

Zagrożenia biologiczne w oczyszczalniach ścieków komunalnych



mgr MAŁGORZATA GOŁOFIT- SZYMCZAK
dr LIDIA ZAPÓR

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Pracownicy oczyszczalni ścieków są narażeni na szkodliwe czynniki biologiczne: wirusy (gatunki z rodzaju polio, Cocksackie, ECHO, Rotawirusy, Adenowirusy, Norwalk oraz HAV, HIV i HCV), bakterie (np.: *Escherichia*, *Proteus*, *ersinia*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Salmonella* spp., *Legionella* spp., *Mycobacterium* spp.), grzyby (*Aspergillus* spp., *Candida* spp., *Cryptococcus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., *Geotrichum* spp., *Scopurialopsis brevicaulis*) oraz pasożyty. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia osób narażonych na ich działanie. Mogą wywoływać choroby alergiczne, infekcje górnych i dolnych dróg oddechowych oraz przewodu pokarmowego. W artykule przedstawiono działania ograniczające narażenie na te czynniki.

Biological hazards in municipal wastewater treatment plants

Workers of municipal wastewater treatment plants are exposed to viruses (polioviruses, coxsackieviruses, ECHO, rotaviruses, adenoviruses, Norwalk virus, HAV, HIV, HCV), bacteria (*Escherichia*, *Proteus*, *ersinia*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Salmonella* spp., *Legionella* spp., *Mycobacterium* spp.), fungi (*Aspergillus* spp., *Candida* spp., *Cryptococcus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., *Geotrichum* spp., *Scopurialopsis brevicaulis*) and parasites. Biological contaminants can be responsible for a variety of adverse health effects. Physical symptoms related to biological contamination include allergy, hypersensitivity, respiratory and toxicological problems and infectious diseases.

Wprowadzenie

Ścieki to wody zużyte w wyniku działalności człowieka oraz wody opadowe pochodzące z opadów deszczu i topnienia śniegu. Ścieki dzielimy na:

- komunalne (bytowo-gospodarcze) – pochodzące z gospodarstw domowych, budynków gospodarczych, miejsc użyteczności publicznej (szpitali, szkół, restauracji) oraz małych zakładów rzemieślniczo-usługowych
- przemysłowe – powstające w czasie procesów technologicznych w zakładach przemysłowych
- opadowe – są to wody opadowe spływające i zbierane z powierzchni zabudowanych lub terenów o trwałej, nieprzepuszczalnej nawierzchni (miast, terenów przemysłowych, dróg, parkingów).

W zależności od pochodzenia ścieki mają różny skład jakościowy. Ścieki komunalne zawierają dużą ilość zawieszin (odchody, wydzieliny błon śluzowych ludzi i zwierząt, odpadki produktów spożywczych), związków organicznych (białka, tłuszcze, cukry) i nieorganicznych (związki biogenne, np. azot, potas). Ilość i rodzaj ścieków przemysłowych zależy od rodzaju przedsiębiorstwa, technologii produkcji i ilości zużywanej wody. W skład ścieków przemysłowych wchodzi zanieczyszczenia organiczne (białka, węglowodany, tłuszcze, oleje, żywice, barwniki, fenole, produkty naftowe, detergenty, pestycydy) i nieorganiczne (zasady, kwasy, metale ciężkie, chlor, siarkowodor, jony siarczanowe, chlorkowe, azotanowe, fosforanowe, węglanowe, amonowe). Ścieki opadowe mogą zawierać aerozole obecne w powietrzu, zanieczyszczenia uliczne (piasek, liście, produkty ropopochodne) [1].

Ze względu na dużą szkodliwość biologiczną ścieków, zarówno komunalnych, jak i przemysłowych, przed odprowadzeniem do rzek powinno się je poddawać oczyszczeniu w oczyszczalniach.

Proces oczyszczania ścieków składa się z dwóch podstawowych etapów – mechanicznego i biologicznego. Podczas pierwszego etapu

większe zanieczyszczenia zawarte w ściekach zatrzymywane są kolejno na kratkach, sitach, piaskowniku, osadnikach wstępnych i odtłuszczalnikach. Skutkiem tego etapu oczyszczania jest usunięcie ze ścieków zanieczyszczeń unoszonych – papierów i resztek żywności oraz piasku i innych zanieczyszczeń mineralnych, zawieszin łatwo opadających oraz tłuszczu i olejów. W drugim etapie oczyszczania ścieków usuwane są pozostałe zanieczyszczenia – zawiesiny trudno opadające i substancje rozpuszczone (białka, tłuszcze, węglowodany). Oczyszczanie następuje metodą biologiczną w komorach z osadem czynnym, którego głównym składnikiem są bakterie i pierwotniaki (rys.) [2].

W 2003 roku funkcjonowały w Polsce 1364 oczyszczalnie przemysłowe. W związku z restrukturyzacją gospodarki (likwidacja wielu zakładów przemysłowych) oraz zmianami technologicznymi liczba oczyszczalni przemysłowych zmniejszyła się w ciągu ostatnich 10 lat o połowę. Ścieki przemysłowe na ogół nie stanowią zagrożenia sanitarno-epidemiologicznego, gdyż nie zawierają bakterii chorobotwórczych. Wyjątkiem są ścieki z zakładów przemysłu spożywczego, garbarni i zakładów utylizacji odpadów. Mogą one zawierać chorobotwórcze drobnoustroje w różnych postaciach (wegetatywnej i zarodnikowej) i takie powinny być poddawane procesom dezynfekcji [3].

Zgodnie z polityką ekologiczną Polski liczba oczyszczalni ścieków komunalnych stale rośnie. Z danych Głównego Urzędu Statystycznego wynika, że w 1990 roku w Polsce było tylko 585 oczyszczalni ścieków komunalnych, natomiast w 2003 roku ich liczba wzrosła do 2761, w tym 637 z podwyższonym usuwaniem biogenów.

Ścieki komunalne mogą zawierać szkodliwe czynniki biologiczne i stanowić zagrożenie sanitarno-epidemiologiczne dla pracowników oczyszczalni. Szczególnie niebezpieczne pod względem mikrobiologicznym są ścieki pochodzące ze szpitali, sanatoriów, oddziałów lecz-

Fot. Oczyszczalnia ścieków komunalnych – reaktor biologiczny
Photo. A municipal wastewater treatment plant – a biological reactor

nictwa zamkniętego, wśród których organizmy chorobotwórcze stanowią znaczny udział w całej mikroflorze odprowadzanej do ścieków. Duże niebezpieczeństwo, zarówno pod względem fizyko-chemicznym, jak i mikrobiologicznym stanowią odpady powstające na terenie oczyszczalni (np. skratki, osady ściekowe, piasek z płaskowników), zwłaszcza przeznaczone m.in. do rolniczego wykorzystania, rekultywacji terenów, a także obszary gruntu, na które bezpośrednio wylewane są ścieki o różnym pochodzeniu [4].

Pracownicy oczyszczalni ścieków stanowią liczną grupę zawodową. Szacuje się, że przy obsłudze oczyszczalni, instalacji odbiorczych i urządzeń technologicznych zatrudnionych jest kilkanaście tysięcy osób. Można je podzielić na kilka grup zawodowych, w zależności od wykonywanych czynności: pracownicy zatrudnieni przy mechanicznym i biologicznym oczyszczaniu ścieków, osoby zajmujące się przeróbką osadów ściekowych oraz pracownicy ekip remontowych [1].

Szkodliwe czynniki biologiczne

Ścieki komunalne stanowią środowisko, w którym występują szkodliwe czynniki biologiczne (wirusy, bakterie, grzyby, pierwotniaki, robaki – formy dojrzałe, jaja i cysty) oraz produkty ich rozpadu (endotoksyny, glukany). Niektóre mikroorganizmy są eliminowane w procesie tlenowego oczyszczania ścieków. Znaczne ich ilości przechodzą jednak do osadów ściekowych, gdzie mogą przeżywać od kilku do kilkudziesięciu dni,

a w niektórych przypadkach nawet do kilku lat, zachowując swoją wirulentność [5]. Czas przeżywalności mikroorganizmów w ściekach i osadach ściekowych jest na tyle długi, że stanowią one potencjalne zagrożenie dla pracowników podczas całego procesu odbioru i oczyszczania ścieków.

Narażenie pracowników na czynniki biologiczne może nastąpić:

- drogą inhalacyjną poprzez wdychanie bioaerozolu powstającego w procesie odbioru i oczyszczania ścieków (np. grzyby – *Scopulariopsis brevicaulis* wywołujący alergiczny nieżyt oskrzeli)
- drogą pokarmową wraz ze skażonym biologicznie pokarmem lub przez przeniesienie brudnymi rękami zanieczyszczeń do układu pokarmowego (np. *Salmonella spp.*)
- drogą dermalną przez wniknięcie do organizmu drobnoustrojów poprzez uszkodzoną skórę (np. laseczka zgorzeli gazowej).

Wyróżnia się cztery grupy szkodliwych czynników biologicznych występujących w oczyszczalniach ścieków komunalnych: wirusy, bakterie, grzyby, robaki pasożytnicze przewodu pokarmowego.

Wirusy stanowią istotne zagrożenie będące częstą przyczyną chorób i dolegliwości pochodzenia zawodowego. Wśród wirusów przeważają infekcyjne gatunki z rodzaju polio (choroba Heinego-Medina), Coxsackie (zapalenie spojówek, zapalenie mięśnia sercowego), ECHO (zapalenie opon mózgowych), Rotawirusy (stany zapalne żołądkowo-jelitowe), Adenowirusy (nieżyty nosa i gardła), Norwalk (stany zapalne żołądkowo-jelitowe) oraz HAV (wirusowe zapalenie wątroby typu A), HIV (zespół nabytego braku odporności) i HCV (wirusowe zapalenie wątroby typu C) [8]. Jednym z najbardziej niebezpiecznych schorzeń wywołanych przez wirusy, których źródłem mogą być ścieki, jest wirusowe zapalenie wątroby. Wirusy te są odporne na czynniki chemiczne i fizyczne, a zakażenie następuje drogą pokarmową (WZWA) lub przez uszkodzoną skórę (WZWB, WZW C) [1].

Bakterie stanowią bardzo zróżnicowaną grupę czynników biologicznych, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Mogą powodować infekcje, zatrucia i symptomy alergii u pracowników oczyszczalni [7]. Do najczęściej spotykanych rodzajów bakterii należą: ziarniaki (*Micrococcus*), liczne pałeczki (głównie z rodzaju *Pseudomonas* i *Escherichia*, *Proteus*, *Yersinia*), laseczki z rodzaju *Bacillus*, gronkowce, paciorkowce

oraz ziarniaki Gram-ujemne (*Acinobacter*). Większość bakterii nie stanowi zagrożenia zdrowotnego w normalnych warunkach środowiskowych, czyli przy niskich stężeniach tych mikroorganizmów, jednak część z nich wykazuje właściwości chorobotwórcze, alergizujące lub toksyczne. Wśród gatunków patogennych przeważają gronkowce hemolizujące (*Staphylococcus aureus*), paciorkowce hemolizujące (*Streptococcus faecalis*, *Streptococcus pneumoniae*), *Helicobacter pylori*, *Legionella pneumophila* i *Salmonella spp.* [6].

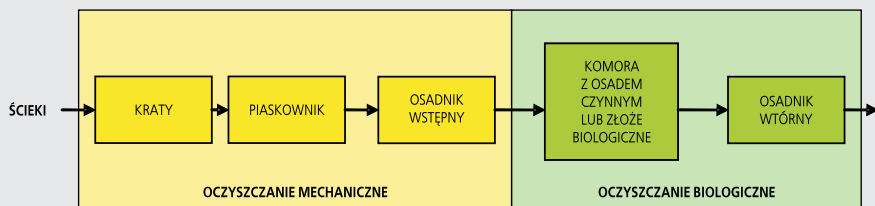
Stężenia bakterii w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków występują w bardzo szerokim zakresie. Badania przeprowadzone w oczyszczalni ścieków w Finlandii wykazały, że całkowite stężenie aerozolu bakteryjnego na stanowiskach pracy mieściło się w granicach 2500 jtk/m³ (jtk – jednostki tworzące kolonie) do 16 000 jtk/m³ [8].

Pomiary zanieczyszczenia powietrza na terenie oczyszczalni ścieków komunalnych w Polsce, wykonane przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB), wykazały, że całkowite stężenie aerozolu bakteryjnego na stanowiskach pracy wahało się w granicach 9000 jtk/m³ do powyżej 100 000 jtk/m³. Dominującą mikroflorę bakteryjną stanowiły bakterie ziarniaki Gram-dodatnie *Micrococcus*, *Staphylococcus spp.* oraz laseczki z rodzaju *Bacillus*.

Szczególne zagrożenie związane z występowaniem bakterii Gram-ujemnych stanowi endotoksyna. Endotoksyna jest to biologicznie aktywny lipopolisacharyd, występujący w zewnętrznej warstwie ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych i uwalniany się do środowiska w postaci sferycznych cząstek mierzących średnio 30 ÷ 50 nm. Endotoksyny są związkami o niezwykle szerokim spektrum działania – mają silne działanie toksyczne i decydują o właściwościach patogennych bakterii. Endotoksyny wdychane przez człowieka mogą być przyczyną wysokiej temperatury, trudności w oddychaniu, zmiany liczby leukocytów we krwi, hipoglikemii, hipotensji, wstrząsu oraz mogą zaostrzać przebieg astmy oskrzelowej [9].

Badania przeprowadzone w 10 oczyszczalniach ścieków szkodliwych w Finlandii wykazały występowanie endotoksyn o stężeniu 0,6 do 310 ng/m³ [8].

Do szkodliwych czynników biologicznych występujących w oczyszczalniach ścieków należą także **grzyby**. Grzyby, a szczególnie grzyby pleśniowe, są przyczyną wielu groźnych chorób: dermatozy skórne i głębokie, schorzenia układu oddechowego, mikotoksydozy oraz zatrucia związkami lotnymi. Mikroorganizmy te są czynnikiem alergizującym, mogącym wpływać na rozwój astmy, alergicznych nieżytów nosa, zapalenia spojówek i nieżytów przewodu pokarmowego. Występowanie i rozwój niektórych gatunków grzybów pleśniowych wiąże się z wytwarzaniem bardzo toksycznych metabolitów wtórnych – mikotoksyn. Metabolity te powodują zapalenia skóry oraz zatrucia z następującymi objawami: bóle głowy, biegunki, zaburzenia mechanizmów



Rys. Schemat klasycznej oczyszczalni ścieków komunalnych [2]

Fig. A diagram of a typical municipal wastewater treatment plant [2]

immunologicznych oraz uszkodzenia wątroby i nerek. Znaczna grupa mikotoksyn ma działanie mutagenne i rakotwórcze, np. aflatoksyny, wytwarzane przez gatunki z rodzaju *Aspergillus*. Mikotoksyny wywołują również zaburzenia w funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego [10].

Do najczęściej izolowanych grzybów w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków należą gatunki z rodzaju *Aspergillus spp.*, *Candida spp.*, *Cryptococcus spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.*, *Geotrichum spp.*, *Scopuriopsis brevicaulis* [1, 10].

Badania powietrza na terenie oczyszczalni ścieków komunalnych, wykonane przez CIOP-PIB, wykazały obecność grzybów: *Penicillium spp.*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Mucor spp.*, *Rhizopus nigricans*, *Candida glabrata*. Stężenia grzybów na terenie badanych obiektów nie przekroczyły wartości zalecanych [11] i wynosiły od 300 jtk/m³ do 3650 jtk/m³. Stwierdzono obecność czynników zaliczonych do drugiej grupy ryzyka, czyli do czynników, które mogą wywołać chorobę u ludzi oraz być szkodliwe dla pracowników: *Aspergillus fumigatus*. Najczęściej występujące grzyby z rodzaju *Aspergillus* są zaliczane do czynników alergicznych i toksycznych (*Aspergillus flavus*) oraz wywołujących choroby zakaźne i inwazyjne (*Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*) [11].

Robaki pasożytnicze mogą występować w ściekach w postaci form dojrzałych, jaj oraz cyst. Największe zagrożenie chorobotwórcze dla pracowników oczyszczalni ścieków stanowią: tasiemiec bąblowcowy, tasiemiec nieuzbrojony, tasiemiec uzbrojony, motylca wątrobowa, lamblia, węgorek jelitowy oraz glista psia.

Ocena narażenia zawodowego na czynniki biologiczne

Ocena narażenia pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne jest problemem bardzo aktualnym i istotnym z uwagi na zdrowie ludzi zatrudnionych w oczyszczalniach ścieków.

Ważnym dla ochrony pracowników przed działaniem szkodliwych czynników biologicznych było wydanie w 2005 roku rozporządzenia ministra zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy

oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki.

Rozporządzenie to określa:

- klasyfikację i wykaz szkodliwych czynników biologicznych
- wykaz prac narażających pracowników na działanie czynników biologicznych
- szczegółowe warunki ochrony pracowników przed zagrożeniami spowodowanymi przez szkodliwe czynniki biologiczne, w tym rodzaje środków niezbędnych do zapewnienia ochrony zdrowia i życia pracowników narażonych na działanie tych czynników, zakres stosowania tych środków oraz warunki i sposób monitorowania stanu zdrowia narażonych pracowników
- sposób prowadzenia rejestru prac narażających pracowników na działanie szkodliwych czynników biologicznych i rejestru pracowników zatrudnionych przy tych pracach oraz sposób przechowywania i przekazywania tych rejestrów podmiotom właściwym do rozpoznawania lub stwierdzania choroby zawodowej.

Działania ograniczające narażenie na szkodliwe czynniki biologiczne

W celu ochrony pracowników przed zagrożeniami spowodowanymi przez szkodliwe czynniki biologiczne pracodawca jest obowiązany do stosowania, na warunkach określonych w rozporządzeniu, wszelkich dostępnych środków eliminujących narażenie lub ograniczających stopień tego narażenia. Należy zawsze uznać za niedopuszczalną obecność w powietrzu środowiska pracy drobnoustrojów wysoce zakaźnych z 3. i 4. grupy zagrożenia, niezależnie od stwierdzonego stężenia. W przypadku obecności takich mikroorganizmów w powietrzu na stanowiskach pracy należy podjąć odpowiednie działania prewencyjne. Jeżeli całkowita eliminacja drobnoustrojów nie jest możliwa, należy maksymalnie ograniczyć styczność z nimi, redukując liczbę narażonych osób oraz czas narażenia na te czynniki.

Do obowiązków pracodawcy należy ochrona pracowników przed działaniem szkodliwych czynników biologicznych przez:

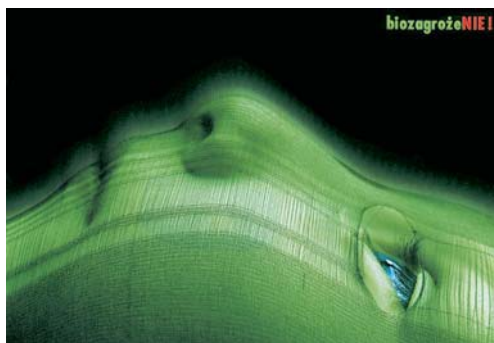
- ocenę ryzyka zawodowego, na jakie jest lub może być narażony pracownik, uwzględniając rodzaj, stopień i czas trwania narażenia na działanie szkodliwego czynnika biologicznego
- informowanie pracowników o istniejących zagrożeniach biologicznych w miejscu pracy oraz o ich potencjalnym działaniu alergizującym lub toksycznym
- ograniczenie liczby pracowników narażonych lub potencjalnie narażonych na działanie czynników biologicznych
- systematyczne szkolenie pracowników
- ograniczenie dostępu do pomieszczeń, w których występuje narażenie na czynniki biologiczne – udostępnianie ich tylko osobom uprawnionym
- planowanie procesu pracy w sposób pozwalający na uniknięcie lub zminimalizowanie uwalniania szkodliwego czynnika biologicznego

- wykonywanie badań kontrolnych, analizę narażenia na czynniki biologiczne, a następnie klasyfikowanie ich odpowiednio do grupy zagrożenia wg rozporządzenia ministra zdrowia w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki

- opracowanie procedur dezynfekcji
- zapewnienie skutecznej ochrony przed wektorami zakażeń – gryzoniami
- kształtowanie odpowiednich warunków pracy – dostęp do środków czystości i środków dezynfekcyjnych, zapewnienie odzieży ochronnej i roboczej itp.
- zapewnienie bezpiecznych warunków spożywania posiłków i napojów w wydzielonym pomieszczeniu
- sporządzenie planu postępowania na wypadek awarii z udziałem czynnika biologicznego
- szkolenia pracowników
- zgłaszanie do właściwego inspektora sanitarnego informacji o zachorowaniach na choroby odzwierzęce.

PIŚMIENNICTWO

- [1] M. Cyprowski, J. A. Krajewski *Czynniki szkodliwe dla zdrowia występujące w oczyszczalniach ścieków komunalnych*. „Medycyna Pracy” 2003; 54 (1): 73-80
- [2] <http://levis.sggw.waw.pl/>
- [3] B. Bartkiewicz *Oczyszczanie ścieków przemysłowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002
- [4] T. Marcinkowski *Zagrożenia środowiska organizmami chorobotwórczymi występującymi w ściekach miejskich i ich osadach*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 1985; 8-9: 186-190
- [5] M. Michałkiewicz *Podstawowe testy biologiczne stosowane w eksploatacji oczyszczalni ścieków*. „Forum Eksploratora” 2002; 1: 6-9
- [6] Z. Prażmo, E. Krysińska-Traczyk, C. Skórka, J. Sitkowska, G. Cholewa, J. Dutkiewicz *Exposure to bio-aerosols in a municipal sewage treatment plant*. Ann. Agric. Environ. Med. 2003; 10: 241-248
- [7] A. Wlazło, J. S. Pastuszka, B. Łudzeń-Ibińska *Ocena narażenia na aerozol bakteryjny pracowników niedużej oczyszczalni ścieków*. „Medycyna Pracy” 2002; 53(2): 109-114
- [8] S. Laitinen, J. Kansas, M. Kotimaa, J. Liesivuori, P. J. Martikainen, A. Nevalainen i WSP *Workers exposure to airborne bacteria and endotoxin at industrial wastewater treatment plants*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1994, 55 (11): 1055 – 1060
- [9] J. Skowroń, M. Gołofit-Szymczak *Zanieczyszczenia mikrobiologiczne powietrza w środowisku pracy – źródła, rodzaje i oznaczenie*. „Bromat. Chem. Toksykol.” 2004; 1: 91-98
- [10] Z. Prażmo, E. Krysińska-Traczyk, C. Skórka, J. Sitkowska, G. Cholewa, J. Dutkiewicz *Exposure to bio-aerosols in a municipal sewage treatment plant*. Ann. Agric. Environ. Med. 2003, 10(2): 241-248
- [11] J. Skowroń *XLVII posiedzenie Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 1(402)2005, s. 22



Justyna Rybak – Konkurs na plakat bezpieczeństwa pracy „Biozagrożenia” – CIOP-PIB 2004