

BAKTERIOLOGICZNE BADANIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH I ODCIEKU W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH W KRAKOWIE

Krzysztof Frączek, Helena Bis

Katedra Mikrobiologii, Akademii Rolniczej im. H. Kollątaja w Krakowie

Wstęp

W ostatnich latach problem uciążliwości zakładów zajmujących się utylizacją odpadów komunalnych dla otoczenia budzi coraz większe zainteresowanie społeczeństwa, inwestorów, projektantów i naukowców. Spowodowane jest ono z jednej strony przybliżaniem się tych obiektów do terenów zabudowań mieszkalnych, a z drugiej strony większym wyczuleniem społeczeństwa na wszelkie obce i niepożądane zapachy, hałas oraz innego typu uciążliwości [KULIG 2004].

W wielu przeprowadzonych badaniach oceniono wpływ składowanych odpadów na zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Znacznie mniej uwagi poświęcono skażeniu wód i odcieków w otoczeniu nagromadzonych odpadów. Dotychczas, przede wszystkim badano wody w rejonie składowisk komunalnych pod względem chemicznym pomijając aspekt mikrobiologiczny.

Dlatego też celem niniejszej pracy było określenie stanu sanitarnego wód powierzchniowych i odcieku powstającego na składowisku odpadów komunalnych Barycz w Krakowie, a także systemu cieków wodnych okalających badany obiekt.

Materiał i metody

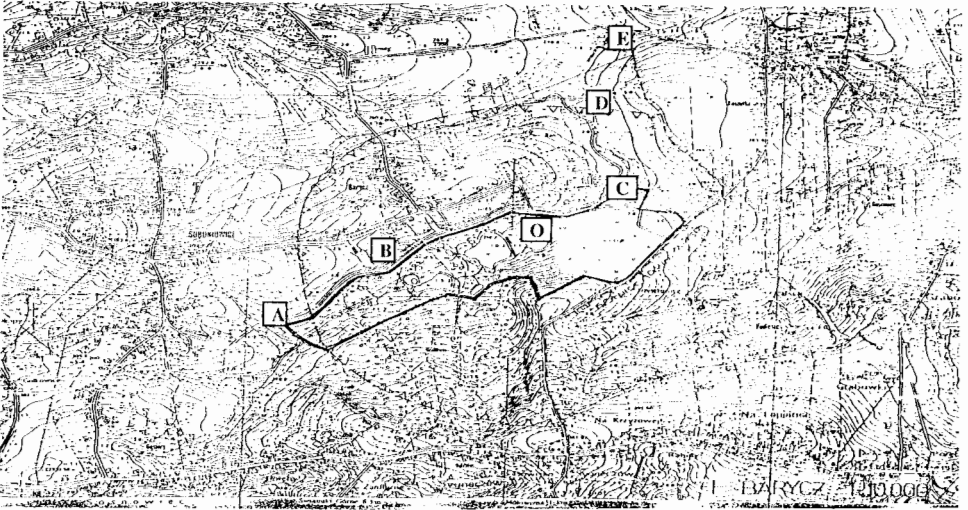
Badania mikrobiologiczne wód powierzchniowych oraz odcieku prowadzone były w rejonie składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie. W celu wykonania badań pobierano raz w miesiącu w ciągu całego roku (od czerwca 2004 do maja 2005), próbki wód powierzchniowych z 5 punktów badawczych z potoku Malinówka oraz próbkę odcieku z rowu opaskowego. Próbki wód i odcieku poddano analizie bakteriologicznej.

Wybrane stanowiska badawcze zostały oznaczone na mapie (rys. 1) i opisane w sposób następujący:

- A** – potok Malinówka przed III sektorem, przy ogrodzeniu zamykającym składowisko – punkt odniesienia,
- B** – potok Malinówka w pobliżu środkowej części sektora III, 260 m od bramy wjazdowej na składowisko w kierunku południowo-zachodnim,
- C** – potok Malinówka przy drodze dojazdowej – w pobliżu nie użytkowanego

zbiornika na odcieki, 720 m od bramy wjazdowej w kierunku północno-wschodnim,

- D – potok Malinówka w pobliżu piezometru P-8, 660 m na północ od obrzeża I sektora,
- E – potok Malinówka w pobliżu piezometru G, 1230m na północ od obrzeża sektora II,
- O – odciek z rowu opaskowego przy II sektorze składowiska, w pobliżu piezometru C-1, 450 m od bramy wjazdowej na składowisko w kierunku północno-wschodnim

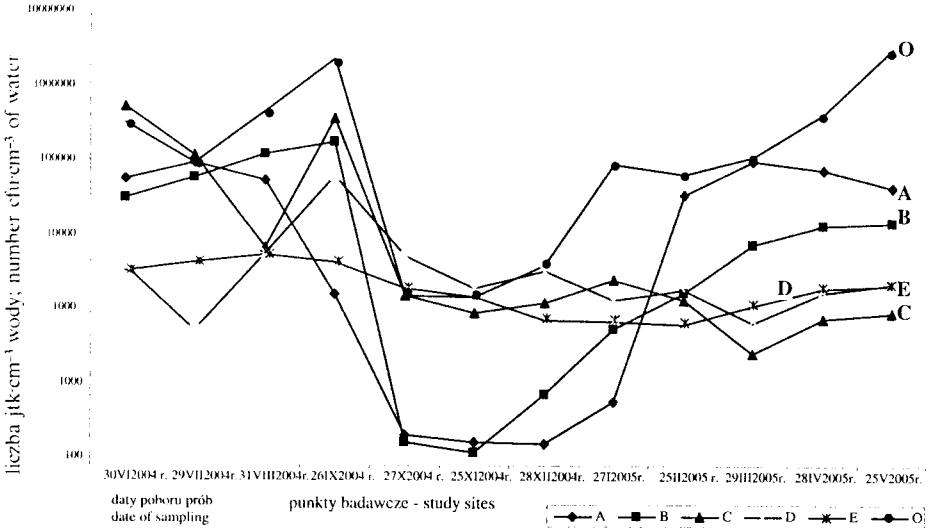


Rys. 1. Rozkład punktów badawczych
Fig. 1. Distribution of survey points

Usytuowanie punktów badawczych z których pobierano próbki do analiz mikrobiologicznych uzależnione było przede wszystkim od przepływu potoku Malinówka. Przeprowadzone badania bakteriologiczne obejmowały oznaczenie ogólnej liczby bakterii psychrofilnych i mezofilnych metodą płytkową na agarze odżywcym – MPA oraz liczby bakterii proteolitycznych na podłożu żelatynowym. Wyniki przeliczano na 1 cm³ badanej próbki wody. W badaniach diagnostyczno-taksonomicznych wyrosłe kolonie przeszczepiano na podłoża wybiórcze, oraz za pomocą dodatkowych badań fizjologiczno-biochemicznych i morfologicznych oznaczano ich przynależność systematyczną zgodnie z kluczem Bergey'a (1989). Zastosowano także testy API do diagnostyki niektórych drobnoustrojów, dominujących w badanym środowisku wodnym.

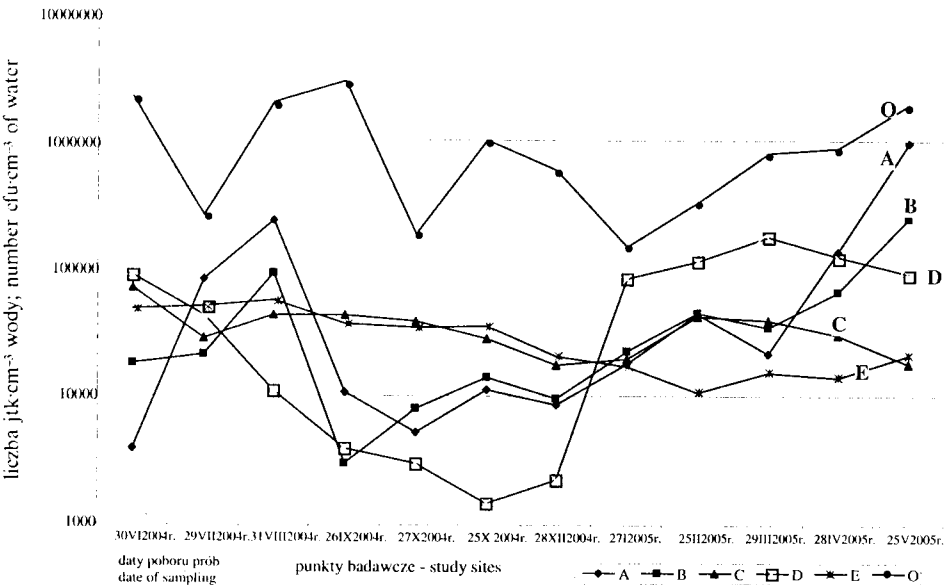
Wyniki i dyskusja

W ciągu okresu badawczego wykonano analizy mikrobiologiczne dotyczące występowania bakterii w potoku Malinówka, w pięciu punktach doświadczalnych oznaczonych symbolami od A do E, usytuowanych w kierunku splywu wody oraz odcieku oznaczonego symbolem O. Wyniki przedstawione graficznie na rysunach 2–5.



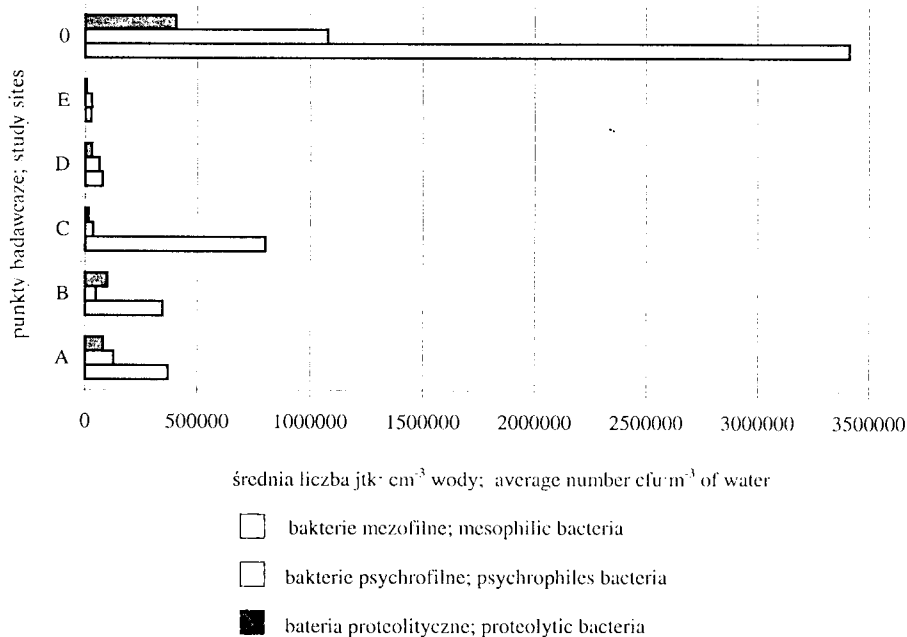
Rys. 2. Liczebność bakterii mezofilnych w wodach powierzchniowych i odcieku w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Krakowie

Fig. 2. The number of mesophilic bacteria in surface waters and leachate near the municipal landfill site in Kraków



Rys. 3. Liczebność bakterii psychrofilnych w wodach powierzchniowych i odcieku w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Krakowie

Fig. 3. The number of psychrophiles bacteria in surface waters and leachate near the municipal landfill site in Kraków



Rys. 4. Średnia liczebność bakterii w wodach powierzchniowych i odcieku w rejonie składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie

Fig. 4. Average number of bacteria in surface waters and leachate near the municipal landfill site in Kraków

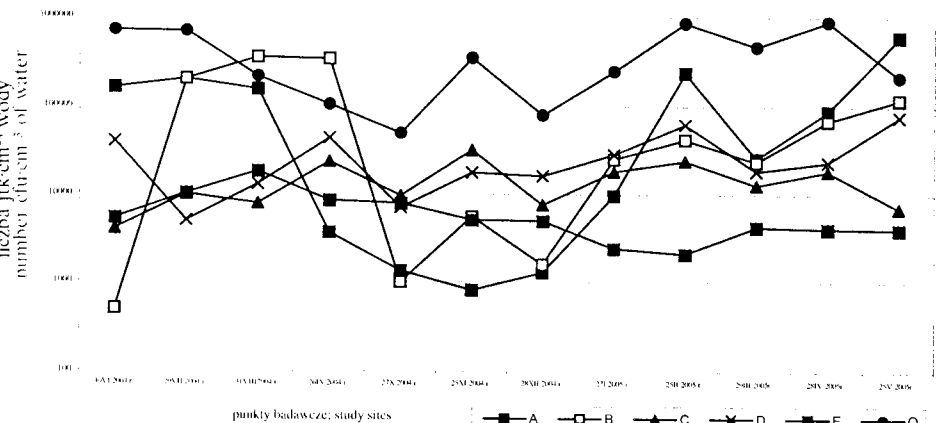
W oparciu o uzyskane dane stwierdzono, że w wodzie powierzchniowej pobieranej na stanowisku oznaczonym symbolem A położonym powyżej sektora III przy ogrodzeniu, a więc tam gdzie potok wpływa na teren składowiska, licznie występowały bakterie mezofilne (190–950 000 jtk·cm⁻³) i psychrofilne (4 000–960 000 jtk·cm⁻³).

Warto jednak zaznaczyć, że maksymalną liczebność bakterii mezofilnych zaobserwowano w marcu 2005 r., w miesiącu rozpoczęcia III etapu działalności jako sektora czynnego składowiska. Przewagę liczebną tych bakterii nad psychrofilami odnotowano aż sześciokrotnie na 12 pomiarów, co może świadczyć o bakteriologicznym zanieczyszczeniu tej wody. Tylko w okresie od października 2004 r. do stycznia 2005 r. izolowano z jednego centymetra sześciennego badanej wody małe ilości bakterii – poniżej tysiąca komórek.

W wodzie potoku Małinówka pobieranej na wysokości środka sektora III (stanowisko B – 310 m poniżej punktu A) występowały bakterie mezofilne w ilościach od 150 jtk (listopad 2004 r.) do 1 659 750 jtk·cm⁻³ (wrzesień 2004 r.). Ich przewaga liczebna była także sześć razy wyższa na 12 pomiarów nad bakteriami psychrofilnymi, zaliczanymi do typowej mikroflory wód. Maksymalną ilość psychrofilii – 246 000 jtk·cm⁻³ odnotowano 25.05.2005 r., a minimalną – 3 000 jtk·cm⁻³ w dniu 26. 09.2004 r.

Należy podkreślić, że przeprowadzone badania wykazały wyraźną tendencję wzrostu liczebności omawianych bakterii, od marca 2005 r. czyli od okresu rozpoczęcia działalności sektora III jako strefy czynnej składowiska. Z przeprowadzo-

nych badań ilościowych wynika, że w wodzie potoku Malinówka po przepłynięciu 1020 m, wzdłuż wszystkich trzech sektorów składowiska i starego zbiornika na odcieki (stanowisko C), było najwięcej bakterii mezofilnych (od 2 900 do 4 895 250 jtk·cm⁻³, średnia miesięczna 800 410 jtk·cm⁻³) w porównaniu z innymi stanowiskami doświadczalnymi. Natomiast bakterii psychrofilnych izolowano znacznie mniej, a ich średnia miesięczna wynosiła tylko 34 430 j.t.k· cm⁻³, co stanowiło 4,3% średniej liczby bakterii mezofilnych. Wskazywałoby to na wzrost ilościowy i dominację mikroflory allochtonicznej w badanej wodzie czyli na jej zanieczyszczenie bakteriologiczne. Z dalszym biegiem nurtu potoku Malinówka wyraźnie zmniejszała się liczebność bakterii osiągając w punkcie doświadczalnym – D (odległość od poprzedniego punktu C ok. 650 m) poziom od 6 000 do 630 000 jtk·cm⁻³ mezofili i od 1 500 do 174 500 jtk·cm⁻³ psychrofilii. Pięciokrotnie odnotowano jednak przewagę ilościową pierwszej grupy nad drugą. Średnia miesięczna liczebność bakterii mezofilnych (77 810 jtk·cm⁻³) była przeszło dziesięciokrotnie niższa, a bakterii psychrofilnych prawie dwukrotnie mniejsza niż na poprzednim stanowisku – C. Należy jednak zauważyć, że średnia liczebność psychrofilii stanowiła aż 79,2% w porównaniu z bakteriami, którym odpowiada wyższa temperatura optymalna. Wyraźnie nastąpił w znacznym stopniu proces samooczyszczania wody. W miarę oddalania się koryta potoku Malinówka od sektorów składowiska spadała ilość badanych mikroorganizmów w wodzie. Tylko w punkcie E (800 m od poprzedniego punktu D) izolowano najczęściej więcej psychrofilii niż mezofili, a ich średnie miesięczne liczebności wynosiły kolejno; 29 790 i 25 250 jtk·cm⁻³. W omawianym stanowisku badawczym bakterie mezofilne występowały w ilościach od 6 900 jtk·cm⁻³ (luty 2005 r.) do 58 100 jtk·cm⁻³ (sierpień 2005 r.), a psychrofilne od 14 180 jtk·cm⁻³ (kwiecień 2005 r.) do 55 100 jtk·cm⁻³ (sierpień 2005 r.).



Rys. 5. Liczebność bakterii proteolitycznych w wodach powierzchniowych i odcieku w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Krakowie

Fig. 5. The number of proteolytic bacteria in surface waters and leachate near the municipal landfill site in Krakow

Bakterie proteolityczne, wskazujące na organiczne zanieczyszczenia wody, występowały w dość dużych ilościach w badanym potoku Malinówka. Na uwagę zasługuje fakt wysokiej liczebności bakterii proteolitycznych (od 810 do 600 000

jtk-cm⁻³, średnia miesięczna 123 800 jtk-cm⁻³) w wodzie wpływającej na teren składowiska. W związku z tym nie można określić wpływu składowiska na rozprzestrzenienie tych bakterii zwłaszcza, że w kolejnych punktach poboru prób liczba ich kształtowała się różnie (od 500 do 354 900 jtk-cm⁻³). Pomimo tego była jednak wyraźnie najmniejsza i to wielokrotnie (2 100–10 200 jtk-cm⁻³) w punkcie badawczym zlokalizowanym w największej odległości od sektorów składowiska – punkt pomiarowy E (odległość wzdłuż koryta potoku od punktu A wynosiła około 2740 m).

Z badanych wód powierzchniowych (tab. 1.) izolowano liczne gatunki bakterii z rodzaju *Bacillus* a znacznie mniejsze ilości gatunków z rodzajów: *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Staphylococcus* i *Streptococcus*. Wśród nich stwierdzono obecność: *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli* i *Salmonella* zaliczone do II kategorii patogenów czyli mogących wywoływać choroby człowieka i stanowić dla niego zagrożenie.

Tabela 1; Table 1

Skład jakościowy wyizolowanych bakterii z wód powierzchniowych
potoku Malinówka i odcieku

Specific composition of Bacteria isolated from surface waters
in the Malinówka stream and leachate

L.p. No	Gatunki bakterii Types of bacteric	Stanowiska badawcze; Research sites					
		A	B	C	D	E	O
1	<i>Bacillus alvei</i> CHESHIRE & CHIEYNE	+	+	+	+		+
2	<i>Bacillus brevis</i> MIGULA	+	+	+		+	+
3	<i>Bacillus cereus</i> FRANKLAND & FRANKLAND	+	+	+	+		+
4	<i>Bacillus circulans</i> JORDAN	+	+	+	+	+	+
5	<i>Bacillus coagulans</i> HAMMER	+	+	+		+	
6	<i>Bacillus licheniformis</i> WEIGMANN		+	+	+		
7	<i>Bacillus polymyxa</i> PRAZMOWSKI			+		+	+
8	<i>Bacillus sphaericus</i> MEYER and NEIDE	+	+	+	+	+	+
9	<i>Enterobacter cloacae</i> JORDAN	+		+	+	+	+
10	<i>Enterococcus faecalis</i> ANDREWES and HORDER	+	+	+	+	+	+
11	<i>Escherichia coli</i> MIGULA	+	+	+	+	+	+
12	<i>Salmonella</i> sp.			+			+
13	<i>Staphylococcus saprophyticus</i> FAIRBROTHERS			+	+		+
14	<i>Streptococcus</i> sp.	+	+	+	+	+	+

Gromadzenie odpadów prowadzi nieuchronnie do powstawania odcieków. Przeprowadzone badania odcieku pobieranego z rowu opaskowego w pobliżu II etapu składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie wykazały bardzo liczne występowanie bakterii w całym rocznym okresie badawczym. Na podstawie wykonanych analiz mikrobiologicznych w okresie od 30 czerwca 2004 r. do 25 maja 2005 r. stwierdzono występowanie w 1 cm³ odcieku od 16 000 do 28 000 000 jtk bakterii mezofilnych oraz od 148 000 do 2 816 700 jtk bakterii psychrofilnych. Tylko od października do grudnia 2005 r. dominowały bakterie psychrofilne nad mezofilnymi. Z porównania ich miesięcznych średnich liczebności wynika pięciokrotna przewaga ilościowa bakterii hodowanych w 37°C nad

bakteriami inkubowanymi w temperaturze 20°C.

Wpływ zanieczyszczeń pochodzących ze składowisk na biocenozę wód powierzchniowych polega przede wszystkim na selekcji organizmów przede wszystkim przez zmniejszoną zawartość tlenu, wydzielaniu siarkowodoru, amoniaku, metanu, wodoru i organicznych pośrednich produktów rozkładu materii organicznej, z których wiele jest trujących dla organizmów. Wielogatunkowa biocenoza nie zanieczyszczonych wód naturalnych, poprzez zanikanie form bardziej wrażliwych przekształca się w zespół złożony z tym mniejszej ilości gatunków, im większe jest zanieczyszczenie organiczne [JAGIELLO, BUNIAK 2001].

Należy zwrócić uwagę na fakt, że wprawdzie potok w miejscu wpływu na teren składowiska zawierał mniejszą ilość bakterii niż w następnych odcinkach (zwłaszcza duża ich liczebność była w okolicach starego zbiornika na odcieki i bardzo ruchliwej drogi dojazdowej) to już był zanieczyszczony bakteriologicznie. Zanieczyszczenie to dotyczyło bakterii mezofilnych, psychrofilnych, proteolitycznych, których ilość wyraźnie wzrosła w potoku przy III sektorze w marcu 2005 r., kiedy rozpoczęto jego eksploatację i sektor ten stał się strefą czynną składowiska. Fakt ten oraz liczne występowanie mikroflory allochtonicznej – zwłaszcza bakterii mezofilnych i ich dominacja nad psychrofilnymi, świadczyły o wpływie składowiska na stan mikrobiologiczny badanych wód. Równocześnie zaobserwowano w miarę oddalania się spływu wód na północ bardzo powolny, stopniowy proces samooczyszczania. Pierwsze symptomy tego zjawiska pojawiły się w wodzie pobranej w odległości 950 m, a szczególnie w odległości 1230 m na północ mierzonej w linii prostej od obrzeży sektorów składowiska.

Wyniki badań wód Malinówki przeprowadzone w 1992 r. na granicy strefy ochronnej (500 m) wykazały, że wody te praktycznie nie uległy na tym odcinku istotnemu samooczyszczeniu. Takie zjawisko zaobserwowano również obecnie, ale pocieszającym jest fakt zmniejszenia zanieczyszczenia mikrobiologicznego w dalszym biegu potoku.

Według [SMYŁEY 2005] liczebność bakterioplanktonu w wodach powierzchniowych w 1 cm³ wody waha się od 102 do 109 w wodach zanieczyszczonych ściekami. Przechodzenie bakterii do osadów dennych zbiorników powoduje, że liczebność ich w osadach jest kilkakrotnie wyższa niż w wodzie.

Badania chemiczne wód Malinówki przeprowadzone w 2004 r. [Wioś 2004] wykazały ich złą jakość, a najwyższy poziom zanieczyszczenia (substancje organiczne i wskaźniki zasolenia) na stanowisku koło zbiornika. W dalszym biegu potoku zasolenie wód utrzymywało się na wysokim poziomie. Czynnikiem ten niewątpliwie hamował rozwój mikroorganizmów, ale i tak występowały one w dużych ilościach.

Według ROSIK-DULEWSKIEJ [1998] liczba bakterii zmniejsza się proporcjonalnie do ilości zanieczyszczeń chemicznych, te zaś obniżają się z wiekiem odpadów. W młodych składowiskach zawartość związków szkodliwych jest wielokrotnie większa niż w odpadach starych i mogą one dostawać się do wód powierzchniowych i podziemnych. Odpady świeże to takie, które mają nie więcej niż 3 lata. W badanych wodach potoku Malinówka stwierdzono stosunkowo duże ilości mikroorganizmów, także w pobliżu składowania świeżych odpadów i rozprzestrzenianie się ich poza teren składowiska – nawet poza strefę 500 m. Należy dodać, że temperatura wody w całym rocznym okresie badawczym utrzymywała się na poziomie od 2 do 19,3°C.

Na zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych, a także środo-

wiska glebowego największy wpływ mają wydzielające się odcieki. Zmniejszenie ich występowania jest równoznaczne z ograniczeniem degradującego wpływu składowiska odpadów na środowisko. Należy jednak zaznaczyć, że składowanie odpadów komunalnych prowadzi nieuchronnie do powstawania odcieków. Ilość powstałych odcieków zależy m.in. od rodzaju odpadów, sposobu składowania, okresu eksploatacji składowiska oraz wielkości opadów atmosferycznych. Skład odcieków zależy od etapu rozkładu i substancji, która jest zawarta w odpadach [SZYMAŃSKI 1997].

Na podstawie przeprowadzonych badań chemicznych w 2004 r. stwierdzono, że odciek na terenie składowiska odpadów komunalnych Barycz w Krakowie charakteryzuje się przede wszystkim dużym zanieczyszczeniem substancjami organicznymi oraz wysokim poziomem zasolenia. Wartości graniczne odczynu pH wynosiły 6,9 i 9,5, ale najczęściej pH utrzymywało się na poziomie około 7–8 [Wioś 2004]. Substancje organiczne zawarte w badanym odcieku składowiskowym są pokarmem dla bakterii saprofitycznych, co sprzyja ich rozwojowi, jeżeli znoszą one zmienione warunki fizyko-chemiczne. Odczyn obojętny i lekko zasadowy oraz temperatura sięgająca nawet 20,7°C także dodatnio wpływała na wzrost liczebności bakterii.

Wnioski

1. Składowane odpady a przede wszystkim odcieki są zasadniczym źródłem emisji do wód powierzchniowych różnych grup mikroorganizmów, szczególnie to dotyczy bakterii mezofilnych, psychrofilnych, proteolitycznych. Ilość tych drobnoustrojów wyraźnie wzrosła w potoku Malinówka przy III sektorze w marcu 2005 r., kiedy rozpoczęto jego eksploatację i sektor ten stał się strefą czynną składowiska. Fakt ten wyraźnie świadczy o wpływie składowiska na stan mikrobiologiczny badanych wód.
2. Wyniki badań wód Malinówki przeprowadzone w strefie ochronnej (500 m na północ) wykazały, że wody te praktycznie nie uległy istotnemu samoczyszczeniu, ale istotny jest fakt zmniejszenia się zanieczyszczenia mikrobiologicznego w dalszym biegu potoku.
3. Przeprowadzone badania mikrobiologiczne odcieku, pobieranego z rowu opaskowego przy II sektorze składowiska Barycz, wykazały występowanie w nim bardzo dużych ilości, zwłaszcza bakterii mezofilnych. W związku z tym stwierdzono, że odciek ten jest źródłem zanieczyszczenia środowiska.
4. Szczegółowe badania diagnostyczne mikroorganizmów występujących w badanym środowisku wodnym wskazują na obecność głównie naturalnej mikroflory saprofitycznej, a także mikroorganizmów charakterystycznych dla zanieczyszczonego środowiska typowego dla obszarów wielkomijskich.

Literatura

KULIG A. 2004. *Metody pomiarowo-obliczeniowe w ocenach oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej.* Oficyna Wydawn. Polit. Warszawskiej, Warszawa.

Wioś 2004. *Badanie monitoringowe wód powierzchniowych w rejonie składowiska*

odpadów komunalnych Barycz w Krakowie w 2004 r. Raport z badań.

SZYMAŃSKI K. 1997. *Wpływ wysypisk odpadów komunalnych na skład odcieków i wód podziemnych*, w: *Wyznaczanie stref oddziaływania składowisk odpadów na podstawie monitoringu*. Wyd. AGH Kraków: 58–69.

ROSIK-DULEWSKA CZ., KARWACZYŃSKA U. 1998. *Ocena oddziaływania wysypiska odpadów komunalnych „Grünwald” w Opolu na wybrane elementy środowiska*. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna* 5(4): 339–351.

SMYŁA A. 2005. *Zagrożenia bakteryjne wód powierzchniowych*. VII Ogólnop. Sesja popularnonaukowa „Środowisko a zdrowie” Częstochowa: 113–128.

JAGIEŁŁO E., BUNIAK W. 2001. *Zmiana składu jakościowego wód w rzekach przepływających w pobliżu składowiska odpadów komunalnych*. VII Konf. Nauk.-Techn. „Gospodarka odpadami komunalnymi” Koszalin-Kołobrzeg, NOT: 125–130.

Słowa kluczowe: odpady, jakość odcieków, wody powierzchniowe, mikroorganizmy

Streszczenie

Każde składowisko odpadów, nawet prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane, stanowi źródło zanieczyszczenia swojego otoczenia. Bakteriologiczne badania wód potoku Malinówka i odcieku przeprowadzono w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Krakowie. W ramach badań w wyznaczonych terminach pobierano próbki odcieków i wód powierzchniowych w otoczeniu składowiska. W wyniku prowadzonych badań mikrobiologicznych stwierdzono zmiany ilościowe i jakościowe występujących bakterii w zależności od odległości od składowiska i pory roku. Uzyskane wyniki pozwalają również na stwierdzenie, że wokół składowiska odpadów daje się zaobserwować zwiększoną liczebność mikroorganizmów występujących w środowisku wodnym. Z przeprowadzonych badań jakościowych dotyczących składu gatunkowego drobnoustrojów wynika, że wśród wyizolowanych gatunków zdecydowana większość to saprofity.

BACTERIOLOGICAL STUDIES OF THE SURFACE WATERS AND LEACHATE IN THE VICINITY OF MUNICIPAL LANDFILL SITE IN KRAKÓW

Krzysztof Frączek, Helena Bis

Department of Microbiology, Agricultural University, Kraków

Key words: wastes, leachate quality, surface water, microorganisms,

Summary

Each municipal landfill site, even well designed and managed, is a source of contamination to the surrounding environment. Bacteriological studies of surface waters in the Malinówka stream and leachate were in the vicinity of the