

Jan A. Krajewski¹
 Jadwiga Szarapińska-Kwaszewska²
 Bożena Dudkiewicz²
 Marcin Cyprowski¹

DROBNOUSTROJE ŻYWE WYSTĘPUJĄCE W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY W ZAKŁADACH ZAJMUJĄCYCH SIĘ UTYLIZACJĄ ODPADÓW KOMUNALNYCH*

ALIVE MICROORGANISMS IN THE WORKPLACE AMBIENT AIR IN PLANTS DISPOSING COMMUNAL WASTE

¹ Z Zakładu Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia
 Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi.

Kierownik zakładu: prof. dr hab. S. Tarkowski

² Z Zakładu Mikrobiologii Farmaceutycznej
 Akademii Medycznej w Łodzi

Kierownik zakładu: dr hab. med. E. Szewczyk

STRESZCZENIE W pracy przedstawiono wyniki identyfikacji oraz oznaczania liczby żywych drobnoustrojów (cfu) w próbach powietrza pobranych w strefie oddychania pracowników zatrudnionych przy zbieraniu i utylizacji odpadów komunalnych. Dodatkowo próbki pobrano (w stałych punktach poboru) na ulicach miasta i w mieszkaniach. Na stanowiskach pracy próbki pobrano w czasie zbiórki odpadów, w przeładowni, sortowni oraz kompostowni.

Zidentyfikowano szereg rodzajów i gatunków bakterii Gram-dodatnich (*Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Listeria*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*) i pałeczek Gram-ujemnych (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas* i inne tlenowe). Na wszystkich stanowiskach pracy występowały bakterie kałowe: *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*. Bakterii tych nie znaleziono w próbach powietrza pochodzących z ulic i mieszkań.

Na wszystkich stanowiskach pracy liczba bakterii mezofilnych i grzybów nitkowatych przekraczała 10^4 cfu/m³ powietrza. Najwięcej bakterii mezofilnych i promieniowców termofilnych – odpowiednio 10^4 – 10^6 i 10^3 – 10^5 cfu/m³ powietrza występowało w kompostowni, a grzybów (pleśni) przy zbieraniu odpadów i w sortowni: 10^4 – 10^5 cfu/m³.

Na ulicach miasta nie wykryto promieniowców termofilnych, liczba grzybów (10^4 /m³ powietrza) była zbliżona do występującej w przeładowni i kompostowni. Liczba bakterii mezofilnych zarówno w próbach powietrza z ulic i mieszkań nie przekraczała 10^2 – 10^3 cfu/m³. Liczba grzybów i promieniowców w mieszkaniach była na granicy oznaczalności (10^1 – 10^2 cfu/m³).

Większość występujących w powietrzu na stanowiskach pracy bakterii mezofilnych należy wg Dyrektywy Unii Europejskiej 2000/54/UE do 2 grupy ryzyka zawodowego.

Biorąc pod uwagę że pałeczki Gram-ujemne (szczególnie jelitowe) występowały we wszystkich próbkach pobranych na stanowiskach pracy można uznać, że oznaczanie stężenia endotoksyn w powietrzu jest jednym z możliwych kryteriów oceny higienicznej warunków pracy. Med. Pr. 2001; 52; 5; 343–349

SŁOWA KLUCZOWE: odpady komunalne, bioaerozole, narażenie zawodowe

ABSTRACT This paper presents the results of the identification and determination of alive microorganisms in the air samples collected from the breath zone of workers employed in the waste collection and disposal. Samples were taken during waste collection and in the waste reloading, sorting and composting plants. In addition, samples were taken at stationary sites: in the city and inside flats.

Different kinds of species of Gram-positive bacteria (*Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Listeria*, *Corynebacterium*, *Rhodococcus*) and Gram-negative rods (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas* and other aerobic bacteria) were found. On every work site, there were fecal bacteria (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium*). The city areas and flats were free from this kind of bacteria.

The number of mesophilic bacteria and thread-like fungi exceeding 10^4 cfu/m³ of air was counted on every work site. The largest number of mesophilic bacteria and *Actinomycetes* were found in the waste composting plant (10^4 – 10^6 and 10^3 – 10^5 cfu/m³, respectively), whereas the majority of fungal spores were counted during waste collection and sorting. (10^4 – 10^5 cfu/m³).

On the city streets there were no *Actinomycetes* and the number of fungal spores (10^4 /m³ of air) was similar to that observed in the waste reloading and composting plants. The amount of mesophilic bacteria in the city and flat samples was below 10^2 – 10^3 cfu/m³. As to the number of fungal spores and *Actinomycetes* there was a limit of determination (10^1 – 10^2 cfu/m³).

The majority of mesophilic bacteria identified in the air were classified as the second group of occupational risk in the Council Directive 54/2000/EU.

Bearing in mind that Gram-negative rods (especially intestinal) were identified in all samples, it is suggested to use endotoxin concentration as one of possible criteria for assessing the hygiene conditions at workplaces. Med Pr 2001; 52; 5; 343–349

KEY WORDS: communal wastes, bioaerosols, occupational exposure

WSTĘP

Do niedawna wiedza na temat narażenia zawodowego osób zatrudnionych przy zbieraniu i zagospodarowaniu odpadów była niewielka. Społeczne zainteresowanie odpadami wiązało się szczególnie ze składowiskami odpadów, a w zasadzie z lo-

kalizacją wysypisk. Domagano się najczęściej, aby były one jak najdalej od miejsca zamieszkania i aby nie były uciążliwe dla ludzi. Panuje powszechne przekonanie, że składowiska odpadów zatrują środowisko i są szkodliwe dla ludzi.

W tej sytuacji zrozumiałe jest zainteresowanie ludźmi, którzy z racji wykonywanego zawodu mają kontakt z odpadami i są narażeni na czynniki szkodliwe, występujące na

*Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 3.1 pt.: „Ocena występowania biologicznych czynników szkodliwych dla zdrowia w powietrzu na wysypiskach odpadów komunalnych oraz określenie kryteriów higienicznych narażenia”. Kierownik zadania: dr J.A. Krajewski.

stanowiskach pracy przy ich zbieraniu i zagospodarowaniu. Na temat narażenia i skutków zdrowotnych u ludzi ekspozowanych na substancje chemiczne wiele już napisano, znane są metody oceny narażenia i ryzyka dla zdrowia. Znacznie mniej informacji można znaleźć na temat czynników biologicznych, występujących w tym środowisku pracy. Brakuje norm higienicznych, trudno mówić o ocenie ryzyka zdrowotnego. W Polsce szereg prac na temat narażenia na czynniki biologiczne opublikował J. Dutkiewicz i wsp. (1–4), dotyczą one jednak w zasadzie stanowisk pracy w szeroko rozumianej produkcji rolnej.

W związku z ukazaniem się Dyrektywy 2000/54/UE (5), dotyczącej ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w środowisku pracy oraz koniecznością dostosowania przepisów naszych z unijnymi, zintensyfikowano prace nad wydaniem odpowiednich polskich rozporządzeń. Punktem wyjścia dla oceny narażenia oraz ryzyka dla zdrowia jest identyfikacja czynników biologicznych, występujących w środowisku. Pomimo że w piśmiennictwie światowym istnieją publikacje, w których przedstawiono identyfikację bioaerozoli (6,7,8) występujących w powietrzu w czasie zbierania i utylizacji odpadów komunalnych, to jednak z powodu braku własnych danych, uzasadnione jest przeprowadzenie identyfikacji bioaerozoli w próbkach powietrza, pochodzących z odpowiednich stanowisk pracy w Polsce.

STRATEGIA POBIERANIA PRÓBEK

Strategia pomiarowa określa sposób przeprowadzenia pomiarów oraz szczegółowe parametry ich wykonania. Na potrzeby niniejszej pracy oraz całego programu badawczego określono:

- sposób pobrania próbki powietrza (próbka pobrana w strefie oddychania pracownika lub stałych punktach poboru),
- liczbę próbek powietrza, które należy pobrać równoległe, dla określenia stężenia wszystkich składników bioaerozolu obecnych w powietrzu,
- czas pobierania jednej próbki powietrza ,
- godzinę rozpoczęcia pobierania próbek w czasie zmiany roboczej oraz dni i porę roku w których będą wykonywane pomiary,
- liczbę próbek powietrza potrzebnych do oceny narażenia jednego pracownika,
- liczbę osób badanych reprezentujących jedno stanowisko pracy oraz liczbę stanowisk pracy.

Biorąc pod uwagę, że pobrany materiał do analizy ma służyć nie tylko identyfikacji bioaerozolu, ale również ocenie wielkości narażenia oraz, że analiza pobranego materiału dotyczy: oznaczenia stężenia pyłu; ogólnej liczby drobnoustrojów; stężenia drobnoustrojów żywych w tym bakterii mezofilnych [Gram(+) i Gram(-)], termofilnych i grzybów; oraz stężenia endotoksyn, zdecydowano, że pobierze się równoległe dwie próbki powietrza, stosując dwie pompki (2 filtry), w które wyposażony będzie robotnik. Z próbki pobranej na

Tabela I. Podstawowe parametry strategii pomiarowej
Table I. Basic parameters of the measurement strategy

Element strategii Strategy elements	Parametry Parameters
Sposób pobierania próbek: Sample collection:	
- w strefie oddychania - the breath zone	2 pompki Casella lub SKC 2 Casell or SKC pumps
- w stałym miejscu - at a constant place	2 pompki Casella lub SKC 2 Casell or SKC pumps
Aparatura: Apparatus:	
- pompki miniaturowe - mini pumps	Casella; SKC Casell; SKC
- liczba głowic - the number of heads	2; ϕ 37
- filtry - filters	GF/A Whatman ϕ 25 mm GF/A Whatmann ϕ 25 mm
Czas pobierania próbek: Time of sample collection:	
- jednej próbki - of one sample	~ 6 h
- w czasie zmiany roboczej - during work shift	8:00–14:00
- w ciągu roku - during the year	czerwiec June
Liczba próbek: The number of samples:	
- dla oceny narażenia jednego pracownika - for assessing the exposure of single worker	1 próbka 1 sample
- liczba prób dla oceny grupy zawodowej - for assessing the occupational group	4–10 próbek 4–10 samples

jednym filtrze oznaczy się masę pyłu, ogólną liczbę bakterii oraz stężenie endotoksyn. Z drugiej próbki oznaczy się masę pyłu oraz drobnoustroje żywe z podziałem na bakterie mezofilne, termofilne oraz grzyby. Główne parametry strategii pomiarowej przedstawiono w tabeli I.

OZNACZANIE LICZBY ŻYWYCH DROBNOUSTROJÓW

Filtry z pobraną próbą powietrza umieszczano w sterylnych polietylenowych pojemnikach, do których wlewano 10 mL jałowego buforowanego roztworu NaCl (PBS). Pojemniki wytrząsano (100 cykli/min.) przez 45 minut na wytrząsarce. Eluat z filtra rozcieńczano w PBS (10^{-1} – 10^{-5}) wykonując kolejne 10-krotne rozcieńczenia. Z eluatu nierozcieńczonego i kolejnych rozcieńczeń posiewano po 100 μ l na trzy równoległe płytki odpowiednich pożywek (tabela II).

Liczbę cfu (colony forming units) w badanym materiale wyznaczano standardowymi metodami i przeliczano na m^3 powietrza przepuszczonego przez filtr. Czulość zastosowanej metody pozwalała na wykrycie $10^2 \leq$ cfu lub $5 \cdot 10^1 \leq$ cfu (kontrola „tło”) w próbce.

Tabela II. Pożywki i warunki do oznaczania liczby żywych drobnoustrojów w próbach powietrza
Table II. Medium and conditions for determining the number of alive microorganisms in air samples

Pożywka Medium	Zastosowanie Application	Inkubacja Incubation		Szczególne cechy pożywek Particular properties of media
		temperatura Temp.	czas Time	
Trypticase Soy Agar (TSA)	oznaczanie ogólnej liczby bakterii mezofilnych General determination of mesophilic bacteria	37°C	48 h	brak selektywności Lack of selectivity
KRANEP Agar (Merck)	oznaczanie liczby bakterii Gram-dodatnich Determination of Gram positive rods	37°C	48 h	stymuluje wzrost gronkowców, hamuje wzrost bakterii Gram-ujemnych Stimulate the growth of Staphylococci; hinder the growth of Gram-negative bacteria
Enterococcosel Agar (BBL)	oznaczanie liczby enterokoków (paciorkowców kałowych) Determination of Enterococci (Enterococcus faecalis)	37°C	24 h	mogą wyrastać niektóre pałeczki Gram-dodatnie i Gram-ujemne Some Gram-positive and Gram-negative rods may grow
Podłoże McConkey'a (Biomed) Culture	oznaczanie liczby pałeczek Gram-ujemnych Determination of Gram negative rods	37°C	24 h	hamuje wzrost bakterii Gram-dodatnich Hinder growth of Gram positive rods
CLED Agar (BBL)	oznaczanie liczby pałeczek Gram-ujemnych Determination of Gram-negative rods	37°C	24 h	mniejsza selektywność niż podłoże McConkey'a – niektóre Gram-ujemne lepiej rosną Lower selectivity than that of McConkey medium; some Gram-negative rods grow better
Trypticase Soy Agar 50% stężenie składników (TSA 50%) Concentration of components (TSA 50%)	oznaczanie liczby promieniowców termofilnych Determination of termophilic Actinomycetes	55°C	5-7 dni days	rosną też laseczki (Bacillus) termofilne Bacilli also grow (termophilic bacillus)
Malt Extract Agar (BBL) z dodatkiem 0,01% chloramfenikolu (BBLO with added 0.01% chloramphenicol)	oznaczanie liczby grzybów mezofilnych i termofilnych Determination of mesophilic and termophilic fungi	24°C i 55°C	3-7 dni days	brak wzrostu bakterii Lack of bacteria growth

IDENTYFIKACJA DROBNOUSTROJÓW

Kolonie bakterii mezofilnych wyrosłe na pożywkach wymienionych w tabeli II izolowano przenosząc na płytki TSA do dalszej identyfikacji.

Grzybów nie identyfikowano, różnicując je jedynie na podstawie wyglądu kolonii na drożdże i nitkowate (pleśnie). Promieniowce termofilne identyfikowano na podstawie obrazu mikroskopowego preparatu barwionego metodą Grama i wyglądu kolonii, nie określając szczegółowo przynależności do rodzaju.

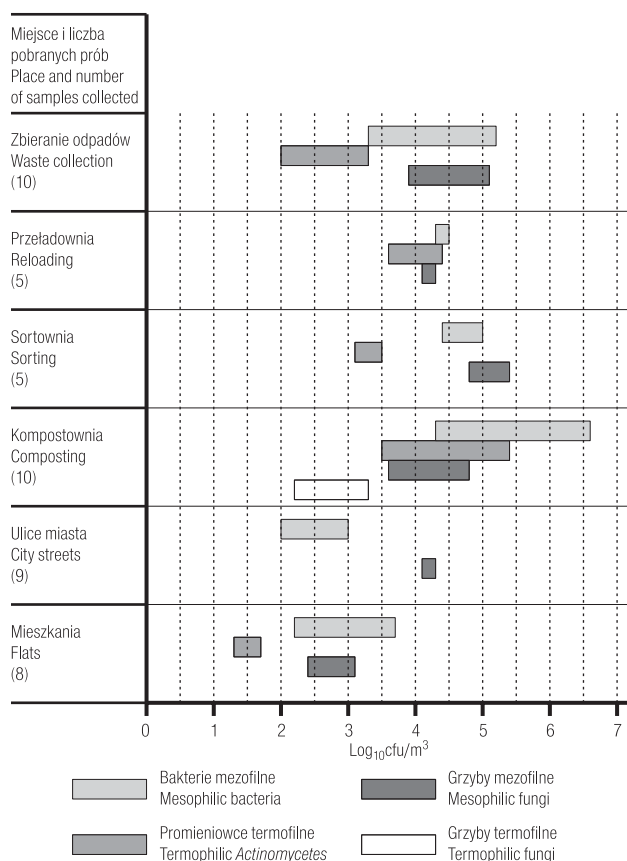
Identyfikację bakterii mezofilnych opierano na morfologii komórek w preparacie mikroskopowym barwionym metodą Grama, morfologii kolonii na odpowiednich pożywkach, właściwościach biologicznych, biochemicznych i serologicznych. Wykorzystano cechy bakterii opisane w kluczu Bergey'a (9) oraz podręcznikach diagnostyki mikrobiologicznej (10,11) konstruując odpowiednie schematy identyfikacyjne. Stosowano pożywki diagnostyczne, diagnostyczno-wybiórcze przygotowywane z suchych preparatów handlowych (firm: Biomed, Difco, bioMerieux, BBL) jak i kompozycje własne oraz testy diagnostyczne (preparaty handlowe): API

(bioMerieux), krążki diagnostyczne i krążki antybiotykowe (BBL), a także surowice diagnostyczne do aglutynacji szkiełkowej (Biomed).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Na ryc. 1 przedstawiono liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów w pobranych próbkach powietrza. Najwięcej żywych bakterii mezofilnych i termofilnych promieniowców występowało w pyłach emitowanych w kompostowni. Było to również jedyne miejsce, gdzie znaleziono grzyby nitkowate termofilne. Warunki, jakie panują w kompostach (wilgotność i dość wysoka temperatura) sprzyjają rozwojowi drobnoustrojów, dla których optymalna temperatura rozmnażania mieści się w granicach 50–75°C (12,13).

Zaobserwowano znaczne różnice w ilości cfu/m³ w poszczególnych próbach (2,8 • 10⁴–6,3 • 10⁶), nie miały one jednak związku z wykonywaną pracą. Zbieranie odpadów było drugim z kolei pod względem liczby żywych drobnoustrojów „stanowiskiem pracy”, dominowały tu bakterie mezofilne i pleśnie, wykrywano też drożdże, choć w mniejszej ilości. Znaczne ilości grzybów, wśród których również znaj-



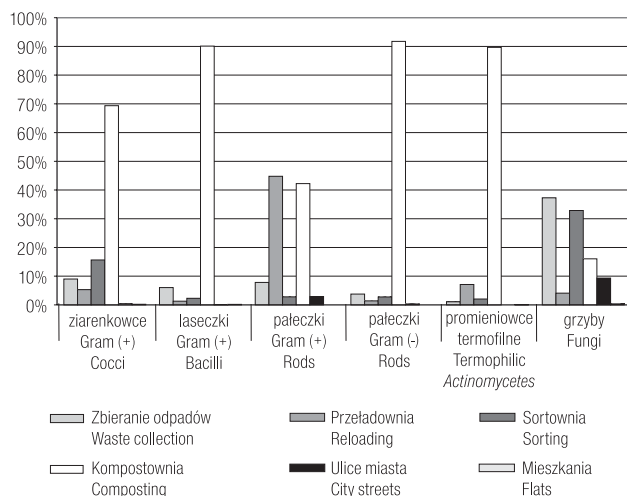
Ryc. 1. Liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów w próbkach powietrza.
Fig. 1. The size of individual microorganism groups in air samples.

dowano drożdże, występowały w próbkach pobranych w sortowni odpadów. W próbkach pobranych na ulicach miasta i mieszkaniach pracowników odnotowano znacznie niższe stężenia żywych drobnoustrojów, a niektórych w ogóle nie wykryto, tzn., że liczba cfu/m³ była niższa od 2–7 • 10¹.

Szczegółowej analizie poddano bakterie mezofilne, które wstępnie podzielono na grupy: bakterii Gram-dodatnich obejmujących ziarenkowce, pałeczki przetrwalnikujące (laseczki) i pałeczki nieprzetrwalnikujące oraz bakterii Gram-ujemnych z wyodrębnieniem pałeczek względnie beztlenowych i tlenowych.

Oznaczano ilość cfu/m³ wymienionych grup bakterii oraz przeprowadzono identyfikację wyizolowanych szczepów. Identyfikacja była ukierunkowana głównie na wykrycie rodzajów i gatunków potencjalnie i warunkowochorobotwórczych, a także szczególnie tych, które są wskaźnikiem stanu sanitarnego badanego środowiska.

Ryc. 2. ilustruje częstość występowania przedstawicieli poszczególnych grup drobnoustrojów w próbkach powietrza pobranych na różnych stanowiskach. Udział na odpowiednim stanowisku drobnoustrojów z danej grupy został przedstawiony jako jej odsetek. Daje się tu zauważyć, że większość ziarenkowców i laseczek Gram-dodatnich oraz pałeczek Gram-ujemnych, a także promieniowców termofilnych pochodziła z pyłów emitowanych w kompostowni, natomiast



Ryc. 2. Częstość występowania przedstawicieli poszczególnych grup drobnoustrojów w próbkach powietrza pobranych na różnych stanowiskach.
Fig. 2. The prevalence of the representatives of individual microorganism groups in air samples collected at different workposts.

grzyby pochodziły głównie z próbek pobranych przy zbieraniu odpadów i sortowni.

Laseczki tlenowe z rodzaju *Bacillus* występowały prawie we wszystkich badanych materiałach (tabela II), czego należało się spodziewać ze względu na powszechne występowanie w przyrodzie ich wysokoopornych na zewnętrzne czynniki fizykochemiczne przetrwalników. Jedynie dwa gatunki są patogenami, z których *Bacillus anthracis* (laseczka wąglika) jest w Polsce rzadko spotykana, pozostałe to saprofity, które tylko w szczególnych okolicznościach mogą być przyczyną chorób (14, 15).

Spośród ziarenkowców Gram-dodatnich najczęściej występowały gronkowce koagulazoujemne, w większości próbek gatunki występujące u zwierząt z grupy „saprophyticus”, choć w niektórych miejscach: zbieranie odpadów, sortownia, ulice miasta izolowano również liczne gronkowce z grupy „epidermidis”, których naturalnym gospodarzem jest człowiek, a także gronkowce złociste (*Staphylococcus aureus*). Gronkowce koagulazoujemne nie znalazły się na liście czynników biologicznych zagrażających zdrowiu pracowników w Dyrektywie Unii Europejskiej 2000/54/WE ze względu na bardzo rzadką ich zdolność do wywoływania schorzeń u ludzi zdrowych (16).

Zwraca natomiast uwagę powszechna obecność w powietrzu na wszystkich stanowiskach pracy (najwięcej przy zbieraniu odpadów i sortowni) paciorkowców kałowych (*Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*). Naturalnym siedliskiem tych bakterii są końcowe odcinki przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt. Występowanie tych bakterii w badanych pyłach świadczy o skażeniu ich treścią jelitową organizmów wyższych. Inne bakterie Gram-dodatnie były wykrywane w pojedynczych próbkach.

Identyfikując pałeczki Gram-ujemne (tabela III) szczególną uwagę zwrócono na rodzinę pałeczek jelitowych

Tabela III. Częstość występowania bakterii Gram-dodatnich (mezofilnych) w pobranych próbkach powietrza
Table III. The prevalence of Gram-positive rods (mesophilic) in collected air samples

Bakterie Gram-dodatnie Gram-positive rods group	Miejsce pobrania próbek Place of sample collection						Grupa ryzyka wg UE Risk acc. to EU
	Zbieranie odpadów Waste collection	Przeładownia Reloading	Sortownia Waste sorting	Kompostownia Composting	Ulice miasta City streets	Mieszkania Flats	
Ziarenkowce:							
Cocci:							
<i>Micrococcus spp.</i>	5/10	2/5	2/5	9/10	7/9	5/8	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	2/10	0/5	2/5	1/10	2/9	0/8	2
<i>Staphylococcus</i> koagulazoujemne: Coagulo-negative							
grupa „epidermidis” “epidermidis” group	8/10	2/5	5/5	2/10	6/9	5/8	-
grupa „saprophyticus” “saprophyticus” group	10/10	5/5	5/5	5/10	5/9	0/8	-
<i>Enterococcus spp.</i>	7/10	3/5	4/5	3/10	0/9	0/8	2
<i>Enterococcus faecalis</i>	4/10	3/5	4/5	0/10	0/9	0/8	2
<i>Enterococcus faecium</i>	2/10	0/5	2/5	3/10	0/9	0/8	2
<i>Aerococcus spp.</i>	0/10	1/5	0/5	1/10	0/9	0/8	-
<i>Pediococcus spp.</i>	0/10	1/5	0/5	1/10	0/9	0/8	-
Pałeczki Gram-dodatnie:							
Gram-positive rods:							
przetrwalnikujące: Spores:							
<i>Bacillus spp.</i>	10/10	5/5	5/5	10/10	6/9	8/8	-*
nieprzetrwalnikujące: Non-spores							
<i>Listeria spp.</i>	1/10	1/5	0/5	1/10	1/9	0/8	2
<i>Kurthia spp.</i>	0/10	2/5	0/5	0/10	0/9	0/8	-
<i>Arthrobacter spp.</i>	0/10	1/5	0/5	0/10	0/9	0/8	-
<i>Corynebacterium spp.</i>	0/10	1/5	0/5	2/10	2/9	0/8	2
<i>Curtobacterium spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	1/9	0/8	-
Promieniowce nokardiopodobne: Nocardio-like <i>Acinomycetes</i>							
<i>Rhodococcus spp.</i>	0/10	0/5	0/5	0/10	1/9	0/8	2

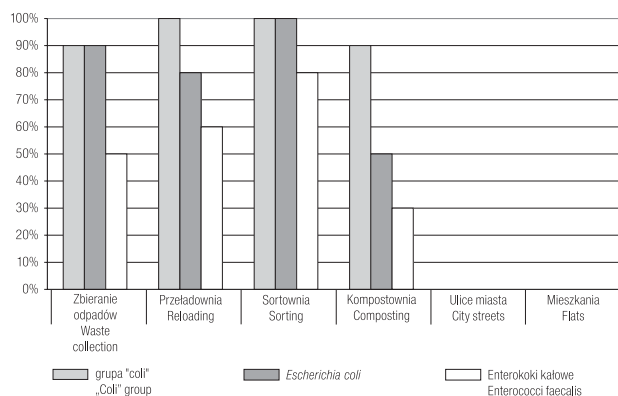
* Na liście czynników biologicznych zamieszczonej w Dyrektywie 54/2000/UE znajduje się jedynie *Bacillus anthracis*. Laseczka ta jest rzadko wykrywana na terenie Polski.

* Only *Bacillus anthracis* can be found on the list of biological factors in Directive 54/2000/UE.

(*Enterobacteriaceae*). Szereg przedstawicieli tej rodziny jest bezwzględnie lub oportunistycznymi patogenami, a komensale, jak np. niechorobotwórcze szczepy *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter cloacae* czy *Citrobacter* zasiedlają jelito grube człowieka i zwierząt. Obecność tych bakterii w emitowanych na stanowiskach pracy pyłach jest dowodem skażenia tych materiałów odchodami. Jak widać z ryc. 3 pałeczki z grupy *coli* – *Escherichia*, *Enterobacter* i *Citrobacter*, a także *Escherichia coli* występowały w próbkach pobieranych na wszystkich stanowiskach pracy. W sortowni pałeczka okrężnicy (*E. coli*) była izolowana ze wszystkich prób, w materiałach pobranych podczas zbierania odpadów z 9 na 10 prób. Pałeczki *Enterobacter* były wyk-

rywane jeszcze częściej, dominowały gatunki *E. cloacae* i *E. sakazaki*; w niektórych materiałach były obecne szczepy należące do kilku gatunków *Enterobacter*.

W Dyrektywie Unii Europejskiej (2000/54/WE), dotyczącej ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w pracy, lista obejmująca te czynniki zawiera prawie wszystkie rodzaje pałeczek jelitowych, zamieszczając je w 2 grupie ryzyka (oprócz niektórych serotypów *Salmonella* i *Shigella* – grupa 3). Do grupy 2 czynników biologicznych zalicza się te drobnoustroje, które mogą wywołać chorobę u ludzi i mogą być szkodliwe dla pracowników (5). Obecność bakterii kałowych (*E. coli* i enterokoki kałowe) w powietrzu na badanych stano-



Ryc. 3. Występowanie (% prób) bakterii wskaźnikowych stanowiących kryterium oceny warunków higienicznych na stanowiskach pracy.

Fig. 3. The prevalence (% of samples) of endotoxins taken as a criterion for assessing the hygiene conditions at work places.

wiskach pracy pozwala sądzić, że w określonych okolicznościach mogą znaleźć się tam groźne patogeny przenoszone drogą pokarmową, jak wirusy i niektóre bakterie, dla których wykrycia potrzebne są specjalne procedury, a także cysty pierwotniaków i jaja robaków.

Badania stanu zdrowia osób zatrudnionych przy utylizacji odpadów komunalnych oraz przeprowadzone wśród pracowników ankiety wskazują, że wiele z nich zgłasza okresowe dolegliwości lub cierpi na przewlekłe schorzenia układu pokarmowego (17,18).

Rodzaje Gram-ujemnych pałeczek tlenowych, które występowały również w badanych próbkach, w większości nie znalazły się na liście czynników biologicznych, zagrażających pracownikom, bowiem są to głównie bakterie bytujące w środowisku przyrodniczym i są niechorobotwórcze dla ludzi zdrowych. Należy jednak stwierdzić, że zarówno te

Tabela IV. Częstość występowania pałeczek Gram-ujemnych, względnie beztlenowych i tlenowych w pobranych próbkach powietrza

Table IV. The prevalence of Gram-negative, oxygen-free or oxygen rods in collected air samples

Bakterie Gram-ujemne Gram-negative rods group	Miejsce pobrania próbek Place of sample collection						Grupa ryzyka wg UE Risk acc. to EU
	Zbieranie odpadów Waste collection	Przeladownia Reloading	Sortownia Waste sorting	Kompostownia Composting	Ulice miasta City streets	Mieszkania Flats	
Pałeczki względnie beztlenowe: Relatively oxygen-free rods:							
Enterobacteriaceae:							
<i>Citrobacter spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	0/9	0/8	-
<i>Edwardsiella spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	0/9	0/8	2
<i>Enterobacter spp.</i>	9/10	5/5	5/5	9/10	0/9	0/8	2
<i>Erwinia spp.</i>	4/10	1/5	2/5	3/10	0/9	0/8	-
<i>Escherichia spp.</i>	9/10	4/5	5/5	6/10	0/9	0/8	-
<i>Escherichia coli</i>	9/10	4/5	5/5	5/10	0/9	0/8	2
<i>Klebsiella spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	0/9	0/8	2
<i>Leclercia spp.</i>	3/10	0/5	2/5	4/10	0/9	0/8	-
<i>Morganella spp.</i>	0/10	1/5	0/5	0/10	0/9	0/8	2
<i>Pantoea (Enterobacter) agglomerans</i>	0/10	1/5	0/5	2/10	0/9	0/8	2
<i>Proteus spp.</i>	3/10	0/5	3/5	1/10	0/9	0/8	2
<i>Serratia spp.</i>	4/10	0/5	3/5	6/10	0/9	0/8	-
<i>Shigella spp.</i>	0/10	0/5	0/5	2/10	0/9	0/8	2
Aeromonadaceae:							
<i>Aeromonas spp.</i>	1/10	0/5	2/5	0/10	0/9	0/8	-
Pałeczki tlenowe: Oxygene rods:							
<i>Acinetobacter spp.</i>	4/10	4/5	2/5	4/10	0/9	0/8	-
<i>Alcaligenes spp.</i>	3/10	1/5	0/5	2/10	0/9	0/8	-
<i>Burkholderia spp.</i>	0/10	1/5	0/5	2/10	0/9	0/8	-
<i>Brevundimonas spp.</i>	0/10	1/5	0/5	2/10	0/9	0/8	-
<i>Chryseobacterium (Flavobacterium) spp.</i>	1/10	3/5	0/5	2/10	0/9	0/8	2
<i>Comamonas spp.</i>	0/10	3/5	0/5	0/10	0/9	0/8	-
<i>Flavimonas spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	0/9	0/8	-
<i>Pseudomonas spp.</i>	3/10	2/5	3/5	7/10	2/9	0/8	2
<i>Sphingomonas spp.</i>	0/10	0/5	0/5	1/10	0/9	0/8	-
<i>Stenotrophomonas spp.</i>	1/10	1/5	1/5	3/10	0/9	0/8	-

pałeczki, jak i pałeczki jelitowe stanowią źródło endotoksyn (lipopolisacharydów – LPS), stanowiących składnik ich ściany komórkowej. Działanie patologiczne endotoksyn bakteryjnych na organizm człowieka dawno zostało udowodnione (4,19). Wdychane wraz z zanieczyszczonym powietrzem endotoksyny mogą prowadzić do toksycznego zapalenia płuc (*toxic pneumonitis*) i w następstwie do przewlekłego zespołu niewydolności oddechowej – ARDS (Adult Respiratory Distress Syndrom) (tabela IV) (19).

Promieniowce termofilne są znane jako główna przyczyna zewnątrzpochoźnego alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych – tzw. płuco rolnika (3,4,20).

Grzyby i ich toksyczne metabolity, np. mikotoksyny mogą wywoływać cały szereg dolegliwości i nawet ciężkich schorzeń (grzybice narządowe, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, choroby nowotworowe itp.) (3,4,20).

Występowanie wszystkich tych czynników biologicznych w znacznym stężeniu stwierdzono w powietrzu na wszystkich stanowiskach pracy przy zagospodarowywaniu odpadów komunalnych. W próbach powietrza pobranych na ulicach miasta i w mieszkaniach stężenie żywych drobnoustrojów było znacznie niższe. Niektórych, np. bakterii jelitowych nie wykryto w ogóle (ilość cfu/m³ < 5 • 10¹).

WNIOSKI

1. Na wszystkich stanowiskach pracy przy zagospodarowywaniu odpadów komunalnych liczba bakterii mezofilnych i grzybów nitkowatych przekracza 10⁴ cfu/m³ powietrza.

2. Promieniowce termofilne występują w zróżnicowanej ilości na wszystkich stanowiskach pracy; dominują w kompostowni (10⁵ cfu/m³).

3. Najwięcej żywych drobnoustrojów – bakterii mezofilnych – występuje w pyłach emitowanych w kompostowni.

4. Na wszystkich stanowiskach pracy występują w powietrzu bakterie kałowe; najwięcej przy zbieraniu odpadów, przeładowni i sortowni; na ulicach miasta i w mieszkaniach nie wykryto tych bakterii.

5. Większość występujących w powietrzu na stanowiskach pracy bakterii mezofilnych należy do 2 grupy ryzyka zawodowego wg Dyrektywy Unii Europejskiej 2000/54/WE.

6. Pałeczki Gram-ujemne (szczególnie jelitowe) występowały we wszystkich próbkach pobranych na stanowiskach pracy. W związku z powyższym można uznać oznaczanie stężenia endotoksyn w powietrzu jako jedno z ważnych kryteriów oceny higienicznej warunków pracy.

PIŚMIENNICTWO

- Dutkiewicz J., Mołocznik A.: Pyły organiczne pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Zeszyt 5. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, Warszawa 1988.
- Dutkiewicz J., Śpiewak R., Jabłoński L.: Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999.

- Dutkiewicz J.: Bacteria and fungi in organic dust potential health hazard. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997, 4, 11–16.
- Dutkiewicz J.: Zagrożenia biologiczne w środowisku pracy. W: Indulski J.A. [red.]. *Higiena Pracy. T. II. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000*, ss. 219–253.
- Dyrektiva 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady z 18.09.2000 r. dotyczące ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem czynników biologicznych w pracy.
- Déportes I., Benoit-Guyod J.L., Zmiro D.: Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Sci. Total Environ.* 1995, 172, 2–3, 197–222.
- Poulsen O.M., Breum N.O., Ebbehøj N., Hansen A.M., Ivens U.I., van Lieveland D. i wsp.: Colletion of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci. Total Environ.* 1995, 170, 1–19.
- Rylander R.: Organic dusts – from knowledge to prevention. *Scand. J. Work Environ. Health* 1994, 20, 116–122.
- Holt J.G., Krieg N.R., Sneath P.H.A., Stanley J.T., Williams S.T.: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Wyd. 9. Williams & Wilkins, Baltimore 1994.
- Howard B.J., Keiser J.F., Smith T.F., Weissfeld A.S., Tilton R.C.: *Clinical and pathogenic microbiology*. Mosby, St. Luis 1994.
- Koneman E.W., Allen S.D., Janda W.M., Schreckenberger P.C., Winn W.C. Jr.: *Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology*. Lippincott-Raven Publ., Philadelphia 1997.
- Lacey J.: Actinomycetes in composts. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997, 4, 113–121.
- Mordarska H., Szponar B., Paściak M., Gamian A.: Promieniowce chorobotwórcze i bakterie promieniowco podobne: problemy taksonomiczne, diagnostyczne i kliniczne. *Mikrobiol. Med.* 1999, 3, 3–10.
- Matras J., Mizak L.: Chorobotwórczość i diagnostyka *Bacillus anthracis*. *Przegl. Epid.* 1998, 3, 275–285.
- Święcicka I., Hauschild T.: Rodzaj *Bacillus* – występowanie i znaczenie w środowiskach naturalnych. *Post. Mikrobiol.* 1996, 1, 27–43.
- Różalska B., Burow A., Pachelska M., Rudnicka W.: Udział gronkowców koagulazo-ujemnych (CNS) w zakażeniach. *Post. Mikrobiol.* 1995, 4, 453–468.
- Ivens U.I., Breum N.O., Ebbehøj N., Nielsen B.H., Poulsen O.M., Würtz H.: Exposure-response relationship between gastrointestinal problems among waste collectors and bioaerosol exposure. *Scand. J. Work Environ. Health* 1999, , 238–245.
- Ivens U.J., Hansen J., Breum N.O., Ebbehøj N., Nielsen M., Poulsen O.M. i wsp.: Diarrhoea among waste collectors associated with bioaerosol exposure. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997, 4, 63–68.
- Różalski A.: Lipopolisacharyd (LPS) bakterii Gram-ujemnych – struktura chemiczna, aktywność biologiczna i znaczenie w chorobotwórczości. III. Lipopolisacharyd jako czynnik chorobotwórczości bakterii Gram-ujemnych. *Post. Mikrobiol.* 1995, 3, 339–364.
- Krajewski J.A., Tarkowski S., Cyprowski M.: Szkodliwe oddziaływanie odpadów komunalnych na zdrowie ludzi zatrudnionych przy ich zbieraniu i zagospodarowywaniu. *Med. Pr.* LI, 2, 159–172, 2000.

Adres autorów: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: krajan@imp.lodz.pl

Nadesłano: 28.08.2001

Zatwierdzono: 14.09.2001