

Jacek GRZYB¹ i Krzysztof FRĄCZEK¹

PORÓWNAWCZE BADANIA BAKTERIOLOGICZNEGO ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA NA OBSZARZE ZURBANIZOWANYM ORAZ NA OBIEKTACH KOMUNALNYCH

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN URBAN AREAS AND COMMUNITY AMENITIES

Abstrakt: Proces urbanizacji postępuje w sposób ciągły, kolejne obszary są zabudowywane, powstaje na tych terenach rozbudowana infrastruktura. Przybywa nowych mieszkańców, wzrasta ruch. Te zjawiska nie pozostają bez wpływu na bakteriologiczne zanieczyszczenie powietrza, które może być całkiem znaczne. Jednocześnie mieszkańcy produkują ogromne ilości odpadów, z którymi coś należy zrobić, np. zdeponować na składowisku, oraz ścieki, które należy oczyścić. Celem niniejszych badań była weryfikacja stanu aerosanitarnego powietrza na terenie Krakowa oraz porównawczo na terenie 2 obiektów komunalnych - składowiska odpadów komunalnych oraz oczyszczalni ścieków. Badania były wykonywane w 4 porach roku na 5 stanowiskach pomiarowych rozmieszczonych w różnych miejscach Krakowa, 5 - na oczyszczalni ścieków oraz 5 - na składowisku odpadów. Próbki powietrza były pobierane za pomocą 6-stopniowego impaktora Graseby-Andersena. Jednocześnie prowadzono pomiary zapylenia oraz temperatury, siły wiatru oraz wilgotności względnej. Wyniki badań wskazują, że czasami zanieczyszczenie powietrza na obszarze Krakowa jest większe niż na obiektach komunalnych, szczególnie w zimie, w bezwietrzne dni.

Słowa kluczowe: Kraków, urbanizacja, obiekty komunalne, drobnoustroje, powietrze atmosferyczne

Wprowadzenie

Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza jest efektem procesów normalnie występujących w biosferze, jak i na skutek działania czynników antropogennych. To zanieczyszczenie w dużym stopniu jest skorelowane z zapyleniem powietrza, gdyż to cząstki stałe z osadzonymi na nich drobnoustrojami tworzą bioaerazol. Bioaerazol przedostaje się do układu oddechowego człowieka i jego frakcja respirabilna może się w nim osadzać, powodując wiele chorób [1-5].

Problem bakteriologicznego zanieczyszczenia powietrza jest szczególnie ważny w dużych ośrodkach miejskich, takich jak Kraków, gdzie mieszka około 1 miliona osób. Każdy z mieszkańców w mniejszym lub większym stopniu wpływa na powstawanie tego zanieczyszczenia. Można mówić o wpływie zarówno bezpośrednim, jak i pośrednim, gdyż na skutek produkcji odpadów oraz ścieków część bakterii w nich zawartych, poddawanych procesom technologicznym odpowiednio na składowisku odpadów lub oczyszczalni ścieków, może przedostawać się do powietrza atmosferycznego, skazując je [3, 6-8]. Prac dotyczących badań bakteriologicznych powietrza atmosferycznego obejmujących obszar miast jest znacznie mniej [9-14].

Celem przeprowadzonych badań było wykazanie podobieństw i różnic w składzie ilościowym bioaerozolu w różnych miejscach Krakowa w 4 porach roku w zestawieniu z obiektami komunalnymi w zależności od stopnia zapylenia i parametrów mikroklimatycznych.

¹ Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 12 662 41 81, email: rgrzyb@cyfronet.pl

Materiał i metody

Badania były wykonywane w 4 porach roku - w okresie od października 2011 (2-krotnie w każdej porze roku) do sierpnia 2012 roku - na 15 stanowiskach pomiarowych, w tym: 5 - rozmieszczonych w różnych miejscach Krakowa, 5 - na oczyszczalni ścieków oraz 5 - na składowisku odpadów (w 2 powtórzeniach).

Próbki powietrza były pobierane za pomocą 6-stopniowego impaktora Graseby-Andersena. Użycie tego przyrządu pozwoliło na rozdział cząstek badanych bioaerozoli w zależności od rozmiarów ich średnic aerodynamicznych na frakcje: powyżej 7,0 μm , 7,0-4,7 μm , 4,7-3,3 μm , 3,3-2,1 μm , 2,1-1,1 μm , i 1,1-0,65 μm . Pod pojęciem frakcji respirabilnej rozumie się sumę liczebności bakterii z frakcji poniżej 4,7 μm [15, 16].

Pobranie próbek trwało 5 minut; przepływ powietrza przez impaktor wynosił 28,3 dm³ na minutę. Zastosowano agar sojowy (Trypticase Soy Agar, bioMerieux) z dodatkiem 5% krwi baraniej dla oznaczenia bakterii. Inkubację prowadzono w następujący sposób: kolejno każda z próbek przebywała 1 dzień w 37°C, następnie 3 dni w 22°C oraz 3 dni w 4°C w warunkach tlenowych.

Jednocześnie prowadzono pomiary zapylenia oraz parametrów mikroklimatycznych celem skorelowania wszystkich zmierzonych wartości. Pomiary zapylenia powietrza wykonywano dla 2 frakcji pyłu - PM₁₀ oraz PM₄ za pomocą pyłomierza DustTrak II model 8530 (TSI Inc.), działającego na zasadzie fotometrii laserowej (czas pomiaru 60 sekund - dla każdej z frakcji). Do wykonywania pomiarów mikroklimatycznych (temperatury, siły wiatru oraz wilgotności względnej) używano przyrządu Kestrel 4000 (Nielsen-Kellerman).

Wyniki i dyskusja

W toku badań prowadzonych w różnych porach roku na obiektach komunalnych oraz w różnych miejscach w Krakowie stwierdzono, że najniższe sumaryczne liczebności zaobserwowano w punktach zlokalizowanych w Krakowie (ze średnią liczebnością z 5 stanowisk, wynoszącą 4,564 jtk w 1 m³ powietrza, przy zakresie liczebności od 2,375 do 7,211 jtk w 1 m³ powietrza), z kolei najwyższe na składowisku odpadów, gdzie średnia liczebność wynosiła 16,694 jtk w 1 m³ powietrza (zakres: 6,354-48,513 jtk w 1 m³) (tab. 1).

Tabela 1
Sumaryczne oraz średnie roczne liczebności bakterii w poszczególnych punktach badawczych na różnych obiektach [jtk w 1 m³ powietrza]

Table 1
The total and average annual number of bacteria at different measurements points on various objects

[CFU in 1 m³ of air]

Punkt badawczy	Składowisko odpadów		Oczyszczalnia ścieków		Kraków	
	suma	średnia	suma	średnia	suma	średnia
1	6,354	265	3,939	164	2,375	99
2	7,876	328	5,787	241	2,785	116
3	8,525	355	5,964	249	3,825	159
4	12,201	508	7,666	319	6,625	276
5	48,513	2,021	9,297	387	7,211	300
Wartość średnia z 5 stanowisk	16,694	---	6,531	---	4,564	---

Rozpatrując z kolei sumę liczebności bakterii ze wszystkich 5 badanych stanowisk dla każdego z obiektów w różnych porach roku, największą wartość stwierdzono w sezonie letnim na składowisku odpadów (tab. 2). Suma dla lata była 30-krotnie wyższa niż w sezonie zimowym. Najniższą sumaryczną liczebność stwierdzono w zimie dla oczyszczalni ścieków. Co interesujące, w zimie liczebność bakterii w Krakowie była odpowiednio 2,5-krotnie wyższa niż na składowisku odpadów i 3,3 razy wyższa niż na oczyszczalni ścieków. Największy udział bakterii we frakcji respirabilnej stwierdzono w zimie dla stanowisk zlokalizowanych w Krakowie. Jest to efekt bardzo silnego zapylenia powietrza występującego w tym okresie z powodu niskiej emisji. Bakterie z frakcji respirabilnej są bowiem powiązane z drobnymi cząsteczkami pyłowymi.

Tabela 2

Sumaryczne liczebności bakterii oraz udział w ogólnej liczebności frakcji respirabilnej na badanych obiektach [jtk w 1 m³ powietrza]

Table 2

The total number of bacteria and the share of the respirable fraction in the total number on the examined objects [CFU in 1 m³ of air]

Obiekt badawczy	Jesień		Zima		Wiosna		Lato	
	Suma	% udział fr. resp.	Suma	% udział fr. resp.	Suma	% udział fr. resp.	Suma	% udział fr. resp.
Składowisko odpadów	8,530	31,8	1,603	20,3	24,612	35,2	48,724	30,1
Oczyszczalnia ścieków	4,767	33,5	1,222	34,9	7,922	37,6	18,742	29,5
Kraków	3,590	31,9	4,051	42,2	1,838	41,2	13,341	32,8

Rozpatrując liczebności bakterii na różnych obiektach z podziałem na frakcje (tab. 3), stwierdzono, że najwyższe średnie liczebności różniły się w zależności od obiektu: na składowisku odpadów oraz na oczyszczalni ścieków dominowały frakcje z przedziału respirabilnego odpowiednio: 2,1-3,3 μm oraz 3,3-4,7 μm , natomiast w obrębie Krakowa z przedziału 4,7-7,0 μm . Świadczy to o tym, że na obiektach komunalnych przeważają drobniejsze frakcje aerozolu, na terenach miejskich - grubsze, choć udział frakcji respirabilnej w ogólnej liczebności bioaerozolu w zależności od obiektu nie różnił się bardzo znacznie - wynosił odpowiednio 68,5% dla składowiska, 67,8% dla oczyszczalni oraz 65,0% dla stanowisk w Krakowie. Wlazło i in. [17] w swych badaniach na oczyszczalni ścieków w Myszkowie stwierdzili udział frakcji respirabilnej na poziomie 61%; w tych badaniach w zależności od rodzaju bakterii i obiektu na oczyszczalni dominowały frakcje bioaerozolu poniżej 3,3 μm . Na 2 spośród 5 stanowisk na oczyszczalni w jesieni stwierdzono wyniki zbliżone z Wlazło i in. [17] - rzędu 10^3 jtk w 1 m³; dla 3 innych wyniki były rzędu 10^2 jtk w 1 m³. Podobne wyniki na oczyszczalniach ścieków uzyskali również Carducci i in. [18] oraz Sanchez-Monedero i in. [19]. Według Lundholma i Rylandera [20], ilości bakterii na oczyszczalni ścieków mogą osiągać wartości rzędu 10^5 jtk w 1 m³.

Stwierdzono występowanie ujemnej korelacji pomiędzy 2 czynnikami klimatycznymi - wilgotnością względną i siłą wiatru (tab. 4). Siła wiatru nie ma znaczenia jedynie dla liczebności bakterii w obrębie Krakowa. Z kolei trzeci z badanych parametrów klimatycznych (temperatura) w znaczący sposób wpływał na liczebność bakterii na

oczyszczalni ścieków oraz w obrębie miejskim Krakowa. We wszystkich przypadkach stwierdzono dodatnią zależność pomiędzy 2 badanymi frakcjami zapylenia (PM10 i PM4), przy czym statystycznie istotne są zależności dla pyłu PM10 i oczyszczalni oraz dla frakcji respirabilnej pyłu (PM4) i stanowisk badawczych w Krakowie.

Tabela 3
Minimalne, maksymalne oraz średnie liczebności różnych frakcji bakterii na badanych obiektach [jtk w 1 m³ powietrza]

Table 3
Minimum, maximum and average number of different fractions of bacteria on the tested objects [CFU in 1 m³ of air]

Frakcja bioaerozolu [µm]	Składowisko odpadów			Oczyszczalnia ścieków			Kraków		
	min.	max	średnia	min.	max	średnia	min.	max	średnia
> 7,0	25	4500	647	21	650	240	64	686	172
4,7-7,0	7	5600	671	32	880	286	7	1124	227**
Frakcja respirabilna (0,65-4,7 µm)									
3,3-4,7	11	5690	809	26	1570	371**	21	841	201
2,1-3,3	11	7000	830**	18	1050	304	21	1301	203
1,1-2,1	11	6100	726	11	1090	261	7	1082	163*
0,65-1,1	14	3470	491*	7	670	170*	0	855	176

Legenda: * wartości minimalne, ** wartości maksymalne

Tabela 4
Korelacje pomiędzy liczebnością bakterii a badanymi parametrami mikroklimatycznymi oraz zapyleniem

Table 4
Correlations between the number of bacteria and the analyzed microclimatic parameters and dust

Obiekt badawczy	Badane czynniki				
	Wiatr	Temperatura	Wilgotność względna	Zapylenie frakcja PM10	Zapylenie frakcja PM4
Składowisko odpadów	-0,34	0,28	-0,51	0,13	0,11
Oczyszczalnia ścieków	-0,38	0,79	-0,79	0,39	0,26
Kraków	-0,01	0,36	-0,34	0,20	0,32

Legenda: wartości pogrubione są istotne statystycznie

Wnioski

1. Spośród 3 badanych obiektów najwyższe liczebności bakterii stwierdzono na składowisku odpadów, mniejsze na oczyszczalni ścieków, a najmniejsze w środowisku miejskim.
2. W układzie pór roku stwierdzono, że największe liczebności wystąpiły podczas lata na składowisku odpadów, najniższe zimą na oczyszczalni ścieków.
3. Stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy zapyleniem oraz czynnikami mikroklimatycznymi a stężeniem aerozolu bakteryjnego.

Literatura

- [1] Aydogdu H, Asan A, Otkun MT. *Environ Monit Assess.* 2010;64:53-66. DOI: 10.1007/s10661-009-0874-0.
- [2] Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. *Ann Occup Hyg.* 2003;47(3):187-200. DOI: 10.1093/annhyg/meg032.
- [3] Ray MR, Roychoudhury S, Mukherjee G, Roy S, Lahiri T. *Int J Hyg Environ-Health.* 2005;208:255-262. DOI:10.1016/j.ijheh.2005.02.001.
- [4] Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E, et al. *J Allergy Clin Immunol.* 2007;121(3):585-591. DOI:10.1016/j.jaci.2007.10.045.
- [5] O'Gorman CM, Fuller HT. *Atmos Environ.* 2008;42:4355-4368. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.01.009.
- [6] Nikaeen M, Hatamzadeh M, Hasanzadeh A, Sahami E, Joodan I. *Aerobiol.* 2009;25:1-6. DOI:10.1007/s10453-008-9102-6.
- [7] Breza-Boruta B, Paluszak Z. *ISAH-2007 Tartu, Estonia.* 2007;957-961.
- [8] Frączek K, Grzyb J, Ropek D. *Geosfera Tow Bad Przem Środ, Kraków;* 2008;163-174.
- [9] Di Giorgio C, Krempff A, Guiraud H, Binder P, Tiret C, Dumenil G. *Atm Environ.* 1995;30:155-160. DOI:10.1016/1352-2310(95)00143-M.
- [10] Fang Z, Ouyang ZY, Hu LF, Wang XK, Lin XO. *Acta Ecol Sin.* 2005;25:83-88.
- [11] Zhu H, Phelan PE, Duan T, Raupp GB, Fernando HJS, Che F. *Aerobiol.* 2003;19:201-211. DOI:10.1023/B:AERO.0000006571.23160.8a.
- [12] Burkowska A, Donderski W. *Ekol Tech.* 2008;XVI,5A:25-28.
- [13] Chun-Chin W, Guor-Cheng F, Chao-Hung K. *Environ Monit Assess.* 2010;166:1-9.
- [14] Grzyb J, Frączek K. *Nauka Przyr Technol.* 2010;4(6):#79.
- [15] Pastuszka JS. *Prace Nauk Inst Inż Ochr Środ Pol Wroc* 2001;73; Ser Monogr. 40.
- [16] Górny RL. *Podst. i Met. Oceny Środ. Pracy,* 2004; 3,41:17-39.
- [17] Wlazło A, Pastuszka J, Łudzeń-Izbińska B. *Med Pr.* 2002;53(2):109-114.
- [18] Carducci AM, Tozzi E, Rubulotta E, Casini B, Cantiani L, Rovini E, i in. *Wat Res.* 2000;34(4):1173-1178.
- [19] Sanchez-Monedero MA, Aguilar MI, Fenoll R, Roig A. *Wat Res.* 2008;42:3739-3744. DOI: 10.1016/j.watres.2008.06.028.
- [20] Lundholm M, Rylander R. *Br J Ind Med.* 1983;40:325-329.

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN URBAN AREAS AND COMMUNITY AMENITIES

Department of Microbiology, University of Agriculture in Krakow, Poland

Abstract: The process of urbanization is progressing continuously, further areas are covered with buildings and expanded infrastructure is developed in these regions. New residents arrive and traffic increases. These phenomena have their effect on microbiological contamination of air, which may be quite significant. At the same time, citizens produce huge amounts of waste and sewage, which need to be dealt with, i.e. waste needs to be deposited in landfills while sewage needs to be treated. The aim of this study was the verification of the aerosanitary state of air in Krakow and in 2 municipal objects - municipal landfill and sewage treatment plant. The studies were performed in 4 seasons, at 5 various measuring sites in Krakow, 5 - in the sewage treatment plant and 5 in a landfill. The air samples were collected using a 6-stage Graseby-Andersen impactor. At the same time, dust and microclimate parameter measurements were carried out. The results show that sometimes air pollution in the area of Krakow is greater than the one detected in municipal objects, particularly in the winter, in the windless days.

Keywords: Krakow, urbanization, community amenities, microorganisms, atmospheric air

