i dezynfekcji powietrza na potrzeby instalacji wentylacji i klimatyzacji w obiektach szpitalnych ze szczególnym uwzględnieniem systemów opartych na wykorzystaniu pola elektrostatycznego.

Keywords: *air cleaning, air disinfection, electrostatic air filter, PM removal*

Abstract

The paper presents the information on the available techniques of air disinfection for the needs of ventilation and air conditioning systems in hospital facilities, with particular emphasis on the systems based on the use of photocatalysis and an electrostatic field. Hospital facilities, due to their function, are a place of particular exposure to pathogenic organisms, both among staff and patients. Hence, there is a need not only for air treatment, but also for its purification in order to remove the pathogens present in it. The paper presents the information on the available techniques of air disinfection for the needs of ventilation and air conditioning systems in hospital facilities, with particular emphasis on the systems based on the use of an electrostatic field.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

1. Wstęp

Mikroorganizmy (bakterie jako formy przetrwalne i komórki wegetatywne, zarodniki grzybów, pierwotniaki), wirusy, w tym również drobnoustroje chorobotwórcze stanowią naturalny składnik powietrza (bioaerazol), pomimo że jest ono dla nich wyjątkowo niesprzyjającym ośrodkiem do bytowania. Pełni jednak funkcję środka transportu bioaerozoli i co się z tym wiąże, jest odpowiedzialne za ich rozprzestrzenianie. Obecność bioaerozolu bakteryjnego, grzybowego oraz wirusów w szpitalach, zakładach leczniczych, przychodniach czy punktach zabiegowych jest wysoce niepożądana [3], [4]. Jak niezwykle ważnym i kosztownym przedsięwzięciem jest utrzymanie odpowiedniej czystości mikrobiologicznej powietrza wewnątrz udowodniła

trwająca pandemia SARS-CoV-2. Zagadnienie przygotowania powietrza o wysokiej czystości w obiektach służby zdrowia i systemach jego dystrybucji najczęściej jest dyskutowane w aspekcie zapobiegania zakażeniom wewnątrzszpitalnym związanym z prowadzonymi zabiegami operacyjnymi i różnymi metodami leczenia, w szczególności na oddziałach chorób zakaźnych. Mniej uwagi skupia się na pomieszczeniach takich jak sale pacjentów, gabinety zabiegowe, pomieszczenia dyżurek personelu medycznego, laboratoria, oddziały noworodkowe, sale pacjentów z obniżoną odpornością – po przeszczepach lub w trakcie terapii antynowotworowej. Istnieje wiele dostępnych opracowań naukowych, publikacji, wytycznych, norm dotyczących kwestii projektowania instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w szpitalach oraz systemach rozprowadzania powietrza nawiewanego i usuwania zanieczyszczeń z powietrzem wywiewanym [2]. Znacznie mniej miejsca poświęca się na omówienie technik przygotowania powietrza do wspomnianych systemów. Celem niniejszej artykułu jest przedstawienie informacji na temat możliwości i ograniczeń stosowania filtracji, dezynfekcji promieniami UV-C,

dr inż. **Amelia Staszowska**; a.staszowska@pollub.pl
ORCID 0000-0002-7434-6480
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego,
Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, Lublin, Polska

fotokatalitycznego utleniania i wykorzystania pola elektrostatycznego w aspekcie zmniejszania zapylenia powietrza i usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych.

2. Techniki oczyszczania powietrza w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

Powietrze rozprowadzane układami wentylacji i klimatyzacji wymaga uzdatniania i oczyszczania. Te procesy są często mylone i traktowane jako tożsame. O ile pojęcie uzdatniania powietrza należy rozumieć jako nadanie mu określonej temperatury i wilgotności oraz jego odpylenie to oczyszczanie powietrza należy traktować jako proces lub zespół procesów, których celem jest usunięcie z powietrza znajdujących się pyłów, zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych. Stanowią one bowiem największy problem zdrowotny [9].

Najpowszechniej stosowaną techniką oczyszczania powietrza jest **filtracja**. Ma ona za zadanie usunięcie z powietrza pyłów i zaadsorbowanych na ich powierzchni zanieczyszczeń chemicznych np. związków metali ciężkich, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, jonów związków nieorganicznych i organicznych. Na potrzeby obiektów szpitalnych, ze względu na stopień zanieczyszczenia powietrza oraz wymaganą skuteczności filtracji najczęściej stosowanym typem filtrów są filtry HEPA spełniające funkcję filtrów końcowych do pomieszczeń czystych (sale operacyjne, pomieszczenia zabiegowe, izolatki).

Efektywność układów filtracyjnych uzależniona jest od ich prawidłowej eksploatacji, do której należy zaliczyć: okresowe wymiany wkładów filtracyjnych, czyszczenie przewodów odpowiedzialnych za dystrybucję powietrza, konserwacja urządzeń pomocniczych, kontrolę szczelności przewodów i parametrów powietrza. Niestety, często ze względu na koszty ten zakres czynności bywa zaniedbywany. W konsekwencji dochodzi do tzw. zjawiska przebiecia filtra i wtórnego zanieczyszczenia powietrza [9].

Wykorzystanie biobójczych właściwości **promieniowania UV-C** (długość fali 240-280 nm) do oczyszczania powietrza jest szeroko rozpoznane i stosowane w obiektach szpitalnych [1]. Mogą być to stacjonarne lub przenośne lampy dezynfekujące lub przepływowe moduły kanałowe. Stosuje się je głównie w celu dezynfekcji powietrza i powierzchni tj. usunięcia żywych i przetrwalnikowych form mikroorganizmów. Stąd systemy UV-C przeznaczone do dezynfekcji powietrza często są oznaczane jako UV-GI (ang. *ultrafiolet germicidal irradiation*). Szczególnie wrażliwe na działanie promieniowania UV-C są niektóre wirusy, bakterie w formie wegetatywnej, następnie ich formy przetrwalnikowe [4]. Mniejszą podatność odnotowano w stosunku do zarodników pleśni. Ponieważ skuteczność naświetlania promieniami UV-C zależy od stopnia zapylenia powietrza, często spotykanym rozwiązaniem jest jego wstępna filtracja oraz dodatkowo montaż filtrów klasy HEPA w miejscu wylotu powietrza do pomieszczenia. Takie łączenie technik pozwala na zatrzymanie zarodników grzybów i mikroorganizmów opornych na działanie promieniowania UV-C. Ograniczeniem w wykorzystaniu tej techniki oczyszczania powietrza jest niewątpliwie wysoka szkodliwość UV-C na organizm człowieka. Ponieważ nie ma jednoznacznych wytycznych do doboru modułów UV-C – jedyny parametr to przepływ powietrza – można często spotkać się z problemami w ich użytkowaniu. Zaliczyć do nich należy, m.in. dobór odpowiedniej liczby lamp w module sterylizującym czyli optymalnego natężenia

promieniowania, określenie wymaganego czasu kontaktu powietrza z emitowanym promieniowaniem, ewentualną emisję ozonu jako produktu ubocznego pracy lamp. Należy podkreślić, że żarniki lamp UV-C mają określoną żywotność i powinny być okresowo wymieniane co powoduje dodatkowe koszty eksploatacyjne [2].

Szczególnie promowaną w ostatnich latach techniką oczyszczania powietrza jest **fotokataliza**. Obecnie największe jej wykorzystanie to stacjonarne jednostki oczyszczaczy powietrza [15]. Mniejsze zainteresowanie budzą wersje modułów kanałowych lub do central klimatyzacyjnych. Fotokataliza to reakcja katalityczna, która polega na absorpcji światła przez substrat lub fotokatalizator. Na skutek działania promieniowania o odpowiedniej długości fali (energii), następuje fotowzbudzenie katalizatora oraz jego oddziaływanie z zaadsorbowanym reagentem w stanie podstawowym [7]. Znajduje zastosowanie m.in. w oczyszczaniu powietrza z lotnych związków organicznych – stąd często określana jest jako proces fotokatalitycznego utleniania. Dodatkowo fotokataliza może być wykorzystana do dezynfekcji powietrza. Aczkolwiek jej skuteczność w tym obszarze jest mocno dyskusyjna [11], [12].

Produktami reakcji fotokatalitycznej powinny być dwutlenek i para wodna czyli związki bezpieczne dla człowieka. Fotokataliza jest procesem złożonym, dlatego może wpływać na nią wiele czynników, m.in.:

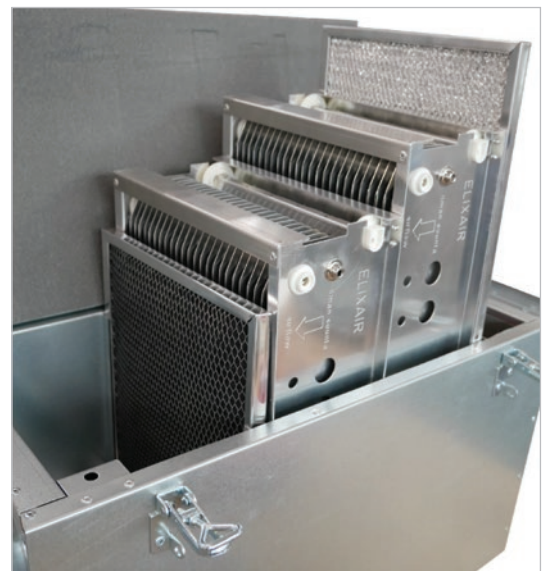
- rodzaj, charakterystyka użytego w tym procesie katalizatora,
- stan powierzchni katalizatora, czyli ładunek, występujące defekty,
- stężenie i rodzaj reagentów,
- źródło światła, czyli długość fali, natężenie.

Najpowszechniej stosowanym fotokatalizatorem jest dwutlenek tytanu (TiO_2), który występuje w trzech odmianach polimorficznych: anataz, brukit oraz rutil. Charakteryzuje się m.in. niską ceną, jest nietoksyczny, ma wysoki potencjał utleniający. Na efektywność procesu fotokatalizy przy udziale katalizatora TiO_2 wpływa kilka czynników. Pierwszym z nich jest rodzaj użytej w procesie utleniania odmiany polimorficznej fotokatalizatora. Najlepsze właściwości fotokatalityczne wykazuje w tym zakresie anataz [14].

Kolejnym parametrem wpływającym na przebieg fotokatalizy jest powierzchnia właściwa katalizatora. Adsorpcja cząsteczek usuwanych związków zachodzi na centrach aktywnych. Ich ilość z kolei zależy od tego jaką wielkość ma powierzchnia właściwa. Jednak nie powinna być zbyt duża, aby nie powstawała zbyt duża ilość defektów krystalicznych, które sprzyjają zmniejszeniu fotoaktywności. Następnym parametrem, który należy uwzględnić jest kształt nanocząstek i ich wielkość. Mają one istotny wpływ na proces łączenia par elektron-dziura i zależą od ilości domieszki, która została wprowadzona do struktury dwutlenku tytanu. Ostatnim istotnym parametrem jest wpływ domieszek wprowadzanych do struktury TiO_2 w celu poprawy jego aktywności w zakresie światła widzialnego tzw. dopowanie. Fotokataliza nieefektywnie wykorzystuje światło widzialne, działa jedynie w określonym zakresie fali tego światła, dlatego w komercyjnym oczyszczaniu powietrza ze względów bezpieczeństwa oraz przyczyn ekonomicznych wykorzystuje się źródła UV głównie w zakresie 315-400 nm czyli promieniowanie UV-A. Proces też nie radzi sobie z zanieczyszczeniami w formie cząstek stałych, np. sadza, pyły zawieszane [8]. Efektywność fotokatalizy jest zmienna w czasie. Jedną z wad fotokatalizy jest zbyt długi okres kontaktu katalizatorów z substancjami,



Rys. 1. Instalacja do oczyszczania powietrza w boksach Meltzera w technologii Genano



Rys. 2. Kanalowy filtr elektrostatyczny Elixair

które mają być neutralizowane. Może to często skutkować zatruciem katalizatora co ma miejsce gdy substancją neutralizowaną są tlenki siarki. Dodatkowo, wysoka skuteczność tej techniki w zakresie usuwania lotnych związków organicznych i drobnoustrojów potwierdzona badaniami w komorach testowych nie jest spotykana w warunkach rzeczywistych. Przyczyną jest różnorodność zanieczyszczeń chemicznych występujących w powietrzu pomieszczeń i ich wzajemna konkurencja o miejsca aktywne fotokatalizatora. Ponadto, obawy budzi możliwość tworzenia się ubocznych produktów niepełnego procesu utleniania. Zalicza się do nich m.in. związki karbonylowe, rodniki, beznoladehyd, aldehyd octowy i rakotwórczy formaldehyd. Powstaje on w znacznych ilościach gdy wraz z fotokatalizą stosowana jest dezynfekcja promieniami UV-C a lampy UV-A i UV-C są umieszczone w tej samej komorze [6].

Najmniej popularną aczkolwiek niedocenianą techniką oczyszczania powietrza jest tzw. **filtracja elektrostatyczna**, która stanowi wysokoskuteczną hybrydę procesu filtracji i dezynfekcji powietrza. Efektywnością odpylania nie ustępują filtrom HEPA, dodatkowo nawet obciążone pyłem nie tracą swojej skuteczności i nie generują wysokich oporów przepływu powietrza w takiej sytuacji. Zapewnia to niskie koszty zużycia energii [5]. W Polsce filtry elektrostatyczne w oczyszczaniu powietrza w obiektach szpitalnych znane są od co najmniej dwóch dekad (urządzenia Genano), wykorzystywane są np. w boksach Meltzera, czyli salach izolujących chorych o wysokim reżimie sanitarnym (rys. 1). Popularność tych urządzeń obecnie wzrasta m.in. ze względu na zalecenia NIZP-PZH [10] dotyczące koniecznego zakresu mycia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej w obiektach użyteczności publicznej w związku z rozprzestrzenieniem się COVID-19 (seria Elixair). Zasada działania filtrów elektrostatycznych opiera się na wykorzystaniu zjawiska elektrostatyczności statycznej. Cząstki pyłów są jonizowane w pierwszej części filtra aby w drugiej zostać wychwycone i unieruchomione na powierzchni płyt kolektora. Dodatkowo układ wyposażony jest w filtr wstępny i opcjonalny wkład z węglem aktywnym (rys. 2). Ma on za zadanie usunięcie ozonu, który może powstawać w niewielkich ilościach podczas pracy filtra oraz obecnych

w powietrzu lotnych związków organicznych. Zaletą tego rodzaju filtrów jest ich konserwacja. Metalowy filtr wstępny oraz kasety kolektora powinny być okresowo myte. Dopuszczalne jest splukiwanie zatrzymanych pyłów strumieniem wody bez/lub z dodatkiem środków myjących. Można również te elementy filtra umyć w zmywarce przemysłowej lub myjką ultradźwiękową. Po wysuszeniu filtr nadaje się do ponownego użytkowania. Oprócz wysokiej skuteczności odpylania, szczególnie w zakresie pyłów drobnych i ultradrobnych, filtry elektrostatyczne można wykorzystać także do dezynfekcji powietrza gdyż pyły stanowią matrycę do transportu bioaerozoli w powietrzu [13]. Niewątpliwie przeszkodą w szerszym wykorzystaniu filtrów elektrostatycznych jest ich wysoka cena w porównaniu do innych typów urządzeń odpylających. Mając jednak na uwadze długość gwarancji użytkowania, prostotę w ich konserwacji, brak konieczności okresowej wymiany elementów filtracyjnych, niski pobór energii elektrycznej oraz rodzaj użytych do ich budowy materiałów warto rozważyć ich zakup.

3. Podsumowanie

Konieczność zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego powietrza w obiektach szpitalnych jest kwestią bezdyskusyjną. W praktyce może jednak być to trudnym zadaniem do osiągnięcia i stanowić wyzwanie zarówno dla projektantów instalacji wentylacji i klimatyzacji, osób odpowiedzialnych za ich eksploatację jak i konserwację. Przy etapie wyboru odpowiedniej techniki oczyszczania powietrza, kryterium cenowe nie powinno być najważniejsze. Należy uwzględnić zarówno kosztocłonność utrzymania urządzeń oczyszczających powietrze w dłuższej perspektywie czasowej, ale także możliwe produkty uboczne generowane podczas działania poszczególnych systemów.

LITERATURA

- [1] Bolashikov Z.D., Melikov A.K. 2009. „Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens”. *Build. Environ.* (44): 1378-1385.
- [2] Charkowska A. 2003. „Zanieczyszczenia w instalacjach klimatyzacyjnych i metody ich usuwania”. *IPPU MASTA*, Gdańsk.

- [3] Elsaid A.M., Mohamed H. A., Abdelaziz G.B., Ahmed M.S. 2021. „A critical review of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems within the context of a global SARS-CoV-2 epidemic”. *Process Saf. Environ. Prot.*(155): 230-261.
- [4] Ethington T., Newsome S., Waugh J., Lee L.D. 2018. „Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital”. *Am. J. Infect. Control.* (46): 482-486.
- [5] Feng Z., Cao S.J. 2019. „A newly developed electrostatic enhanced pleated air filters towards the improvement of energy and filtration efficiency”. *Sustainable Cities and Society.* (49): 101569.
- [6] Gunschera J., Markewitz D., Bansen B., Salthammer T. 2016. Portable photocatalytic air cleaners: efficiency and by-product generation. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (23): 7482-7493.
- [7] Kasza T., 2007. „Badanie właściwości fotokatalitycznych i charakterystyka fizykochemiczna nanokrystalicznych filmów TiO₂ na podłożu ceramicznym”. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska.
- [8] Mo J., Zhang Y., Xu Q., Lamson J.J., Zhao R. 2009. „Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review”. *Atm. Environ.* (43): 2229-2246.
- [9] Luengas A., Barona A., Hort C. 2015. „A review of indoor air treatment technologies”. *Rev. Environ. Scien. Biotech.* (14): 499-522.
- [10] Opinia NIZP-PZH dotycząca koniecznego zakresu mycia i dezynfekcji instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej w obiektach użyteczności publicznej w związku z rozprzestrzenianiem się COVID-19 z dnia 19.03.2020.
- [11] Poormohammadi A., Bashirian S., Rahmani A.R., Azarian G., Mehri F. 2021. „Are photocatalytic processes effective for removal of airborne viruses from indoor air? A narrative review”. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (28): 43007-43020.
- [12] Vohra A., Goswaami D.Y., Deshpande D.A., Block S.S. 2006. „Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air”. *Applied Catalysis B: Environ.* (65): 57-65.
- [13] Xie W., Li Y., Bai W. 2021. „The source and transport of bioaerosols in the air: a review. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15(3): 44.
- [14] Zhao J., Yang X. 2003. „Photocatalytic oxidation for indoor air purification: a literature review”. *Build. Environ.* (38): 645-654.
- [15] Zhong L., Haghghat F. 2015. „Photocatalytic air cleaners and materials technologies – abilities and limitations”. *Build. Environ.* (91): 191-203.

XVI konferencja „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce” on-line, 2-3 grudnia 2021 r.

W dniach 2-3 grudnia odbędzie się XVI edycja konferencji „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce” organizowana Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska. Ze względu na niepewną sytuację związaną z pandemią, obrady tym razem odbędą się on-line.

Referat otwierający wygłosi *prof. Lidia Morawska* z Queensland University of Technology (QUT), Australia. Od wielu lat specjalnością naukową prof. Lidii Morawskiej jest fizyka aerozoli. Po pandemii SARS-CoV-1 prof. Morawska wzięła udział w wielu fundamentalnych projektach naukowych poświęconych możliwości rozprzestrzeniania się epidemii drogą powietrzną. W roku 2021 Profesor została zaliczona przez magazyn „Time” do grona 100 osób najbardziej wpływowych na Świecie. Za szczególne osiągnięcie uznano pokierowanie działaniami grypy naukowców, które doprowadziły do zmiany nastawienia Światowej Organizacji Zdrowia, początkowo negującej powietrzną drogę rozprzestrzeniania się COVID-19 oraz nadmiernie przeceniającej rolę kontaktu bezpośredniego oraz drogą kropelkową.

Korzystając z formuły webinaru, oprócz polskich prelegentów, w konferencji wezmą udział także inni bardzo znani naukowcy polskiego pochodzenia pracujący obecnie w ośrodkach naukowych z Danii, Francji czy Szwecji.

Więcej informacji o konferencji w tym formularz zgłoszeniowy, na stronie <https://iaq.is.pw.edu.pl>.

**PROBLEMY
JAKOŚCI
POWIETRZA
WEWNĘTRZNEGO
W POLSCE**



**Wydział Instalacji
Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Porównanie laminarnego i mieszającego przepływu powietrza w salach operacyjnych norweskiego szpitala

Comparison of Laminar and Mixing Airflow Pattern in Operating Rooms of a Norwegian Hospital



GUANGYU CAO
Norweski Uniwersytet
Nauki i Technologii,
Trondheim, Norwegia



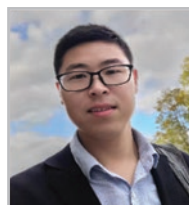
ANDERS MOSTRØM NILSSEN
Norweski Uniwersytet
Nauki i Technologii,
Trondheim, Norwegia



HANS MARTIN MATHISEN
Norweski Uniwersytet
Nauki i Technologii,
Trondheim, Norwegia



YIXIAN ZHANG
Uniwersytet Chongqing,
Chiny



KAI XUE
Uniwersytet Chongqing,
Chiny



LIV-INGER STENSTAD
Szpital St. Olavs,
Norwegia



ANDREAS RADTKE
Szpital St. Olavs,
Norwegia



JAN GUNNAR SKOGÅS
Szpital St. Olavs,
Norwegia

Słowa kluczowe: *system wentylacji laminarny, system wentylacji mieszającej, sala operacyjna, jakość powietrza*

Streszczenie

Obecnie systemy laminarnego przepływu powietrza (LAF) i systemy wentylacji mieszającej (MV) są dwoma powszechnie stosowanymi rozwiązaniami wentylacyjnymi w salach operacyjnych (OR) w celu zapewnienia wymaganej jakości powietrza wewnętrznego. Ostatnie badania wykazały, że różnica w częstości występowania zakażeń miejsca operowanego (*surgical site infection* – SSI) pomiędzy systemami LAF i MV jest niewielka. Celem tego badania było porównanie działania systemu LAF i systemu MV w salach operacyjnych szpitala St. Olavs w Norwegii. Wszystkie pomiary eksperymentalne przeprowadzono w rzeczywistych salach operacyjnych szpitala St. Olavs w Trondheim w Norwegii. Wyniki wykazały szeroki zakres rozdziału powietrza w mikrośrodku chirurgicznym przy zastosowaniu obu systemów. W warunkach operacyjnych strumień ciepły pochodzący od leżącego pacjenta i personelu chirurgicznego może zmienić rozkład lokalnego przepływu powietrza w mikrośrodku chirurgicznym w sali operacyjnej z LAF. Wskazuje to, że MV może być odpornym sposobem zapewnienia przepływu powietrza w warunkach zakłóceń. Niniejsze badanie sugeruje konieczność regularnej oceny działania LAF i MV w warunkach rzeczywistych zabiegów chirurgicznych w szpitalach norweskich.

Keywords: *laminar airflow, systems and mixing ventilation, operating rooms, air quality*

Abstract

At present, laminar airflow (LAF) systems and mixing ventilation (MV) systems are two commonly used ventilation solutions for operating rooms (ORs) to ensure the required indoor air quality. Recent studies have shown that there is little difference in the prevalence of surgical site infection (SSI) between LAF systems and MV systems. The objective of this study was to compare the performance of a LAF system and a MV system in ORs at St. Olavs hospital, Norway. In this study, all experimental measurements were conducted in real ORs at St. Olavs hospital in Trondheim, Norway. The results showed a wide range of air distribution patterns in the surgical microenvironment with both systems. Under operating conditions, the thermal plume from a lying patient and surgical staff may change the local airflow distribution in the surgical microenvironment in the OR with LAF. This indicates that MV may be a robust way to deliver airflow under disturbed conditions. This study suggests that the performance of LAF and MV needs to be evaluated regularly under real surgical procedures in Norwegian hospitals.

© 2006-2021 Wydawnictwo SIGMA-NOT Sp. z o.o.
All right reserved

1. Wstęp

Zakażenia miejsca operowanego (SSI), które są najczęstszymi zakażeniami szpitalnymi, prowadzą do znacznego obciążenia pacjenta i zwiększonych kosztów społecznych. Jakość powietrza w salach operacyjnych (OR), a zwłaszcza mikrośrodowisko chirurgiczne (rys. 1), odgrywa ważną rolę w zapobieganiu rozwojowi zakażeń miejsca operowanego (SSI). Jedno z wcześniejszych badań wykazało, że poprawa środowiska wewnętrznego budynku szpitalnego może zmniejszyć koszty związane z chorobami przenoszonymi drogą powietrzną o 9%-20% [1]. Obecnie w celu zapewnienia wymaganej jakości powietrza wewnętrznego w salach operacyjnych powszechnie stosuje się zarówno systemy laminarnego przepływu powietrza (LAF), jak i systemy wentylacji mieszającej (MV). Na rysunku 1 przedstawiono szkice sali operacyjnej z systemem mieszającym i systemem laminarnego przepływu powietrza.

Ostatnie badania wykazały, że istnieje niewielka różnica w częstości występowania SSI pomiędzy rozwiązaniami systemu LAF i MV. Niedawno opublikowane wytyczne WHO sugerują, że systemy LAF nie powinny być stosowane w celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia SSI u pacjentów poddawanych zabiegom całkowitej artroplastyki, ale wniosek ten jest dyskusyjny i oparty na zaleceniu warunkowym, o niskiej lub bardzo niskiej jakości dowodów [3]. W rzeczywistości w salach operacyjnych występuje wiele zjawisk przejściowych, które mogą powodować znaczące zmiany wzorców dystrybucji powietrza wewnętrznego w czasie. W wielu badaniach sprawdzono, jak różne czynniki wpływają na wydajność dwóch różnych systemów wentylacyjnych. W tabeli 1 podano podsumowanie tych wyników.

Przyczyną tych kontrowersyjnych wyników i sprzecznych wytycznych jest brak naukowego zrozumienia dynamicznego rozkładu w mikrośrodowisku chirurgicznym (patrz rys. 1) w salach operacyjnych w warunkach operacyjnych. Celem tego badania było porównanie działania systemów LAF i MV pod względem dystrybucji

przepływu powietrza w mikrośrodowisku chirurgicznym w salach operacyjnych szpitala St. Olavs.

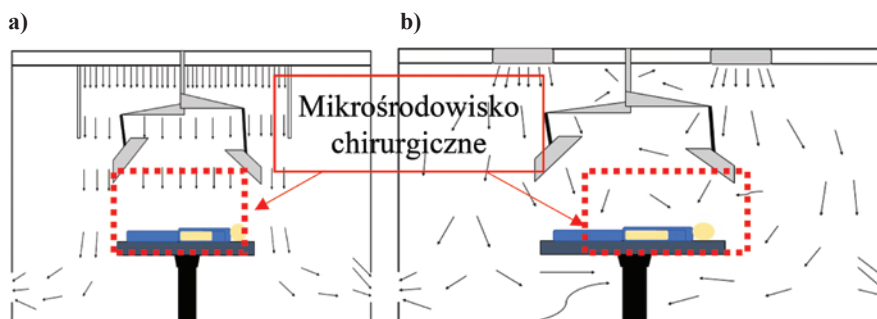
2. Metodyka

2.1. Stanowiska pomiarowe

W tym badaniu wszystkie pomiary przeprowadzono na dwóch salach operacyjnych w szpitalu St. Olavs w Trondheim w Norwegii. Sala operacyjna z LAF ma powierzchnię 56 m² z 11-metrową strefą laminarnego przepływu powietrza, która jest otoczona ścianami częściowymi o długości 1,1 m (patrz rys. 2). Podczas pomiarów eksperymentalnych system wentylacyjny pracował z pełnym obciążeniem, a temperatura w pomieszczeniu była zwykle ustawiona na 22°C. W trakcie pomiarów temperatura powietrza nawiewanego wynosiła 20±1°C. Zaprojektowany strumień powietrza nawiewanego do sali operacyjnej z LAF wynosił 10580 m³/h: w tym 4280 m³/h powietrza zewnętrznego i 6300 m³/h powietrza recyrkulowanego. Do symulacji pacjenta na sali operacyjnej wykorzystano manekina termicznego płci męskiej. Szczegółowy opis manekina termicznego można znaleźć w Cao et al. (2018) [7].

Sala operacyjna z systemem MV wyposażona była w cztery nawiewniki sufitowe. Usuwanie zużytego powietrza odbywało się przez dwa wyloty ścienne i jeden przy suficie. Sala operacyjna z systemem MV miała powierzchnię 59,7 m². We wszystkich scenariuszach temperatura zadana w sali wynosiła 22,0°C. Natężenie przepływu powietrza nawiewanego wynosiło 3700 m³/h, a wywiewanego 3600 m³/h. Podczas pomiarów do zmiany lokalizacji anemometrów użyto regulowanego statywu. Na statywie ustawiono pięć anemometrów w odległości 10 cm od siebie. Stojak umieszczano w trzech różnych pozycjach nad stołem operacyjnym: miednica, talia i klatka piersiowa. Na każdym przekroju dokonywano pomiarów na sześciu wysokościach: 5, 10, 15, 20, 25 i 30 cm nad powierzchnią położenia. Wysokości punktów pomiarowych zostały tak dobrane, aby prezentowały się w stosunku do ciała ludzkiego, które nie ma jednakowych wysokości w każdej części powierzchni ciała.

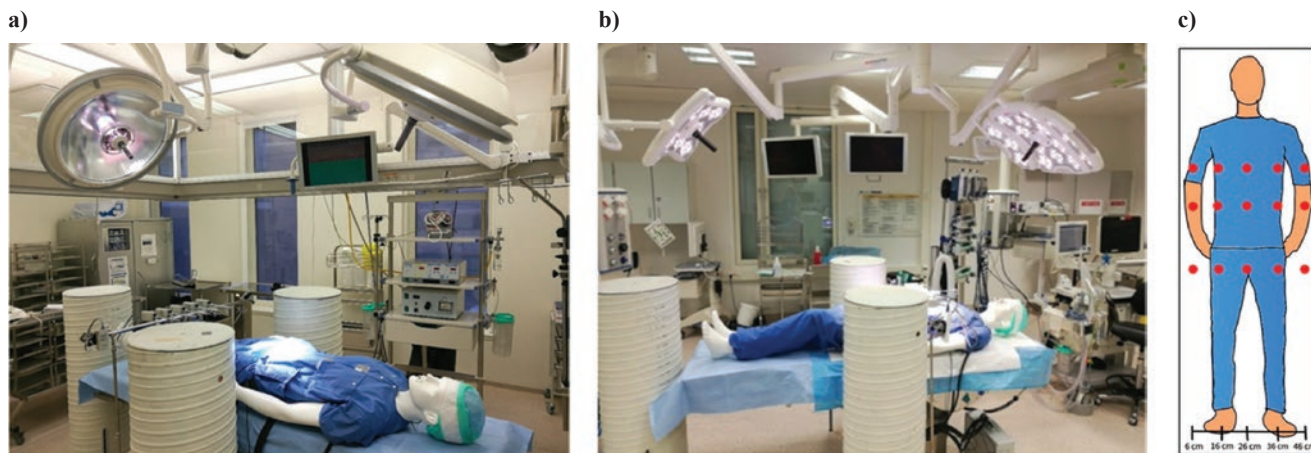
W niniejszym badaniu przeanalizowano dwa scenariusze (tabela 2), które obejmują cztery różne przypadki. W scenariuszu 1 (przypadki 1-2) zmierzono rozkład przepływu powietrza w salach operacyjnych z wykorzystaniem jedynie stołu operacyjnego jako przypadku referencyjnego. W scenariuszu 2 (przypadki 3-4) zmierzono rozkład przepływu powietrza w salach operacyjnych z pacjentem leżącym. Lamy operacyjne umieszczono z dala od strefy pomiarowej.



Rys. 1. Zasada działania systemów wentylacyjnych w salach operacyjnych: a) system laminarny pionowy (LAF), b) system wentylacji mieszającej (MV) [2]

TABELA 1. Porównanie LAF i MV [4]

Aspekty	LAF	MV
Pozycja stołu operacyjnego i zespołu operacyjnego pracującego w warunkach sterylnych	bardzo ważne. Określone granice pomiędzy strefą sterylną a otoczeniem.	nie tak ważne. Zaprojektowane, aby zapewnić równe warunki w całym pomieszczeniu.
Typ i umiejscowienie świateł	bardzo ważne [5]. Stwierdzono, że rozmieszczenie lamp ma kluczowe znaczenie dla rozkładu przepływu powietrza w pobliżu pacjenta.	mniej ważne. Mieszanie strumieni powietrza spowoduje rozcieńczenie stężenia zanieczyszczeń w całej sali operacyjnej.
Rozwiązania w zakresie systemu odzieży pracowniczej	bardzo ważne. W dużym stopniu decyduje o mocy źródła zanieczyszczeń od pracowników.	bardzo ważne. W dużym stopniu decyduje o mocy źródła zanieczyszczeń od pracowników. [6].



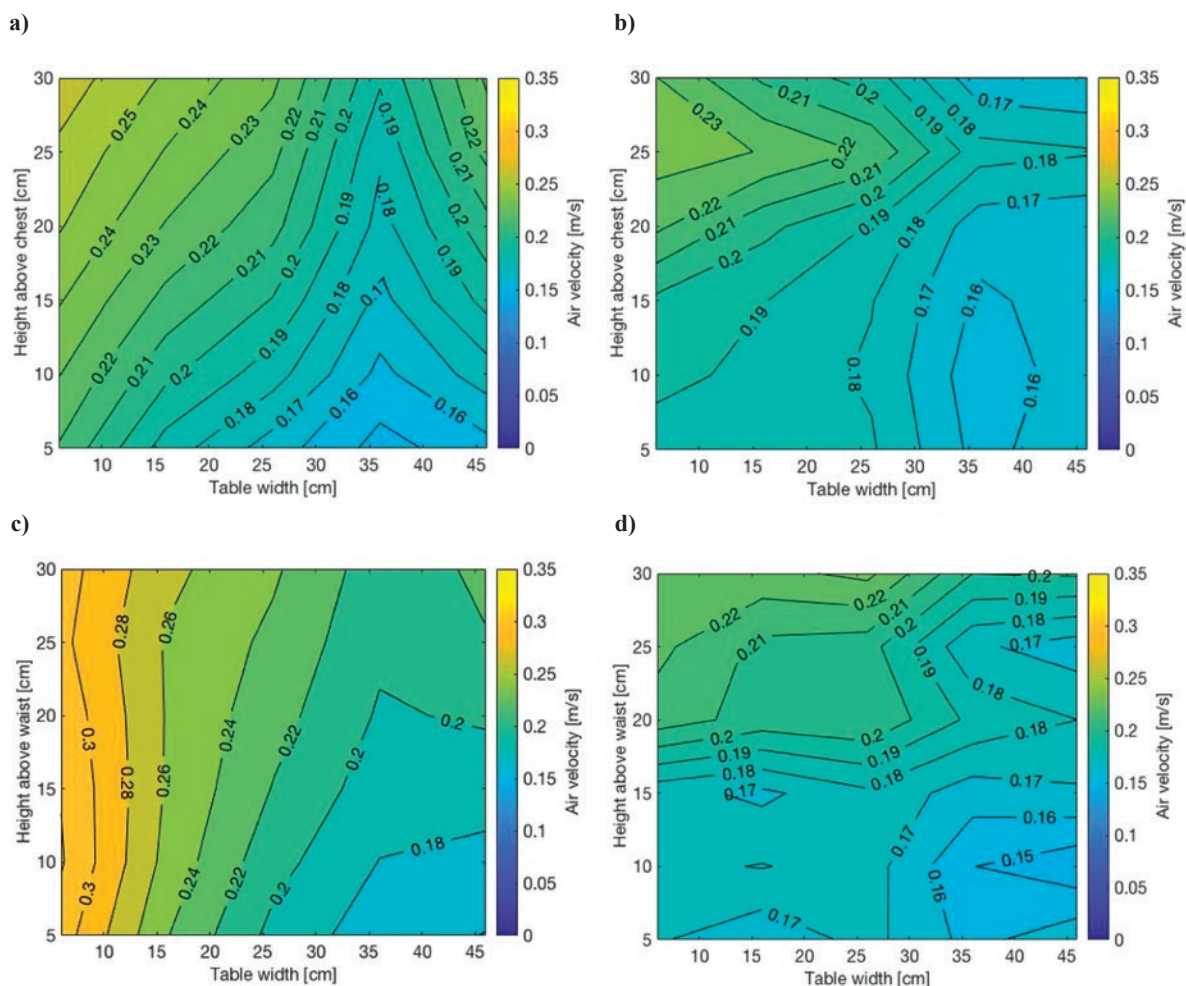
Rys. 2. Układ eksperymentalny: a) zdjęcie sali operacyjnej z LAF, b) zdjęcie sali operacyjnej z MV, c) zaznaczenie punktu pomiarowych [4]

TABELA 2. Scenariusze pomiarów eksperymentalnych

Scenariusze	Sprawy	Liczba pacjentów	Tryb wentylacji
S1	przypadek 1	0	LAF
	przypadek 2	0	MV
S2	przypadek 3	1	LAF
	przypadek 4	1	MV

2.2. Aparatura pomiarowa

System AirDistSys 5000 z pięcioma anemometrami wielokierunkowymi został użyty do pomiaru prędkości i temperatury powietrza przepływającego w pobliżu stołu operacyjnego. Zakres prędkości anemometrów wielokierunkowych SensoAnemo 5100 LSF wynosi 0,05-5,00 m/s z dokładnością $\pm 0,02$ m/s $\pm 1,5\%$ odczytów. Czas rejestracji dla każdego rzędu pomiarowego ustawiono na 3 minuty.



Rys. 3. Zmierzone kontury prędkości nad stołem operacyjnym w salach z LAF i MV – scenariusz S1 obejmujący przypadek 1 i przypadek 2: a) powyżej klatki piersiowej z systemem LAF, b) powyżej klatki piersiowej z systemem MV, c) powyżej pasa z systemem LAF, d) powyżej pasa z systemem MV

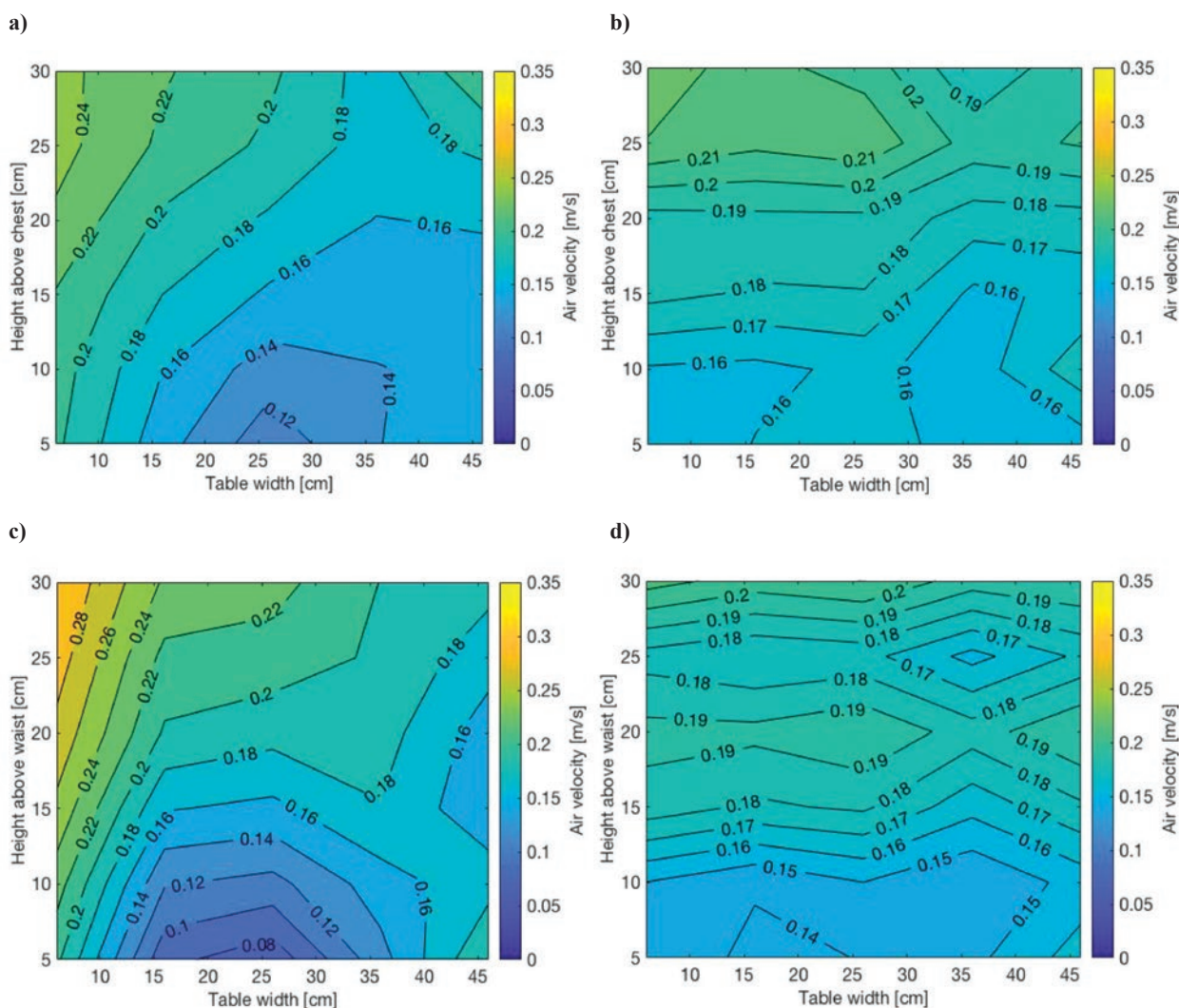
3. Wyniki

Zmierzony rozkład prędkości powietrza nad pustym stołem operacyjnym – Scenariusz S1

Na rysunkach 3 a-d przedstawiono rozkład prędkości nad pustym stołem operacyjnym w salach operacyjnych z LAF i MV. Rysunki 3a i 3b przedstawiają kontury prędkości nad klatką piersiową pacjenta w salach operacyjnych wyposażonych odpowiednio w LAF i MV. W przypadku systemu LAF prędkość nad klatką piersiową wynosi 0,15-0,26 m/s, co jest zbliżone do rozkładu prędkości w przypadku MV. Kontury prędkości w systemie LAF przedstawiają model przepływu powietrza w dół, a kontury prędkości w sali operacyjnej z MV przedstawiają model przepływu powietrza z bocznym podmuchem (od lewej do prawej). Na rysunkach 3c i 3d przedstawiono prędkości nad pasem w dwóch salach operacyjnych wyposażonych odpowiednio w LAF i MV. W sali OR z LAF minimalna wartość wynosi 0,18 m/s, a maksymalna 0,32 m/s. Uzyskane wyniki wskazują, że rozkład prędkości w tych dwóch systemach jest zróżnicowany. Rozkład prędkości powietrza w sali operacyjnej z LAF przypomina warstwowy strumień powietrza o malejącej prędkości przy zbliżaniu się do stołu operacyjnego. Rozkład prędkości w systemie MV jest bardziej zbliżony w różnych pozycjach.

Zmierzony rozkład prędkości powietrza nad jednym pacjentem – Scenariusz S2

Na rysunkach 4 a-d przedstawiono rozkład prędkości nad leżącym pacjentem w salach operacyjnych z LAF i MV. Na rysunki 4a i 4b przedstawiono kontury prędkości nad klatką piersiową pacjenta w salach operacyjnych wyposażonych odpowiednio w LAF i MV. W przypadku systemu LAF przedstawionego na rysunku 4a prędkość nad klatką piersiową wynosiła 0,12-0,24 m/s. Prędkość w pobliżu pacjenta była szczególnie niska (0,12 m/s) ze względu na wytwarzany przez niego pióropusz termiczny. Rysunek 4b przedstawia podobny rozkład w przypadku systemu MV, który generował nieco wyższą strefę prędkości (0,16 m/s), szczególnie w pobliżu klatki piersiowej. Rysunek 4c przedstawia rozkład prędkości powyżej pasa w sali operacyjnej wyposażonej w LAF. Widać na nim, że prędkość w pobliżu pacjenta stała się jeszcze niższa powyżej pasa, 0,08 m/s. Rozkład przepływu powietrza przypominający pióropusz może być spowodowany wznoszeniem się pióropusza termicznego od pacjenta. Jak widać na rysunku 4d, prędkość mierzona powyżej talii waha się w zakresie 0,14-0,20 m/s, co jest wartością podobną do tej z rysunku 4b, mierzonej powyżej klatki piersiowej.



Rys. 4. Kontury prędkości nad pacjentem leżącym w salach operacyjnych z LAF i MV – scenariusz S2 obejmujący przypadki 3 i 4: a) nad klatką piersiową z systemem LAF, b) nad klatką piersiową z systemem MV, c) nad talią z systemem LAF, d) nad talią z systemem MV

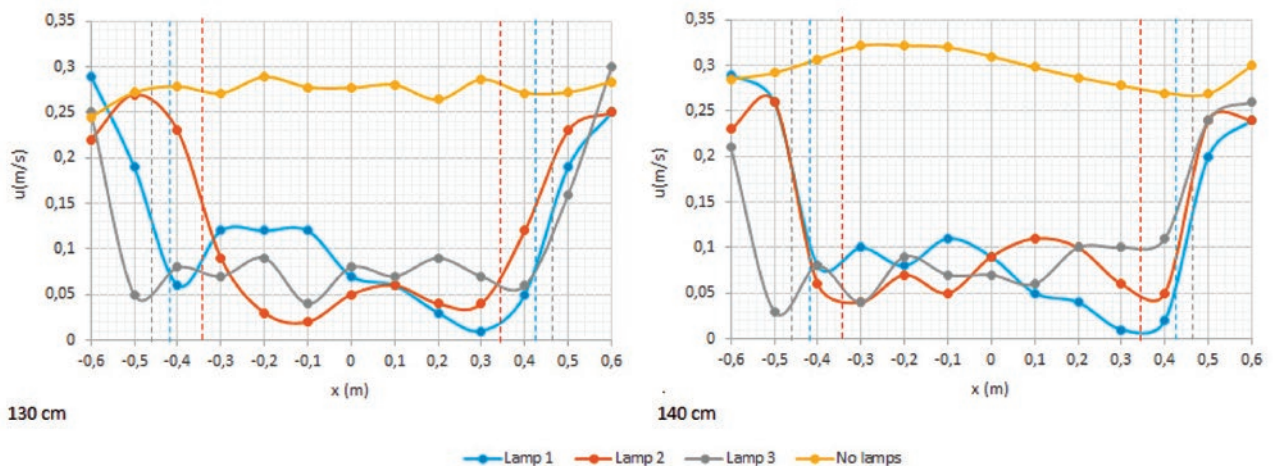
4. Dyskusje

Wpływ lamp chirurgicznych na dystrybucję przepływu powietrza

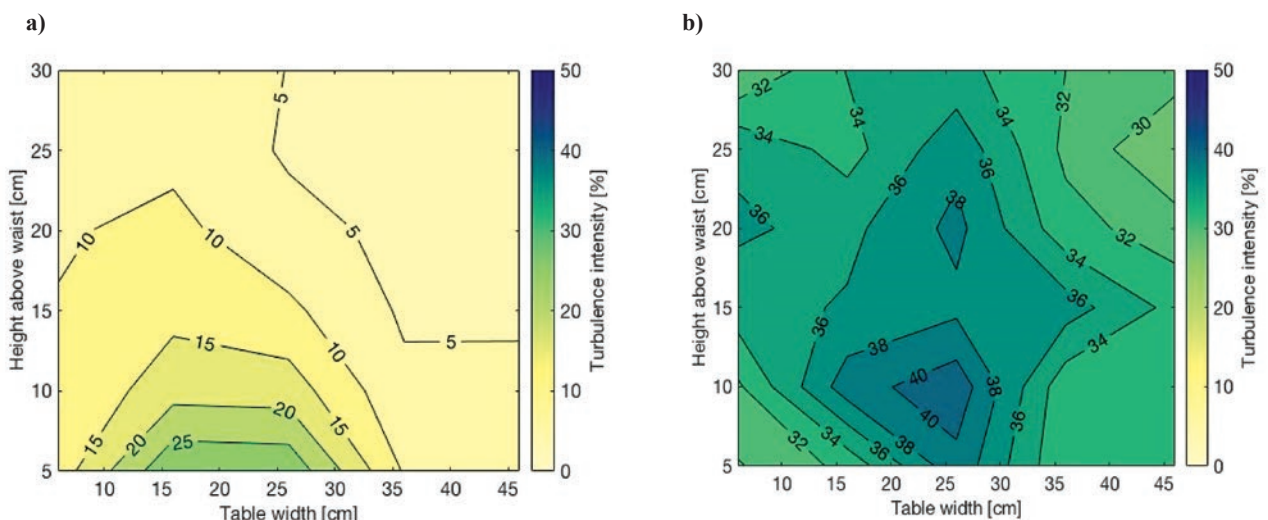
W niniejszym artykule przedstawiono jedynie wyniki pomiarów w salach operacyjnych bez użycia lamp chirurgicznych, które mogą znacząco wpływać na kształtowanie się przepływu powietrza. W jednym z wcześniejszych badań przedstawiono zmierzone profile prędkości powietrza powstałe pod lampami chirurgicznymi i bez lamp dla różnych wysokości [7] (pokazane na rysunku 5). Krawędzie lamp zaznaczone są liniami przerywanymi w tym samym kolorze, który został użyty do profili prędkości. Turbulentny przepływ powietrza powstający za światłami ilustruje szczelina utworzona pomiędzy zaznaczonymi na żółto punktami reprezentującymi prędkości zmierzone bez światła, a punktami zmierzonymi pod różnymi światłami chirurgicznymi – zaznaczonymi kolorami niebieskim, czerwonym i zielonym. Średnia wartość prędkości zmierzonych pod lampami chirurgicznymi wynosiła 0,07 m/s przy świetle nr 1 (niebieskim), 0,07 m/s przy świetle nr 2 (czerwonym) i 0,06 m/s przy świetle nr 3 (zielonym). Bez działania lamp chirurgicznych zmierzona prędkość powietrza wynosiła ponad 0,25 m/s.

Intensywność turbulencji w mikrośrodowisku chirurgicznym z MV i LAF

Oprócz rozkładu przepływu powietrza, w innym wcześniejszym badaniu badano intensywność turbulencji w mikrośrodowisku chirurgicznym przy użyciu MV i LAF [4]. Na rysunkach 6 a-b przedstawiono zmierzone rozkłady intensywności turbulencji powietrza nad leżącym pacjentem otoczonym przez trzech członków personelu chirurgicznego przy użyciu dwóch lamp chirurgicznych. Na rysunku 6a przedstawiono zmierzone natężenie turbulencji w sali operacyjnej z LAF. Wartości wahają się od 5 do 20% na wysokości 15 cm nad powierzchnią ciała. Najwyższe wartości, 20-25%, występują w odległości 10 cm od powierzchni ciała. Na rysunku 6b przedstawiono zmierzone kontury intensywności turbulencji powietrza w sali operacyjnej z MV, która waha się od 30% do 40% powyżej talii symulowanego pacjenta. Wyniki te wskazują, że poziom intensywności turbulencji powietrza w strumieniu nawiewanym z LAF jest znacznie niższy niż z MV. Spowodowane jest to mieszaniem się powietrza nawiewanego z powietrzem otoczenia w salach operacyjnych w mikrośrodowisku chirurgicznym.



Rys. 5. Zmierzone średnie profile prędkości z i bez wpływu lamp chirurgicznych na różnych wysokościach w salach operacyjnych [8]



Rys. 6. Kontury intensywności turbulencji powietrza nad leżącym pacjentem w otoczeniu trzech osób personelu operacyjnego z wykorzystaniem dwóch lamp operacyjnych: a) powyżej pasa z systemem LAF, b) powyżej pasa z systemem MV [4]

5. Wnioski

Rozkład powietrza w salach operacyjnych może ulegać znacznym zmianom w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, w których występują różne zakłócenia, w tym obiekty chirurgiczne, wewnętrzne źródła ciepła, pacjenci, personel chirurgiczny i różne monitory. Wspólną cechą schematu przepływu powietrza w salach operacyjnych z LAF lub MV jest to, że kontury prędkości zmieniają się drastycznie w każdym przekroju, co wskazuje na łączony wpływ wyposażenia chirurgicznego oraz strumienia ciepłego pacjenta i personelu chirurgicznego. Jednakże wydaje się, że lampy chirurgiczne mają większy wpływ na prędkość w systemie LAF niż w systemie MV. Niniejsze badanie dostarcza dowodów na to, że prędkość przepływu powietrza w mikrośrodoisku chirurgicznym wykazuje szeroki zakres wzorców w przypadku systemu LAF i MV. Pion termiczny leżącego pacjenta może w większym stopniu zmieniać rozkład przepływu powietrza w mikrośrodoisku chirurgicznym na sali operacyjnej z systemem LAF niż z systemem MV. Badanie to sugeruje, że należy ocenić działanie LAF i MV w warunkach różnych procedur chirurgicznych w szpitalach norweskich. Konieczne są dalsze badania w celu wyjaśnienia, w jaki sposób te różne wzorce przepływu powietrza wpływają na rozwój SSI. Należy przeprowadzić więcej eksperymentów z użyciem gazu znacznikowego, aby zbadać wpływ MV i LAF na wymianę ciepła i masy w mikrośrodoisku chirurgicznym.

Podziękowania

Autorzy bardzo doceniają współpracę z Operating Room of The Future (FOR) – szpital St. Olavs, który udostępnił prawdziwe sale operacyjne do pomiarów terenowych. Norweski Uniwersytet Nauki i Technologii zapewnił finansowanie rzeczowe w celu wsparcia pomiarów terenowych w szpitalu St. Olavs.

LITERATURA

- [1] A. Shajahan, C. H. Culp, B. Williamson. Effects of indoor environmental parameters related to building heating, ventilation, and air conditioning systems on patients' medical outcomes: Przegląd badań naukowych dotyczących budynków szpitalnych. *Indoor Air* 29 (2019) 161-176.
- [2] A.M. Nilssen, Charakterystyka rozkładu przepływu powietrza w bezpośredniej bliskości pacjenta na sali operacyjnej. Praca magisterska, Norwegian University of Science and Technology. 2018.
- [3] WHO Guideline, Global guidelines for the prevention of surgical site infection, World Health Organization 2016.
- [4] G.Y. Cao, A.M. Nilssen, Z. Cheng, L.I. Stenstad, A. Radtke, J.G. Skogås. Wentylacja z laminarnym przepływem powietrza i wentylacja mieszająca: co jest lepsze dla sal operacyjnych pod względem dystrybucji przepływu powietrza w pobliżu ortopedycznego pacjenta chirurgicznego? *American Journal of Infection Control* 47 (2019) 737-743.
- [5] H. Brohus, K. Balling, D. Jeppesen. Influence of movements on contaminant transport in an operating room. *Indoor Air* 16 (2006) 356-372.
- [6] A. Tammelin, B. Ljungqvist, B. Reinmüller. Comparison of three distinct surgical clothing systems for protection from air-borne bacteria: a prospective observational study. *Patient Safety in Surgery* 6 (2012) 23.
- [7] G.Y. Cao, M. Storås, A. Aganovic, L.I. Stenstad, J.G. Skogås. Do surgeons and surgical facilities disturb the clean air distribution close to a surgical patient in an orthopedic operating room with laminar airflow? *American Journal of Infection Control* 46 (2018) 1115-1122.
- [8] A. Aganovic, G.Y. Cao, L. I. Stenstad, J.G. Skogås. Wpływ oświetlenia chirurgicznego na rozkład prędkości i poziom zanieczyszczeń powietrza w sali operacyjnej z laminarnym przepływem powietrza. *Building and Environment* 126 (2017) 42-53.

Artykuł oryginalny został opublikowany w REHVA Journal: Guangyu Cao, Anders Mostrøm Nilssen, Hans Martin Mathisen, Yixian Zhang, Kai Xue, Liv-Inger Stenstad, Liv-Inger Stenstad, Andreas Radtkem, Jan Gunnar Skogås, Comparison of laminar and mixing airflow pattern in operating rooms of a Norwegian hospital, Volume: 56 Issue: 6 December 2019, str. 71-77.

Kongres CLIMA 2022

CLIMA 2022
REHVA 14th HVAC World Congress
22nd - 25th May, Rotterdam, The Netherlands

Get inspired.
Make connections.
Grow knowledge.

Register today



Kongres CLIMA to wiodący światowy kongres naukowy w dziedzinie ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC), który organizowany jest przez REHVA. Celem CLIMA 2022 jest zwrócenie uwagi na zmiany w świecie HVAC od teraz do 2030 roku. Podczas kongresu profesjonaliści spotkają się w miejscu, co umożliwi im znalezienie odpowiedzi na pytanie, jak zmienić wpływ HVAC na środowisko, aby nasze dzieci nadal żyły na pięknej planecie. Kongres daje możliwość wysłuchania inspirujących przemówień, referatów, wymiany pomysłów w sesjach interaktywnych oraz nawiązania kontaktu z profesjonalistami z całego świata.

Główne tematy, które zostaną poruszone podczas kongresu:

- Energia,
- Cyfryzacja,
- Zdrowie i komfort,
- Cyrkulacja,
- Nauka i edukacja.

W ciągu ostatnich lat CLIMA odwiedziło 10.000 naukowców, projektantów systemów HVAC, producentów, konsultantów systemów budowlanych i studentów z ponad 40 krajów. W ciągu ostatnich 14 edycji ponad 5000 prezentacji przyczyniło się do powstania przełomowych innowacji w technice instalacyjnej.

Szczegóły wydarzenia znajdują się tu:
<https://clima2022.org/>

Serdecznie zapraszamy do udziału!

#SzczegółySąWażne

– centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

PAWEŁ OLIJARCZYK

Funkcją celu systemu wentylacji i klimatyzacji w obiektach służby zdrowia jest zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza pod kątem pyłowym i mikrobiologicznym, a także utrzymanie parametrów termodynamicznych w zakresie komfortu. Rezultatem spełniania funkcji celu ma być m.in. redukcja wtórnych zakażeń, zmniejszenie ilości błędów personelu medycznego oraz przyspieszenie powrotu do zdrowia pacjentów.

Przeprowadzenie złożonego procesu obróbki i dystrybucji powietrza w sposób poprawny i efektywny energetycznie wymaga świadomych decyzji, zarówno na etapie projektu, realizacji jak i eksploatacji. Na każdym z tych etapów występuje szereg punktów krytycznych. Wiele z nich skupia się w centralach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, dlatego odpowiedzialny dobór tych urządzeń ma szczególne znaczenie dla powodzenia inwestycji.

Wyznaczenie strumienia objętości

Podstawowym kryterium prowadzącym do wyznaczenia strumienia objętości powietrza wentylacyjnego jest zagwarantowanie odpowiednich parametrów termodynamicznych w pomieszczeniu, z uwzględnieniem bilansu ciepła, wilgotności oraz granicznych wartości temperatury powietrza nawiewanego. W wypadku obiektów służby zdrowia kryterium to najczęściej nie znajduje zastosowania, ponieważ wyznaczone wartości są zazwyczaj mniejsze niż wartości wyznaczone na podstawie kolejnych kryteriów.

Szeroko stosowanym kryterium jest krotność wymian powietrza w zależności od klasy wentylowanego lub klimatyzowanego pomieszczenia [1]. Należy jednak pamiętać, że kryterium to można stosować wyłącznie do pomieszczeń, w których dopuszcza się wentylację mieszającą, z turbulentną dystrybucją powietrza nawiewanego. Dotyczy to pomieszczeń klas S1c i niższych S2-S4.

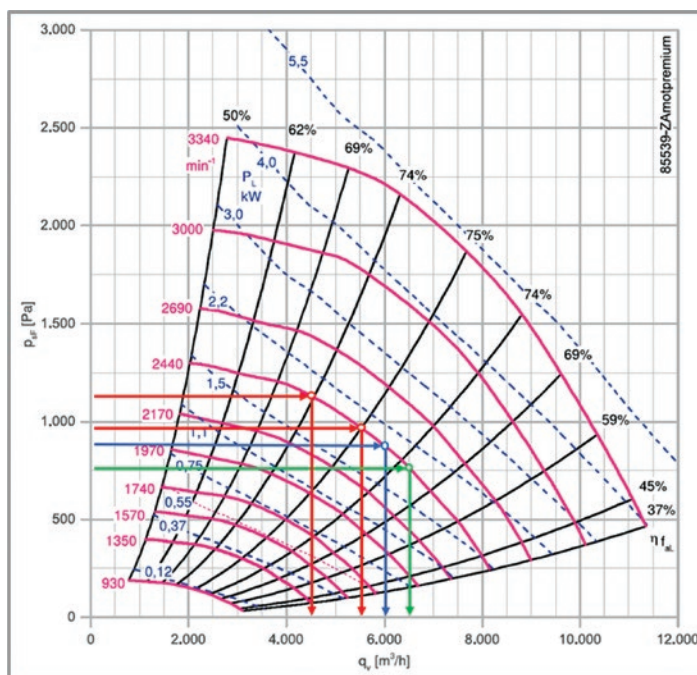
Dla pomieszczeń klasy S1a i S1b, gdzie zgodnie z wytycznymi [1] zaleca się stosowanie nawiewników laminarnych o powierzchni wypływu adekwatnej do klasy pomieszczenia, kryterium krotności wymian jest niewystarczające. Wyznaczenie przepływu dla tych linii powinno uwzględniać przepływ wymagany do poprawnej pracy nawiewnika laminarnego. Jego wartość będzie uzależniona od wielkości strefy ściśle chronionej i powiązanej z nią powierzchnią wypływu

laminarnego. W wielu przypadkach, dla sal operacyjnych w klasie S1a, gdzie powierzchnia ściśle chroniona wynosi min 9 m², krotność wymian może przekraczać nawet 40 h⁻¹. Brak odpowiedniej dyspozycji przepływu nawiewnika laminarnego prowadzi do obniżenia prędkości wypływu, skrócenia strugi i w konsekwencji braku dopływu uzdatnionego powietrza w obręb operowanego pacjenta. Spełnienie tych warunków umożliwia uzyskanie czystości pyłowej w strefie ściśle chronionej na poziomie ISO-5, właściwej dla pomieszczeń wysoko aseptycznych S1a i S1b.

Stała skuteczność wentylacji i klimatyzacji

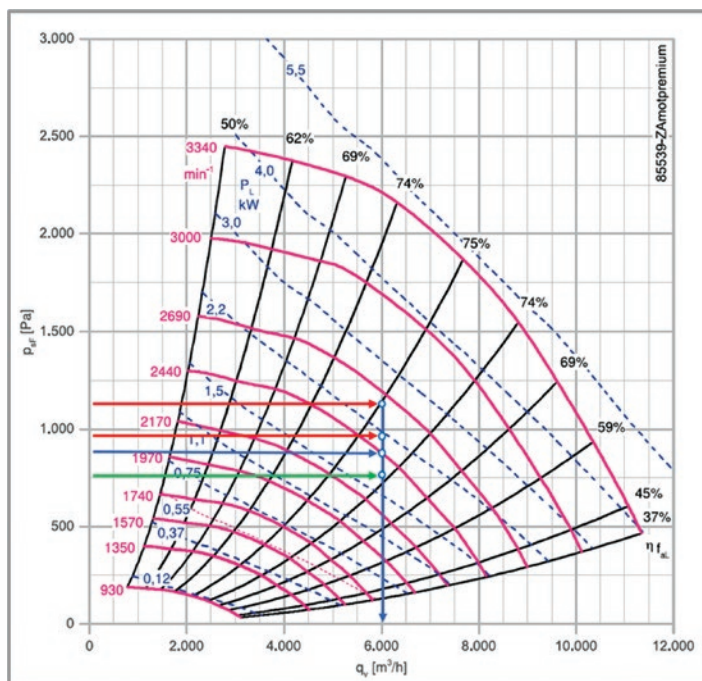
Kaskada ciśnień pomiędzy pomieszczeniami o różnych klasach czystości jest zazwyczaj realizowana przez zróżnicowanie strumieni objętości powietrza nawiewanego i wywiewanego. W trakcie projektowania należy jednak pamiętać, że podczas eksploatacji parametry hydraulicznego punktu pracy ulegają zmianie.

Zgodnie z zapisami Rozporządzenia Komisji (UE) nr 1253/2014 centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne muszą być wyposażone jedynie w układ bezstopniowej regulacji prędkości obrotowej wentylatora [8]. Nie jest to



Rys. 1. Migracja punktu pracy przy stałej charakterystyce wentylatora [10]

mgr inż. Paweł Olijarczyk; polijarczyk@klimor.com
Klimor, Product Manager AHU



Rys. 2 Migracja punktu pracy przy adaptacji mocy wentylatora do zmiennych oporach w celu utrzymania stałego wydatku [10]

jednak tożsame z wymaganiem stosowania nadążnej korekty mocy wentylatorów pod wpływem zmiany parametrów punktu pracy. W wielu przypadkach regulator obrotów (sterownik silnika EC lub przetwornik częstotliwości silnika asynchronicznego) służy wyłącznie do nastawy stałej prędkości obrotowej. Pod wpływem eksploatacyjnego wzrostu oporu filtrów, hydrauliczny punkt pracy będzie przesuwiał się po stałej charakterystyce wentylatora w kierunku zwiększonego sprężu i malejącego przepływu.

W konsekwencji nierównomiernego spadku przepływu w różnych liniach nawiewnych i wywiewnych:

- spadnie czystość powietrza w pomieszczeniach o wyższych klasach,
- skróci się zasięg strugi nawiewników, w tym nawiewników laminarnych,
- zostanie zaburzona kaskada ciśnień pomiędzy pomieszczeniami o różnych klasach czystości.

Zgodnie z wytycznymi [1] centrale wentylacyjne powinny gwarantować stałą wydajność.

Realizacja tego zalecenia polega na nadążnej zmianie prędkości obrotowej w funkcji rzeczywistych, całkowitych oporów instalacji, w tym filtrów ulokowanych w centrali oraz filtrów peryferyjnych zlokalizowanych na zakończeniach linii (rys. 2).

Należy zwrócić uwagę zarówno na zastosowanie wyżej opisanej funkcji utrzymania stałego wydatku w automatyce jednostki jak i na dobór mocy wentylatorów z uwzględnieniem wzrostu oporu filtrów.

Efektywność energetyczna

Systemy wentylacji i klimatyzacji stanowią istotny udział w zużyciu energii oraz kosztach eksploatacji obiektów służby zdrowia. Przyczynia się do tego m.in.:

- duża wydajność – wynikająca z krotności wymian adekwatnie do klasy czystości pomieszczeń,
- wysokie opory przepływu – spowodowane rozległą instalacją, wielostopniową filtracją i rozbudowaną obróbką termodynamiczną,

- długi czas pracy z pełną wydajnością – obejmujący nie tylko czas prowadzenia czynności medycznych, ale także czas przed rozpoczęciem i po ich zakończeniu.

Optymalizacja układu jest ograniczona jasno sprecyzowanymi warunkami brzegowymi opisanymi w wytycznych [1]. Nie jest możliwa m.in. redukcja klas filtracji lub krotności wymian.

Obniżenia zużycia energii i kosztów eksploatacyjnych można poszukiwać w obniżaniu oporów systemu. W skład tych oporów wchodzi opory instalacji, opory peryferyjnych filtrów (np. EPA11 lub HEPA13) oraz opory wewnętrzne centrali wentylacyjnej lub klimatyzacyjnej. Obserwując ich rozkład w różnych instalacjach można zauważyć, że opory wewnętrzne centrali mogą stanowić nawet 300% pozostałych oporów instalacji. Jest to wartość, której należy się przyjrzeć.

Podstawowym sposobem na redukcję oporów jest dobór optymalnego przekroju jednostki. Ma on kluczowe znaczenie na opory wszystkich podzespołów, przez które przepływa powietrze w trakcie całego okresu eksploatacji.

Rozwazze należy także poddać zastosowanie nagrzewnicy I stopnia (tzw. zimowej) przy realizacji procesu termodynamicznego osuszania z użyciem nagrzewnicy II stopnia (tzw. letniej). Niegdyś stosowanie dwóch nagrzewnic było uzasadnione dużą

dysproporcją mocy, spowodowaną niskosprawnym odzyskiwaniem ciepła oraz ograniczeniami regulacyjnymi armatury i pomp obiegowych. Obecnie, za sprawą wysoko sprawnego odzyskiwania ciepła, nagrzewnice I i II stopnia mają zbliżone moce, jakość regulacji znacząco się poprawiła, zatem istnieją przesłanki do rozważenia stosowania w takich układach tylko jednej nagrzewnicy, naturalnie ulokowanej za chłodnicą. Powyższa optymalizacja nie znajduje zastosowania w układach, w których dla chłodnicy nie przewidziano czynnika o obniżonej temperaturze krzepnięcia, a nagrzewnica I stopnia stanowiła dopełnienie zabezpieczenie przed zamrożeniem.

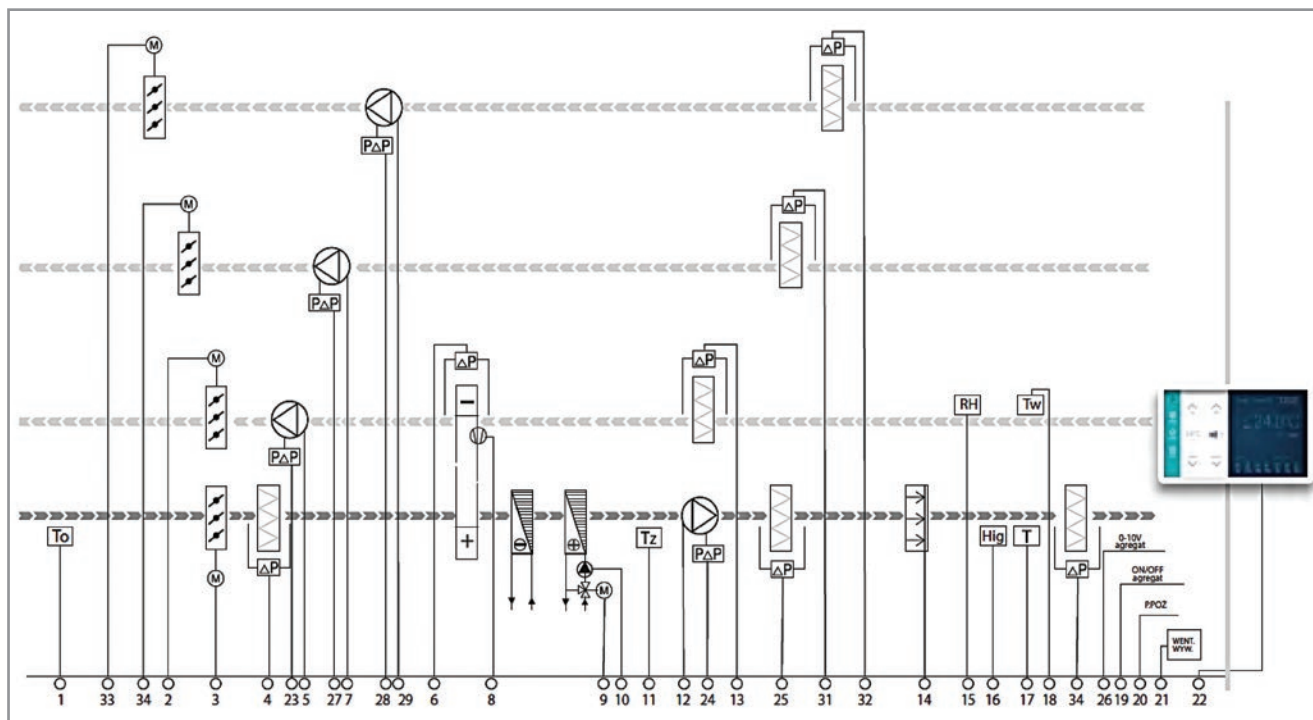
Ograniczenie oporów w naturalny sposób prowadzi do obniżenia mocy wentylatorów, a tym samym obniżenia poboru energii elektrycznej. Dodatkową korzyścią jest obniżenie mocy akustycznej jednostki.

Innym sposobem optymalizacji zużycia energii i kosztów eksploatacji jest zastosowanie recyrkulacji. Zmniejszenie strumienia powietrza zewnętrznego obniża nakłady na obróbkę termodynamiczną. Należy jednak pamiętać, że zgodnie z zapisami rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [9] w budynku opieki zdrowotnej recyrkulacja powietrza może być stosowana tylko za zgodą i na warunkach określonych przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego.

Recyrkulacja może być realizowana bezpośrednio w stropach laminarnych, jednak z uwagi na ograniczenia architektoniczne oraz rosnącą pod wpływem zabrudzenia filtrów moc akustyczną, zastosowanie tego typu rozwiązań często zostaje odrzucone.

Alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie dedykowanych modułów recyrkulacyjnych ulokowanych w bezpośrednim sąsiedztwie obsługiwanego pomieszczenia lub odpowiednio skonfigurowanych central w wykonaniu higienicznym ulokowanych w maszynowni.

Niezależnie od sposobu realizacji recyrkulacji należy zastosować system sterowania (rys. 3), który będzie regulował pracą przepustnic i mocą wentylatorów w sposób spójny, w zależności od cyklu pracy bloku operacyjnego [2].



Rys. 3. Schemat automatyki centrali klimatyzacyjnej współpracującej z dwoma modułami recyrkulacyjnymi [2]

Wizualna ocena stanu filtra

Podstawowym sposobem oceny stanu zabrudzenia filtrów jest pomiar spadku ciśnienia. Wartości graniczne z punktu widzenia wytrzymałości filtra określa norma PN-EN 16890:2017. Są to wartości wysokie, stąd w normie PN-EN 13053:2020 określono niższe zalecane opory końcowe.

W centrali higienicznej ocena stanu zabrudzenia wyłącznie na podstawie pomiaru spadku ciśnienia jest niewystarczająca, m.in. uniemożliwia jednoznaczną weryfikację integralności filtra, która może zostać przerwana z powodu wady wkładu filtracyjnego, błędnego osadzenia w trakcie montażu lub z powodu przekroczenia oporów maksymalnych. Dlatego w centralach o podwyższonych wymaganiach higienicznych zaleca się stosowanie okien rewizyjnych i oświetlenia [1],[6]. Należy przy tym zwrócić uwagę, że okno rewizyjne powinno znajdować się w wydłużonej części sekcji, po brudnej stronie filtra. Taka lokalizacja eliminuje przysłonięcie okna przez materiał filtra kieszeniowego lub ramę filtra mini-pleat (rys. 4).



Rys. 4. Centrala klimatyzacyjna – sekcje filtrów powiększone o przestrzeń rewizyjną po stronie brudnej

Zabezpieczenie przed porywaniem skroplin

W trakcie procesu obróbki powietrza w centralach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych dochodzi do kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu. Niezależnie, czy proces kondensacji jest procesem wiodącym (osuszanie termodynamiczne), czy ubocznym (chłodzenie powietrza nawiewanego, rekuperacyjne odzyskiwanie ciepła) centrala powinna być przygotowana do przechwytywania porywanych skroplin przez przepływające powietrze i niezwłoczne odprowadzenie ich na zewnątrz jednostki. Intensywność porywania kropli będzie rosła wraz ze wzrostem rzeczywistej prędkości przepływu powietrza pomiędzy lamelami, spowodowanym większą ilością kondensatu, np. w wyniku obniżenia oczekiwanych parametrów termodynamicznych w pomieszczeniu lub ich wzrostu w powietrzu zewnętrznym. Woda zalegająca w zakamarkach centrali lub w instalacji, przy utrzymaniu wysokiej temperatury stanowi idealne środowisko do rozwoju jednostek chorobotwórczych, obniżających jakość powietrza w wentylowanych lub klimatyzowanych pomieszczeniach.

Rozwiązaniem tego problemu jest stosowanie odkraplaczy umieszczonych nad tacą ociekową, za odrębnym panelem rewizyjnym, najlepiej z bulajem rewizyjnym i oświetleniem w celu umożliwienia wizualnej oceny stanu elementów (rys. 5).

Niezależny dostęp do odkraplacza pozwala na jego wysunięcie do okresowego czyszczenia bez konieczności opróżniania i demontażu instalacji zasilającej chłodnicę, a tym samym obniża czas i koszty przeglądów, które w przypadku central higienicznych należy wykonywać znacznie częściej.

Dostęp do elementów centrali

Centralne higieniczne powinny być przystosowane do częstego mycia. Do tej czynności konieczny jest dostęp do wszystkich elementów obróbki powietrza. Dostęp do większości z nich jest możliwy przez otwierane lub zdejmowane panele rewizyjne (rys. 6).

Wyjątek stanowią sekcje wymienników, których króćce przechodzące przez panele obudowy blokują możliwość swobodnego otwarcia sekcji i wysunięcia elementu. W celu uniknięcia czasochłonnego i kosztownego demontażu instalacji zasilającej należy przewidzieć niezależne sekcje rewizyjne pomiędzy wymiennikami. Tego typu rozwiązanie daje duży komfort serwisowy, ale wydłuża urządzenie, co niekiedy wykracza poza ramy architektoniczne maszynowni.

Rozwiązaniem kompromisowym jest zastosowanie w sąsiedztwie wymienników sekcji z wsadami łatwymi do wyjęcia w czasie czynności serwisowych, np. filtry, odkraplacz (rys. 7).

Podsumowanie

W artykule skupiono się wyłącznie na wybranych kwestiach wpływających na higieniczną i efektywną energetycznie eksploatację central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Z uwagi na specyfikę obsługiwanych pomieszczeń należy pamiętać o szczegółach, które będą miały wpływ na wspomniane we wstępie – pyłową i mikrobiologiczną jakość powietrza oraz poczucie komfortu. Każdy z tych elementów ma wpływ na zdrowie i życie, zarówno pacjentów jak i personelu służby zdrowia.

LITERATURA

- [1] Charkowska A., Różycki A., Lenarski R., Sobierajska A., Wytyczne projektowania, wykonania, odbioru i eksploatacji systemów wentylacji i klimatyzacji dla podmiotów wykonujących działalność leczniczą, Warszawa 2018.
- [2] Klimor, Przewodnik projektowy: Klimor EVOLution 2020, Gdynia 2020.
- [3] Norma DIN 1946-4:2018 Ventilation and air conditioning – Part 4: Ventilation in buildings and rooms of health care, English translation of DIN 1946-4:2018.
- [4] Norma PN-EN 13053:2020, Wentylacja budynków – Centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne – Klasyfikacja i charakterystyki działania urządzeń, elementów składowych i sekcji.
- [5] Norma PN-EN ISO 16890:2017, Przeciwpyłowe filtry powietrza do wentylacji ogólnej.
- [6] Państwowy Zakład Higieny, Wymagania w zakresie dokumentacji niezbędnej do procesu atestacji dla wyrobów do wentylacji/klimatyzacji/ogrzewnictwa oraz wyrobów oświetleniowych/urządzeń sto-



Rys. 5. Centrala klimatyzacyjna – wysuwany odkraplacz zabudowany za niezależnym panelem rewizyjnym



Rys. 6. Centrala klimatyzacyjna – pełny dostęp do rekuperatora krzyżowo-przeciwprądowego i odkraplacza, zabudowa nad ściśle zintegrowaną z podłogą trójspadową tacą ociekową



Rys. 7. Centrala klimatyzacyjna – obustronny dostęp do chłodnicy i nagrzewnicy

- sowanych do dezynfekcji pomieszczeń i powietrza (.), Warszawa 2021.
- [7] Porowski M., Szczehowiak E., Klimatyzacja pomieszczeń czystych, Poznań 1999.
- [8] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1253/2014 z dnia 7 lipca 2014 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla systemów wentylacyjnych.
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U.2002.75.690 z późniejszymi zmianami.
- [10] Ziehl-Abegg, Centrifugal fans main catalogue with IEC standard motor, Künzelsau 2018.



Systemair – pierwszy na świecie producent oferujący certyfikat EUROVENT dla higienicznych central wentylacyjnych Geniox

Zakażenia w szpitalach są wszechobecną rzeczywistością, a przypadki, w których te infekcje prowadzą do poważnych komplikacji, są najgorszym koszmarem każdego zakładu opieki zdrowotnej. Zasadniczym celem szpitali jest ochrona życia. Niestety, nie łatwo jest nam ustrzec się przed wszechobecnymi drobnoustrojami i wirusami, które dodatkowo bardzo szybko mutują. Krytyczne obszary, w których ryzyko wystąpienia infekcji jest szczególnie wysokie, to w szczególności sale operacyjne oraz oddziały intensywnej terapii.

Krytyczny charakter tych przestrzeni dodatkowo podnosi znaczenie systemów mechanicznych szpitala, które

muszą zapewnić odpowiednią czystość powietrza. Nie byłoby to możliwe bez dobrze zaprojektowanych systemów wentylacyjnych. Szpitale powinny być higieniczne począwszy od samego wejścia, a takie wyjątkowe wymagania należy uwzględnić już na etapie projektu architektonicznego.

Poszczególne obszary muszą być sterylne i podzielone na strefy. Strefy czyste powinny być odizolowane od pozostałych części szpitali przy użyciu materiałów budowlanych oraz urządzeń zapewniających całkowitą szczelność. W pomieszczeniach takich jak sale operacyjne, czy oddziały intensywnej terapii, konieczna jest





kontrola poziomu stężenia zakaźnych cząstek stałych oraz patogenów, jak również prędkości przepływu powietrza. Oznacza to, że podczas projektowania systemów wentylacyjnych należy wziąć pod uwagę filtrację oraz schemat przepływu powietrza.

Złe zaprojektowane lub już istniejące systemy wentylacyjne mogą przyczynić się do rozprzestrzeniania mikroorganizmów i infekcji. Na przykład słaba kontrola różnicy ciśnień w izolatkach lub salach operacyjnych może prowadzić do dalszych infekcji.

Obiekty opieki zdrowotnej są dużo bardziej rygorystyczne jeśli chodzi o wymagania dotyczące systemów wentylacyjnych. Właściwy system pomaga kontrolować poziom stężenia zakaźnych cząstek stałych i skraca czas ich przebywania w powietrzu, zmniejszając w ten sposób możliwość zakażenia pacjentów.

Systemair doskonale rozumie wymagania stawiane szpitalom. Wszystkie centrale wentylacyjne Geniox pozwalają na wiele opcji higienicznych. Oprócz certyfikacji **VDI 6022-1**, Systemair jest pierwszym producentem na świecie, który posiada **Eurovent Certified Performance** dla „higienicznych central wentylacyjnych” Geniox (Hygienic Air Handling Units HAHU)!

Centralne wentylacyjne Geniox mogą sprostać każdemu wymaganiu projektowemu, od małych zakresów przepływu powietrza po najwyższe poziomy specyfikacji. Nasze centrale są zawsze w wykonaniu higienicznym, mają wysoką klasę odporności korozyjnej C4 i można je skonfigurować jako centrale z certyfikatem Eurovent HAHU

lub VDI 6022-1 w szybki, łatwy i zautomatyzowany sposób za pomocą programu doboru SystemairCAD.

#HygienicByDesign to spełnienie określonych wymagań projektu:

- Centrale wentylacyjne Geniox posiadają 2 gwiazdki w rankingu **Eurovent HAHU**, który jest porównywalny z **VDI 6022-1** oraz podobnymi wymogami krajowymi.
- Wszystkie modele central Geniox mogą zostać skonfigurowane w jednostce certyfikowanej przez Eurovent HAHU lub VDI 6022-1 w prosty, zautomatyzowany sposób przy użyciu oprogramowania doborowego **SystemairCAD**.
- Wszystkie centrale Geniox są w wykonaniu higienicznym, co oznacza, że mają **wysoką klasę odporności korozyjnej C4**, a wszystkie elementy obudowy wykonane z tworzywa sztucznego znajdują się w strumieniu powietrza spełniają wymagania **ISO 846**.
- W przypadku projektów o wysokich wymaganiach higienicznych, takich jak medyczne pomieszczenia czyste, Systemair posiada szeroką gamę central wentylacyjnych, w tym HH Flex, Flexline (FL NG) i KA.

W świetle rosnącej świadomości współczesnego społeczeństwa odnośnie do jakości powietrza w pomieszczeniach (*Indoor Air Quality IAQ*), Systemair uważa, że wszystkie centrale wentylacyjne (AHU) powinny być **#HygienicByDesign**. Jesteśmy przekonani, że wykonanie higieniczne powinno być standardem we wszystkich urządzeniach wentylacyjnych, a nie tylko w urządzeniach przeznaczonych do zastosowań krytycznych.



Aleksandra Słonecka
Product Manager AHU

Równoważenie przepływów oraz stopniowanie ciśnienia powietrza w pomieszczeniach laboratoryjnych

ZBIGNIEW KOWALSKI

W pomieszczeniach laboratoryjnych standardowa wentylacja, która opiera się na nawiewie oraz wyciągu bytowym, może nie spełniać wymagań dotyczących jakości powietrza oraz bezpieczeństwa pracy. W laboratoriach chemicznych podczas pracy z wieloma substancjami mogą się wydzielać gazy szkodliwe dla zdrowia i życia. Aby chronić personel laboratoryjny, należy stosować różnego rodzaju środki ostrożności.

Jednym z takich środków jest prowadzenie reakcji chemicznych w przystosowanych do tego celu urządzeniach wyciągowych, zwanych dygestoriami. W tym przypadku pracownika oddziela od przestrzeni roboczej przezroczyste okno dygestorium, które przesuwają się zwykle w kierunku pionowym. Jeżeli w czasie wykonywania pracy dojdzie do nieprzewidzianego zdarzenia, to niebezpieczna kropla cieczy lub cząstka innego zanieczyszczenia zatrzyma się na szybie. Następną ważną funkcją dygestorium jest ciągłe odprowadzanie oparów znajdujących się w komorze.

Aby urządzenie spełniało swoją funkcję, to musi być przyłączone do instalacji wentylacji wyciągowej. Wymagania dotyczące wyciągów laboratoryjnych o zmiennej objętości powietrza podano w normie PN-EN 14175. Urządzenie wyciągowe powinno usuwać powietrze w ilości zależnej od stopnia otwarcia okna. W praktyce stopień otwarcia okna dygestorium określa się za pomocą potencjometru linkowego przymocowanego do przeciwwagi okna.

Na podstawie stopnia otwarcia okna sterownik dygestorium dobiera wymaganą wartość strumienia objętości powietrza, tak aby utrzymać stałą prędkość przepływu powietrza w szczelinie okna dygestorium. Do pomiaru strumienia objętości przepływającego powietrza stosowane są przetworniki ciśnienia. Na listwie pomiarowej regulatora VAV mierzona jest różnica między całkowitym a statycznym ciśnieniem powietrza, a następnie na podstawie tej wielkości sterownik określa wartość strumienia objętości przepływającego powietrza. Wykorzystując regulator PID, można w taki sposób dobrać kąt otwarcia kłapy regulatora, aby rzeczywisty przepływ powietrza odpowiadał wartości zadanej.

Elementem wykonawczym w instalacji wyciągowej z dygestorium, oprócz kłapy regulatora z siłownikiem, może być również wentylator z płynną regulacją prędkości

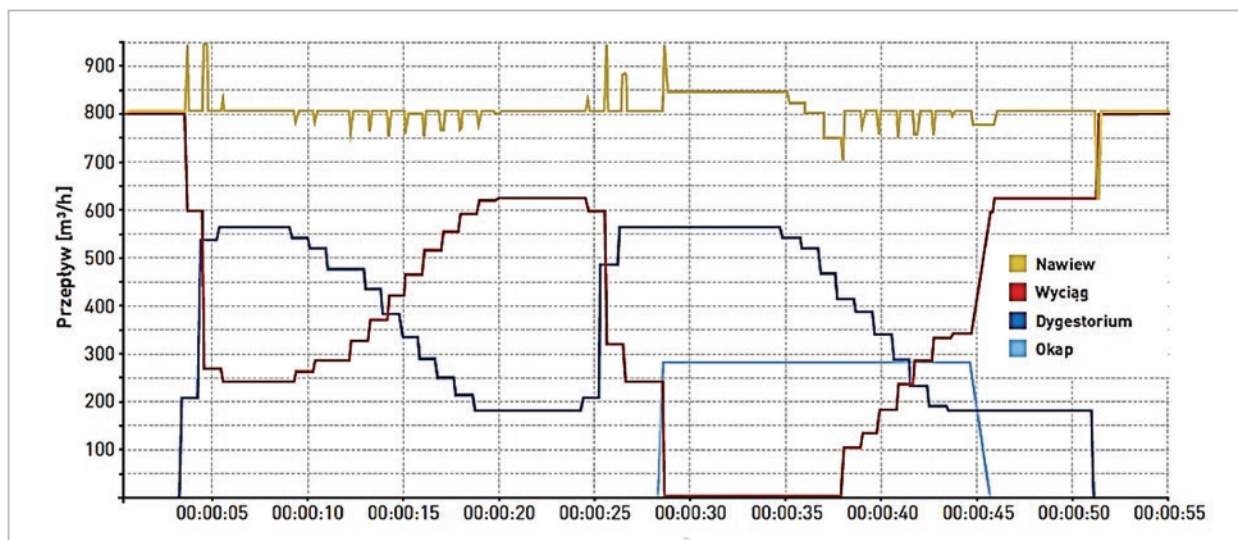
obrotowej wirnika. W przypadku dygestorium z regulatorem zaleca się zastosowanie siłowników szybkiego działania o czasie regulacji ok. 3 s. Zbyt wolna regulacja przepływu może spowodować spadek prędkości przepływu powietrza w szczelinie okna dygestorium, a w konsekwencji wydostanie się zanieczyszczeń poza komorę roboczą. Niedopuszczalne jest również, aby z powodu zbyt dużej prędkości regulacji regulator VAV zamknął się całkowicie, co może skutkować cofnięciem się zanieczyszczeń z instalacji wyciągowej do komory roboczej.

W przypadku sterowania przepływem powietrza za pomocą regulatora VAV jego siłownik ogranicza powierzchnię przepływu powietrza, co zmniejsza strumień objętości powietrza, ale powoduje zwiększenie oporów. W aspekcie zużycia energii korzystniejszym rozwiązaniem jest regulacja prędkości obrotowej wirnika wentylatora. Jednak jest to niemożliwe, gdy do jednego wentylatora podłączonych jest kilka dygestoriów. Pozostaje wtedy możliwość zastosowania układu składającego się zarówno z regulatorów VAV, jak i wentylatora. Każdy regulator ustawia osobno przepływ powietrza przez dane dygestorium, a prędkość obrotowa wirnika wentylatora regulowana jest w zależności od sumy wartości zadanych na przyłączonych do niego dygestoriach. Taki sposób sterowania zmniejsza efekt dławienia, a w konsekwencji także hałas w instalacji oraz koszty jej użytkowania.

Jeżeli różnica między zadaną a bieżącą wartością strumienia objętości przepływającego powietrza będzie większa niż 5% wartości zadanej, to automatyka dygestorium powinna zaalarmować użytkownika za pomocą sygnału świetlnego oraz dźwiękowego, przy czym powinna istnieć możliwość wyciszenia sygnału dźwiękowego. Wysokość komory roboczej dygestorium ponad blatem roboczym powinna wynosić 500 mm. Jest to również wysokość, do której przepływ powietrza będzie się zmieniał w sposób liniowy.

Konstrukcja okna dygestorium nie powinna umożliwiać otwarcie okna powyżej maksymalnego otwarcia roboczego, z wyjątkiem świadomego działania użytkownika. W praktyce do okna dygestorium montowany jest ogranicznik jego otwarcia, przy czym okno można podnieść jedynie po zwolnieniu blokady. Otwarcie okna powyżej wartości ograniczonej skutkuje uruchomieniem alarmu. Okno dygestorium należy również zabezpieczyć przed całkowitym zamknięciem, a między blatem roboczym a dolną krawędzią okna powinna pozostać powierzchnia zapewniająca minimalny przepływ powietrza.

mgr inż. Zbigniew Kowalski; z.kowalski@smay.eu
Inżynier Automatyk Firma: SMAY Sp. z o.o.



Rys. Równoważenie (kompensacja) przepływów powietrza w laboratorium

W laboratoriach stosowane są także urządzenia wyciągowe innego rodzaju – odciągi technologiczne. Załączają się one tylko podczas wykonywania prac, przy których wydzielają się opary szkodliwe dla zdrowia. Odciągi technologiczne mogą być ustawione w trybie czuwania, czyli najczęściej z całkowicie zamkniętym przepływem, lub w trybie pracy. Z uwagi na brak szczególnych wymagań co do szybkości regulacji można w nich stosować siłowniki wolne.

Dodatkowe urządzenia wyciągające powietrze mogą powodować powstanie podciśnienia w pomieszczeniach, w których się znajdują. Podciśnienie może być tym większe, im większe będą przepływy powietrza w dygestoriach lub odciągach technologicznych, im większa będzie liczba wspomnianych urządzeń oraz im mniejsza będzie kubatura pomieszczeń, w których są one zainstalowane. Podciśnienie w pomieszczeniach laboratoryjnych może być niekorzystne szczególnie w obiektach, w których wymagana jest wysoka czystość powietrza, gdyż zanieczyszczone (nieprzefiltrowane) powietrze będzie dopływać do pomieszczenia przez nieszczelności oraz podczas otwarcia drzwi. Następnym problemem, który może się

pojawić, to wysokie podciśnienie utrudniające otwarcie drzwi.

Aby przeciwdziałać negatywnym skutkom pracy dygestoriów oraz odciągów technologicznych, można zastosować równoważenie przepływu powietrza w wentylacji bytowej. Polega ono na zmniejszaniu przepływu powietrza w wyciągu bytowym o wartość strumienia objętości powietrza przepływającego przez włączone dygestoria oraz odciągi technologiczne tak, aby strumień objętości powietrza dostarczanego do wnętrza był równy strumieniowi objętości powietrza usuwanego (rys.). W takim przypadku regulator przepływu powietrza w wyciągu bytowym może zmniejszać strumień objętości usuwanego powietrza aż do wartości minimalnej lub do całkowitego zamknięcia przepływu. A zatem, ponieważ dalsze zmniejszanie strumienia objętości powietrza usuwanego przez wyciąg jest niemożliwe, to należy zwiększyć strumień objętości powietrza nawiewanego. W poprawnie zaprojektowanej instalacji ilość powietrza nawiewanego powinna być wystarczająca, aby zrekomensować ilość powietrza usuwanego przez wszystkie załączone urządzenia wyciągowe pracujące z maksymalnymi przepływami.



Portal Informacji Technicznej

Największa baza artykułów technicznych online

<https://www.sigma-not.pl/home.xhtml>

Skuteczne zarządzanie obiektami medycznymi z jednego miejsca



Rozwój nowych technologii powoduje, że system tworzony przez oprogramowanie, łączność i zarządzanie danymi zapewnia lepszy nadzór nad bezpieczeństwem miejsc, w tym szpitali, niż człowiek. Potwierdzają to wdrożenia platformy do zarządzania bezpieczeństwem obiektów klasy PSIM+.

CC Hospital to otwarta platforma informatyczna zbudowana na bazie systemu PSIM+ firmy Advancis. Umożliwia ona integrację różnych systemów występujących w obiektach szpitalnych, korelację pochodzących z nich informacji, przedstawienie obrazu sytuacji opartego na dopływających danych, a w efekcie możliwość kontrolowania i zarządzania wieloma systemami za pomocą jednego interfejsu użytkownika.

CC Hospital, dzięki technologicznej otwartości, ma zdolność integrowania się z dotychczas użytkowanymi technologiami bezpieczeństwa, a także z systemami przemysłowymi, automatyką budynkową czy komunikacją.

CC Hospital to produkt Advancis Software GmbH, niemieckiego dostawcy, który szczyci się ponad 1,5 tys. wdrożeniami rozwiązań, które zostały zrealizowane w ponad 70 krajach świata, w tym w Polsce.

Technologia mniej zawodna niż człowiek

Wśród funkcji systemu CC Hospital na uwagę zasługuje możliwość zarządzania bieżącą eksploatacją obiektów, a także kontrola klimatyzacji realizowana na podstawie z góry określonego harmonogramu czy zarządzanie kalendarzem konserwacji i przeglądów np. gaśnic. CC Hospital integruje elementy również spoza obszaru bezpieczeństwa.

– Zastosowanie niezliczonych funkcji tego rozwiązania skutkuje ograniczeniem odpowiedzialności, które dotychczas są powierzone ludziom – tłumaczy Bartosz Brzoska dyrektor C&C Partners i zaznacza, że niezawodność wdrożeń systemu gwarantują certyfikowani partnerzy technologiczni, którzy potrafią dostosować rozwiązania do indywidualnych potrzeb inwestora.

Jako dostawca zintegrowanych systemów bezpieczeństwa klasy PSIM+ wciąż podkreślamy, że wyręczenie ludzi nie było i wciąż nie jest dla nas priorytetem. Celem jest coraz wyższy poziom zabezpieczenia obiektów.

Skuteczniejsza ochrona jest możliwa obecnie przez centralizację zarządzania informacjami pozyskiwanymi ze wszystkich systemów technicznych zainstalowanych

na chronionym obiekcie, czy kompleksie obiektów. Innowacyjna technologia monitoringu wizyjnego i detekcji niepożądanych zdarzeń podwyższa skuteczność zdalnej kontroli obiektu i zarazem umożliwia natychmiastową reakcję ze strony kontrolerów systemu, pracujących w trybie 24/7/365.

W dobie po epidemicznego kryzysu system PSIM+ uniemożliwia nie tylko wejście na obiekt osób zarażonych, ale i ogranicza koszty ochrony, których zdecydowaną większość pochłania wciąż stała obecność w obiektach wyspecjalizowanych pracowników ochrony.

– *Wdrożenia systemu dowodzą, że jego użytkownicy w krótkim czasie obniżyli poziom kosztów ochrony. Skala oszczędności w tym zakresie może sięgać kilkudziesięciu procent w ciągu całego roku* – przekonuje Bartosz Brzoska.

Czy zatem system może w pełni zastąpić pracowników ochrony?

W wielu wypadkach tak, a w pozostałych system będzie stanowił uzupełnienie fizycznej ochrony. W dalszym ciągu pracownicy ochrony odgrywają kluczową rolę w ochronie obiektów. Ich pozycję umacnia fakt, że wiele naruszeń procedur i bezpieczeństwa pociąga za sobą konieczność ich interwencji. Jednak rosnąca rola technologii powoduje,

że pracowników ochrony stopniowo ubywa, a mimo to – poziom zabezpieczeń wzrasta.

Multifunkcyjne rozwiązanie

Duże zainteresowanie platformą CC Hospital wynika także z możliwości zdalnej obsługi szlabanów i bram wjazdowych, automatycznej kontroli wjazdu na podstawie uprawnionych tablic rejestracyjnych, koloru, czy marki pojazdu, zdalnej obsługi systemu sygnalizacji włamania lub napadu, łącznie z powiadomieniem Grupy Interwencyjnej, co podnosi poziom bezpieczeństwa.

– *System wyposażony jest w funkcję raportowania zdarzeń, także na urządzenia mobilne i daje użytkownikom możliwość centralnego zarządzania wieloma obiektami i porządkowania obowiązujących tam procedur* – mówi Bartosz Brzoska.

Podsumowując, CC Hospital to nowa, aczkolwiek sprawdzona na rynkach światowych propozycja w zakresie integracji i wizualizacji systemów, wspierająca podejście procesowe do zarządzania bezpieczeństwem w obiektach szpitalnych. W ramach uruchomionego programu partnerskiego, C&C Partners zapewnia program szkoleń produktowych, pełną lokalizację produktu oraz wsparcie: sprzedażowe, uruchomieniowe oraz serwisowe.



Bartosz Brzoska
dyrektor w C&C Partners,
obszar infrastruktury medycznej
b.brzoska@ccpartners.pl
www.ccpartners.pl

Czystość mikrobiologiczna powietrza a elastyczność i efektywność energetyczna w hybrydowej sali operacyjnej

PAWEŁ BOROWIECKI

Podczas projektowania instalacji klimatyzacji w sali operacyjnej nie można uniknąć współpracy z technologią medyczną. Wydaje się nawet, że ze względu na radykalnie zmieniające się procedury medyczne (procedury nieinwazyjne, rosnąca liczba urządzeń diagnostyki obrazowej, a co za tym idzie liczba przeszkód dla przepływu powietrza i zyski ciepła) urządzenia wentylacji muszą ustąpić miejsca w pomieszczeniu elementom z zakresu technologii medycznych. Miejsce od dziesięcioleci zarezerwowane dla nawiewników laminarnych staje się niezbędne dla innych urządzeń, które dodatkowo stanowią barierę dla prawidłowego przepływu powietrza nawiewanego centralnie na środku pomieszczenia.

Jednocześnie, ze względu na rosnącą ilość lekoopornych szczepów bakterii, niezmiennie ważną pozostaje konieczność utrzymania wysokiej czystości mikrobiologicznej powietrza w sali operacyjnej oraz w miejscach kluczowych pod kątem bezpieczeństwa procedury medycznej – stole operacyjnym i instrumentarium.

Jednym z bardzo wyraźnych przykładów wskazanych kolidujących ze sobą trendów (mniej miejsca na urządzenia wentylacyjne przy jeszcze wyższych wymaganiach dot. czystości powietrza na coraz większej przestrzeni) są hybrydowe sale operacyjne, wyposażone m.in. w angiografy, które umożliwiają prowadzenie nisko inwazyjnych procedur. Urządzenia te są to jednak potężne, ciężkie elementy, mocowane do sufitu, zajmujące dużą jego część i generujące bardzo wysokie zyski ciepła (pomiędzy 4 do 8 kW; w praktyce zatem prawie drugie tyle co cała pozostała technologia razem) oraz, co za tym idzie, możliwe i trudne do opanowania strumienie konwekcyjne.

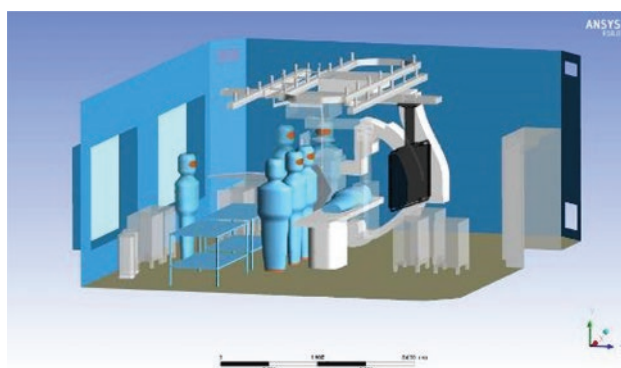
Rozwiązaniem, które umożliwia sprostanie wysokim wymaganiom odnośnie jakości powietrza a także zmieniającym się w czasie procedurom realizowanym w sali jest „sala hybrydowa” (rys. 1.). Domyślnie procedura w sali hybrydowej jest nisko inwazyjna, co mogłoby wskazywać na kwalifikację jej jako salę niskiego ryzyka. Jednak należy podkreślić, że „hybrydowość” oznacza, że sala powinna być gotowa aby w każdej chwili, w razie konieczności, funkcjonować w ramach tradycyjnej procedury, w której rana operacyjna znajduje się w obszarze klatki piersiowej i może mieć dużą powierzchnię. Trzeba również zwrócić uwagę na instrumenty, wprowadzane przez niewielkie nacięcia wprost do zastawek serca, które powinny



Rys. 1. Przykładowe wnętrze sali hybrydowej – Drachten, Holandia

pozostawać jak najdłużej sterylne. Wymagania dotyczące czystości środowiska, w którym wskazane instrumenty są wyjmowane z pakietów, są bardzo wysokie. Reasumując – jako wyzwane inżynierskie hybrydowe sale operacyjne są obecnie jedną z trudniejszych do zaprojektowania części szpitala a ich znaczenie i liczba stale rosną.

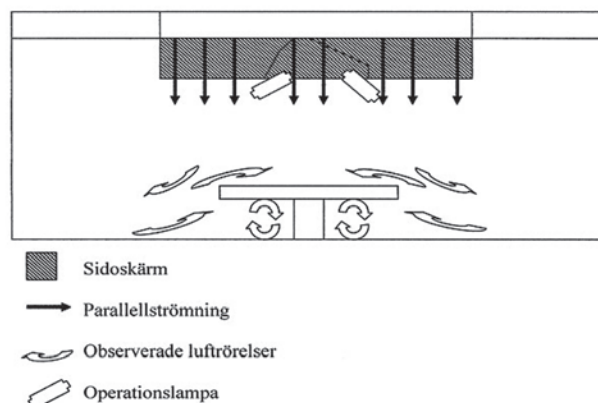
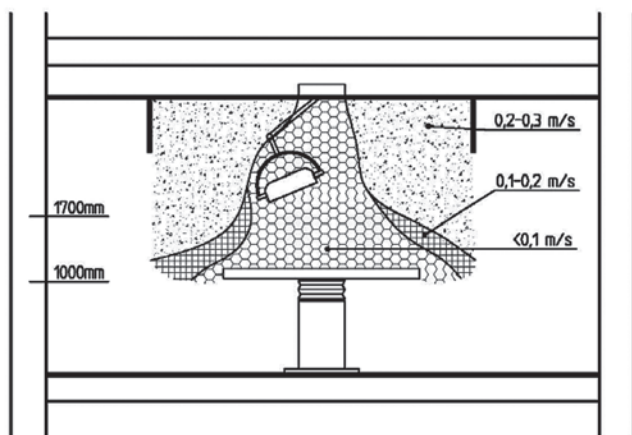
Przykładem sali hybrydowej, jako rozwiązania łączącego sprzeczne wymagania wynikające z przeprowadzania procedur o różnym stopniu ryzyka są sale w Szpitalu Uniwersyteckim w Gandawie (Belgia). Historycznie w obiekcie tym istniał wyraźny rozdział między kardiochirurgią a kardiologią interwencyjną. Do zabiegów chirurgicznych potrzebna była pełna sala operacyjna, a do zabiegów interwencyjnych – doskonały system obrazowania rentgenowskiego przy niskiej dawce promieniowania. W dzisiejszych czasach granice między wykorzystaniem sal jednak zacierają się i wykonuje się coraz więcej zabiegów hybrydowych. W tym celu potrzebne jest jedno pomieszczenie łączące optymalną jakość obrazu, redukcję dawki promieniowania pacjenta oraz sterylne czyste powietrze [1].



Rys. 2. Sala hybrydowa, UZ Ghent (Szpital Uniwersytecki Gandawa)

Paweł Borowiecki

Halton Sp. z o.o., Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych



Rys. 3. Przykładowy profil prędkości powietrza nawiewanego nawiewniki laminarnym $3,2 \times 3,2$ m, prędkość początkowa $0,27$ m/s oraz możliwe kierunki przepływu powietrza po zaburzeniach wywołanych przeszkodami w strudze

Na rysunku 2 przedstawiono model opracowany w programie z gamy CFD. W sali hybrydowej widać wyraźnie konsekwencje stosowania nowej technologii – operatorzy, ze względu na konieczność korzystania z ekranu i przesuwania ramienia C, muszą zmieścić się po jednej stronie stołu operacyjnego. Położone za nimi instrumentarium znajduje się już poza strefą chronioną. Praktycznym standardem dla sali operacyjnej z ultraczystym powietrzem jest zasada przepływu laminarnego. Technologia ta działa skutecznie jeżeli brak jest lub występują bardzo małe zakłócenia w strumieniach powietrza, czego nie da się zagwarantować w sali hybrydowej [2]. Jednocześnie czystość powietrza jest gwarantowana tylko w obszarze pod nawiewnikiem, gdy nie ma na nią wpływu oświetlenie lub inne urządzenia zakłócające przepływ powietrza.

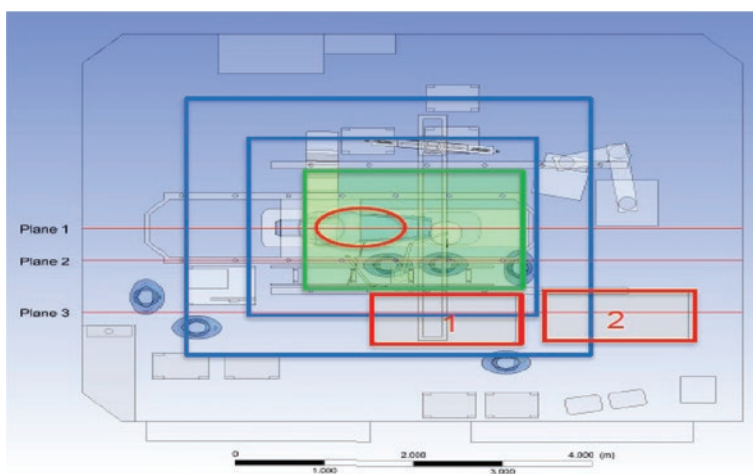
Z obserwacji w salach operacyjnych jasno wynika, że przy obecnym układzie technologicznym sal operacyjnych, w rzeczywistości turbulентne warunki mieszania występują nad stołem operacyjnym, gdy prędkość przepływu spada poniżej $0,3$ m/s (rys. 2.). Z tej przyczyny norma brytyjska zaleca prędkość powietrza $0,4$ m/s mierzoną na wysokości 2 m od podłogi, co jest możliwe, jeżeli u źródła (na poziomie sufitu) nawiewnik ma określoną prędkość początkową, wynoszącą około $0,27$ m/s. Również ewentualne przeszkody (lampa na sali operacyjnej itp.) oraz aktywność personelu sali operacyjnej mają istotny wpływ na ruch powietrza w polu operacyjnym.

Wyzwanie polegające na dopasowaniu urządzenia z przepływem laminarnym do fizycznej instalacji i niemożność dotarcia z pionowym przepływem w dół do krytycznych obszarów przesłoniętych przez urządzenia, występuje zwłaszcza w hybrydowych salach operacyjnych [3]. W hybrydowym laboratorium cewnikowania serca całe ramię C (rys. 4) jest przymocowane do sufitu i wraz z wieloma innymi uchwytami sufitowymi, w tym do oświetlenia, monitorów i kolumn, stwarza niemożliwe do przejścia przeszkody dla pionowej strugi powietrza. Dodatkowo, wspomniane wcześniej „niecentralne” położenie zespołu i instrumentarium stwarza konieczność zabezpieczenia nawiewem całej docelowej przestrzeni roboczej. Dla przypadku Ghent wstępne oszacowanie powierzchni, w której należało zachować najwyższą jakość powietrza, wynosiła ok 20 m², co dawałoby konieczność umieszczenia w suficie nawiewnika laminarnego o wydajności ok. $20\ 000$ m³/h [1].

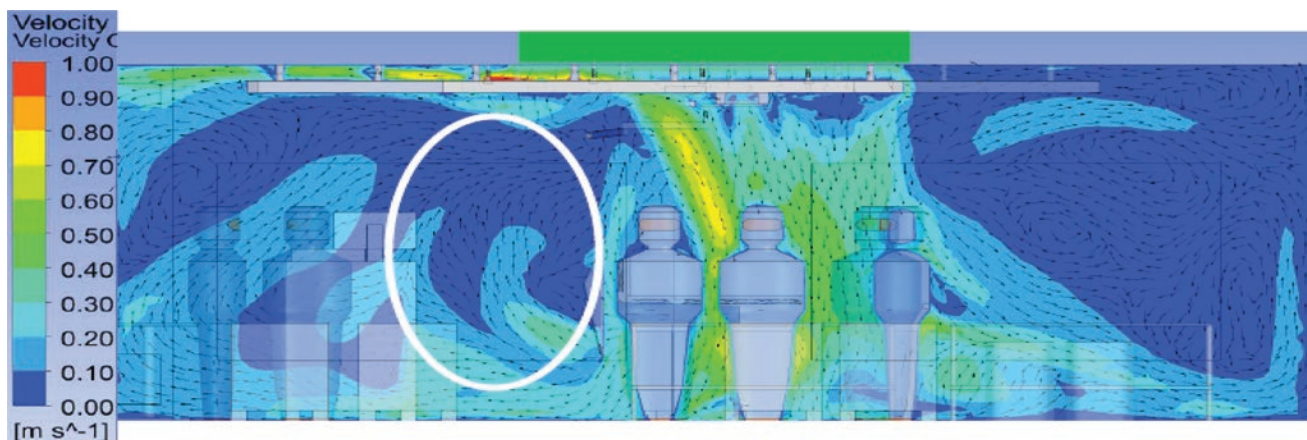


Rys. 4. Szyny ramienia C angiografu w centralnej części sufitu sali – jedna z podstawowych kolizji technologii medycznej z klasyczną wentylacją sali operacyjnej

Jednym z możliwych rozwiązań problemu to zastosowanie alternatywnego do laminarnego systemu rozpyły powietrza. Kontrolowane rozcieńczanie zanieczyszczeń poprzez system wentylacji mieszającej Vita OR Space daje możliwość dostarczenia przefiltrowanego powietrza do całej sali operacyjnej. Rozwiązanie to zostało zastosowane w sali hybrydowej omawianego szpitala do złożonych zabiegów kardiologii interwencyjnej, strukturalnych chorób serca i elektrofizjologii. W nowej sali zamodelowano kompletne wdrożenie procedury TAVI (przecewninkowej implantacji zastawki aortalnej), obejmującej



Rys. 5. UZ Ghent – parametry kluczowe do analizy CFD – kontury stropu laminarnego, wentylacji mieszającej, i obszary krytyczne dla analizy czystości mikrobiologicznej



Rys. 6. Analiza CFD – przypadek UZ Ghent – profil prędkości powietrza w przekroju pionowym; zastosowany nawiewnik laminarny

personel, urządzenia i najnowocześniejszy, jednopłaszczyznowy system obrazowania. Dla tej złożonej procedury, w której wspólnie pracują kardiolog interwencyjny, chirurg sercowo-naczyniowy, anestezjolog, pielęgniarka anestezjologiczna, pielęgniarka instrumentariuszka wykonano zestaw symulacji 3D-CFD (trójwymiarowa obliczeniowa dynamika płynów). Symulacja potwierdziła, że nawet w przypadku bardzo złożonych procedur badane rozwiązanie jest w stanie wytworzyć warunki ultraczyste ($<10 \text{ CFU/m}^3$) zgodnie z projektem normy CEN TC156 WG18 EN 16244-2. Co więcej, zostało to osiągnięte przy maksymalnym poziomie hałasu systemu wentylacyjnego 40 dBA. Wyniki wybranych analiz przedstawiono poniżej.

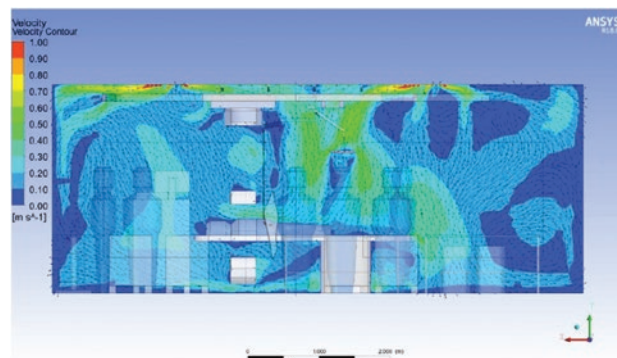
Na rysunku 5 przedstawiono lokalizację symulowanego nawiewu laminarnego (zielony prostokąt, dostępna ilość powietrza $5000 \text{ m}^3/\text{h}$), orientacyjną lokalizację alternatywnego rozwiązania nawiewników systemu obwodowego (VITA Space) oraz oznaczone przez personel strefy krytyczne (rana pacjenta, instrumentarium). Widoczne na rys. 6 profile i wektory prędkości strugi wyraźnie pokazują, że w sytuacji zaistnienia fizycznych przeszkód pod nawiewnikiem laminarnym, powietrze w niektórych miejscach nie przemieszcza się (martwe strefy), w innych zaś miejscowo osiąga prędkość przewyższającą $0,7 \text{ m/s}$, co w praktyce prowadzi do niekontrolowanego mieszania.

Stoliki instrumentarium pozostają zanieczyszczone powietrzem zawierającym powyżej 20 CFU/m^3 , przez co nie

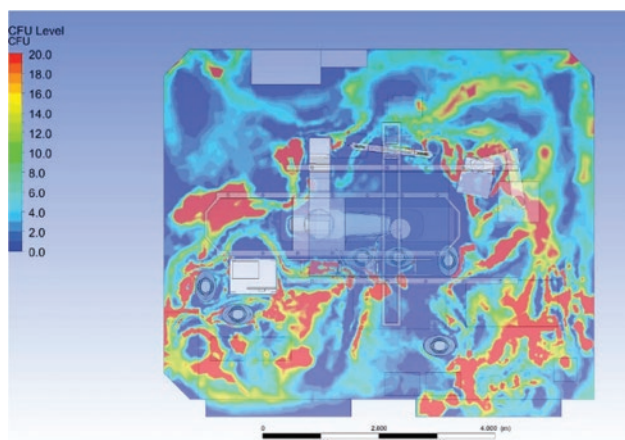
ma możliwości wpływania na kształt strugi i lepszą ochronę instrumentarium. Proces ten pokazany jest na rys. 7.

Alternatywne rozwiązanie kontrolowanego mieszania (rys. 8 i 9), zapewnia w praktyce niższe ekstremalne wartości prędkości, większą stabilność sytuacji w pomieszczeniu, i możliwość zwiększonej ochrony dowolnie wybranych obszarów krytycznych.

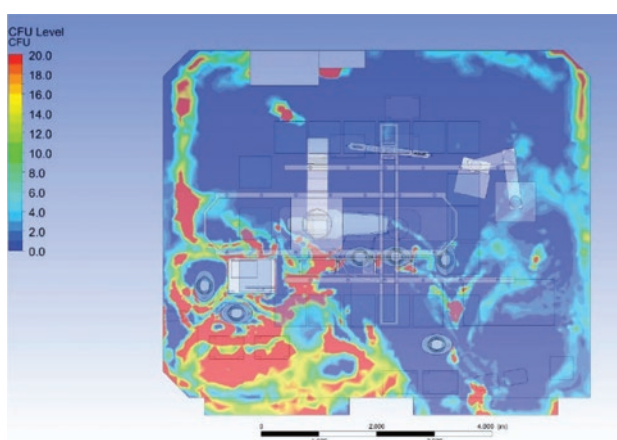
Szpital Uniwersytecki w Gandawie, na podstawie analizy CFD, zdecydował o zastosowaniu systemu wentylacji opartym na zasadzie kontrolowanego mieszania. Głównymi argumentami stojącymi za tą decyzją były spodziewane lepsze wyniki czystości mikrobiologicznej krytycznych



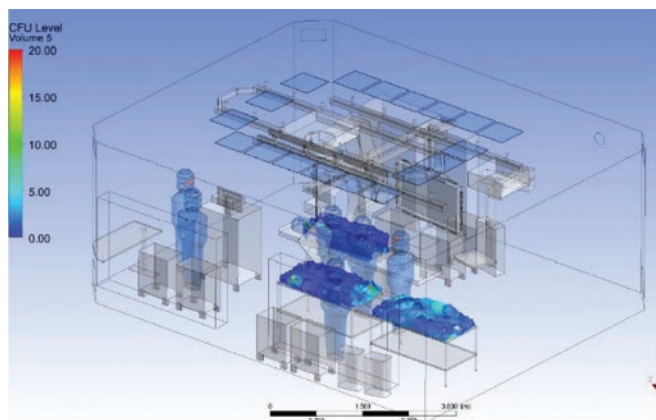
Rys. 8. Analiza CFD – przypadek UZ Ghent – profil prędkości powietrza w przekroju pionowym, kontrolowane mieszanie powietrza



Rys. 7. Analiza CFD – przypadek UZ Ghent – przekrój poziomy, poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego sali przy zastosowaniu nawiewu laminarnego (JTK/CFU na m^3 powietrza) – poziom wymagany $<10 \text{ CFU}$



Rys. 9. Analiza CFD – przypadek UZ Ghent – przekrój poziomy, poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego sali przy zastosowaniu kontrolowanego mieszania (JTK/CFU na m^3 powietrza) – poziom wymagany $<10 \text{ CFU}$



CFU	Vita OR Space	Laminar
OR Table	<1	<1
Instr Table 1	<1	12
Instr Table 2	2	19

Rys. 10. Poziom czystości mikrobiologicznej (CFU/m³) wybranych obszarów sali (kolor niebieski na obrazowaniu 3D) dla dwóch różnych systemów dystrybucji powietrza (wynik porównania w tabeli) W górnej części obrazowania 3D niebieskie kontury lokalizacji nawiewników

obszarów sali oraz znacznie łatwiejsze (bezkolizyjne) zlokalizowanie nawiewników wielodyszowych w suficie. Instalacja działa już 4 rok, w oparciu o doświadczenia z projektowania i eksploatacji podobne decyzje zapadają w kolejnych renowacjach w szpitalu.

Liczba sal hybrydowych w nowo projektowanych szpitalach stale rośnie, oprócz kardiochirurgii zainteresowane są ich użyciem również kolejne obszary medycyny – neurochirurgia, pediatria, etc. W jednym z nowocześniejszych ośrodków klinicznych w Europie – szpitalu Nowa Karolinska w Sztokholmie, na 37 sal (pierwsza koncepcja bloku powstała w 2011 roku) przewidywano jedną salę hybrydową, dzisiaj jest ich 7, dodatkowo 3 sale wyposażono w roboty Vinci, których wpływ na dystrybucję powietrza w sali to temat na oddzielny artykuł. Nie unikniemy kolizji i pytań o nowe rozwiązania, odświeżania obowiązujących

standardów i dialogu między inżynierami a technologami medycznymi. W tym również przy użyciu najnowocześniejszych narzędzi – aktywnego próbkowania jakości powietrza, oraz predykcji zanieczyszczeń w oparciu o modelowanie CFD.

REFERENCJE

- [1] Ludo VERECKEN, Kim HAGSTRÖM, Frédéric VAN HEUVER-SWYN, Pascal DE WAEGEMAEKER, Pekka KANERVA, Ismo GRÖNVALL, Sander RAMIOUL, Novel Technique for Reduction of Patient Radiation Dose, Excellent Image Quality and Air Cleanliness in a Hybrid Cardiac Catheterization Laboratory
- [2] Nordenadler J. (2010) PhD Thesis: Some observations on safety ventilation in operating rooms, BulletinNo 74: Building Services Engineering, KTH, Sweden
- [3] Yomada Y, Diagonal clean airflow systems for hybrid operating rooms, IFHE 2016 conference, Den Haag, Netherlands



W numerze 12/2021

W numerze grudniowym będą poruszane tematy z seminarium „Zastosowanie związków zmienofazowych w inżynierii środowiska – stan obecny i przyszłość”. Serdecznie zapraszamy Państwa do udziału w tym seminarium, którego organizatorem jest Główna Sekcja Ciepłownictwa Ogrzewnictwa Wentylacji i Klimatyzacji Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Seminarium odbędzie się 21 stycznia 2022 r o godz. 14:00. Więcej informacji – strona pzits.pl/kalendarium-wydarzen-w-roku-2022/

Numer rozpocznie wywiad z **prof. dr hab. inż. Robertem Sekretem**.

Artykuły w numerze to m.in.:

Magazynowanie chłodu z wykorzystaniem ciepła przemiany fazowej woda-lód. Cold Storage Using the Latent Heat of the Water-Ice – **Robert Sekret, Przemysław Starzec**

Różnica między obliczeniowym i pomiarowym wykorzystaniem energii do ogrzewania w budynkach wielorodzinnych. Difference Between Calculated and Measured Energy Consumption for Heating in Multi-Family Buildings in Poland – **Karol Bandurski, Katarzyna Ratajczak, Łukasz Amanowicz**

Jakość mikrobiologiczna powietrza wewnętrznego miejskiej pływalni. Microbiological Indoor Air Quality of Swimming Pool – **Anna Gotkowska-Płachta**

Warsztaty pracy projektanta i rzeczoznawczy instalacji i sieci sanitarnych – podsumowanie

Ponad 500 uczestników wzięło udział w *III Warsztatach pracy projektanta i rzeczoznawczy instalacji i sieci sanitarnych*, które odbyły się w dniach 18-19 listopada 2021 r. w formule online.

Organizatorem wydarzenia było Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Uczestnikami byli specjaliści z branży sanitarnej oraz studenci, doktoranci, pracownicy naukowcy uczelni.

Patronat honorowy nad Warsztatami objęło Ministerstwo Rozwoju i Technologii, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, jak również Polska Izba Inżynierów Budownictwa, Izba Gospodarcza Gazownictwa oraz Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie.

Mottem Warsztatów było: ZIELONO MI!

Podczas 2 dni odbyło się 12 warsztatów panelowych poruszających kwestie zarówno obecnych problemów technicznych, jak i nadchodzących wyzwań dla zawodu projektanta.

Tematy poszczególnych paneli:

1. Współpraca instalacji tryskaczowych i systemów odrymiania
 2. Regulacja pogodowa a prognozowa parametrów pracy instalacji ogrzewczej – teoria
 3. Jak wpłynie taksonomia na działalność branży HVAC?
 4. Nowe Standardy Techniczne w Gazownictwie
 5. „Zielone” Paliwa
 6. Model opadowy dla miasta Krakowa
 7. Wykorzystanie technologii bezwykopowych na terenach chronionych oraz usuwanie rur azbestowych i oliwianych
 8. Zagospodarowanie wód opadowych
 9. Bioodpady komunalne w gospodarce o obiegu zamkniętym – zagadnienia techniczno-organizacyjne
 10. Konkluzje NDT (BAT) dla przetwarzania odpadów komunalnych (wybrane zagadnienia dot. instalacji Komunalnych)
 11. Rozwiązania do pomieszczeń specjalnego przeznaczenia w szpitalach
 12. Przełom w zakresie dezynfekcji powierzchni szpitalnych
- Sesje panelowe zostały uzupełnione informacjami o konkretnych rozwiązaniach technicznych oferowanych przez Parterów Warsztatów.
- Zakres merytoryczny Warsztatów został przygotowany przez Przewodniczących Głównych Sekcji Branżowych PZITS:

- Pawła Stańczaka – Główna Sekcja Gazownictwa
- Agnieszkę Malesińską – Główna Sekcja Wodociągów i Kanalizacji
- Wojciecha Ratajczaka – Główna Sekcja Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa, Wentylacji i Inżynierii Atmosfery
- Piotra Manczarskiego – Główna Sekcja Gospodarki Odpadami
- Krzysztofa Stelągowskiego – Główna Sekcja Techniki Instalacyjnej w Szpitalnictwie i Balneotechniki

Prelegentami byli zarówno przedstawiciele nauki, jak i doświadczeni projektanci i uznani eksperci: Mateusz Bil (GAZ SYSTEM S.A.), Tomasz Cholewa (Politechnika Lubelska, PZITS), Eliza Dyakowska (Izba Gospodarcza Gazownictwa, PZITS), Andrzej Fedor (GAZ SYSTEM S.A., PZITS), Marcin Glixelli (Wodociągi Miasta Krakowa S.A., PZITS), Roland Kośka (GAZ SYSTEM S.A.), Małgorzata Król (Politechnika Śląska, PZITS), Paweł Lachman (Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła, POBE), Krystyna Lelicińska-Serafin (Politechnika Warszawska, PZITS), Radosław Lenarski (ENGIE SAR), Agnieszka Malesińska (Politechnika Warszawska, PZITS), Piotr Manczarski (Politechnika Warszawska, PZITS), Karolina Myk (POLINER Sp. z o.o.), Mariusz Piasny (MPI s.c.), Florian Piechurski (Politechnika Śląska, PZITS), Wojciech Ratajczak (Trim-tech, PZITS), Anna Rolewicz-Kalińska (Politechnika Warszawska, PZITS), Grzegorz Rosłonek (PGNiG, PZITS), Andrzej Różycki (ENGIE SAR), Alicja Siuta-Olcha (Politechnika Lubelska, PZITS), Paweł Stańczak (PZITS), Krzysztof Stelągowski (PZITS), Tomasz Szczypiński (PZITS), Paweł Wilkosz (Gas Storage Poland), Paweł Wróbel (Porozumienie Branżowe na Rzecz Efektywności Energetycznej), Norbert Duczmal (a-went sp. z o.o.), Monika Garbacz (SMAY Sp. z o.o.), Mariusz Iwanejko (Blejkan S.A.), Jacek Janicki (ZRB Janicki), Zbigniew Kowalski (SMAY Sp. z o.o.), Anna Majkowska (Darco Sp. z o.o.), Mariusz Smaczyński (a-went sp. z o.o.), Przemysław Szkudlarczyk (Blejkan Holding Sp. z o.o.), Bartosz Tywonek (Wilo Polska Sp. z o.o.).

Podczas Warsztatów przyznane zostały również nagrody i wyróżnienia w konkursie na najlepszą pracę dyplomową. Nagrodę w konkursie otrzymała Pani **mgr inż. Dominika Ćwiklińska**, absolwentka Politechniki Warszawskiej. Tematem nagrodzonej pracy była „Produktywność i dobrostan chirurgów”.

Komitet Organizacyjny wyraża podziękowanie uczestnikom za udział w fachowych dyskusjach i pozytywny odbiór Warsztatów.

Szanowni Państwo, serdecznie zapraszamy na webinarium organizowane przez Główną Sekcję Ciepłownictwa Ogrzewnictwa Wentylacji i Inżynierii Atmosfery w dniu **10.12.2021 r. o godzinie 15:00** na temat:



Na webinarium zostaną omówione następujące tematy:

- **Kierunki rozwoju sieci ciepłowniczych** – Robert Sekret, Politechnika Częstochowska, PZITS
- **Jak zmieniło się projektowanie sieci ciepłych?** – Sylwia Prabucka, Enea Białystok, PZITS
- **Nowe rozwiązanie w zakresie regulacji dostawy ciepła do budynków – regulacja prognozowa** – Tomasz Cholewa, Politechnika Lubelska, PZITS

Na webinarium obowiązuje bezpłatna rejestracja dostępna na
<https://tiny.pl/9d78k>

Raport Głównej Komisji Legislacyjnej za miesiąc 10/2021 r.

Jak co miesiąc Główna Komisja Legislacyjna Zarządu Głównego PZITS opublikowała raport zawierający odnośniki do dyrektyw UE, krajowych ustaw

i rozporządzeń oraz norm opublikowanych przez Polski Komitet Normalizacyjny. Zapraszamy do zapoznania się z raportem za październik 2021

Dyrektywy UE:

Lp.	Tytuł	Odnośnik
1.	Energia odnawialna – metoda obliczania ilości energii ze źródeł odnawialnych wykorzystywanej do chłodzenia oraz systemów chłodzenia lokalnego <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12716-Energia-odnawialna-metoda-obliczania-ilosci-energii-ze-zrode%C5%82-odnawialnych-wykorzystywanej-do-ch%C5%82odzenia-ora%C5%82-systemow-ch%C5%82odzenia-lokalnego_pl
2.	Efektywność energetyczna - wymogi dotyczące etykietowania podgrzewaczy wody i zbiorników (przegląd/zmiana skali) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13204-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-etykietowania-podgrzewaczy-wody-i-zbiornikow-przeglad-zmiana-skali-_pl
3.	Efektywność energetyczna – wymogi dotyczące ekoprojektu dla podgrzewaczy wody i zasobników ciepłej wody użytkowej (przegląd) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13205-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-ekoprojektu-dla-podgrzewaczy-wody-i-zasobnikow-ciep%C5%82ej-wody-uzytkowej-przeglad-_pl
4.	Jakość powietrza – przegląd przepisów UE <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12677-Revision-of-EU-Ambient-Air-Quality-legislation
5.	Zintegrowana gospodarka wodna – zmienione wykazy zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12662-Revision-of-lists-of-pollutants-affecting-surface-and-groundwaters
6.	Jakość powietrza – przegląd przepisów UE <i>Konsultacje otwarte</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12677-Air-quality-revision-of-EU-rules_en
7.	Unia energetyczna – nowe wymogi dotyczące sprawozdawczości dla krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12536-Implementing-regulation-on-the-Member-States-reporting-of-information-foreseen-in-the-Governance-of-the-Energy-Union
8.	Wymogi dotyczące ekoprojektu dla pomp do wody (przegląd) <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12831-Ecodesign-requirements-for-water-pumps-review-_en
9.	Efektywność energetyczna – wymogi dotyczące ekoprojektu dla miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń <i>Niebawem otwarcie konsultacji</i>	https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12834-Efektywnosc-energetyczna-wymogi-dotyczace-ekoprojektu-dla-miejscowych-ogrzewaczy-pomieszczen-przeglad-_pl

Krajowe ustawy i rozporządzenia:

Lp.	Tytuł	Odnosnik
1.	Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 24 października 2021 r. w sprawie maksymalnej ilości i wartości energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji objętej wsparciem oraz jednostkowych wysokości premii gwarantowanej w roku 2022	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1966
2.	Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 24 października 2021 r. w sprawie wartości referencyjnych dla nowych i znacznie zmodernizowanych jednostek kogeneracji w roku 2022	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1965
3.	Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 27 października 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Klimatu i Środowiska	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1949
4.	Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 27 października 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Ministra Rozwoju i Technologii	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1945
5.	Ustawa z dnia 17 września 2021 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1873
6.	Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 6 października 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych w sprawie szkoleń dla rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1871
7.	Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 17 września 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie udzielania pomocy publicznej na projekty inwestycyjne w zakresie budowy lub przebudowy jednostek kogeneracji zapewniających wysokosprawną kogenerację w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020	https://dziennikustaw.gov.pl/DU/2021/1810

Normy opublikowane przez Polski Komitet Normalizacyjny:

Lp.	Numer normy i tytuł	Odnosnik
1.	PN-EN ISO 11296-4:2018-03 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do renowacji podziemnych bezciśnieniowych sieci kanalizacji deszczowej i sanitarnej -- Część 4: Wykładanie rękawami utwardzonymi na miejscu	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-11296-4-2018-03-a1-2021-10e.html
2.	PN-EN ISO 11202:2012/A1:2021-10 Akustyka -- Hałas emitowany przez maszyny i urządzenia -- Wyznaczanie poziomów ciśnienia akustycznego emisji na stanowisku pracy i w innych określonych miejscach z zastosowaniem przybliżonych poprawek środowiskowych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-11202-2012-a1-2021-10e.html
3.	PN-EN ISO 12569:2017-12 Ciepłe właściwości użytkowe budynków i materiałów -- Określanie właściwego strumienia powietrza w budynkach -- Metoda rozcieńczania gazu znacznikowego	https://sklep.pkn.pl/pn-en-iso-12569-2017-12p.html

Lp.	Numer normy i tytuł	Odnosnik
4.	PN-EN 17476:2021-10 Wymagania dotyczące urządzeń spalających skroplone gazy węglowodorowe -- Urządzenia o ciśnieniu zasilania równym prężności par LPG zawierające poziomy pojemnik w obudowie	https://sklep.pkn.pl/pn-en-17476-2021-10e.html
5.	PN-EN 13611:2019-07/AC:2021-10 Urządzenia zabezpieczające i sterujące do palników i odbiorników spalających paliwa gazowe i/lub płynne -- Wymagania ogólne	https://sklep.pkn.pl/pn-en-13611-2019-07e.html
6.	PN-EN 1473:2021-10 Instalacje i wyposażenie do skroplonego gazu ziemnego -- Projektowanie instalacji na lądzie	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1473-2021-10e.html
7.	PN-EN 1488:2021-10 Armatura w budynkach -- Grupy bezpieczeństwa -- Badania i wymagania	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1488-2021-10e.html
8.	PN-EN 15975-1+A1:2016-01 Bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę do spożycia -- Wytyczne dotyczące zarządzania kryzysowego i zarządzania ryzykiem -- Część 1: Zarządzanie kryzysowe	https://sklep.pkn.pl/pn-en-15975-1-a1-2016-01p.html
9.	PN-EN 15804+A2:2020-03 Zrównoważenie obiektów budowlanych -- Deklaracje środowiskowe wyrobu -- Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-15804-a2-2020-03p.html
10.	PN-EN 1264-5:2021-10 Wodne wbudowane systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego -- Część 5: Określenie mocy cieplnej ogrzewania ściennego i sufitowego oraz chłodzenia podłogowego, ściennego i sufitowego	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1264-5-2021-10e.html
11.	PN-EN 1264-1:2021-10 Wodne wbudowane systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego -- Część 1: Definicje i symbole	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1264-1-2021-10e.html
12.	PN-EN 1264-2:2021-10 Wodne wbudowane systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego -- Część 2: Ogrzewanie podłogowe: Metody określania mocy cieplnej z zastosowaniem obliczeń i badań eksperymentalnych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1264-2-2021-10e.html
13.	PN-EN 1264-3:2021-10 Wodne wbudowane systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego -- Część 3: Wymiarowanie	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1264-3-2021-10e.html
14.	PN-EN 1264-4:2021-10 Wodne wbudowane systemy ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego -- Część 4: Instalowanie	https://sklep.pkn.pl/pn-en-1264-4-2021-10e.html
15.	PN-EN 16282-3+A1:2021-10 Wyposażenie kuchni przemysłowych -- Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych -- Część 3: Kuchenne sufity wentylacyjne; projektowanie i wymagania dotyczące bezpieczeństwa	https://sklep.pkn.pl/pn-en-16282-3-a1-2021-10e.html
16.	PN-EN 16282-7+A1:2021-10 Wyposażenie kuchni przemysłowych -- Elementy składowe do wentylacji kuchni przemysłowych -- Część 7: Instalacja i wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych	https://sklep.pkn.pl/pn-en-16282-7-a1-2021-10e.html
17.	PN-EN 12446:2011 Kominy -- Części składowe -- Obudowy betonowe	https://sklep.pkn.pl/pn-en-12446-2011p.html

GRUNDFOS MIXIT:

PRZEJDŹ NA INTELIGENTNE ROZWIĄZANIE



ŁATWE
URUCHOMIENIE

50%

SZYBKI
MONTAŻ



LEPSZA PRACA
SYSTEMU

GRUNDFOS iSOLUTIONS



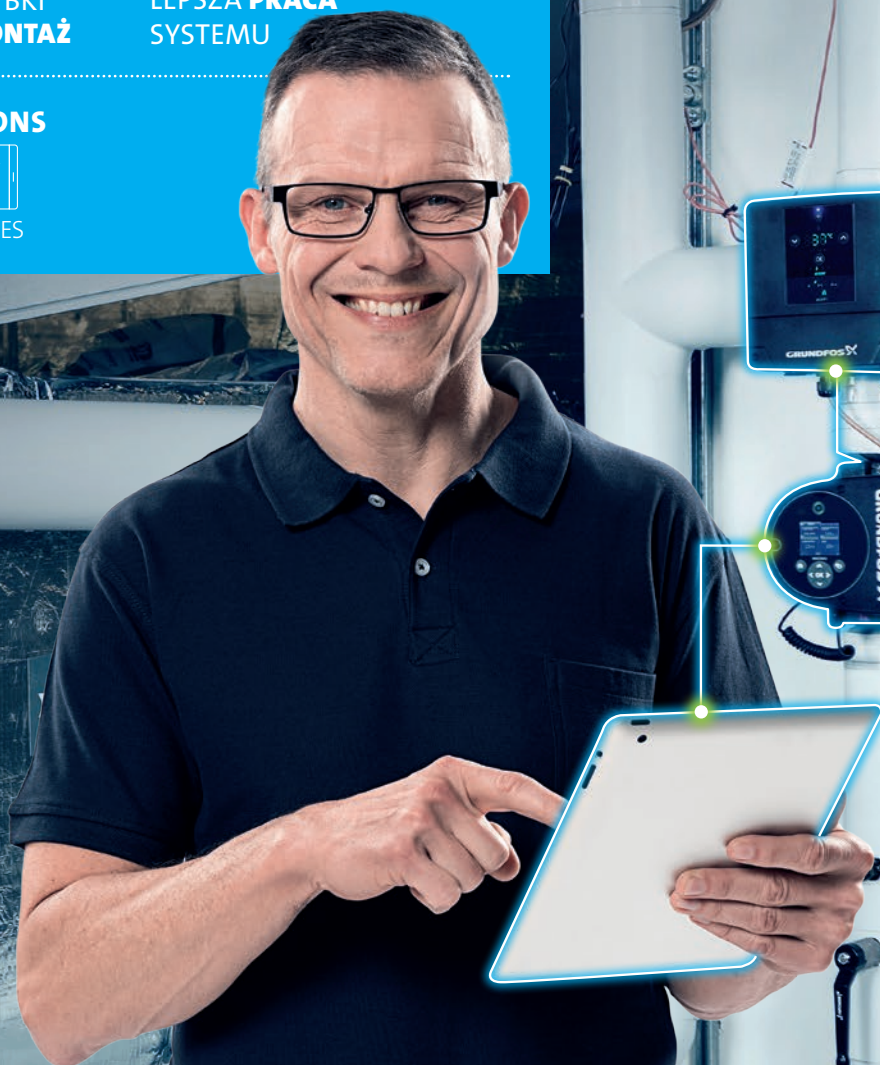
PUMP



CLOUD



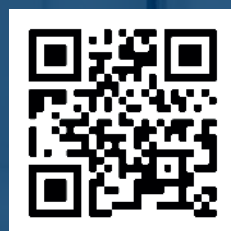
SERVICES



WIĘCEJ KONTROLI, MNIEJ KOMPLIKACJI

Grundfos MIXIT łączy wszystkie elementy w rozwiązanie typu „wszystko w jednym”, ułatwiając projektowanie, elektryczne i hydrauliczne oraz skracając czas montażu i uruchomienia nawet o 50%. Poznaj Grundfos MIXIT i przekonaj się, że układ zmieszania, jaki znamy, został zdefiniowany na nowo. Rozwiązanie Grundfos MIXIT to najszybszy i najprostszy sposób na zaprojektowanie i wykonanie optymalnego układu mieszania. Potrzebujesz tylko dwóch komponentów – Grundfos MIXIT i pompy Grundfos MAGNA3. Oszczędzaj energię, gdy Twoje punkty danych są zwrotne, aby uzyskać niezrównaną optymalizację. Kreatory konfiguracji i uruchomienia w Grundfos GO REMOTE zapewniają łatwą, przyjazną dla użytkownika obsługę.

Przekonaj się sam na www.grundfos.pl



be
think
innovate

GRUNDFOS

Klimor

KLIMOR MEDICAL SET

W TROSCE O NAJWYŻSZĄ JAKOŚĆ USŁUG MEDYCZNYCH
I PRODUKCJI FARMACEUTYCZNEJ



EVO-H

Centrale wentylacyjne
i klimatyzacyjne
w wykonaniu higienicznym



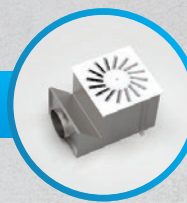
EVO-H MRH

Moduły recyrkulacyjne
higieniczne



NSL

Nawiewniki laminarne
z filtrem EPA / HEPA



HFD

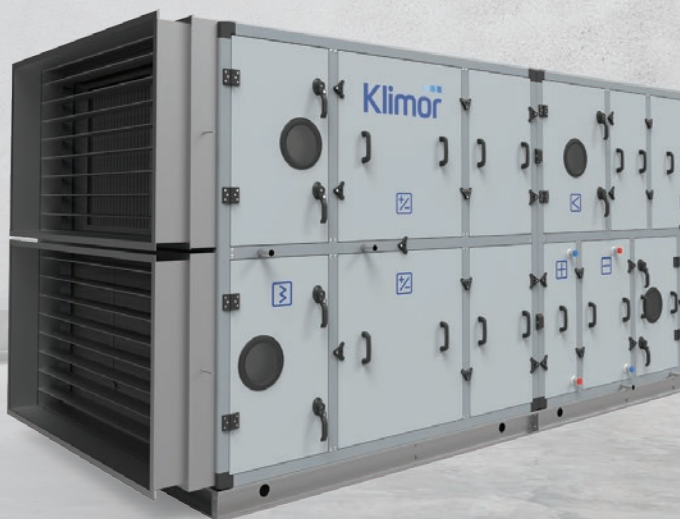
Nawiewniki z filtrem
EPA / HEPA

**Kompleksowy zestaw urządzeń obróbki i dystrybucji
powietrza dla pomieszczeń czystych, w tym szpitali,
laboratoriów i przemysłu farmaceutycznego**

Szeroki wachlarz dostępnych wielkości pozwala na
optymalny dobór zestawu pod konkretne wytyczne
projektowe oraz specyfikę przeznaczenia.

handlowy@klimor.com

klimor.com



PN-EN 1886:2008

PN-EN 13053:2020

ISO
9001

CE

ISO
14001

MED

ETL
LISTED

PZH

