

MGR INŻ. ANDRZEJ RÓŻYCKI rzeczoznawca budowlany w specjalności instalacyjnej sieci, instalacji i urządzeń, obejmującej wykonanie m.in. instalacji klimatyzacji specjalnej dla pomieszczeń czystych, członek KT 161 ds. jakości powietrza wewnątrz przy PKN, ekspert Pracodawców RP

# Czystość, bezpieczeństwo i ekonomia sal operacyjnych

## W STANDARDACH EUROPEJSKICH

Pojęcie czystości sal operacyjnych w ujęciu inżynierskim to zdefiniowanie poziomu zanieczyszczeń pyłowych i bakteriologicznych zarówno całej przestrzeni sali, jak i wytypowanych części jej powierzchni.

### Zanieczyszczenia pyłowe

Głównym źródłem zewnętrznych zanieczyszczeń pyłowych jest wentylacja nawiewna, a wewnętrznych – pomieszczenia sąsiadujące, z których cząstki przedostają się na salę operacyjną wraz z materiałami, narzędziami, aparaturą, ruchem sprzętu i personelu. Następną grupą zanieczyszczeń wewnętrznych pyłowych są te generowane wewnątrz sali operacyjnej, pochodzące ze ścian, z podłóg, sufitów podwieszanych oraz zanieczyszczenia pochodzące od materiałów chirurgicznych czy też ubrań personelu i tkanin używanych na salach operacyjnych. Kolejne źródła zanieczyszczeń to pracująca aparatura medyczna, zanieczyszczenia gazowe, pochodzące ze środków dezynfekcyjnych, a także gazy anestezyjologiczne, dwutlenek węgla, gazy medyczne i aerozole.

W celu określenia poziomu zanieczyszczeń stworzono skalę oceny ich poziomu. Za podstawową jednostkę zanieczyszczeń przyjęto wielkość cząstki materii nieożywionej o wymiarze 0,5 µm (JTK – jednostki tworzące kolonie) w jednostce objętości 1 m<sup>3</sup> powietrza.

### Norma PN-EN ISO 14644-1:2005

Podstawowym dokumentem określającym poziom zanieczyszczeń w odniesieniu do ich rozmiarów jest norma *PN-EN ISO 14644-1:2005 Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Część 1: Klasyfikacja czystości powietrza*.

Norma zawiera kwalifikację czystości powietrza w pomieszczeniach czystych i związanych z nimi środowiskach kontrolowanych pod względem stężenia cząstek stałych znajdujących się w powietrzu

oraz metody badania czystości powietrza i procedury określenia stężenia cząstek znajdujących się w powietrzu. Została zaakceptowana zarówno przez Europejski Komitet ds. Normalizacji (CEN), jak i przez Polski Komitet Normalizacyjny.

Tab. 1 wyszczególnia klasy czystości pyłowej: klasa ISO 5 i klasa ISO 7 (niebieskie tło), określające w niektórych europejskich regulacjach poziom czystości sal operacyjnych. Tłem w kolorze błękitnym wyróżniłem wartość 352 JTK jako wartość odniesienia skutecznego testu pyłowego w obszarze chronionym według DIN 1946-4:2008 i Fpr CEN/TR 16244:2011(E). Wartość 4 JTK na tle błękitnym odniosłem wyłącznie do wymogów ilościowych jako porównanie z ilością bakterii w najwyższej klasie czystości bakteriologicznej w cytowanych regulacjach.

Numer klasy ISO (N)	Maksymalne dopuszczalne stężenie (cząstki pyłów/m <sup>3</sup> powietrza) dla cząstek pyłu o wielkości równej lub większej od podanych poniżej (dopuszczalne stężenia obliczono zgodnie z równaniem (1) podanym w rozdziale 3.2)					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
Klasa ISO 1	10	2				
Klasa ISO 2	100	24	10	4		
Klasa ISO 3	1000	237	102	35	8	
Klasa ISO 4	10 000	2370	1020	352	83	
Klasa ISO 5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
Klasa ISO 6		237 000	102 000	35 200	8320	293
Klasa ISO 7				352 000	83 200	2930
Klasa ISO 8				3 520 000	832 000	29 300
Klasa ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000

Tab. 1. Wybrane klasy czystości pyłowej powietrza w pomieszczeniach i strefach czystych

### Zanieczyszczenia bakteriologiczne

Głównym źródłem zanieczyszczeń bakteriologicznych są ludzie (personel medyczny i pacjent). Wysokość emisji tych zanieczyszczeń zależy od intensywności pracy i ruchu personelu medycznego, długości operacji, zmęczenia czy ubioru. Waha się ona w przedziale 50 000-150 000 JTK/min/osobę (różne publikacje podają różne wartości).

Te właśnie zanieczyszczenia stanowią podstawowe zagrożenie dla bezpieczeństwa aseptyki sal operacyjnych. Czystość sal jest tu klasyfikowana w ujęciu bak-

► teriologicznym, opartym na pomiarach ilości mikroorganizmów wyhodowanych na płytce Petriego o określonej powierzchni i rodzaju podłoża/pożywki, dla określonych warunków inkubacji, czasu badania i temperatury. Wyhodowane kolonie zlicza się i dzieli na szczepy. W tab. 2 przedstawiono najważniejsze czynniki etiologiczne (wywołujące chorobę) w odniesieniu do rodzaju wykonywanych operacji.

Rejon pomiaru stężenia znajduje się na wysokości 1-1,2 m od podłogi w miejscu koncentracji emisji zanieczyszczeń pochodzących od personelu. Istotne jest, że w metodzie sedymentacji szybkość osadzania (przyrostu) cząstek na płytce wiąże się ze wzrostem intensywności przepływu zanieczyszczonego bakteriologicznie powietrza w rejonie badania. Z drugiej strony napływ czystego powietrza ogranicza ten przyrost. Ograniczenie przyrostu bakterii zależy od prawidłowego procesu usuwania (metodą nawiewu laminarnego) bądź rozrzedzenia (metodą przepływu turbulentnego) stężenia bakterii przez czyste od pyłów powietrze, nawiewane w rejon płytki (3, 4, 5).

### Metody osiągnięcia założonego poziomu czystości nawiewu

Czystość pyłowa to czystość nawiewanego powietrza zewnętrznego, oczyszczanego przez trzy stopnie filtracji: 1. wstępny – F5/F7, 2. podstawowy – F9, 3. końcowy – H13. Filtry F5 i F9 znajdują się na wyposażeniu centrali wentylacyjno-klimatyzacyjnej w wersji higienicznej, nawiewającej powietrze do sali operacyjnej. Filtr H13 pełni funkcję filtra końcowego (strop laminarny lub nawiewnik). Filtracja 3-stopniowa eliminuje głównie zanieczyszczenia zewnętrzne.

Aby zapewnić czystość pyłową i bakteriologiczną sali operacyjnej, wykorzystuje się najdokładniejszy filtr powietrza nawiewanego – filtr HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) o skuteczności filtracji 99,95% na poziomie H13. Filtr ten to „mechaniczne sito” zatrzymujące na swojej powierzchni partycje/cząstki o wielkości  $\geq 0,5\mu\text{m}$  przy sprawności 99,95%.

Filtracja 2-stopniowa zapewnia czystość powietrza przy stosowaniu dodatkowego nawiewu recyrkulacyjnego powietrza. Dwa stopnie filtracji: 1. stopień recyrkulacyjny F7/F9 znajduje się w instalacji recyrkulacyjnej, 2. stopień to filtr końcowy H13 – identyczny jak w nawiewie zewnętrznym.

Metoda filtracji zapewnia czystość bakteriologiczną nawiewanego powietrza w rejonie pola operacyjnego. Przykładowa sala operacyjna, w której podczas zabiegu przebywa 8 osób, szacunkowo narażona jest na obecność poniższych ilości drobnoustrojów, w zależności od intensywności wysiłku fizycznego:

- 2 osoby (2 chirurgów) x 150 000 JTK/min = 300 000 JTK/min,
  - 5 osób (personel medyczny) x 125 000 JTK/min = 625 000 JTK/min,
  - 1 osoba (pacjent) x 50 000 JTK/min = 50 000 JTK/min,
- co razem daje 975 000 JTK/min (~1000000 JTK/min.)

Podsumowując, łączna emisja na sali operacyjnej w ciągu minuty to 1000 000 JTK/min i to właśnie tę liczbę musimy zredukować do wartości 1-4 JTK/m<sup>3</sup> (tab. 1).

Rozwiązaniem o najwyższym poziomie czystości bakteriologicznej jest nawiew oparty na metodzie waporowej tłoka powietrznego laminarnego, o nisko turbulentnym przepływie pionowym powietrza (LTF) z prędkością przepływu 0,2-0,25 (0,30) m/s.

„Zdmuchuje” on bakterie z rejonu pola operacyjnego czystym pyłowo powietrzem.

W drugim rozwiązaniu, o niższym poziomie czystości, stosujemy nawiew turbulentny, oparty na metodzie mieszania powietrza zanieczyszczonego bakteriologicznie z powietrzem czystym, pochodzącym z systemu nawiewników sufitowych, ściennych bądź ukośnych. W metodzie tej poziom czystości bakteriologicznej powietrza osiąga się intensywnie, „rozrzedzając” czystym pyłowo powietrzem przestrzeń w rejonie pola operacyjnego.

### Rodzaje przepływów powietrza

Ryc. 2-5 porównują nawiew laminarny (LTF) z nawiewem turbulentnym (konwencjonalnym) w różnych ujęciach, pokazując różnice w dystrybucji powietrza (6-9).

### Norma DIN 1946-4:2008-12 Ventilation and air conditioning – Part 4: VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector

Normą regulującą proces wentylacji w szpitalach, która łączy w całość wymagania czystości bakteriologicznej i pyłowej, jest niemiecka norma DIN 1946-4 i jej aktualne wydanie z roku 2008 – DIN 1946-4:2008-12 (10-12).

Norma zawiera definicje i klasyfikację czystości sal operacyjnych, opisy instalacji i wymagania oraz przedstawia złożone procedury pomiarowe, związane z procesem odbioru bezpiecznej sali operacyjnej itp.

### Klasyfikacja pomieszczeń szpitalnych wg DIN 1946-4:2008-12

Klasa Ia – sale operacyjne klasy Ia z nawiewem tzw. laminarnym o niskiej turbulencji:

Rodzaj zabiegu chirurgicznego	Najczęstsze czynniki etiologiczne
Związane z przeszczepem narządu lub umieszczenia ciała obcego (implant/proteza)	<i>Staphylococcus aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne
kardiochirurgiczne	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne
naczyniowe	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne
neurochirurgiczne	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne
torakochirurgiczne	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne
okulistyczne	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne, <i>Streptococcus spp.</i> , pałeczki Gram-ujemne
operacje w obrębie przewodu pokarmowego: pęcherzyk i drogi żółciowe żołądek i dwunastnica proksymalny odcinek jelita cienkiego dystalny odcinek jelita cienkiego jelito grube	pałeczki Gram-ujemne ( <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> ), <i>Enterococcus spp.</i> pałeczki Gram-ujemne, beztlenowce ( <i>Bacteroides spp.</i> ) pałeczki Gram-ujemne pałeczki Gram-ujemne, beztlenowce ( <i>Bacteroides spp.</i> ) pałeczki Gram-ujemne, beztlenowce ( <i>Bacteroides spp.</i> )
ortopedyczne	<i>S. aureus</i> , gronkowce koagulazo-ujemne, pałeczki Gram-ujemne
operacje w obrębie głowy i szyi	<i>S. aureus</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Peptostreptococcus spp.</i>
ginekologiczno-położnicze	pałeczki Gram-ujemne, <i>Enterococcus spp.</i> , paciorkowce grupy B ( <i>S. agalactiae</i> ), beztlenowce

Tab. 2. Rodzaje zabiegów chirurgicznych i związane z nimi czynniki etiologiczne (1, 2)

- przepływ laminarny 3,2 m x 3,2 m na całej powierzchni chronionej,
- przynajmniej 1200 m<sup>3</sup>/h powietrza zewnętrznego, pozostałe powietrze z recykulacji z sali operacyjnej.

Klasa Ib – sale operacyjne klasy Ib przeznaczone są do operacji niewymagających niskiej turbulencji. Ich eksploatację należy prowadzić przy nadciśnieniu pochodzącym z dodatniego bilansu powietrza zewnętrznego na poziomie przynajmniej 1200 m<sup>3</sup>/h.

Klasa II – pomieszczenia klasy II to pomieszczenia, korytarze i obszary wykorzystywane do celów medycznych, które nie należą do klas Ia lub Ib. Wymagany dopływ powietrza zewnętrznego to 40 m<sup>3</sup>/h na osobę.

### Wymogi mikrobiologiczne

Kolonią nazywamy skupisko drobnoustrojów, widoczne gołym okiem, wyrosłe na powierzchni lub w głębi podłoża stałego, powstałe z jednostki tworzącej kolonie (JTK). Liczbę kolonii na każdej płytce Petriego normalizuje się dla 5 operacji na powierzchni płytki 50 cm<sup>2</sup>, obliczając średnią liczebność kolonii dla poszczególnych sal przy czasie ekspozycji 60 minut. Wymagania normatywne zgodnie z normą DIN 1946-4:2008-12 wynoszą dla:

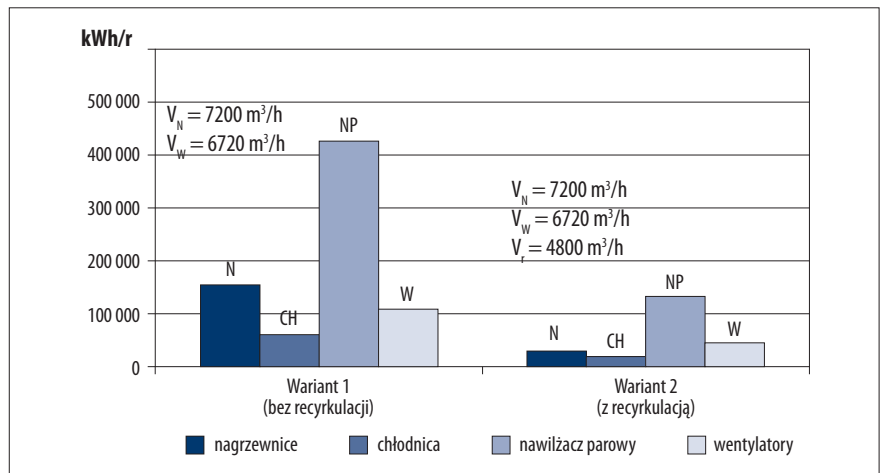
- pomieszczenia klasy Ia – średnia liczebność kolonii ≤ 1JTK (50 cm<sup>2</sup> x 60 min),
- pomieszczenia klasy Ib – średnia liczebność kolonii ≤ 5 JTK (50 cm<sup>2</sup> x 60 min).

### Projekt raportu technicznego

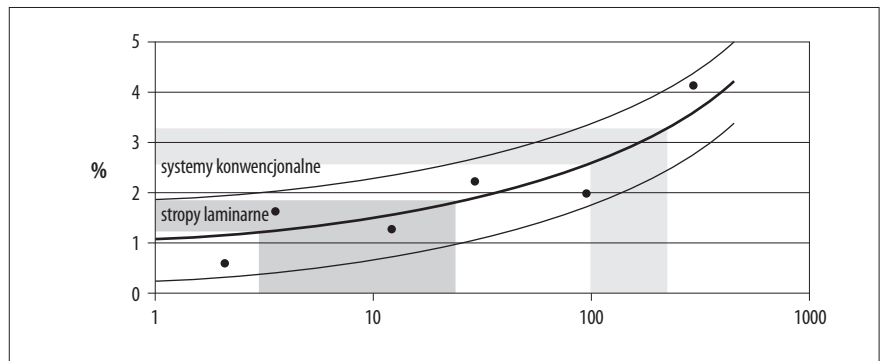
Trzecim dokumentem jest projekt raportu technicznego Fpr CEN/TR 16244:2011(E) Ventilation for hospitals. Jest on udaną próbą rozszerzenia zapisów normy DIN. Nadaje to temu projektowi status bardzo poważnego, kompleksowego opracowania w zakresie wentylacji szpitali, tak potrzebnego nam w chwili obecnej w Polsce. Poniżej kilka najistotniejszych informacji zawartych w raporcie (tab. 3).

### Klasyfikacja pomieszczeń szpitalnych oraz zalecane dla nich rozwiązania systemu wentylacji/klimatyzacji wg Fpr CEN/TR 16244:2011

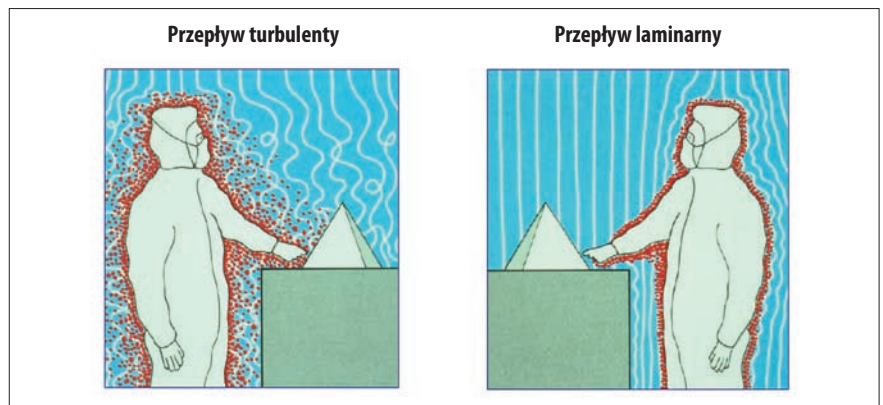
Warunkiem koniecznym uznania sali za pomieszczenie grupy H1 jest stałe utrzymywanie nadciśnienia powietrza i jego stopniowanie.



Ryc. 1. Roczne zużycie energii pierwotnej przez układy klimatyzacyjne (dr hab. inż. Mieczysław Porowski)



Ryc. 2. Ryzyko infekcji pooperacyjnej w zależności od stężenia zanieczyszczeń mikrobiologicznych w sali operacyjnej w odniesieniu do stopnia czystości nawiewu – strop laminarny LTF i konwencjonalny nawiew turbulentny wg Lidwella (7)



Ryc. 3. Przepływ turbulentny i przepływ laminarny (8)

#### Rozwiązanie H1a

Pomieszczenia klasy H1a znajdują zastosowanie w: chirurgii ortopedycznej i urazowej (np. pełne endoprotezy kolana i biodra, urazy wielonarządowe); neurochirurgii (np. na kręgosłupie); chirurgii klatki piersiowej; przeszczepach; zabiegach łączonych, z pogranicza dwu- lub więcej specjalizacji; chirurgii sercowo-naczyniowej; ginekologii (np. protezy piersi); chirurgii ogólnej (np. implanty siatkowe przy leczeniu przepukliny); operacjach wielogodzinnych i szczególnie długotrwałych.

#### Rozwiązanie H1b

Pomieszczenia klasy H1b są wykorzystywane do operacji, które nie wymagają pomieszczeń klasy H1a.

#### Rozwiązanie H1c

Dla tego typu sal operacyjnych, z mieszanym przepływem, nie jest możliwe określenie obszaru chronionego. Sale operacyjne klasy H1c są wykorzystywane do takich operacji, jak: wszczepianie małych implantów; angiografia inwazyjna; cewnikowanie serca. Sale te przeznaczone są także na potrzeby pomieszczeń przygo-

► towawczych pacjenta, toalet lub łazienek wejściowych.

#### Rozwiązanie H2

Ta klasa obejmuje pokoje dla pacjentów z ryzykiem zakażenia, wymagających izolacji i sterylnej opieki. Główne ryzyko drobnoustrojowe powodowane jest przez zarodniki *Aspergillus*. Klasa pomieszczeń H2 może być wymagana w przypadku pacjentów przed transplantacją i po transplantacji szpiku kostnego. Konieczne jest stopniowanie nadciśnienia. Przewiduje się zastosowanie nawiewu laminarnego powietrzem wyporowym (LTF) poza salami operacyjnymi w określonym celu, np. w przypadku konieczności obniżenia poziomu zakażeń (np. pacjenci z oparzeniami).

#### Rozwiązanie H3

To rozwiązanie dotyczy sal dla pacjentów chorych lub podejrzanych o choroby za-

każne oraz pomieszczeń, w których mogą zostać uwolnione substancje zagrażające zdrowiu. Izolacja źródła zakażenia jest tu niezbędna. Główny nacisk kładzie się na ochronę pracowników i osób trzecich – zanieczyszczone powietrze z tych pomieszczeń nie powinno przedostawać się do otoczenia.

#### Wymagania dotyczące klimatyzacji wg Fpr CEN/TR 16244:2011 (E)

Odbiór pod względem czystości pomieszczeń klasy H1 i H2:

- ocena wzrokowa całej instalacji (H1);
- kierunek przepływu powietrza z/do pomieszczenia (H1);
- wizualizacja przepływu powietrza nawiewanego ze stropu laminarnego (H1a); poniżej powierzchni nawiewu bez lamp operacyjnych; poniżej powierzchni nawiewu z lampami operacyjnymi; poniżej powierzchni nawiewu z kurtyną

ze szkła/z tworzywa wokół stropu laminarnego;

- określenie poziomu ochrony lub intensywności turbulencji przepływu powietrza na granicy obszaru ochronnego (H1a);
- sprawdzenie czasu powrotu do stanu normalnego (test powrotu) w pomieszczeniach z przepływem turbulentnym (H1b; H2);
- test mikrobiologiczny (H1a; H1b).

#### Testy mikrobiologiczne powietrza wg Fpr CEN/TR 16244:2011 (E)

Dopuszczalne stężenie drobnoustrojów w powietrzu, w zależności od klasy czystości pomieszczenia:

- dla klas H1a i H1b – średnia liczebność kolonii  $\leq 1$  JTK / (50 cm<sup>2</sup> x 60 min),
- dla klasy H1c – średnia liczebność kolonii  $\leq 5$  JTK / (50 cm<sup>2</sup> x 60 min).

#### Efekt ochronny wg Fpr CEN/TR 16244:2011 (E)

Określenie efektu ochronnego dla pomieszczenia o najwyższym poziomie czystości to sposób oceny skuteczności pracy systemu klimatyzacji w symulowanych warunkach, stosowany dla sal klasy H1a wg Fpr CEN/TR 16244:2011 (E) i klasy 1a wg DIN 1946-4:2008-12. Jest to nowe zagadnienie zdefiniowane i opisane w projekcie raportu technicznego Fpr CEN/TR 16244:2011 (E) i normie DIN 1946-4: 2008-12. Test ten zbliża nas do faktycznej oceny skuteczności nawiewu laminarnego (LTF) w rejonie pola operacyjnego. Definiuje także metody, ocenia zakres i poziom turbulencji na pograniczu strefy ochronnej.

Test bada stężenie cząstek w obszarze chronionym. Do badanego obszaru dopro-

Fpr CEN/TR 16244:2011(E) Ventilation for hospitals		
Klasyfikacja pomieszczeń szpitalnych oraz zalecenia dla tej klasy pomieszczeń		
Klasa pomieszczeń	Opis wymagań dotyczących instalacji klimatyzacji/wentylacji lub opis pomieszczenia albo stosowanych w nim procedur medycznych	
H1a	Laminarny strop nawiewny z obszarem chronionym obejmującym pole operacyjne oraz stolik narzędziowy ( $\geq 9$ m <sup>2</sup> (*))	
H1b	Laminarny strop nawiewny z ograniczonym obszarem chronionym (< 9 m <sup>2</sup> )	
H1c	Wentylacja mieszająca (turbulentna)	
H2	Czyste strefy dla pacjentów leżących, np. przeszczep szpiku kostnego, oparzenia. Wymagane nadciśnienie $\geq 6$ Pa	
H3 Izolatki, pacjenci zakażeni i specjalne procedury medyczne	H3a	W instalacji wywiewnej filtr klasy H13 (np. gruzlica wielolekooporna)
	H3b	W instalacji wywiewnej filtr powietrza klasy H13 oraz filtr powietrza wywiewanego (pomieszczenia dla chorych np. na gorączkę Lassa – ostrą wirusową gorączkę krwotoczną)
	H3c	Np. radionuklidy (sprawdzić inne przepisy i wymagania)
H4	Pozostałe pomieszczenia wykorzystywane w celach medycznych	
(*)Obszar chroniony o powierzchni 9 m <sup>2</sup> zazwyczaj uzyskuje się, stosując strop laminarny o wymiarach 3,2 x 3,2 m.		

Tab. 3. Klasy czystości sal operacyjnych

Wytyczne projektowania szpitali ogólnych, 1984 r.		SKI, 1987 r.		DIN 1946:4:2008			Hospital ventilation – guide 2008		Raport Techniczny FprCEN/TR 16244		
Polska		Szwajcaria		Niemcy			Finlandia		Państwa zrzeszone w ramach CEN		
Nazwa klasy	JTK/m <sup>3</sup> (tylko bakterie)	Nazwa klasy	JTK/m <sup>3</sup>	Pomiar w czasie użytkowania sal operacyjnych (płytki Petriego)			Poziom ryzyka	Klasa czystości pyłowej (tab. 1)	Klasa pomieszczeń	Pomiar płytki Petriego	Klasa czystości pyłowej
I	70	I	< 10	Sala operacyjna Ia	$\leq 1$ JTK/ (50 cm <sup>2</sup> x 60 min)	Test pyłowy zgodnie z DIN EN ISO 14644-3	Sale operacyjne: ortopedia, przeszczepy	ISO 5	H1a	$\leq 1$ JTK/ (50 cm <sup>2</sup> x 60 min)	Test pyłowy zgodnie z EN ISO 14644-3
				sala operacyjna Ib	$\leq 5$ JTK/ (50 cm <sup>2</sup> x 60 min)					H1b	
II	300	IIb	50	Sala operacyjna klasa II			Pozostałe sale operacyjne	ISO 7	H2		
		II	200								
II	700	III	500						H3a-d		
JTK – jednostki tworzące kolonie											

Tab. 4. Porównanie klas czystości mikrobiologicznej



wadza się z odpowiednio rozstawionych wytwornic pył (aerazol) o znanym stężeniu (tzw. stężenie referencyjne), stałym dla danego pomiaru. Dla oceny pomiarów stosujemy cząstki o wymiarze  $\geq 0,5 \mu\text{m}$ .

Test przeprowadza się dwuetapowo:

- I etap – sprawdzenie stanu ochrony przed zanieczyszczeniami pochodzącymi z otoczenia zewnętrznego,
- II etap – sprawdzenie stanu ochrony przed wpływem zanieczyszczeń pochodzących z wnętrza tego obszaru (np. z podłogi), (fot. 1), (1-3).

## Europejskie regulacje prawne

Należy podsumować wydarzenia legislacyjne i normalizacyjne ostatnich 30 lat, jakie miały miejsce w regulacjach europejskich, i porównać je z naszymi „Wytocznymi projektowania szpitali ogólnych. Instalacje sanitarne” (14), (tab. 4).

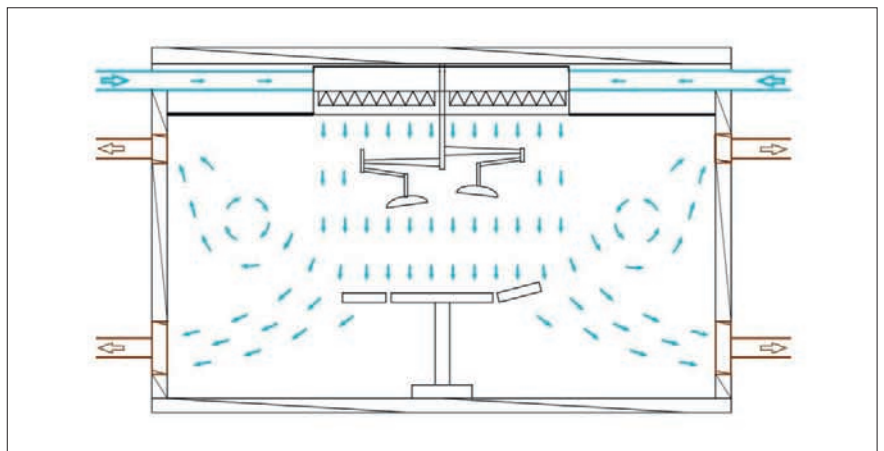
Porównanie wymogów czystości mikrobiologicznej jednoznacznie wykazało, że w Polsce znacznie zawyżone są dopuszczalne poziomy ilości bakterii JTK/m<sup>3</sup>, szczególnie w najczystszej, I klasie: klasa I – od 7 do 70 razy; klasa II – od 1,5 do 6 razy; klasa III – od 1 do 1,5 razy.

## Czystość powietrza

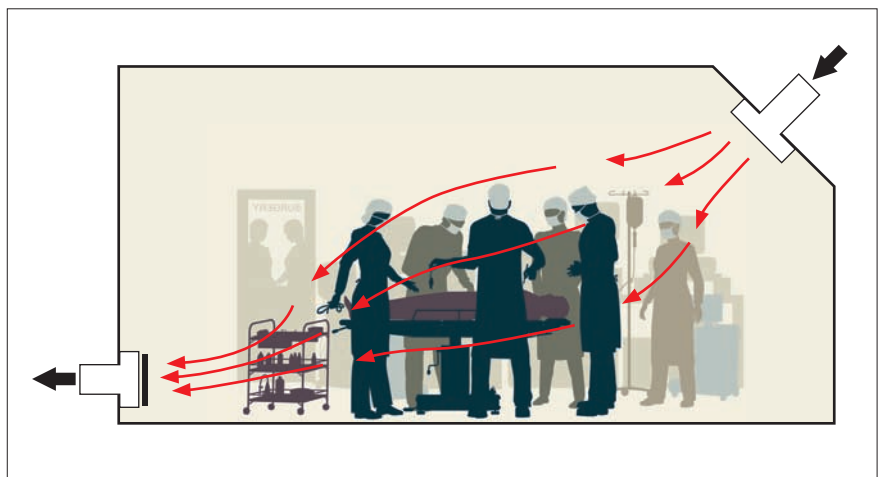
Obecnie w Polsce nie obowiązują żadne rozporządzenia czy ustawy tworzące oficjalne standardy czystości sal operacyjnych. Istnieją oczywiście wytyczne projektowe, jak wspomniane „Wytoczne projektowania szpitali (...)”, które w przyszłym roku będą obchodzić już swoje 30-lecie powstania. Niestety, to jedynie przestarzałe zalecenia.

Przykładowo, kryterium czystości pyłowej to zalecana liczba wymian kubatury pomieszczenia na godzinę, zaś poziom czystości bakteriologicznej przedstawiają poniższe wartości:

- I klasa – pomieszczenia „o najwyższej możliwej aseptyce, minimalny poziom bakterii 70 JTK/m<sup>3</sup> (16). Autor jedynie wspomina o systemie waporowym. W tej klasie zaleca się przeprowadzać: transplantacje, operacje serca, mózgu, ciężkie poparzenia.
- II klasa – liczba wymian kubatury: 15/h. Minimalna ilość bakterii: 300 JTK/m<sup>3</sup>. Do tej klasy zaliczono: sale operacyjne aseptyczne i septyczne oraz sale intensywnej opieki medycznej.
- III klasa – liczba wymian kubatury: 10/h. Minimalna ilość bakterii: 700 JTK/m<sup>3</sup>. Do tej



Ryc. 4. Przepływ powietrza w sali operacyjnej



Ryc. 5. Przepływ turbulentny mieszający z nawiewnika sufitowego i ukośnego

klasy zaliczono: sale zabiegowo-operacyjne, porodowe, endoskopię i inne.

W momencie powstania „Wytoczne...” były nowatorskie, jednak brak nowelizacji sprawił, że obecnie są zdezaktualizowane. Przywołajmy dla przykładu najważniejsze regulacje w kwestii czystości sal operacyjnych (tab. 5).

Na końcu tab. 5 świadomie umieściłem §37 *Rozporządzenia Ministra Zdrowia* (15). Moim celem było wykazanie, że poziom ogólności stosowanych zapisów jednoznacznie świadczy o uchylaniu się ustawodawcy od odpowiedzialności za bezpieczeństwo związane z aseptyką sal operacyjnych.

Jak z kolei rozumieć zwrot „dostosowania do funkcji”, użyty w rozporządzeniu? Jak rozumieć pojęcie funkcji i kto je definiuje? Wieloznaczność stwarza pole dla niedociągnięć i nieprawidłowości. Najistotniejsza dla tego opracowania grupa funkcji, do których przeznaczane są sale operacyjne, to funkcje użytkowe łączące funkcje medyczne (rodzaj operacji), wymagające określonej liczby personelu i sprzętu, z funkcjami technicznymi (bez-

pieczeństwo) i komfortu jej użytkowania to miejsce trudnej, odpowiedzialnej pracy. Powinny one zostać jasno doprecyzowane, sklasyfikowane i sparametryzowane. Przeznaczenie sali do funkcji użytkowej powinno bazować na jasno doprecyzowanych wymaganiach technicznych: czystości pyłowej i bakteriologicznej; temperatury i wilgotności; liczby wymian kubatury; prędkości powietrza nawiewnego w obszarze chronionym; liczby świeżego powietrza; wartości nadciśnienia; hałasu urządzeń i instalacji; natężenia i rodzaju oświetlenia; energooszczędności.

Pytanie tylko, kto odpowiada za ustalenie i nadzór utrzymania tych parametrów? Na to pytanie ustawodawca niestety odpowiada jedynie: „stosuje się”.

## Kontrowersyjne zapisy w rozporządzeniu (Dz.U. z 2002 r., Nr 75, poz. 690)

Powyższe rozporządzenie może budzić wątpliwości, gdy czytamy, że: „W budynku opieki zdrowotnej recyrkulacja powietrza może być stosowana tylko za zgodą ▶

► i na warunkach określonych przez właściwego państwowego inspektora sanitarnego" (16).

Jednakże cytowany wymóg indywidualnego dopuszczenia instalacji recyrkulacji przez państwowego inspektora sanitarnego musi rodzić sprzeciw. W fazie projektowej wiedzę o zagrożeniach bakteriologicznych i pyłowych można zawrzeć w prostych kryteriach, które projektant musi spełnić. Wymagania stawiane instalacjom recyrkulacyjnym sal operacyjnych, czyli: warunki zastosowania, zalecane stopnie filtracji, profile pomieszczeń sąsiadujących czy udział czystego powietrza – są jak najbardziej zrozumiałe. Inspektor sanitarny nierzadko nie dysponuje odpowiednim poziomem wiedzy w zakresie planowanych rozwiązań technicznych i regulacji dotyczących kryteriów czystości sal operacyjnych. Co więcej, jego doświadczenie, wiedza o potencjalnych ogniskach zagrożenia oraz obawa przed konsekwencjami personalnymi mogą dyskwalifikować nieznanne mu rozwiązania techniczne.

Ustawodawca wymaga zgody na zastosowanie recyrkulacji wydanej przez właściwego inspektora sanitarnego w przypadku nowych instalacji zaś nie odnosi się do ich obecnego stanu. To powoduje, że ponad 80% sal operacyjnych w Polsce boryka się z niekontrolowanym przepływem powietrza zanieczyszczonego, wynikającym z braku instalacji wentylacyjnej lub jej złego działania. Niestety, inspektorzy nie odpowiadają personalnie za aseptykę i bezpieczeństwo już funkcjonujących sal operacyjnych – ustawodawca nie dostrzegł konieczności nałożenia tego rodzaju odpowiedzialności na odpowiednie organy.

Konieczne jest określenie zrozumiałych wymagań, jakie powinien spełniać proces recyrkulacji dla wszystkich podmiotów zainteresowanych oraz dla każdego z etapów wdrożenia tej technologii. W nadzorze powyższych działań aktywną rolę powinien odgrywać inspektor sanitarny, oceniając możliwość dopuszczenia instalacji do użytkowania, a następnie regularnie kontrolując ją w trakcie eksploatacji. Partnerska rola inspektora oznaczałaby m.in. współokreślanie funkcji czystości w fazie projektowej (jako doradca), współnadzór nad montażem instalacji, nadzór nad prawidłowo przeprowadzonym efektem ochronnym i testem pyłowym, aktywny udział przy odbiorach instalacji i czynny monitoring poziomu zagrożenia bakteriologicznego w trakcie użytkowania. Zmiana zapisów pozwoliłaby na przeniesienie aktywności inspektorów sanitarnych w kierunku roli nadzorczej, gdzie wiedza, doświadczenie i profesjonalizm wielu z nich byłyby nieocenionym wsparciem dla inspektorów nadzoru budowlanego.

Obecny stan rzeczy niesie ze sobą poważne konsekwencje ekonomiczne, wynikające m.in. z niedopuszczenia recyrkulacji. Cytując dr. hab. inż. Mieczysława Porowskiego: „skrajnie rygorystyczna interpretacja zapisów formalnych dotyczących możliwości zastosowania recyrkulacji w salach operacyjnych wg polskich przepisów (...) nie znajduje merytorycznych uzasadnień" (19). Asekuracyjna decyzja o zastosowaniu wyłącznie nawiewu świeżego powietrza zewnętrznego to dla szpitala niezwykle kosztowna inwestycja, zarówno w fazie realizacji, jak i w fazie eksploatacji. Konserwatywne decyzje inspektorów, oparte na nieskutecznych przepisach, znacząco ogranicza-

ją rozwój rozwiązań energooszczędnych, w tym systemów recyrkulacji.

Uwagi można by także skierować do zachowawczego działania personelu obsługi technicznej szpitali. Nie podejmuje on starań o lepszą efektywność energetyczną i wprowadzenie recyrkulacji. Na tę asekurację wpływają m.in. nieustanna presja na poszukiwanie oszczędności, często nieprzemyślanym, propagandowym, obawy o przyszłość zawodową w przypadku podjęcia „niepopularnej”, ryzykownej finansowo decyzji, brak zaangażowania się w realizację nowych wyzwań. W artykule „Pomysł na bezpieczne sale operacyjne w szpitalach” (29) zadeklarowałem bezpłatne konsultacje techniczne odnośnie zasad funkcjonowania i realizacji bezpiecznych instalacji wentylacyjnych sal operacyjnych. Niestety nikt nie zainteresował się propozycją współpracy. Wniosek jest następujący: ludzie odpowiedzialni za bezpieczeństwo pacjentów w szpitalach nie zgłaszają chęci podnoszenia poziomu swojej wiedzy zawodowej. Wiedza ta zmusiłaby ich do aktywności, podniosła poziom odpowiedzialności, jednakże w sytuacji, kiedy zwolnienia lub redukcja wynagrodzeń są jedynym źródłem oszczędności, na jakie stać statystyczny szpital, trudno o zaangażowanie.

## Korzyści stosowania recyrkulacji

Oszczędności w procesie budowlanym to: mniejsze przekroje instalacji wentylacyjnej; tańsze i lżejsze kanały wentylacyjne; tańszy i łatwiejszy montaż, transport, składowanie; mniejsza uciążliwość procesu instalacji dla szpitala; łatwiejsze utrzymanie szczelności instalacji; niższe koszty materiałowe, zaku-

Dz.U. z 2012 r., nr 0, poz. 739 (15)
<i>Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 czerwca 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą</i>
§38. W salach operacyjnych oraz innych pomieszczeniach, w których podtlenek azotu jest stosowany do znieczulania, nawiew powietrza odbywa się górną, a wyciąg powietrza w 20% górną i w 80% dolną i zapewnia nadciśnienie w stosunku do korytarza – rozmieszczenie punktów nawiewu nie może powodować przepływu powietrza od strony głowy pacjenta przez pole operacyjne.
§39.1. Instalacje i urządzenia wentylacji mechanicznej i klimatyzacji podlegają okresowemu przeglądowi, czyszczeniu lub dezynfekcji lub wymianie elementów instalacji zgodnie z zaleceniami producenta, nie rzadziej niż co 12 miesięcy.
2. Dokonanie czynności, o których mowa w ust. 1, wymaga udokumentowania.
§37. W blokach operacyjnych, izolatkach oraz pomieszczeniach dla pacjentów o obniżonej odporności stosuje się wentylację nawiewno-wywiewną lub klimatyzację zapewniającą parametry jakości powietrza <b>dostosowanego do funkcji tych pomieszczeń.</b>

Tab. 5. Wymagania dotyczące instalacji, zawarte w aktualnym rozporządzeniu ministra zdrowia



Fot. 1

pu instalacji i jej wykonania; mniejsza przestrzeń technologiczna realizacji; mniejsze gabaryty urządzeń i niższe zapotrzebowanie na energię elektryczną; tańsze urządzenia; niższe zapotrzebowanie na moc grzewczą/chłodniczą; łatwiejszy rozruch.

Oszczędności uzyskuje się także w procesie eksploatacji. Eksploatacja instalacji wentylacyjnych w wysoko aseptycznych salach operacyjnych to kosztowny proces technologiczny. Przyczyną jest całodobowa praca, mająca na celu utrzymanie „poduszki” nadciśnienia chroniącej pomieszczenie przed kontaminacją. Stosując recyrkulację, znacząco obniżamy: koszty czynników energetycznych przy wytworzeniu mocy grzewczej/chłodniczej; koszty nawilżania parowego; koszty energii elektrycznej; koszty przesyłu czynników i strat z tym związanych.

Bardzo interesujące jest świadome obniżanie poziomu wilgotności względnej w zimie (wytworzonej przez nawilżacze parowe) do poziomu 35%, gwarantujące pracę personelu w rozszerzonych warunkach komfortu. Porównując sale operacyjne o pow. stropu laminarnego 9 m<sup>2</sup>, mające nawiew laminarny, zasilany wyłącznie zewnętrznym powietrzem oraz układ mieszany powietrza zewnętrznego z recyrkulacyjnym z obniżoną wilgotnością względną w zimie, należy stwierdzić, że zużycie energii jest 3-4 razy większe w przypadku rozwiązania pierwszego! (ryc. 1), (19).

## Recyrkulacja – wyzwanie dla projektanta, wykonawcy i użytkownika

Projektowanie i wykonanie systemu wentylacyjno-klimatyzacyjnego z recyrkulacją dla nawiewów laminarnych nie jest proste. Projekty te wymagają odpowiedniej wiedzy, kwalifikacji i doświadczenia. W przypadku zastosowania recyrkulacji można pozyskać znaczne oszczędności. Co więcej, recyrkulacja na salach operacyjnych, przy spełnieniu kryteriów od dawna określonych w unormowaniach europejskich, nie powoduje pogorszenia czystości bakteriologicznej, poprawiając jednocześnie poziom czystości pyłowej. Powietrze recyrkulacyjne jest pod względem zabrudzeń pyłowych znacznie czystsze niż powietrze zewnętrzne. „Sito mechaniczne” filtra HEPA H13 jest w stanie wyłapać i zatrzymać niemal wszystkie zanieczyszczenia o wymiarach > 0,50 µm, podczas gdy wymiary bakterii w znakomitej większości przekra-

czają podany wymiar szczeliny filtracyjnej w opisanym filtrze.

Ważny jest stały monitoring poziomu zabrudzenia „brudnej” strony filtra, gdzie napływa powietrze świeże i recyrkulacyjne. Na tej powierzchni zagrożeniem jest szybki rozwój bakterii mających bardzo dobre warunki do rozmnażania.

Utworzenie sprawnie funkcjonującej sali operacyjnej to proces skomplikowany, odpowiedzialny i kosztowny, ale da się go zaplanować i zrealizować. Rozsądne ustawodawstwo, profesjonalne szkolenia oraz sukcesywne wprowadzanie planowej gospodarki remontowej i inwestycyjnej szpitali pozwolą odmienić obecną sytuację w Polsce.

Szpital to obiekt, który ma funkcjonować przez dziesięciolecia. Efektywnie, bezpiecznie, aseptycznie i ergooszczędnie. Czy jesteśmy w stanie zmienić sposób, w jaki traktowane jest bezpieczeństwo usług szpitalnych w Polsce? To pytanie skierowane jest do nas, specjalistów z dużym doświadczeniem zawodowym, z różnych branż: medycznej, sanitarnej, instalacyjno-technicznej, jak również finansowej i zarządczej.

## Skutki ekonomiczne zakażeń szpitalnych

Jednym z tragicznych skutków zakażeń szpitalnych w Polsce jest rosnąca liczba zgonów pozakaźniowych, osiągająca już poziom liczby ofiar wypadków samochodowych! Tak wysoki odsetek oznacza ok. 700 tys. zakażonych pacjentów rocznie, z których ponad 10 tys. umiera. Z tej liczby 40% zgonów występuje wśród ludzi w wieku produkcyjnym lub młodszym. Według danych Polskiego Towarzystwa Zakażeń Szpitalnych (20) szacunkowe koszty leczenia pacjentów zakażonych w szpitalach to nawet 800 milionów złotych rocznie!

Niestety, brak systemowych rozwiązań zbierania danych powoduje, że wyliczenia te mogą być traktowane jedynie jako próba przybliżenia, z góry zakładająca niedoszacowanie. Na podane koszty leczenia pacjentów składają się koszty pośrednie oraz koszty bezpośrednie.

Do kosztów pośrednich zaliczamy: spadek produktywności i aktywności zawodowej skutkujący niższymi przychodami budżetowymi (długa hospitalizacja, niepełnosprawność, także przedwczesne zgony), większe wydatki w postaci rent i zasiłków, koszty utraconych możliwości związane z koniecznością sfinansowania

z powodu zakażeń wtórnych operacyjnych i procesu leczenia zamiast inwestowania w inne usługi infrastruktury społecznej o potencjalnie większej wartości.

Do grupy kosztów pośrednich dobrać należy koszty prewencji i tzw. przyszłe koszty pośrednie. Koszty prewencji to środki inwestycyjne, przeznaczone na sformalizowane programy rejestracji i kontroli zakażeń, edukację personelu, profilaktykę antybiotykową i mechanizmy kontroli niewłaściwego stosowania antybiotyków. Koszty pośrednie przyszłe to przyszłe wydatki pozalecznicze (rekompensaty i odszkodowania) lub przychody utracone z powodu wystąpienia zakażenia szpitalnego.

Bezpośrednie koszty zakażeń szpitalnych to przede wszystkim koszty przedłużenia hospitalizacji, w tym koszty: pobytu, pracy personelu medycznego, dodatkowych procedur diagnostycznych i terapeutycznych.

Obecne szacunki mówią o wydłużeniu hospitalizacji pacjentów pozakaźniowych o 1 do 40 dni. W ujęciu finansowym koszty leczenia jednego tylko przypadku zakażenia szpitalnego wynoszą dodatkowo około 650-750 USD w przypadku najłżejszych zakażeń (np. układu moczowego), a w przypadku najcięższych zakażeń (np. krwi) mogą osiągać poziom nawet kilkudziesięciu tysięcy dolarów (21). W Wielkiej Brytanii w latach 1999-2000 przeprowadzono obszerne badanie skutków społeczno-ekonomicznych zakażeń szpitalnych. Analizy potwierdziły, że pacjenci, u których doszło do zakażenia, przebywają w szpitalach średnio 2,5 razy dłużej niż pacjenci bez zakażeń, a to oznacza trzykrotnie wyższe koszty leczenia (22).

Najczęściej do zakażeń dochodzi podczas zabiegów naczyniowych, na ortopedii protez, a także na oddziałach noworodkowych i intensywnej terapii. Z zakażeniem opuszcza szpital nawet co 10. pacjent tych oddziałów.

## Koszty leczenia – podsumowanie

Skutki zakażeń szpitalnych uderzają w nas wszystkich. Z danych PTZS wynika, że 5-10 osób na 100 hospitalizowanych ulega zakażeniu w polskim szpitalu. Najczęściej wskazywanym źródłem zakażeń personelu medycznego jest pacjent. Z drugiej strony pracownik szpitala także może zakażać innych pracowników lub pacjentów. Przenoszenie zakażeń szpital-



nych to system naczyń połączonych, który, niekontrolowany, generuje znaczne koszty. Ze statystyk PTZS wynika, że zredukowanie liczby zakażeń szpitalnych o 1% może obniżyć koszty leczenia aż o ok. 7-10%.

### Konsekwencje zaniechania

Dla pacjentów i ich rodzin skutkiem niektórych zakażeń będzie obniżenie jakości życia, a nawet przedwczesny zgon członka rodziny. Dla pacjentów to tragedia, dla szpitali i płatnika – wysokie koszty pośrednie. Wydają się one często kategorią teoretyczną i abstrakcyjną, jednakże mają wymierną postać – są to coraz częstsze w Polsce przypadki dochodzenia finansowej rekompensaty od placówki medycznej. Wysokie poziomy rekompensat skokowo zwiększają koszty placówek, wymuszają posiadanie wyższych ubezpieczeń odpowiedzialności cywilnej, a także skutkują utratą udziałów w rynku w warunkach rozwijającej się konkurencji w sektorze medycznym.

Potwierdza to opinia prof. dr hab. Małgorzaty Bulandy, prezes Polskiego Towarzystwa Zakażeń Szpitalnych: „W ostatnich latach zauważyć można wyraźną tendencję wzrostową pozwów sądowych kierowanych przeciwko placówkom ochrony zdrowia dotyczących negatywnych skutków związanych z leczeniem. (...) wiele pozwów dotyczy przypadków zakażeń szpitalnych. Z szacunków Biura Medycznej Obsługi Ubezpieczeń Centrali PZU SA i PZU Życie SA wynika, że prawie w jednej trzeciej przypadków przedmiotem roszczeń cywilnych, jakie pacjenci kierują pod adresem polskich szpitali publicznych, są zakażenia szpitalne. Należy wiedzieć, że ryzyko pozwu może zagrozić egzystencji szpitala. (...) Za zakażenia szpitalne do odpowiedzialności pociągnięci mogą być też dyrektorzy szpitali, jako osoby zarządzające placówką ochrony zdrowia. Nie dość tego, zarówno lekarze, jak i pielęgniarki kontraktowe według prawa odpowiadają za zakażenia szpitalne osobiście – odpowiedzialność solidarna. W przypadku zakażeń szpitalnych nie funkcjonuje więc pojęcie odpowiedzialności zbiorowej, bo ich konsekwencje ponosi płatnik, personel medyczny, zarządzający szpitalem oraz sama placówka” (23).

### Podsumowanie

Artykuł to próba odpowiedzi, jak uświadomić i pomóc szpitalom oraz ich personelowi w kwestii zagrożeń związanych z zakażeniami szpitalnymi. Świadoma inwestycja w czystość to działanie opłacalne finansowo

i społecznie. Krótkowzroczne inwestycje interwencyjne są nieskuteczne, a w przypadku szpitali konieczna jest racjonalna i długofalowa polityka zachowania bezpieczeństwa i funkcjonalności w połączeniu z energooszczędnością. Wskazane zostały wymagania, które należy spełnić, aby osiągnąć te cele.

Zadaniem specjalistów jest dotarcie do tych podmiotów, które dostrzegają konieczność zmian, i przedstawienie im rozwiązań i propozycji, które pomogą w osiągnięciu standardów europejskich w zakresie poziomu czystości pyłowej i bakteriologicznej, aseptyki, bezpieczeństwa funkcjonalności czy energooszczędności.

Służyć temu mają rozwiązania oparte na europejskim projekcie raportu technicznego Fpr CEN/TR 16244:2011(E), niemieckiej normie DIN 1946-4:2008-12 oraz PN-EN ISO 14644-1:2005.

Proponując rozwiązania i zachęcając do zmian, należy przywołać ostatni argument, powołując się m.in. na książkę J.T. Marcinkowego „Podstawy higieny”: „w podręcznikach, w których omawia się zasady zachowania higieny w szpitalach (...) podaje się, że około 25% infekcji powstałych w bloku operacyjnym pochodzi ze skażonego powietrza” (24). Zmiana tej sytuacji jest konieczna. Należy wywiązać się przed społeczeństwem z bardzo odpowiedzialnego zadania zapewnienia bezpiecznych sal operacyjnych. □

*Autor dziękuje dr inż. Annie Charkowskiej oraz dr. hab. inż. Mieczysławowi Porowskiemu za pomoc w udostępnieniu materiałów oraz możliwość umieszczenia ich w niniejszym opracowaniu.*

### Piśmiennictwo

- Owens D.C., Stoessel K.: *Surgical site infections: epidemiology, microbiology and prevention*. „J Hosp Infect”, 2008; 70 (52): 3-10.
- Mangram J.A., Horan T.C., Pearson L.M. Ee al.: *Guideline for prevention of surgical site infection*. „Infect Control Hosp Epidemiol”, 1999; 20 (4): 247-278.
- PN-EN ISO 14698-1:2004 *Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Kontrola biozanieczyszczeń. Część 1: Główne zasady i metody*.
- PN-EN ISO 14698-2:2005 *Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Kontrola biozanieczyszczeń. Część 2: Ocena i interpretacja danych o biozanieczyszczeniach*.
- Poprawka do Polskiej Normy PN-EN ISO 14698-2:2005/AC Dotyczy PN-EN ISO 14698-2:2005 (U) *Pomieszczenia czyste i związane z nimi środowiska kontrolowane – Kontrola biozanieczyszczeń. Część 2: Ocena i interpretacja danych o biozanieczyszczeniach*.
- Lidwell i in.: *Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip*

- or knee replacement: a randomised study*, 1982 Jul 3; 285 (6334): 10-4.
- Weiss Klimatechnik Polska Sp. z o.o.
- Charkowska A.: *Jakość i czystość powietrza wewnętrznego w salach operacyjnych w szpitalach*. (Narada szkoleniowa, Warszawa 8.12.2011r.).
- <http://climamedic.pl/pl/stropy-laminarne/92.html>.
- DIN1946-4:2008-12 *Ventilation and air-conditioning. Part 4: VAC systems in buildings and rooms used in the health care sector*. December 2008.
- VDI 2167 Part 1 *Building services in hospitals Heating, ventilation and air-conditioning*. December 2004 – draft.
- VDI 6022 Part 3, *Hygienic standards for ventilation and air-conditioning systems in factories*. September 2001- draft.
- Brunner A.: *Current hospital guidelines in Switzerland and in Germany*.
- Wytyczne projektowania szpitali ogólnych. Instalacje sanitarne. Zeszyt 5. Wentylacja i klimatyzacja. Oprac. Biuro Studiów i Projektów Służby Zdrowia z 1984 (wydanie II z 1989 r.).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 czerwca 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 739).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002, Nr 75 poz. 690 z póź. zm.).
- Różycki A.: *Aseptyka sal operacyjnych w ujęciu procesów klimatyzacyjnych – Cz. I. Metody usuwania zanieczyszczeń w bloku operacyjnym*. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, nr 3/95.
- Różycki A.: *Aseptyka sal operacyjnych w ujęciu procesów klimatyzacyjnych – Cz. II. Recykulacyjne metody odzyskiwania energii w procesach klimatyzacyjnych bloków operacyjnych*. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, nr 4/95.
- Porowski M.: *Systemy klimatyzacji sal operacyjnych. Uwarunkowania higieniczne i energetyczne*. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, 12/2008.
- Zakażenia szpitalne w Polsce*. Praca zbiorowa pod red. M. Bulandy. PTZS; Kraków 2003.
- Wakefield D.S.: *Understanding the Costs of Nosocomial Infections*. [W:] *Prevention and Control of Nosocomial Infections* (red.) R.P. Wenzel; Lippincott, Williams and Wilkins; Philadelphia 1993.
- Plowman R.: *The Socio-economic Burden of Hospital Acquired Infections*. PHLS, Londyn 1999.
- Bulanda M.: *Zakażenia szpitalne w Polsce – stan wiedzy na kwiecień 2011. Raport programu „Stop Zakażeniom Szpitalnym. Program Promocji Higieny Szpitalnej”*.
- Czyste powietrze w salach operacyjnych. Materiały szkoleniowe dla pielęgniarzy epidemiologicznych*. Zeszyt IV, Wrocław 2005.
- Marcinkowego J.T.: *Podstawy higieny*, Volumes, Wrocław 1997.
- Charkowska A.: *Nowoczesne systemy klimatyzacji w obiektach służby zdrowia (IPPU MASTA 2000)*.
- Charkowska A.: *Klimatyzacja szpitali w dokumentach prawnych – teraźniejszość i przyszłość*. „Chłodnictwo i Klimatyzacja”, nr 11/2012.
- Kaiser K., Wolski A.: *Klimatyzacja i wentylacja w szpitalach. Teoria i praktyka eksploatacji*. IPPU MASTA, 2007.
- Pomysł na bezpieczne sale operacyjne. „Zamówienia Publiczne Doradca”, 6/2011.
- Climatic Sp z o.o.: *Materiały techniczne i opracowania*.