

Barbara Kołwzan, Piotr Jadczyk, Grzegorz Pasternak, Justyna Głuszcak,
Maria Pawlik, Małgorzata Krawczyńska, Justyna Klein, Justyna Rybak

Ocena stanu sanitarnego powietrza w otoczeniu wybranej oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnie ścieków oraz takie obiekty komunalne, jak kompostownie czy składowiska odpadów są źródłem nie tylko emisji odorów [1], ale także aerozolu biologicznego [2–4]. W jego skład wchodzi bakterie, wirusy oraz grzyby w postaci przetrwalników, zarodników, konidii, fragmentów grzybni czy form wegetatywnych. Część z nich może być przyczyną chorób człowieka i zwierząt. Należą do nich choroby zakaźne, alergiczne oraz choroby wywołane przez endo- i mikotoksyny. Wrotami zakażenia w przypadku większości mikroorganizmów chorobotwórczych przenoszonych przez powietrze jest błona śluzowa układu oddechowego, a podatność na infekcje zwiększają zanieczyszczenia pyłowe i gazowe powietrza. O stopniu zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza decyduje m.in. skład gatunkowy aerozolu [5,6]. Powietrze nie jest środowiskiem sprzyjającym przeżywaniu mikroorganizmów, a jedynie miejscem ich okresowego przebywania i ośrodkiem, w którym się przemieszczają. Na rozprzestrzenienie aerozolu mają wpływ warunki atmosferyczne, a zwłaszcza prędkość wiatru, opady, temperatura i nasłonecznienie. Opadający z czasem aerozol gromadzi się na powierzchni gleby, wody, roślin czy zabudowań. Stanowi wówczas potencjalne źródło emisji wtórnej, która może być spowodowana przez wiatr, duży ruch uliczny itp. Poza tym mikroorganizmy tworzące bioaerozol, po opadnięciu, mogą przedostać się do organizmu człowieka drogą pokarmową (zanieczyszczone powierzchnie) lub przez skórę. Większość mikroorganizmów znajdujących się w powietrzu szybko obumiera i nie stanowi zagrożenia. Najdłuższe mogą w nim przebywać formy przetrwalne bakterii, formy wegetatywne bakterii wytwarzających barwniki karotenoidowe lub specjalne warstwy ochronne (otoczki, specjalna budowa ściany komórkowej), zarodniki grzybów i wirusy mające otoczkę. Niestety do mikroorganizmów zdolnych do przeżywania w tak niekorzystnych warunkach należą także niektóre mikroorganizmy chorobotwórcze [7].

Emisja bioaerozolu z oczyszczalni ścieków zależy od wielu czynników, takich jak skład i ilość ścieków, technologia oczyszczania i rodzaj stosowanych urządzeń oraz sposób przeróbki osadów ściekowych [8]. Sprzyjające warunki tworzenia bioaerozolu powstają zwłaszcza podczas napowietrzania ścieków, ich mieszania i rozpryskiwania. Jedynie całkowicie hermetyczne obiekty technologiczne można uznać za bezpieczne pod tym względem. Zagrożenia

wynikające z emisji bioaerozolu można ograniczyć lokalizując oczyszczalnie ścieków poza aglomeracjami miejskimi. Niestety intensywny rozwój miast spowodował obecność budownictwa mieszkaniowego w pobliżu tych obiektów. Stopniowo wprowadzane zmiany legislacyjne w tym zakresie nakładają na przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji nowe obowiązki zmierzające do ograniczenia uciążliwości tych obiektów. Należy do nich także prowadzenie badań monitoringowych określających stan sanitarny powietrza atmosferycznego na terenie oraz w sąsiedztwie oczyszczalni ścieków. Celem niniejszej pracy było określenie stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w otoczeniu wybranej oczyszczalni ścieków, z uwzględnieniem jego sezonowej zmienności.

Charakterystyka oczyszczalni ścieków

Badania przeprowadzono w otoczeniu mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych z podwyższonym stopniem usuwania biogenów i pełną przeróbką osadów ściekowych. Oczyszczalnia zlokalizowana jest w dolinie rzeki, w obniżeniu terenu, na wysokości ok. 50 m n.p.m. Teren sąsiadujący z oczyszczalnią wznosi się w kierunku wschodnim o ok. 50 m na odcinku 1 km. Bezpośrednio przy oczyszczalni znajdują się przeszkody terenowe, takie jak nasyp kolejowy oraz wał przeciwpowodziowy, które mają wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Część urządzeń oczyszczalni jest zamknięta. Otwarte są osadniki wstępne i wtórne oraz komory osadu czynnego. Osady ściekowe po zagęszczeniu poddawane są fermentacji, a następnie odwadniane i suszone. Do niedawna osad ten był magazynowany na poletkach osadowych. W początkowym okresie badań zaniechano magazynowania osadu, a zmagazynowany wcześniej osad został usunięty z terenu oczyszczalni.

Metodyka badań

Badania mikrobiologiczne powietrza wykonano w latach 2011–2012 we wszystkich porach roku, w tzw. smudze. Pierwszy punkt pomiarowy umiejscowiony był bezpośrednio przy źródle emisji (komora osadu czynnego), natomiast pozostałe punkty umieszczono poza oczyszczalnią ścieków na kierunku wiatru (strona zawietrzna) oraz w tle (strona nawietrzna). Usytuowanie punktów pomiarowych było odmienne w poszczególnych seriach pomiarowych i uzależnione od warunków lokalnych, a więc zabudowy, ukształtowania terenu i innych przeszkód terenowych.

Badania mikrobiologiczne powietrza przeprowadzono metodą sedymentacyjną wg norm PN-89/Z-04008/08, PN-89/Z-04111/01, PN-89/Z-04111/02 oraz PN-89/Z-04111/03 [9–12]. Badania uzupełniono o ocenę liczebności w powietrzu bakterii z rodziny Enterobacteriaceae (podłoża MacConkeya, SS, Endo) oraz enterokoków (podłoża Slanetza i Bartleya). Liczba mikroorganizmów w 1 m³ była podstawą do klasyfikacji stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza na poszczególnych stanowiskach badawczych. Każdej serii badawczej towarzyszyła analiza warunków meteorologicznych – badań nie wykonywano podczas deszczu oraz bezpośrednio po opadach atmosferycznych. Wyniki badań meteorologicznych podano w tabeli 1.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne podczas badań
Table 1. Meteorological conditions over the period of the study

Data	Pora roku	Temperatura °C		Wilgotność względna %		Prędkość wiatru m/s	
		śr.	SD	śr.	SD	śr.	SD
13-07-2011	lato	25,4	1,4	57,4	6,3	1,2	0,8
18-11-2011	jesień	0,7	0,5	79,7	3,7	0,5	0,3
13-03-2012	zima	7,4	0,8	75,5	4,6	2,5	1,1
04-04-2012	wiosna	11,1	1,0	46,0	3,9	0,9	0,7

SD – odchylenie standardowe

Identyfikacji i charakterystyce poddano szczepy pochodzące z powietrza i wyrosłe na podłożu MacConkeya. Genomowe DNA wyizolowano ze świeżej hodowli z wykorzystaniem zestawu do izolacji DNA (Eurz, Polska), a następnie czyszczono na kolumnach krzemionkowych i poddano analizie ilościowej metodą spektrofotometryczną. Tak uzyskane DNA posłużyło jako matryca do reakcji PCR przeprowadzonej z wykorzystaniem standardowych starterów podjednostki 16S rRNA. Elektroforezę, oczyszczanie produktów, sekwencjonowanie oraz analizę sekwencji wykonano zgodnie z metodologią opisaną w pracy [13]. W podobny sposób wyznaczono tzw. molekularny odcisk palca. Wyizolowane kwasy nukleinowe posłużyły jako matryca do przeprowadzenia reakcji PCR z wykorzystaniem starterów komplementarnych do odcinka pomiędzy podjednostkami 16S oraz 23S rRNA. Uzyskane produkty PCR analizowane były poprzez rozdział elektroforetyczny za pomocą oprogramowania do analizy obrazu JMicroVision oraz ImageJ.

Dyskusja wyników badań

Wybrana oczyszczalnia ścieków stanowiła źródło emisji mikroorganizmów do powietrza atmosferycznego. Wskazuje na to obniżona jakość mikrobiologiczna powietrza na terenie sąsiadującym z oczyszczalnią, oceniona na podstawie badań przeprowadzonych w tzw. smudze na 38 stanowiskach badawczych (po stronie zawietrznej) w czterech porach roku. Liczba mikroorganizmów na stanowiskach usytuowanych po stronie zawietrznej często przekraczała średnie wartości oznaczone w tle (po stronie nawietrznej) (rys. 1). Biorąc pod uwagę kryteria zawarte w Polskich Normach należy stwierdzić, że na wielu stanowiskach badawczych powietrze nie spełniało warunków wymaganych w przypadku powietrza niezanieczyszczonego (tab. 2).

Ogółem w ciągu całego roku (4 serie badań) powietrze na 9 stanowiskach (23,68%) było zanieczyszczone grzybami w stopniu mogącym negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka, na jednym stanowisku – w stopniu zagrażającym środowisku naturalnemu człowieka (2,63%). Na pozostałych 28 stanowiskach (73,68%) powietrze było przeciętnie czyste. Powietrze było średnio zanieczyszczone bakteriami na 11 stanowiskach badawczych (28,95%), na 25 było silnie zanieczyszczone (65,79%), a tylko na 3 stanowiskach badawczych powietrze nie było zanieczyszczone bakteriami (7,89%).

Bakterie mezofilne występowały w powietrzu niemal na wszystkich stanowiskach badawczych, jednak liczba tych bakterii pozwoliła na zakwalifikowanie powietrza jako zanieczyszczonego rzadziej niż w przypadku promieniowców, gronkowców i *Pseudomonas fluorescens*, których obecność została stwierdzona na niektórych stanowiskach badawczych. W powietrzu atmosferycznym wokół oczyszczalni ścieków nie stwierdzono obecności bakterii z rodziny Enterobacteriaceae oraz enterokoków.

Liczba bakterii mezofilnych, powodująca średnie zanieczyszczenie powietrza, została stwierdzona na niewielkiej liczbie stanowisk – zimą bakterie te występowały nielicznie i nie powodowały zanieczyszczenia powietrza na żadnym stanowisku.

Zanieczyszczenie powietrza zarodnikami grzybów, w stopniu mogącym zagrażać albo zagrażającym środowisku naturalnemu człowieka, zostało stwierdzone na największej liczbie stanowisk badawczych latem (w końcowym czasie eksploatacji i w trakcie likwidacji poletek osadowych), natomiast na najmniejszej liczbie stanowisk zimą.

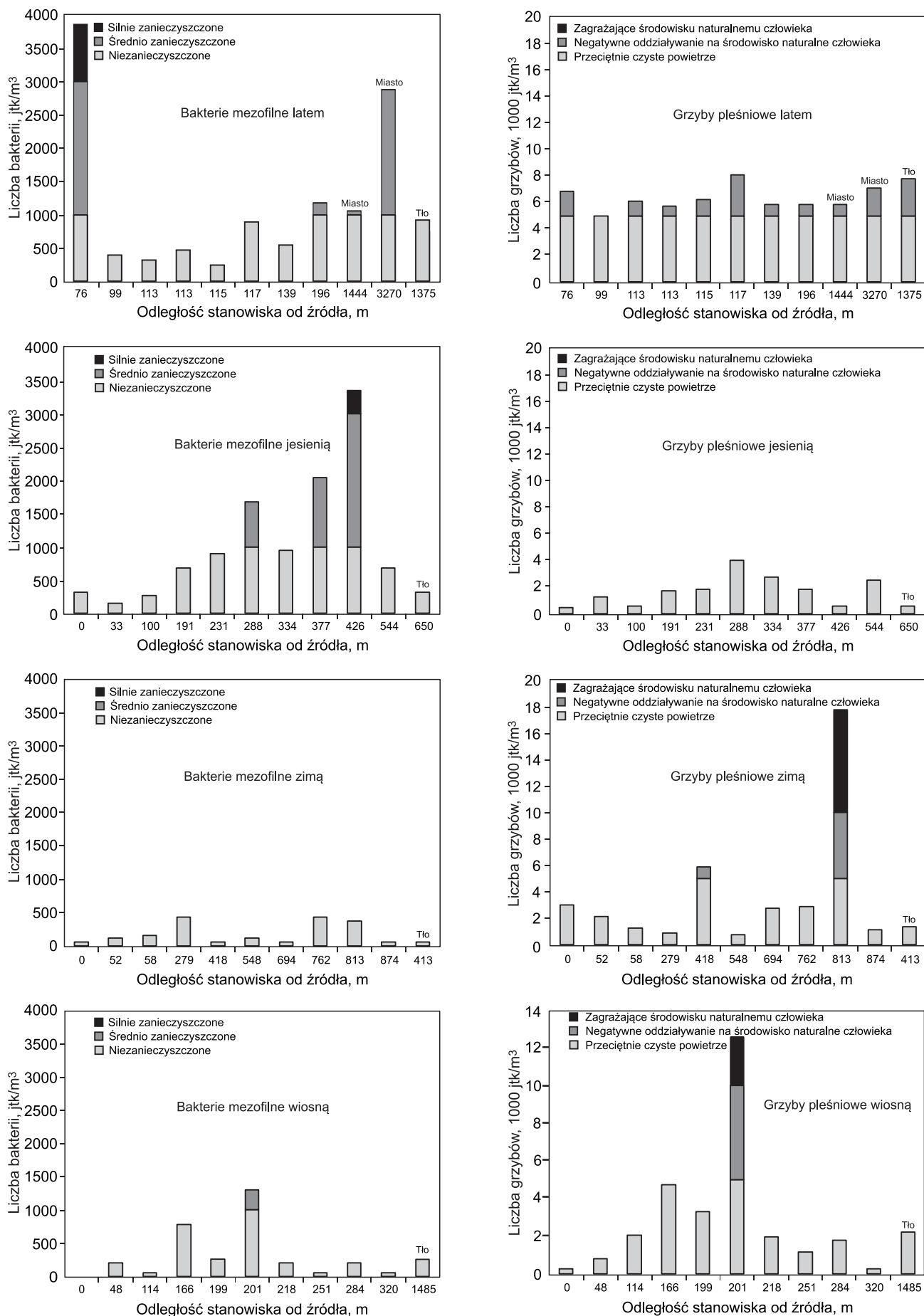
Tabela 2. Liczba stanowisk o określonym stopniu zanieczyszczenia powietrza
Table 2. Number of measuring points with defined extent of air contamination

Mikroorganizm	Lato			Jesień			Zima			Wiosna			Cały rok ogółem		
	stopień zanieczyszczenia									1*	2*	3*	1*	2*	3*
	1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*						
Grzyby	1	7	0	9	1	0	9	1	0	9	0	1	28	9	1
Bakterie mezofilne	6	1	1	7	2	1	8	1	1	9	1	0	30	5	3
Promieniowce	1	6	1	3	7	0	7	1	2	1	8	1	12	22	4
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3	2	3	9	1	0	8	2	0	7	2	1	27	7	4
Gronkowce α-hemolizujące	0	0	8	3	0	7	3	4	3	3	3	4	9	7	22
Gronkowce β-hemolizujące	1	0	7	4	0	6	2	8	0	3	6	1	10	14	14

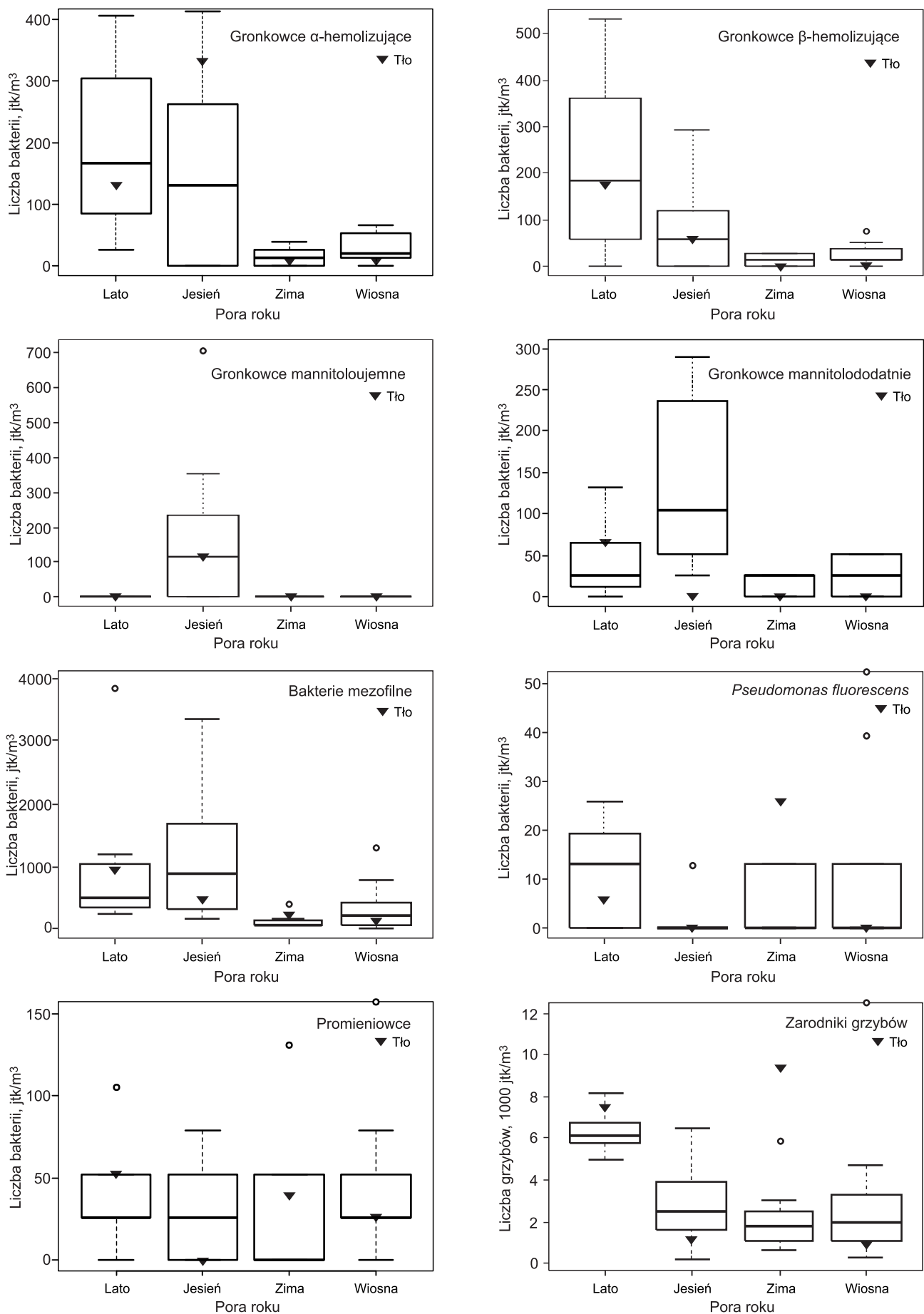
1* – powietrze niezanieczyszczone i przeciętnie zanieczyszczone

2* – powietrze średnio zanieczyszczone

3* – powietrze silnie zanieczyszczone



Rys. 1. Jakość mikrobiologiczna powietrza w otoczeniu oczyszczalni ścieków
 Fig. 1. Microbial quality of the air in the proximity of the sewage treatment plant



Rys. 2. Rozkład liczby mikroorganizmów w powietrzu w otoczeniu oczyszczalni ścieków w poszczególnych porach roku
 Fig. 2. Distribution of microbial number in the proximity of the sewage treatment plant in particular seasons of the year

Powietrze na większości stanowisk wykazywało średnie zanieczyszczenie promieniowcami latem, jesienią i wiosną. Zatem promieniowce obecne w powietrzu przez większość roku musiały pochodzić ze źródeł innych niż oczyszczane ścieki, gdzie – jak wykazały wcześniejsze badania – promieniowce występowały nielicznie. Bakterie *Pseudomonas fluorescens* najliczniej występowały w powietrzu latem, natomiast w pozostałych porach roku stwierdzono ich niewielką liczbę. Gronkowce, zwłaszcza β -hemolizujące, były systematycznie obecne w powietrzu na wielu stanowiskach badawczych. Ogółem, pod względem bakteriologicznym, powietrze wokół oczyszczalni ścieków było bardziej zanieczyszczone w początkowym (lato i jesień) niż końcowym czasie badań.

Można zatem z całą pewnością stwierdzić, że liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów w powietrzu zależała od pory roku, w której dokonano analiz (rys. 1 i 2). Najmniejszą ich liczbę oznaczono zimą i dotyczyło to wszystkich badanych grup. Przyczyną ograniczenia liczebności mogły być warunki atmosferyczne, a przede wszystkim niska temperatura ograniczająca przeżywalność mikroorganizmów. Należy także zwrócić uwagę na fakt, że zimą powierzchnia gruntu jest zwykle pokryta śniegiem i/lub zamrożona, co wpływa na emisję wtórną, polegającą na unoszeniu z powierzchni stałych cząstek gleby i pyłów wraz z osadzonymi na nich mikroorganizmami. Przyczyną mniejszej liczby mikroorganizmów w powietrzu w pozostałych sezonach roku (jesień–wiosna) mogły być zmiany sposobu prowadzenia gospodarki osadami ściekowymi na terenie oczyszczalni, a także emisja wtórna.

Odnotowane w sezonie letnim znaczne skażenie mikrobiologiczne powietrza wokół badanej oczyszczalni ścieków było powodem podjęcia intensywnych zabiegów ze strony przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji. Skupiły się one głównie na ograniczeniu emisji z poletek osadów, które stopniowo zlikwidowano. Dlatego w późniejszym czasie (jesień 2011 r.–wiosna 2012 r.) liczba mikroorganizmów w jednostce objętości powietrza zmalała po stronie zawietrznej oczyszczalni aż do wartości stwierdzonej w próbie kontrolnej po stronie nawietrznej (rys. 1 i 2).

W całym okresie badawczym nie zaobserwowano liniowej zależności między liczebnością poszczególnych grup mikroorganizmów a odległością od oczyszczalni po stronie zawietrznej. Może to sugerować, że wzrost zanieczyszczenia mikroorganizmami badanego terenu mógł mieć charakter incydentalny, związany z emisją wtórną. Dlatego rozkład liczby mikroorganizmów w powietrzu na stanowiskach pomiarowych znajdujących się po stronie zawietrznej w odległości do 500 m od oczyszczalni porównano ze średnimi uzyskanymi w przypadku tła w całym czasie badań (rys. 2). Okazało się, że w porze letniej wprawdzie liczebność poszczególnych grup mikroorganizmów była wysoka, jednak w porównaniu do wartości średnich po stronie nawietrznej wpływ oczyszczalni ścieków na stopień zanieczyszczenia powietrza był z reguły niewielki. Wiosną natomiast wartości median obliczone w punktach po stronie zawietrznej częściej przekraczały wartości uzyskane po stronie nawietrznej i wskazywały na negatywne oddziaływanie oczyszczalni na jakość mikrobiologiczną powietrza.

Analiza wykresów zamieszczonych na rysunku 1 pozwala także sądzić, że dużą rolę w obniżaniu jakości mikrobiologicznej powietrza odgrywała emisja wtórna. Potwierdzają to analizy przeprowadzone latem na stanowiskach pomiarowych oznaczonych jako „Miasto”, usytuowanych

poza tzw. smugą. Oznaczona w tych miejscach liczba bakterii przekraczała wartości uzyskane w przypadku tła, mimo że oczyszczalnia ścieków nie mogła mieć wpływu na stan powietrza w tych punktach (rys. 1).

Zasięg oddziaływania badanej oczyszczalni ścieków na stan sanitarny powietrza atmosferycznego, wynoszący średnio ok. 550 m od źródła emisji, był większy od stwierdzonego wcześniej zasięgu oddziaływania innych oczyszczalni, określonego na 250–350 m od źródła emisji [6, 8]. Niekorzystna lokalizacja badanej oczyszczalni w obniżeniu terenu była prawdopodobnie powodem okresowego gromadzenia się zanieczyszczeń na niewielkim obszarze i ich depozycji, a następnie wtórnej emisji.

Bakterie były rozprzestrzeniane wraz z prądem powietrza na odległość ok. 1,5-krotnie większą (śr. ok. 550 m) niż zarodniki grzybów (śr. ok. 350 m). Mogło to być spowodowane większą masą zarodników grzybów niż bakterii. Stopniowe zmniejszanie się odległości, w jakiej zaznaczał się wpływ oczyszczalni ścieków na stan sanitarny powietrza było prawdopodobnie spowodowane niższą temperaturą panującą od jesieni do wiosny oraz stopniowym zmniejszaniem się liczby mikroorganizmów wywiewanych z obszaru, na którym w przeszłości magazynowany był prefermentowany osad.

W powietrzu otaczającym oczyszczalnię ścieków nie wykryto obecności bakterii z rodziny Enterobacteriaceae. W trakcie prowadzenia badań w zasadzie nie uzyskano wzrostu ściekowych bakterii wskaźnikowych oraz bakterii z rodzajów *Salmonella* i *Shigella* na podłożach mikrobiologicznych przeznaczonych do ich wybiórczej hodowli. W porze letniej na zastosowanych podłożach wybiórczych wyrosło jedynie 9 zróżnicowanych morfologicznie kolonii bakterii (które poddano badaniom diagnostycznym), przy czym dwie z nich, zidentyfikowane na podstawie sekwencji nukleotydów DNA, reprezentowały gatunek *Pantoea agglomerans* (dawniej *Enterococcus agglomerans*). Bakteria ta była często izolowana z odchodów ludzkich i zwierzęcych, jest ona patogenem oportunistycznym, mogącym wywoływać zakażenia ran, układu krwionośnego czy moczowego [14]. Bakterie kałowe były natomiast częściej wykrywane w powietrzu atmosferycznym w sąsiedztwie innych oczyszczalni [6]. Przemawia to za włączeniem tych bakterii do zestawu organizmów będących wskaźnikami stanu sanitarnego powietrza w sąsiedztwie obiektów, w których prowadzone jest oczyszczanie ścieków i gospodarka odpadami. Siedem pozostałych szczepów zidentyfikowanych na podstawie sekwencji nukleotydów DNA zostało sklasyfikowanych do rodzaju *Pseudomonas*. Nie było wśród nich mikroorganizmów patogennych. Najbliżej spokrewnione szczepy należały do bakterii glebowych oraz bakterii wyizolowanych z filofery [15]. Gatunek *P. psychrotolerans* został po raz pierwszy wyizolowany w klinice dla zwierząt. Bakterie chorobotwórcze były natomiast izolowane z powietrza atmosferycznego w sąsiedztwie niektórych innych oczyszczalni ścieków [16, 17].

Podsumowanie

Emisja bioaerolu ze ścieków do powietrza stwarza zagrożenie zdrowotne dla pracowników oczyszczalni ścieków oraz innych osób, które ze względu na miejsce zamieszkania albo zatrudnienia zmuszone są do przebywania w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Rozwiązaniem tego

problemu może być hermetyzacja obiektów technologicznych oczyszczalni ścieków, jednakże koszt takiej inwestycji jest znaczący. Dlatego zanim to nastąpi, stan sanitarny powietrza atmosferycznego na terenie oczyszczalni i w jej sąsiedztwie powinien być monitorowany. Organizacja takiego monitoringu powinna umożliwić określenie zróżnicowania emisji bioaerolu przez poszczególne obiekty oczyszczalni oraz zasięgu ich oddziaływania na stan sanitarny powietrza, a także zmienności tego oddziaływania spowodowanej sezonowymi wahaniami warunków atmosferycznych. W takich badaniach większą uwagę należy zwracać na monitorowanie jakości powietrza w tle, po stronie nawietrznej. Należałoby się zastanowić, czy analizy mikrobiologiczne prowadzone na terenie zabudowanym powinny być wykonywane w tzw. smudze, czy raczej w tzw. siatce obejmującej cały teren sąsiadujący z oczyszczalnią ścieków. Badania prowadzone w smudze mogą być obciążone błędem wynikającym z okresowej turbulencji powietrza spowodowanej ruchem ulicznym, czy też przemieszczaniem się mas powietrza między zabudowaniami. Informacje o występujących w powietrzu atmosferycznym biologicznych czynnikach szkodliwych powinny być wykorzystywane do ochrony zdrowia osób narażonych na ich działanie zarówno przez odpowiednią organizację bezpieczeństwa i higieny pracy, jak i planowanie przestrzenne.

LITERATURA

1. I. SÓWKA: Ocena zasięgu oddziaływania zapachowego zakładu przemysłowego na przykładzie wybranej cukrowni. *Ochrona Środowiska* 2011, vol. 33, nr 1, ss. 31–34.
2. W. ADAMIAK, B. KOŁWZAN, J. SAROWSKA: Qualitative assessment of the bioaerosol in the surroundings of Maślice landfill in Wrocław. *Environment Protection Engineering* 2001, Vol. 27, No. 2, pp. 27–42.
3. B. KOŁWZAN, W. ADAMIAK, K. GRABAS, A. PAWEŁCZYK: Podstawy mikrobiologii w ochronie środowiska. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
4. E. ZBOROWSKA, A. MUSZYŃSKI, M. LEBKOWSKA, J. PODEDWORKA, M. ŻUBROWSKA-SUDOŁ: Badania składu jakościowego bakterii występujących w osadzie czynnym akumulującym polifosforany. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 2, ss. 9–14.
5. M. MICHAŁKIEWICZ, A. PRUSS, Z. DYMACEWSKI, J. JEŻ-WALKOWIAK S. KWAŚNA: Microbiological air monitoring around municipal wastewater treatment plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 2011, Vol. 20, No. 5, pp. 1243–1250.
6. K. OSSOWSKA-CYPRYK: Zastosowanie mikroorganizmów wskaźnikowych do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza w otoczeniu oczyszczalni ścieków przemysłowych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 1991, nr 6, ss. 105–110.
7. M. CYPROWSKI, J. SZARAPIŃSKA-KWASZEWSKA, B. DUDKIEWICZ, J.A. KRAJEWSKI, I. SZADKOWSKA-STANČZYK: Ocena narażenia pracowników oczyszczalni ścieków na czynniki szkodliwe występujące w miejscu pracy. *Medycyna Pracy* 2005, vol. 56, nr 3, ss. 213–222.
8. K. STRZELECKA, P. JADCZYK, M. NEUMANN: Rozprzestrzenianie się mikroorganizmów w atmosferze. W: A. MUSIALIK-PIOTROWSKA, J.D. RUTKOWSKI [red.]: Emisje – zagrożenie – ochrona powietrza. Oddział Dolnośląski PZITS, Wrocław 2004, ss. 267–272.
9. PN-89/Z-04008/08. Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek powietrza atmosferycznego (emisja) do badań mikrobiologicznych metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
10. PN-89/Z-04111/01. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Postanowienia ogólne i zakres normy.
11. PN-89/Z-04111/02. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (emisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
12. PN-89/Z-04111/03. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (emisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
13. G. PASTERNAK, P. RUTKOWSKI, E. ŚLIWKA, B. KOŁWZAN, J. RYBAK: Broad coal tar biodegradative potential of *Rhodococcus erythropolis* B10 strain isolated from former gasworks site. *Water Air and Soil Pollution* 2011, Vol. 214, No. 1–4, pp. 599–608.
14. F. GAVINI, J. MERGAERT, A. BEJI, C. MIELCAREK, D. IZARD, K. KERSTERS, J. de LEY: Transfer of *Enterobacter agglomerans* (Beijerinck 1888) Ewing and Fife 1972 to *Pantoea* gen. nov. as *Pantoea agglomerans* comb. nov. and description of *Pantoea dispersa* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 1989, Vol. 39, No. 3, pp. 337–345.
15. U. BEHRENDT, A. ULRICH, P. SCHUMANN, W. ERLER, J. BURGHARDT, W. SEYFARTH: A taxonomic study of bacteria isolated from grasses: A proposed new species *Pseudomonas graminis* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 1999, Vol. 49, No. 1, pp. 297–308.
16. B. BREZA-BORUTA: Ocena mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza na terenie oczyszczalni ścieków. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2010, nr 3, ss. 49–57.
17. K. BUDZIŃSKA, K. JUREK, B. SZEJNIUK, M. MICHAŁSKA, G. WRÓŃSKI: Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza na terenie oczyszczalni ścieków komunalnych. *Rocznik Ochrony Środowiska* 2011, vol. 13, ss. 1543–1558.

Kołwzan, B., Jadczyk, P., Pasternak, G., Głuszczyk, J., Pawlik, M., Krawczyńska, M., Klein, J., Rybak, J. Assessing Air Quality in the Proximity of a Municipal Sewage Treatment Plant: A Case Study. *Ochrona Środowiska* 2012, Vol. 34, No. 2, pp. 9–14.

Abstract: Air in the vicinity of a municipal sewage treatment plant was assessed for microbial quality. Measurements were carried out in the time span of 2011 and 2012, taking into account seasonal patterns of change. Classification of the extent of microbial contamination was based on the number of mesophilic bacteria, actinomycetes, *Pseudomonas fluorescens*, α - and β -hemolyzing staphylococci, and fungal spores. It was demonstrated that the number of airborne microorganisms in the vicinity of

the sewage treatment plant followed a seasonal pattern and differed from one measuring point to another, in many instances exceeding the characteristic values measured in unpolluted air. The highest number of microorganisms were determined in summer and fall, and the lowest in winter, when low air temperature limited microbial viability. Simultaneously, a noticeable increase in microbial numbers was observed on the lee side. The results obtained in this study, as well as the available literature data, substantiate the need for hermetizing the objects of the sewage treatment plant and subjecting them to periodical air quality monitoring.

Keywords: Sewage treatment plant, air pollution, bioaerosol, bacteria, fungi.