

**Małgorzata Michalska*, Maria Bartoszewicz*, Monika Cieszyńska*,
Jacek Nowacki***

**BIOAEROSOL JAKO POTENCJALNY CZYNNIK ZANIECZYSZCZENIA
ŚRODOWISKA W REJONIE TRÓJMIEJSKICH PLAŻ**

**BIOAEROSOL AS A POTENCIAL POLLUTION SOURCES IN THE
TRICITY BEACHES**

Słowa kluczowe: bioaerazol, bakterie mezofile, bakterie psychrofilne, grzyby.

Key words: bioaerosol, mesophilic bacteria, psychrophilic bacteria, fungi.

Bioaerosol forming is an important process of mass and energy exchange between sea and the atmosphere by means of droplets of marine dust. The studies on the aerosol activity of the sea developed in the last decades of XX century. Those studies revealed that concentrations of bacteria in aerosol droplets were hundreds times higher than their concentrations in superficial parts of seawater. The research also proved that aerosol activity of the sea can influence the sanitary condition of the air, especially in the seaside areas. The examinations of air composition in the coastal regions were performed on the Tricity beaches as well as in Sobieszewo and Komary. Airborne microorganisms were investigated to in the marine zone at the Vistula river mouth. The air samples were collected by filtration method using Sartorius apparatus. Airborne microbes were deposited onto sterile gelatin Sartorius filters. All filters were exposed directly towards the oncoming wind. After sampling, the exposed filters were placed onto the agar media in Petri dishes and incubated. All measurement results were expressed in (CFU/m³) i.e. colony forming units in 1 m³ of the examined air. Meteorological measurements included: temperature, humidity, wind speed and direction. The obtained results revealed that statistically significant trends were observed between the total number of bacteria or moulds and a season of sampling. The greatest number of microorganisms was noted in spring and autumn. Correlation analysis showed that statistically

* *Dr n. med. Małgorzata Michalska, mgr Maria Bartoszewicz, dr n. farm. Monika Cieszyńska, dr n. geogr. Jacek Nowacki – Gdański Uniwersytet Medyczny, Międzywydziałowy Instytut Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Gdyni, Zakład Ochrony Środowiska i Higieny Transportu, ul. Powstania Styczniowego 9B, 81-519 Gdynia; tel.: 58 349 37 65; e-mail: gosia@amg.gda.pl*

significant relationship exists between microbial abundance and the wind direction or speed and location of sampling site. Maximal number of fungal spores was detected in the areas of Gdynia and Gdańsk-Brzeźno when south-west winds were blowing from the land. The highest number of bacteria were observed at the sampling stations located closest to the Vistula river mouth (Sobieszewo and Komary).

1. WPROWADZENIE

Wiatr i falowanie, a także procesy fizyczno-chemiczne, powodują powstawanie aerozolu na granicy woda–powietrze. Powstawanie tego aerozolu można ogólnie powiązać z mechanizmami związanymi z pękaniem pęcherzyków powietrza powstających w wyniku załamania się fal wiatrowych, opadów deszczu i śniegu oraz w wyniku generacji kropeł rozbryzgu. Pęcherzyki powietrza powstają na powierzchni wody także na skutek nagłego ogrzewania wody w okresie wiosny lub wzmożonej produkcji biologicznej.

Jak dotąd najwięcej o bioaerozolah morskich można dowiedzieć się z badań prowadzonych nad wzbogacaniem ich w bakterie i wirusy. Zjawisko wzbogacania kropeł aerozoli w bakterie odkryli Blanchard i Syzdek. W szeregu badań laboratoryjnych [Bezdek i Carlucci 1972; Blanchard i Syzdek 1970; Blanchard i in. 1981; Weber i in. 1983; Marks i in. 2001] wykazali istnienie potencjalnej możliwości występowania aerozolu wzbogacanego w bakterie i wirusy. Autorzy ci prowadzili eksperymenty w warunkach laboratoryjnych, badając liczbę bakterii *Serratia marcescens* zawartych w kroplach aerozoli emitowanych przez pęcherzyki gazu, wędrujące przez ośrodek wodny o ustalonej koncentracji bakterii. Eksperyment polegał na badaniu liczby bakterii zawartych w pierwszej kropli pobłonowej generowanej z pojedynczego pęcherzyka wynoszonego z toni wodnej. Uzyskane wyniki wskazywały na wzrost współczynnika wzbogacenia w wynoszone bakterie wraz z wydłużeniem drogi wędrowki pęcherzyka przez kolumnę wody. W zawiesinie bakterii *Serratia marcescens*, współczynnik wzbogacenia w bakterie przewyższał 1000 razy koncentrację tychże bakterii zawieszonych w toni wodnej. Wynik ten tłumaczy się zdolnością wyłapywania bakterii w toni wodnej przez wędrujące ku powierzchni wody pęcherzyki gazu. Występowanie podobnie dużych, kilkusetkrotnych wzbogaceń w kroplach aerozoli wodnych, potwierdzono również dla cząstek wirusów rozproszonych w toni wodnej.

Blanchard wraz z współpracownikami oszacowali, w warunkach laboratoryjnych, współczynnik wzbogacania, który 600 razy przewyższa koncentrację badanych bakterii w zawieszynie wodnej, przy długości drogi wędrowki pęcherzyka przez kolumnę wody powyżej 10 cm [Blanchard i in. 1981]. Ulevicius w eksperymencie obliczył, że współczynnik wzbogacenia w bakterie kropeł błonowych i pobłonowych przewyższa 1000 razy koncentrację bakterii w stosunku do bakterii zawieszonych w zawieszynie wodnej [Ulevicius i in. 1997].

Wzbogacenie wirusów natomiast badane w warunkach naturalnej emisji w strefie brzegowej oszacowano na 200 razy [Baylor i in. 1977]. W eksperymencie prowadzonym nad

wzbogacaniem morskiego aerozolu w bakterie i wirusy z mikropowierzchni wody morskiej współczynnik wzbogacania aerozolu morskiego w bakterie patogenne osiągał wartości kilkudziesięciokrotnie, a dla wirusów kilkunastokrotnie większe, w porównaniu do ich koncentracji w warstwie powierzchniowej [Aller i in. 2005].

Badania nad selekcją bakterii zawartych w toni wodnej oraz nad wzbogacaniem aerozoli morskich w bakterie psychrofilne i mezofilne, prowadzono także w czasie eksperymentów morskich na Zatoce Gdańskiej oraz podczas badań laboratoryjnych. Liczba mikroorganizmów w aerozolach w Zatoce Gdańskiej wahała się w granicach od 37 do 2545 CFU/m³ dla bakterii mezofilnych oraz od 14 do 585 CFU/m³ dla bakterii psychrofilnych. W badaniach tych zaobserwowano także przenoszenie zarodników pleśni wraz z masami powietrza znad obszarów lądowych nad akwen Zatoki Gdańskiej [Marks i in. 2001]. Badania prowadzone na linii brzegowej nad Zatoką Gdańską wykazały, że średnio liczba bakterii mezofilnych wyniosła 308 CFU/m³, bakterii psychrofilnych od 1 do 190 CFU/m³ i grzybów od 5 do 1100 CFU/m³ [Kruczalak i in. 2002]. Z punktu widzenia ochrony zdrowia ważna jest więc wiedza o wpływie, jaki wywiera bioaerazol powstający nad Zatoką Gdańską na aglomerację Trójmiasta. Celem tej pracy było ustalenie poziomów stężeń bioaerozolu bakteryjnego i grzybowego w rejonie trójmiejskich plaż oraz w ujściu Wisły do Bałtyku.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Próby powietrza atmosferycznego pobierano na plażach w Gdyni, Sopocie, Gdańsku-Brzeźnie, Sobieszewie i Komarach. W strefie morskiej punkty poboru próbek powietrza atmosferycznego zlokalizowane były na terenie Zatoki Gdańskiej oraz u ujścia Wisły. Próbki powietrza pobierano metodą filtracyjną, na wysokości ok. 10 m nad zwierciadłem wody, z pokładu statku hydrograficznego ORP Kopernik i 4 m nad zwierciadłem wody z pokładu statku R/V Baltica. Powietrze filtrowano za pomocą urządzenia Air Sampler firmy Sartorius MD8 na jałowe filtry. Po zakończeniu filtracji żelatynowe filtry nakładano na jałowe stałe podłoża mikrobiologiczne (podłoże agarowe i Sabourauda), a następnie płytki umieszczano w cieplarkach o temperaturach 20°C, 30°C i 37°C. Otrzymane wyniki podawano jako liczbę jednostek tworzących kolonie w 1 m³ powietrza bakterii lub grzybów (CFU/m³). W czasie pobierania próbek powietrza, badano podstawowe parametry meteorologiczne, takie jak: temperatura, wilgotność powietrza atmosferycznego oraz kierunki i prędkości wiatru.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że maksymalne liczebności bakterii (w Gdyni – 943 CFU/m³, w Sopocie – 786 CFU/m³, w Gdańsku-Brzeźnie – 538 CFU/m³) i zarodników grzybów na terenie trójmiejskich plaż (w Gdyni – 266 CFU/m³, w Sopocie – 2030 CFU/m³, w Gdańsku-Brzeźnie – 588 CFU/m³) odnotowano w czerwcu

i lipcu oraz we wrześniu, październiku i listopadzie. Maksymalne liczebności stwierdzono w dniach, w których przeważały wiatry z kierunku południowo-zachodniego.

Wyniki badań powietrza atmosferycznego prowadzonych zwłaszcza przy wietrze z kierunku południowo-zachodniego potwierdziły tezę innych badaczy, że źródłem mikroorganizmów w powietrzu atmosferycznym jest ląd, a zwłaszcza duże aglomeracje miejskie [Di Giorgio i in. 1996; Shaffer i Lighthart 1997]. Inną sytuację zaobserwowano na plażach w Sobieszewie i Komarach. Maksymalne wartości stężenia bioaerozolu bakteryjnego (3285 CFU/m³ w Sobieszewie i 3590 CFU/m³ w miejscowości Komary) oraz bioaerozolu grzybowego (1522 CFU/m³ w Sobieszewie oraz 1566 CFU/m³ w Komarach) odnotowano w lipcu i w sierpniu oraz we wrześniu i październiku, ale przy wietrze wiejącym z kierunku południowo-wschodniego i wschodniego. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają tezę, że wiatry wschodnie mogą przenosić masy silnie zanieczyszczonego powietrza znad obszaru mieszania się zanieczyszczonych wód rzeki Wisły, z wodami Zatoki Gdańskiej [Marks i in. 2001]. Tezę tę potwierdzają również całoroczne badania koncentracji bakterii w powietrzu na stacji zlokalizowanej w Sopocie. Wskazują one na występowanie znacząco wyższych koncentracji bakterii w powietrzu przy wiatrach z kierunków wschodnich, gdy masy powietrza przepływały nad obszarem mieszania się zanieczyszczonych wód Wisły z wodami Zatoki Gdańskiej [Kruczalak i in. 2002]. Powyższe wyniki badań powietrza atmosferycznego w strefie brzegowej sugerują, że powietrze w Gdyni, Sopocie i Gdańsku-Brzeźnie ocenić można jako niezanieczyszczone natomiast w Sobieszewie i w Komarach jako średnio zanieczyszczone (wg Polskiej Normy PN-89 Z-04111/02, PN-89 Z-04111/03). Przeprowadzona analiza statystyczna liczby bakterii i grzybów pozwoliła zbadać siłę zależności między tą liczbą a warunkami meteorologicznymi panującymi w czasie poboru prób oraz porą roku i miejscem poboru prób. Porównując stopień korelacji pomiędzy poszczególnymi parametrami, stwierdzono: istotne statystycznie tendencje między ogólną liczbą bakterii i zarodników grzybów a miesiącem poboru prób, istotne statystycznie zależności między liczbą mikroorganizmów a kierunkiem wiatru. Najwięcej badanych bakterii i grzybów stwierdzono na plaży w Gdyni i w Gdańsku-Brzeźnie, w czasie, gdy wiały wiatry z kierunków odlądowych południowo-zachodnich, oraz w Sobieszewie i Komarach w dniach, w których przeważały wiatry o sile 3–4°B, z kierunku północno-wschodniego i wschodniego. Stwierdzono, że wiatry północno-wschodnie i wschodnie mogą przenosić masy silnie zanieczyszczonego powietrza znad obszaru mieszania się wód rzeki Wisły z wodami morskimi do miejscowości położonych w rejonie ujścia rzeki Wisły do Zatoki Gdańskiej. Uzyskane wyniki badań wskazują także na istnienie istotnego związku pomiędzy liczbą bakterii psychrofilnych, mezofilnych i zarodników grzybów a temperaturą powietrza.

W strefie morskiej maksymalne liczby mikroorganizmów wykryto w punktach zlokalizowanych najbliżej ujścia Wisły, w rejonie mieszania wód Wisły z wodami morskimi. Maksymalne stężenia bakterii (892 CFU/m³) odnotowano przy wietrze z kierunku wschodniego, północno-wschodniego i południowo-wschodniego, o sile 3–4°B. Zaobserwowano przenoszenie

się zarodników grzybów wraz z masami powietrza znad obszarów lądowych nad akwen Zatoki Gdańskiej. Maksymalną liczbę zarodników grzybów (1941 CFU/m^3) wyizolowano, gdy wiały wiatry z kierunków południowo-zachodnich i zachodnich. Podobne wyniki otrzymał Marks [2001] w latach 1995 i 1996.

4. WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na istotny związek między liczbą bakterii a kierunkiem wiatru ($V=0,37$), prędkością powietrza ($r=0,36$) oraz wilgotnością powietrza ($r=0,41$). Liczebność bioaerozolu grzybowego silnie korelowała z kierunkiem wiatru ($V=0,77$), z jego prędkością ($r=0,55$) oraz z temperaturą powietrza ($r=0,51$).

Wyniki badań wskazują na istnienie istotnego związku pomiędzy ogólną liczebnością bakterii a kierunkiem wiatru, prędkością wiatru oraz temperaturą powietrza.

Maksymalne liczebności bakterii odnotowano przy wietrze z kierunku wschodniego, północno-wschodniego i południowo-wschodniego.

Stwierdzono silną korelację między liczbą zarodników grzybów a kierunkiem wiatru, jego prędkością oraz temperaturą powietrza. Maksymalną liczbę zarodników grzybów wyizolowano, gdy wiał wiatr z kierunków południowo-zachodnich i zachodnich.

Statystycznie znamienne jest powiązanie między liczbą bakterii mezofilnych i zarodników grzybów a miejscem poboru prób. Maksymalne ilości tych mikroorganizmów wykryto w punktach zlokalizowanych najbliżej ujścia Wisły.

PIŚMIENNICTWO

- ALLER J.Y., KUZNETSOVA M.R., JAHNS CH.J., KEMP P. F. 2005. The sea surface microlayer as a source of viral and bacterial enrichment in marine aerosols. *Journal of Aerosol Science* 36: 801–812.
- BAYLOR E.R., BAYLOR M.B., BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D., APPEL C. 1977. Virus transfer from Surf to Wind. *Science* 198: 580–585.
- BEZDEK H.F., CARLUCCI A.F. 1972. Surface concentration of marine bacteria. *Limnology and Oceanography* 17: 556–569.
- BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D. 1970. Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. *Science* 170: 626–628.
- BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D., WEBER M.E. 1981. Bubble scavenging of bacteria in freshwater quickly produces bacterial enrichment in airborne jet drops. *Limnology and Oceanography* 26: 961–964.
- DI GIORGIO C., KREMPFF A., GUIRAUD H., BINDER P., TIRET C., DUMENIL G. 1996. Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. *Atmospheric Environment* 30: 155–160.

- KRUCZALAK K., OLANCZUK-NEYMAN K., MARKS R. 2002. Airborne microorganisms fluctuations over the Gulf of Gdansk Coastal zone (Southern Baltic). *Polish Journal of Environmental Studies* 11: 531–536.
- MARKS R., KRUCZALAK K., JANKOWSKA K., MICHALSKA M. 2001. Bacteria and fungi in air over the Gulf of Gdansk and Baltic Sea. *Journal of Aerosol Science* 32: 43–56.
- Ochrona czystości powietrza. Badanie mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.** Polska Norma PN-89 Z-04111/02.
- Ochrona czystości powietrza. Badania Mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.** Polska Norma PN-89 Z-04111/03.
- SHAFFER B.T., LIGHTHART B. 1997. Survey of culturable airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: urban, rural, forest and coastal. *Microbial Ecology* 34: 167–177.
- ULEVICIUS V., WILLEKE K., GRINSHUPUN S.A., J. DONNELLY J., LIN X., MAINELIS G. 1997. Aerosolization of particles from a bubbling liquid: characteristics and generator development. *Aerosol Science and Technology* 26: 175–190.
- WEBER M.E., BLANCHARD D.C., SYZDEK L.D. 1983. The mechanism of scavenging of waterborne bacteria by a rising bubble. *Limnology and Oceanography* 28: 101–105.