

ADAM KROGULSKI

LOKALIZACJA SZPITALI A CZYSTOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA POWIETRZA W POMIESZCZENIACH

HOSPITALS LOCATION AND INDOOR AIR MICROBIOLOGICAL QUALITY

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny
Zakład Higieny Komunalnej
00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24
e-mail: akrogulski@pzh.gov.pl
Kierownik: dr J. Świątczak

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów stężenia mikroorganizmów w pomieszczeniach szpitali położonych w zwartej zabudowie miasta i poza miastem. Omówiono wpływ różnych czynników na stężenie bakterii i grzybów w pomieszczeniach szpitala.

Słowa kluczowe: bakterie w powietrzu, grzyby w powietrzu, klimatyzacja, mikroorganizmy w powietrzu sal w szpital

Key words: bacteria in air, fungi in air, air conditioning, microorganisms in hospitals rooms air

WSTĘP

Mikroorganizmy często występują na cząsteczkach pyłu. W terenie gdzie większość powierzchni ziemi jest pokryta roślinnością, a ruch drogowy ma niewielkie natężenie, stężenie pyłu w powietrzu bywa kilkakrotnie niższe w porównaniu z centrami dużych miast. Dla Warszawy i okolic różnice wynoszą do pięciu razy w okresie ciepłym i trzech w zimowym [2].

Stężenie mikroorganizmów w powietrzu atmosferycznym znacznie się zmienia w zależności od pory roku. Opady atmosferyczne wymywają z powietrza pył i mogą okresowo spowodować zanik opisanych powyżej różnic. W powietrzu równoległe z zmianami stężenia pyłu zmienia się stężenie mikroorganizmów osadzonych na jego cząsteczkach.

Dodatkowym problemem jest duża zmienność stężenia mikroorganizmów w powietrzu w zależności od warunków meteorologicznych np. liczba grzybów w okresie ciepłym waha się w zakresie od kilkuset do kilkudziesięciu tysięcy cfu/m³ [4].

Pierwszym celem przedstawianej pracy była ocena wpływu zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza atmosferycznego na stężenie bakterii i grzybów w powietrzu wewnętrznym szpitali. Drugim celem była ocena sprawności pracujących w szpitalach systemów klimatyzacji w zakresie redukcji stężenia bakterii i grzybów w powietrzu sal operacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania stężeń bakterii i grzybów w powietrzu atmosferycznym i w pomieszczeniach szpitali wykonywano w okresie od początku czerwca do połowy września w latach 2002/2003. W dniach poprzedzających badanie i w dniu badań nie było opadów a temperatura powietrza atmosferycznego wynosiła w dzień 20 – 26 °C. Powietrze w pomieszczeniach szpitali położonych poza miastem, oznaczonych I – IV, badano w dniach: I – 18.08, II – 25.08, III – 08.09, IV 15.09. Powietrze w pomieszczeniach szpitali warszawskich oznaczonych I-W - IV-W badano w dniach: I-W - 03.06, II -W – 10 -17.06, III – W – 24.06, IV – W 26.08.

W pracy wykorzystano jedynie wyniki pomiarów wykonanych w najczęściej badanych pomieszczeniach: sterylizatorni w części brudnej i czystej, sal: chorych, operacyjnych, pooperacyjnych, zabiegowych, OIOM i socjalnych.

W badaniach stosowano następujące podłoża: 1.) Malt extract agar firmy Oxoid o pH $5,4 \pm 0,2$ zalecane do wykrywania, izolacji i liczenia drożdży i pleśni. 2.) TSA – Tryptone soya agar f-my Oxoid o pH $7,3 \pm 0,2$, podłoże bogate w składniki odżywcze, na którym rośnie wiele gatunków bakterii.

Aparaty do kontroli mikrobiologicznej powietrza: Micro Bio (Air sampler MB 1 plus) firmy De Ville i mikrobiologiczny próbnik powietrza MAS – 100 (nowa wersja 2001r). Oba aparaty pracują metodą zderzeniową, przy czym MB 1 osadza materiał na płytkach typu Rodac Ø 55 mm, a MAS – 100 na powszechnie używanych w mikrobiologii płytkach Ø 90 mm. Oba aparaty posiadają głowice z otworami (dyszami). Powietrze przechodzące przez jeden otwór trafia w jeden osobny punkt na pożywce. Do korekcy wyniku zainicjowanego w wyniku trafienia dwóch lub więcej cfu (jednostek tworzących kolonie) w jeden punkt wprowadza się poprawkę według wzoru *Fellera* [1]. Płytki z podłożami agarowymi inkubowano odwrócone przykrywką do dołu. Płytki z osadzonymi bakteriami umieszczano w temperaturze 30°C. Kolonie liczono po 48 h inkubacji. Płytki z osadzonymi grzybami i ich zarodnikami umieszczano w temperaturze 25°C. Codziennie począwszy od 48 h płytki przeglądano i liczono rosnące kolonie. Liczenie przerywano wówczas, gdy w kolejnym dniu nie obserwowano przyrostu liczby kolonii.

Na jedną płytkę osadzano mikroorganizmy z objętości 33, 100, 200, 300, 400 i 500 litrów powietrza (w zależności od spodziewanego stężenia bakterii lub grzybów). W każdym punkcie pomiarowym zarówno bakterie jak i grzyby osadzano z dwóch objętości powietrza. Z każdej objętości powietrza mikroorganizmy osadzano na pięciu równoległych płytkach.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Bakterie w powietrzu atmosferycznym i wybranych pomieszczeniach szpitalnych

Stężenia bakterii i grzybów w powietrzu atmosferycznym w czasie pomiarów prowadzonych w szpitalach położonych poza miastem i w Warszawie przedstawiono w tabeli I.

Źródłem bakterii w badanych pomieszczeniach są głównie ludzie w nich przebywający. Stężenie bakterii w powietrzu atmosferycznym było przeważnie niższe niż w powietrzu badanych pomieszczeń w szpitalach (tab. I i II). Różnica średniego stężenia bakterii w powietrzu atmosferycznym w Warszawie i poza miastem, w porównaniu z rozrzutem wyników uzyskanych w każdym z obu obszarów badań, jak również z rozrzutem wyników w różnych pomieszczeniach jednego szpitala była niewielka i nieistotna. Pomijając wyniki ze szpitala II, w którym większość badanych pomieszczeń jest wyposażona w klimatyzację, również średnie stężenie bakterii w pomieszczeniach poszczególnych szpitali w Warszawie i poza miastem było bardzo zbliżone i nie różniło się istotnie (tab II). W szpitalu I, w którym niektóre sale są wyposażone w klimatyzację, ze względu na nieprawidłową eksploatację efekty jej działania nie były widoczne [3].

Tabela I. Stężenie bakterii i grzybów w powietrzu atmosferycznym w czasie wykonywania pomiarów w szpitalach (cfu/m³).

Bacteria and fungi concentration in ambient air at the time of indoor air sampling (cfu/m³).

szpitale	I	II	III	IV	I-W	II-W	III-W	IV-W
położenie	poza miastem				Warszawa			
bakterie	530	98	480	386	552	480	628	240
grzyby	1700	2890	1038	697	7900	5300	844	670
bakterie X ± δ	373,5 ± 193,0				475,0 ± 167,9			
grzyby X ± δ	1581,0 ± 966,8				3678,5 ± 3537,2			

Objaśnienia: δ – odchylenie standardowe.

Tabela II. Bakterie, stężenie w powietrzu pomieszczeń szpitali (cfu/m³).

Bacteria concentration in hospitals indoor air (cfu/m³).

szpitale	I	II*	III	IV	I-W	II-W	III-W	IV-W
położenie	poza miastem				Warszawa			
n	10	8*	10	9	7	13	8	11
X	1044,9	293,4*	609,3	945,3	937,3	731,0	995,0	693,7
± δ	803,3	201,9*	376,6	702,0	560,5	566,4	445,3	357,5
X ± δ	(z I, III, IV) 866,5 ± 228,2				839,3 ± 149,2			

Objaśnienia: n - liczba badanych pomieszczeń.

* - większość badanych pomieszczeń klimatyzowanych.

δ - odchylenie standardowe.

Grzyby w powietrzu atmosferycznym i wybranych pomieszczeń szpitalnych

Różnice wartości średnich z stężeń grzybów w powietrzu atmosferycznym w Warszawie i poza miastem są duże, jednak rozrzut wyników z poszczególnych pomiarów był tak znaczny że różnica między średnimi nie była istotna.

Tabela III. Stężenie grzybów w powietrzu atmosferycznym i w pomieszczeniach szpitalnych, bez sal operacyjnych (cfu/m³).

Fungi concentration in ambient air and in hospitals indoor air, without operating rooms (cfu/m³).

szpitale	I*	II*	III	IV	I-W	II-W	III-W	IV-W
położenie	poza miastem				Warszawa			
p. atm.	1700,0	2890,0	1038	697,0	7900,0	5300,0	844,0	670,0
n	6*	4*	8	8	7	7	8	8
\bar{X}	177,0	265,8	428,1	435,9	2659,7	2232,5	541,9	733,4
± δ	160,9	249,9	275,9	270,1	2925,3	1472,4	137,6	286,0
\bar{X}	221,4		432,0		2446,1		637,7	

Objaśnienia: * - szpitale z częścią pomieszczeń klimatyzowanych

n - liczba pomieszczeń badanych w szpitalu

δ – odchylenie standardowe

W dniach prowadzenia pomiarów w szpitalach I-W i II-W stężenie grzybów w powietrzu było wyjątkowo wysokie, istotnie wyższe niż w pozostałych dniach badań (0,003). W efekcie stężenie grzybów w powietrzu badanych pomieszczeń wymienionych powyżej szpitali było istotnie wyższe (0,0005).

Stężenie grzybów w powietrzu pomieszczeń klimatyzowanych ze szpitali I i II ($X = 43,7 \pm 44,5,2$), było istotnie niższe (0,01), w porównaniu z wynikami uzyskanymi w szpitalach III, IV, III-W, IV-W badanych przy istotnie niższym stężeniu grzybów w powietrzu atmosferycznym (0,01).

S a l e o p e r a c y j n e

Sale operacyjne w badanych obiektach miały różne systemy wentylacji. Od klimatyzacji z filtrami H 13, poprzez wentylację mechaniczną z różnego rodzaju filtrami o niskiej sprawności, po zupełny brak wentylacji, z możliwością wietrzenia przez otwarcie okna.

Tabela IV. Stężenie bakterii i grzybów w powietrzu sal operacyjnych (cfu/m³)

Bacteria and fungi concentration in indoor air of operating rooms (cfu/m³)

szpitale	I	II	III	IV	I-W	II-W	III-W	IV-W
położenie	poza miastem				Warszawa			
wentylacja	K	K	B	W	W	W	W	W
bakterie	540,0 1300,0	224,0 155,0	870,0 942,0	828,0 1056,0	1828,0 1572,0	372,0 1728,0	448,0 667,0	1152,0
grzyby	2,4 7,2	6,4 1,2	223,0 165,0	170,0 163,0	122,8 182,8	301,0 938,0	636,0 350,0	528,0
bakterie \bar{X}	920,0	189,5	866,5		1109,6			
bakterie $\bar{X} \pm \delta$	554,8 \pm 524,3		866,5 \pm 228,2		1109,6 \pm 618,0			
grzyby $\bar{X} \pm \delta$	4,3 \pm 2,9		180,3 \pm 28,7		436 \pm 285,3			

Objaśnienia: K – klimatyzacja, W – wentylacja mechaniczna, B – brak wentylacji, (okna)
 δ – odchylenie standardowe.

Klimatyzacja pozwala na uniezależnienie zanieczyszczenia mikroorganizmami powietrza w pomieszczeniach od ich stężenia w powietrzu atmosferycznym. Dowodem są stężenia (pochodzących z powietrza atmosferycznego) grzybów w klimatyzowanych salach operacyjnych przedstawione w tab. IV. Wysokie stężenia bakterii w sali operacyjnej szpitala I były wynikiem nieprawidłowej eksploatacji klimatyzacji bloku operacyjnego [2].

Stężenia bakterii w salach operacyjnych nie klimatyzowanych w Warszawie i poza miastem nie różniły się istotnie. Różnica stężeń grzybów była wprawdzie na granicy istotności (0,055) lecz porównanie wyników z Tabel I i IV pokazuje, że przyczyną tego zróżnicowania nie było stężenie grzybów w powietrzu atmosferycznym. W wszystkich badanych szpitalach stężenia w powietrzu zarówno bakterii jak i grzybów, różniły się bardzo znacznie, w poszczególnych badanych pomieszczeniach. Świadczą o tym wysokie odchylenia standardowe w stosunku do średnich dla poszczególnych szpitali (tab. II i III). W przypadku grzybów świad-

czy to o wielkim wpływie sposobu eksploatacji sal na czystość mikrobiologiczną powietrza. W przypadku bakterii dodatkowym ważnym czynnikiem jest stosunek ilości dostarczanego świeżego powietrza do liczby osób przebywających w pomieszczeniu.

W przypadku sal operacyjnych klimatyzowanych stężenie grzybów pozwala ocenić sprawność systemu uzdatniania powietrza, a stężenie bakterii prawidłowość eksploatacji wentylacji bloku operacyjnego.

WNIOSKI

1. Wykonane badania wykazały, że stężenie bakterii w powietrzu wewnętrznym szpitala nie zależy od ich stężenia w powietrzu atmosferycznym.
2. Okresowe, zależne od pory roku, liczone w tysiącach cfu/m³ wzrosty stężenia grzybów w powietrzu atmosferycznym mają istotny wpływ na stężenie grzybów w powietrzu nie klimatyzowanych pomieszczeń szpitali.
3. Położenie szpitali w Warszawie lub poza miastem nie wpływało na czystość mikrobiologiczną powietrza w ich klimatyzowanych pomieszczeniach.
4. Klimatyzacja lub wentylacja mechaniczna wyposażona w sprawne filtry może obniżyć stężenie grzybów w pomieszczeniach szpitala.
5. Prawidłowo zaprojektowany i eksploatowany system klimatyzacji może zapewnić satysfakcjonującą redukcję stężenia bakterii i grzybów w powietrzu bloku operacyjnego.

A. Krogulski

LOKALIZACJA SZPITALI A CZYSTOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA POWIETRZA W POMIESZCZENIACH

Streszczenie

Badano zależność między lokalizacją szpitali a stężeniem bakterii i grzybów w ich powietrzu wewnętrznym. Badano również wpływ zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza atmosferycznego na stężenie bakterii i grzybów w powietrzu sal szpitalnych. W pracy uwzględniono, że niektóre z sal, w których wykonywano oznaczenia były klimatyzowane. Do badań wybrano szpitale położone wśród zwartej zabudowy miasta i szpitale zlokalizowane poza miastem.

A. Krogulski

HOSPITALS LOCATION AND INDOOR AIR MICROBIOLOGICAL QUALITY

Summary

The relationship between hospitals location and bacteria and fungi concentration in hospitals rooms was investigated. Hospitals situated in the city centre and outside the city were chosen to investigation.

The relationship between bacteria and fungi concentration in indoor and ambient air was analyzed. In the investigation air-conditioned rooms were isolated.

PIŚMIENICTWO

1. *Feller A.*: An Introduction to Probability Theory and Its Applications. John Wiley and sons, Inc., New York, 1950, 175
2. *Krogulski A., Borkowska M., Strusiński A.*: Aktywność mutagenna pyłów powietrza atmosferycznego w Warszawie. Roczn. PZH 1997, 48, 31.
3. *Krogulski A.*: Czystość mikrobiologiczna powietrza sal operacyjnych – wybrane aspekty. Roczn. PZH 2006, 57, 277.
4. *Sabariego S., Guardia C., Alba F.*: The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (southern Spain). Int. J. Biometeorol. 2004, 44, 1-5.

Otrzymano: 2007.09.14