

dr inż. AGATA STOBNIKA-KUPIEC (ORCID: 0000-0003-1212-0651)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: agsto@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0014.0960

Bakterie enteropatogenne w środowisku pracy oczyszczalni ścieków

Fot. zolran/Bigstockphoto



Wody zanieczyszczone ściekami stanowią potencjalne źródło zagrożenia epidemiologicznego, w związku z czym pracownicy oczyszczalni ścieków stanowią grupę zawodową szczególnie narażoną na kontakt z enteropatogenami bakteryjnymi w trakcie wykonywania czynności zawodowych. Źródło wspomnianych czynników biologicznych może stanowić zarówno bioaeroszol, emitowany w trakcie procesów technologicznych, jak również kontakt ze ściekami, osadami ściekowymi czy zanieczyszczonymi powierzchniami. Narażenie na enteropatogeny bakteryjne może stać się przyczyną różnych chorób i dolegliwości zdrowotnych, obejmujących zarówno infekcje jelitowe, jak i pozajelitowe. Głównymi elementami prewencji zagrożeń zawodowych w tej grupie pracowników powinna być rzetelna ocena ryzyka oraz stosowanie odpowiednich środków profilaktycznych.

Słowa kluczowe: enteropatogeny bakteryjne, oczyszczalnie ścieków, środowisko pracy

Bacterial enteropathogens in occupational environment of wastewater treatment plants

Wastewater is a potential epidemiological threat. Therefore, wastewater treatment plants' workers may be exposed to bacterial enteropathogens during their occupational activities. The source of these biological agents may be both bioaerosols, emitted during technological processes, as well as contact with sewage, sewage sludge or contaminated surfaces. Exposure to bacterial pathogens may cause various diseases and adverse health effects, including both intestinal and parenteral infections. In this light, reliable risk assessment and appropriate preventive measures are key to occupational hazard prevention among this group of workers.

Keywords: bacterial enteropathogens, wastewater treatment plants, occupational environment

Wstęp

Bakterie enteropatogenne to mikroorganizmy powodujące choroby infekcyjne przewodu pokarmowego, najczęściej reprezentowane przez przedstawicieli rodziny *Enterobacteriaceae*, enterokoki, przetrwalnikujące bakterie beztlenowe i inne, które naturalnie zamieszkują przewody pokarmowe ludzi i zwierząt [1]. Do zakażenia tymi drobnoustrojami

dochodzi najczęściej, podobnie jak w przypadku omawianego wcześniej koronawirusa, w wyniku kontaktu z zakażoną osobą, ale również drogą pokarmową poprzez skażoną żywność i wodę. Dane dostępne w piśmiennictwie wskazują, że większe prawdopodobieństwo zachorowania na choroby wywołane przez enteropatogeny wraz z większym ryzykiem śmiertelności występuje u osób z osłabio-

nym układem immunologicznym oraz w przypadku występowania towarzyszących chorób przewlekłych [2]. Grupą szczególnie narażoną na kontakt z enteropatogenami w trakcie wykonywania czynności zawodowych są pracownicy zakładów oczyszczania ścieków. Wody zanieczyszczone ściekami stanowią bowiem potencjalne źródło zagrożenia epidemiologicznego. Ścieki, które trafiają do oczyszczalni stanowią mieszaninę ścieków bytowych, przemysłowych, np. z ferm zwierzęcych czy szpitali oraz wód opadowych i zawierają szereg drobnoustrojów zarówno saprofitycznych, jak i chorobotwórczych. Mikroorganizmy patogenne zanieczyszczające wodę pochodzą bezpośrednio lub pośrednio z wydaliny ludzkiej i zwierzęcej, zwłaszcza z kału chorych lub nosicieli. Istotny jest fakt, że wiele enteropatogenów uwalnianych jest w dużych ilościach wraz z kałem chorego nie tylko podczas infekcji, ale także kilka dni lub tygodni zarówno przed wystąpieniem objawów, jak i po ustaniu choroby.

W Europie najczęściej występującym bakteryjnym czynnikiem etiologicznym zakażeń przewodu pokarmowego są pałeczki duru brzuszowego *Salmonella* Typhi, szczepy *Escherichia coli* oraz pałeczki wywołujące czerwonkę *Shigellasonnei*, *Shigella-boydii* i *Shigelladysenteriae*. Doniesienia ostatnich lat sugerują z kolei, że coraz częstszą przyczyną tzw. epidemii wodnych w Europie Zachodniej i Skandynawii są bakterie z rodzajów *Yersinia* i *Campylobacter*. Według meldunków epidemiologicznych Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny, liczba zachorowań na infekcje układu pokarmowego wywołanych przez enteropatogeny nadal jest znacząca, co skutkuje obecnością i rozprzestrzenieniem tych bakterii w ściekach. Systemy oczyszczania ścieków powinny gwarantować skuteczne usuwanie zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, niemniej jednak często nie są one wystarczająco skuteczne w stosunku do drobnoustrojów chorobotwórczych. Nieliczne dostępne dane dotyczące obecności bakterii w ściekach oczyszczonych wskazują, że w kanałach wylotowych z oczyszczalni mogą być obecne np. pałeczki *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, jak również bakterie z rodzaju *Salmonella* i *Vibrio* [1, 3].

Pracownicy oczyszczalni ścieków w trakcie wykonywania czynności zawodowych są zatem narażeni na wiele szkodliwych czynników biologicz-

Tabela 1. Patogeny bakteryjne (enteropatogeny), które mogą stwarzać zagrożenie w środowisku pracy pracowników zakładów oczyszczania ścieków [19]
 Table 1. Bacterial pathogens (enteropathogens) which may pose risk in occupational environment of wastewater treatment plants [19]

Jednostka chorobowa	Rodzaj bakterii chorobotwórczych	Objawy zakażenia
Salmonelloza	serotypy pałeczek <i>Salmonella enterica</i> inne niż <i>Salmonella</i> Typhi i <i>Salmonella</i> Paratyphi odpowiedzialne z kolei odpowiednio za dur brzuszny i dur rzekomy; salmonellozę wywołują głównie serotypy <i>Salmonella</i> Enteritidis i <i>Salmonella</i> Typhimurium	różne postacie kliniczne zakażenia, zwykle jednak infekcja ma charakter samoograniczającego i najczęściej przebiega jako niezbyt żołądkowo-jelitowy [11]
Czerwonka bakteryjna (szigelozą)	bakterie z rodzaju <i>Shigella</i>	infekcja ogranicza się do błony śluzowej i podśluzówki okrężnicy; objawami klinicznymi są krwiste biegunki z kurczowymi bólami brzucha; u chorych może rozwinąć się także zespół hemolityczno-mocznicy, prowadzący do niewydolności nerek [12]
Jersinioza jelitowa	<i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	samoograniczająca się ostra infekcja jelit (biegunka, ból brzucha, gorączka, wymioty) i często ogranicza się do połączenia krętniczno-kątniczego – w przypadku zakażenia <i>Y. enterocolitica</i> ; w przypadku zakażenia <i>Y. pseudotuberculosis</i> często rozprzestrzenia się głęboko w kręzkowych węzłach chłonnych [13]
Infekcje przewodu pokarmowego o zróżnicowanym stopniu nasilenia	7 szczepów chorobotwórczych: enterotoksyczne (ETEC), enteropatogenne (EPEC), enteroinwazyjne (EIEC), enteroagregacyjne (EAEC/EAggEC) (dawniej: enteroadherentne-enteroagregacyjne szczepy <i>Escherichia coli</i>), enterokrwotoczne, werotoksyczne (verocytotoxin-producing) (EHEC, VTEC), adhezyjne (DAEC) oraz szczepy produkujące toksynę Shiga (STEC)	bóle brzucha, wymioty, biegunka, bóle i zawroty głowy, gorączka [12, 14]
Kampylobakterioza	bakterie z rodzaju <i>Campylobacter</i>	ostre zakażenie żołądka i jelit, kampylobakterioza należy do chorób samoograniczających się i zwykle wymaga tylko leczenia objawowego; niemniej jednak podejrzewa się że zakażenie <i>C. jejuni</i> może przyczynić się do rozwoju choroby o podłożu autoimmunologicznym, takiej jak zespół Guillaina-Barrégo [15]

nych, w tym enteropatogennych bakterii. W dalszym ciągu jednak brakuje danych dotyczących oceny narażenia na enteropatogeny w tym środowisku pracy, co uniemożliwia pełną i rzetelną ocenę ryzyka zawodowego. Co więcej, oczyszczalnie ścieków, jako obiekty mające na celu eliminację ze ścieków osadów oraz ładunku biogenów nie do końca skutecznie usuwają mikroorganizmy patogenne. W ściekach oczyszczonych wykrywano bakterie *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, patogenne szczepy *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae* i *Shigella* spp. W rezultacie nie tylko pracownicy oczyszczalni ścieków, ale także społeczności zamieszkujące w pobliżu zrzutu oczyszczonych ścieków są bardziej narażone na zachorowania ze względu na zwiększoną liczbę patogenów w wodach powierzchniowych. Według Yi i Shane patogeny bakteryjne mogą przetrwać w takim środowisku nawet kilka miesięcy [2, 4].

W artykule przedstawiono problem potencjalnego narażenia pracowników oczyszczalni ścieków na bakterie enteropatogenne wraz ze wskazaniem ich skutków zdrowotnych dla człowieka oraz proponowanych działań prewencyjnych.

Chorobotwórczość bakterii enteropatogennych

Infekcje przewodu pokarmowego wywołane przez drobnoustroje enteropatogenne są czynnikiem wpływającym istotnie na zdrowie publiczne. Trudno jest jednak jednoznacznie określić śmiertelność związaną z tego typu infekcjami, ponieważ do jednostek nadzorujących rzadko wpływają wszystkie dane związane z każdym zaistniałym przypadkiem chorobowym. Dokładne określenie wpływu drobnoustrojów enteropatogennych na zdrowie publiczne jest dodatkowo utrudnione ze względu na interakcję i nakładanie się objawów tych schorzeń z innymi chorobami przewlekłymi. Jak się okazuje, śmiertelność z powodu zatruc i zakażeń układu pokarmowego wywoływanych przez bakterie z rodzaju *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia*, *Campylobacter* i *Yersinia* może być

nawet dwukrotnie wyższa niż dotąd szacowano, ponieważ zgony mogą następować nawet do roku po zatruciu [5]. Dla większości ludzi infekcje układu pokarmowego nie stanowią istotnego zagrożenia i ograniczają się do typowych dolegliwości, jak np. kilkudniowa biegunka, wymioty, skurcze żołądka oraz podwyższona temperatura ciała. W przypadku jednak ludzi starszych, dzieci, osób przewlekle chorych czy z obniżoną odpornością zakażenia jelitowe, prowadzące do stanów zapalnych nabłonka przewodu pokarmowego, mogą powodować także ciężkie powikłania oraz zwiększać ryzyko zgonu. Badania Helms i wsp. [5] dowiodły, że w populacji po przebyciu zakażeniu *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Yersinia enterocolitica* lub *Shigella* spp. odnotowano trzykrotnie większą śmiertelność, niż w populacji kontrolnej w przeciągu rocznego okresu obserwacji. Zaobserwowano istotny wzrost śmiertelności długoterminowej do jednego roku, po przebyciu infekcji serotypami *Salmonella* spp. oraz szczepami *Campylobacter* spp. i do sześciu miesięcy w przypadku zakażenia *Yersinia enterocolitica*. Śmiertelność w infekcjach *Shigella* spp. obserwowano głównie w ostrej fazie choroby.

Według dostępnych danych w środowisku pracy przedsiębiorstw prowadzących oczyszczanie ścieków identyfikowano dotychczas bakterie enteropatogenne z rodzajów: *Salmonella* (*S. Paratyphi*, *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*), *Shigella* (*Sh. dysenteriae*), *Vibrio* (*V. cholerae* *V. parahemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. fluvialis*), *Campylobacter* (*C. jejuni*, *C. lari*, *C. coli*), *Escherichia* (*E. coli*), *Clostridium* (*C. perfringens*, *C. difficile*), *Yersinia* (*Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*) [3, 6-10].

W tabeli 1. przedstawiono krótką charakterystykę bakterii enteropatogennych chorobotwórczych dla ludzi oraz chorób przez nie wywoływanych.

W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie badaczy bakteriami z rodzaju *Aeromonas* jako szczepami enteropatogennymi dla ludzi; *Aeromonas hydrophila* jest patogenem, który powoduje zarówno choroby przewodu pokarmowego, jak i choroby niejelitowe u dzieci i dorosłych. Bakterie te są izolowane ze słodkiej i stonej wody oraz różnorodnych produk-

tów spożywczych. Wśród gatunków powodujących stany zapalne przewodu pokarmowego wymienia się *A. caviae*, *A. hydrophila* i *A. veronii biovar sobria*. Bakterie te są często izolowane od pacjentów z zakażeniem bakteryjnym jelit, jednak ich rola w rozwoju choroby pozostaje niejasna; według ostatnich doniesień bakterie z rodzaju *Aeromonas* stają się coraz bardziej odporne na zabiegi chlorowania wody oraz wiele powszechnie stosowanych antybiotyków [16].

Problem zmniejszającej się wrażliwości bakterii na czynniki bakteriobójcze jest stale aktualny, a w ostatniej dekadzie na całym świecie zaobserwowano narastanie oporności na antybiotyki i chemioterapeutyki wśród bakterii enteropatogennych. W wyniku nabywania tego typu cech przez patogeny, skuteczność i spektrum działania antybiotyków, takich jak kolistyna, ampicylina, chloramfenikol, tetracykliny, fluorochinolon oraz z grupy beta-laktamowych (penicyliny, cefalosporyny, karbapenemy, monobaktamy) sukcesywnie spadają [17], w związku z czym pracownicy oczyszczalni ścieków mogą być narażeni na kontakt z chorobotwórczymi szczepami bakterii antybiotykoopornych.

Możliwości kontaktu z bakteriami enteropatogennymi w oczyszczalniach ścieków

Ścieki, które trafiają do oczyszczalni stanowią mieszaninę ścieków bytowo-gospodarczych (tzw. ścieki komunalne), przemysłowych i opadowych. Głównym źródłem enteropatogenów w ściekach są odchody, wydzieliny oraz fragmenty błon śluzowych przewodu pokarmowego zwierząt i ludzi, które mogą zawierać bakterie chorobotwórcze. Według danych Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency – EPA) w przypadku, gdy 1-10% populacji danego obszaru wydała bakterie patogenne w ilości 10⁸ jtk/g kału skutkuje to obecnością tych patogenów w ściekach w ilości 10⁵-10⁷ jtk/litr ścieków [18].

Na rysunku (s. 31) przedstawiono liczbę przypadków zachorowań na wybrane choroby bakteryjne układu pokarmowego na terenie Polski w ciągu

Tabela 2. Przykładowe środki techniczne, organizacyjne, ochrony indywidualnej i profilaktyki medycznej dla stanowisk pracy zakładów oczyszczania ścieków
 Table 2. Examples of technical, organizational, personal protection and medical preventive measures for the occupational environment of wastewater treatment plants

Szkodliwy czynnik biologiczny	Grupa zagrożenia	Rozprzestrzenianie się	Skutki zdrowotne dla człowieka	Profilaktyka
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Aeromonas hydrophila</i>	2	powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	zatrucia jelitowe enterotoksyną białkową; różne zakażenia np. powięzi, szczególnie u osób z obniżoną odpornością	środki ochrony indywidualnej, osłony zabezpieczające w oczyszczalni ścieków
Bakterie (warunkowo beztlenowe przecinkowce Gram-ujemne) <i>Campylobacter jejuni</i>	2	pokarmowo-wodne, bezpośrednie	zapalenie jelit i żołądka; następstwem może być zespół neurologiczny Guillaina-Barrégo	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, przestrzeganie higieny, edukacja zdrowotna
Bakterie (beztlenowe laseczki przetrwalnikujące Gram-dodatnie) <i>Clostridium</i> spp.: <i>C. difficile</i> , <i>C. septicum</i> , <i>C. novyi</i> , <i>C. histolyticum</i> i inne/grupa laseczek obrzęku żołądkowego	2	bezpośrednie (przyranne), pokarmowe	obrzęk żołądka, zapalenie jelit	szybkie opatrywanie ran, dezynfekcja, sterylizacja
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Enterobacter aerogenes/cloacea</i>	2	pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, żołądka, jelit, płuc i innych narządów, reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja, środki ochrony indywidualnej, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Enterobacter</i> spp.	2	pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, żołądka, jelit, płuc i innych narządów, reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja, środki ochrony indywidualnej, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków
Bakterie (ziarniki Gram-dodatnie) <i>Enterococcus</i> spp.: <i>E. faecalis</i> , <i>E. faecium</i> /paciorkowce kałowe (enterokoki)	2	pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, pęcherzyka żółciowego, wsierdza, rzadziej bakteriemia	mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja, środki ochrony indywidualnej, redukcja zapylenia
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Escherichia coli</i> /pałeczka okrężnicy (szczepy verocytotoksyczne lub enterotoksyczne: O157:H7, O103, O124, O123)	3**	pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe	krwotoczne zapalenie okrężnicy (krwawa biegunka), hemolityczna uremia, zatrucia silnymi enterotoksynami białkowymi, reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja, środki ochrony indywidualnej, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Escherichia coli</i> /pałeczka okrężnicy (pozostałe szczepy)	2	pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe	oportunistyczne zapalenia jelit, biegunki, reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	przestrzeganie zasad higieny w miejscu pracy: mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja, środki ochrony indywidualnej, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków
Bakterie (pałeczki Gram-dodatnie) <i>Listeria ivanovii</i> ²⁾	2	bezpośrednie, powietrzno-pyłowe, pokarmowe	zakażenia oportunistyczne, w tym zakażenia jelit	ochrony osobiste, sterylizacja
Bakterie (pałeczki Gram-dodatnie) <i>Listeria monocytogenes</i> /pałeczka listeriozy ¹⁾	2	bezpośrednie, powietrzno-pyłowe, pokarmowe	listerioza, mogąca przebiegać pod postacią zapalenia opon mózgowych i mózgu, anginy z posocznica, zapalenia skóry, spojówek i węzłów chłonnych, przewlekłego zapalenia narządu rodnego oraz rzadziej zakażenia przewodu pokarmowego	środki ochrony indywidualnej, sterylizacja, ochrona pracowników w ciąży od możliwego kontaktu z drobnoustrojem
<i>Providencia alcalifaciens</i>	2	bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, pokarmowe	zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja
<i>Providencia rettgeri</i> /pałeczka Rettgera	2	bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, pokarmowe	zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja
<i>Providencia</i> spp.	2	bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe, pokarmowe	zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>arizonae</i>	2	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna
<i>Salmonella</i> Enteritidis	2	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna
<i>Salmonella</i> Typhimurium/pałeczka duru mysiego	2	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna
<i>Salmonella</i> Paratyphi A, B, C/pałeczka duru rzekomego (paraduru) A, B, C	2	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	dur rzekomy (gorączka, dreszcze, ból brzucha)	środki ochrony indywidualnej, szczepienia ochronne, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna
<i>Salmonella</i> Typhi/pałeczka duru brzuszego	3**	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	dur brzuszny (gorączka, ból brzucha, wysypka)	szczepienia ochronne, środki ochrony indywidualnej, szczepienia ochronne, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna
<i>Salmonella enterica</i> (inne serotypy)	2	pokarmowo-wodne, powietrzno-kropelkowe	salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad bhp w miejscu pracy, oświata zdrowotna

Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Salmonella spp.</i>	2	pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	przestrzeganie zasad higieny w miejscu pracy, dezynfekcja, stosowanie środków ochrony indywidualnej
<i>Shigella boydii</i> /pałeczka czerwoni	2	pokarmowo-wodne	czerwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny
<i>Shigella dysenteriae</i> (typ 1)/pałeczka czerwoni typ 1	3**	pokarmowo-wodne	czerwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką), silna toksyna białkowa – cytotosyna Shiga	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny
<i>Shigella dysenteriae</i> pozostałe typy	2	pokarmowo-wodne	czerwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny
<i>Shigella flexneri</i> pałeczka czerwoni	2	pokarmowo-wodne	czerwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką), enterotoksyny białkowe	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny
<i>Shigella sonnei</i>	2	pokarmowo-wodne	czerwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	środki ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny
Bakterie (warunkowo beztlenowe pałeczki Gram-ujemne) <i>Yersinia enterocolitica</i>	2	pokarmowo-wodne, bezpośrednie (przez uszkodzoną skórę)	jerinioza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe, ropnie i inne zakażenia pozajelitowe)	zachowanie zasad czystości i higieny, opatrkiwanie ran, stosowanie środków ochrony indywidualnej, dezynfekcja, sterylizacja

Objaśnienia: *) pałeczki z rodzaju *Listeria spp.* nie są uznawane za enteropatogeny, jednak z uwagi na fakt, że poza listeriozą mogą powodować także stany zapalne układu pokarmowego i wg piśmiennictwa były izolowane z osadów ściekowych, rodzaj ten został zamieszczony w powyższym wykazie; **) czynniki biologiczne zakwalifikowane do grupy 3 zagrożenia mogące stanowić ograniczone ryzyko zakażenia dla pracowników, gdyż nie są zazwyczaj zakaźne drogą powietrzną.

ostatnich 10 lat na podstawie meldunków epidemiologicznych Departamentu Zapobiegania oraz Zwalczania Zakażeń i Chorób Zakaźnych u Ludzi Głównego Inspektoratu Sanitarnego Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny [19]. Pomimo że na przestrzeni ostatnich lat liczba zakażeń jelitowych wywołanych przez *E.coli* sukcesywnie spada, obserwuje się tendencję wzrostową liczby zakażeń jelitowych wywołanych przez szczepy *Campylobacter spp.* oraz *Clostridium difficile*. W dalszym ciągu duże znaczenie epidemiologiczne mają także pałeczki z rodzaju *Salmonella*. Biorąc pod uwagę wspomniane wcześniej szacunkowe dane EPA, wzrost zachorowań w danej populacji na infekcje przewodu pokarmowego skutkuje wydalaniem patogenów wraz z kałem, co z kolei powoduje, że stężenie tych patogenów w ściekach może być wysokie i może stwarzać zagrożenie dla pracowników oczyszczalni.

Źródło bakterii enteropatogennych w środowisku pracy tej grupy zawodowej może stanowić zarówno bioaerazol, emitowany w trakcie procesów technologicznych, jak również kontakt ze ściekami czy osadami ściekowymi oraz zanieczyszczonymi powierzchniami maszyn i urządzeń. Wśród szkodliwych czynników biologicznych obecnych w tym środowisku pracy enteropatogeny stanowią zagrożenie, które nie powinno być bagatelizowane. Do kontaktu z nimi może dochodzić na każdym etapie procesu technologicznego, począwszy od czynności zawodowych wykonywanych przez pracowników budynku krat, osób pracujących przy komorach napowietrzania, prasach do odwadniania osadów ściekowych i komorach fermentacyjnych, poprzez pracowników transportujących osady ściekowe i skratki¹ oraz pracujących przy ich składowaniu. Mogą one stwarzać także zagrożenie dla personelu technicznego zajmującego się konserwacją i naprawami maszyn i urządzeń oraz osób nadzorujących prawidłowy przebieg i bezpieczeństwo pracy.

Zestawienie bakterii enteropatogennych mogących stwarzać zagrożenie w środowisku pracy pracowników zakładów oczyszczania ścieków, zamieszczono w tabeli 2. oraz na rysunku [20].

¹Wszelkie odseparowane na kratkach lub sitach zanieczyszczenia, nazywamy skratkami.

Ocena ryzyka

Dane dostępne w piśmiennictwie przedmiotu potwierdzają obecność w ściekach bakterii enteropatogennych, mogących stać się przyczyną zakażeń u ludzi, dlatego dostarczenie informacji na temat ich występowania w środowisku pracy pracowników zatrudnionych przy oczyszczaniu ścieków, jest niezbędne w celu prawidłowej oceny ryzyka zawodowego, a co za tym idzie, zmniejszenia ryzyka zakażenia.

Warunki ochrony pracowników przed zagrożeniami, które są powodowane przez szkodliwe czynniki biologiczne, oraz rodzaje środków niezbędnych do zapewnienia ochrony zdrowia i życia pracowników narażonych na działanie tych czynników (w tym, w kontekście zakresu stosowania ww. środków) oraz warunki i sposób monitorowania stanu zdrowia narażonych pracowników), są szczegółowo określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 roku. Na jego podstawie każdy pracodawca jest zobowiązany do dokonania oceny ryzyka, na które jest lub może być narażony pracownik [20]. Należy pamiętać, że prawidłowe przeprowadzenie oceny ryzyka wymaga zebrania aktualnych informacji, dotyczących zarówno warunków pracy, jak i narażenia na enteropatogeny

bakteryjne w trakcie wykonywania konkretnych czynności zawodowych.

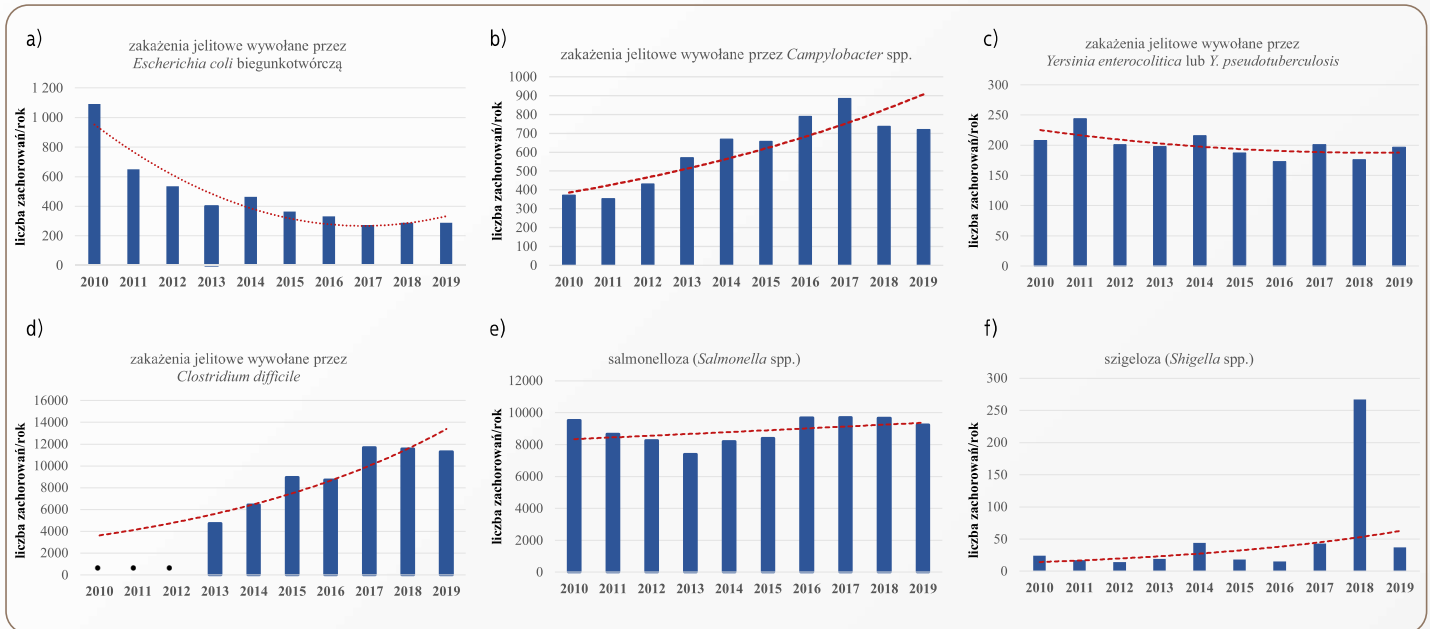
Działania prewencyjne na stanowiskach pracy pracowników zakładów oczyszczania ścieków

W trakcie czynności zawodowych wykonywanych w środowisku pracy pracowników zakładów oczyszczania ścieków nie występuje zamierzony kontakt z czynnikami biologicznymi (tzn. czynniki biologiczne nie są przedmiotem czynności zawodowych, ale mogą występować przy jej przeprowadzaniu). Prawidłowa ochrona przed tymi zagrożeniami powinna zatem opierać się przede wszystkim na przestrzeganiu ogólnie przyjętych zasad epidemiologiczno-sanitarnych z uwzględnieniem systemów GHP. Do podstawowych działań prewencyjnych należy zaliczyć: higienę rąk, stosowanie środków ochrony indywidualnej (odzież ochronna, rękawice ochronne), systematyczne czyszczenie i dezynfekcję systemów klimatyzacyjnych, maszyn i powierzchni, edukację personelu, jak również profilaktykę medyczną opartą na szczepieniach ochronnych. Przykładowe środki i działania prewencyjne w odniesieniu do tego rodzaju stanowisk pracy zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Przykładowe środki techniczne, organizacyjne, ochrony indywidualnej i profilaktyki medycznej dla stanowisk pracy zakładów oczyszczania ścieków

Table 3. Examples of technical, organizational, personal protection and medical preventive measures for the occupational environment of wastewater treatment plants

Działania techniczne
<ul style="list-style-type: none"> • zapewnienie środków dezynfekcyjnych do rąk i powierzchni • okresowe czyszczenie oraz dezynfekcja powierzchni i urządzeń
Działania organizacyjne
<ul style="list-style-type: none"> • procedury higieniczne dotyczące pracowników (mycie i dezynfekcja rąk)
Środki ochrony indywidualnej
<ul style="list-style-type: none"> • ochrona rąk (rękawice) • odzież ochronna
Profilaktyka medyczna
<ul style="list-style-type: none"> • nadzór i opieka lekarza medycyny pracy • prowadzenie dokumentacji badań profilaktycznych • szczepienia ochronne (informacja pracowników o możliwości szczepień) • zapewnienie profilaktyki postekspozycyjnej (np. przenośna lub stacjonarna myjka do przemywania oczu)



Rys. Liczba zachorowań na zakażenia bakteryjne układu pokarmowego na terenie Polski w ciągu ostatnich 10 lat wywołane przez szczepy bakterii *Escherichia coli* (a), *Campylobacter* spp. (b), *Yersinia enterocolitica/pseudotuberculosis* (c), *Clostridium difficile* (e), *Salmonella* spp. (e) i *Shigella* spp. (f) na podstawie meldunków epidemiologicznych Departamentu Zapobiegania oraz Zwalczania Zakażeń i Chorób Zakaźnych u Ludzi Głównego Inspektoratu Sanitarnego Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny. Objasnienia: wykropkowanie oznacza linię trendu; • – brak danych.

Fig. Number of cases of bacterial gastrointestinal infections in Poland in the last 10 years caused by bacterial strains *Escherichia coli* (a), *Campylobacter* spp. (b), *Yersinia enterocolitica/pseudotuberculosis* (c), *Clostridium difficile* (e), *Salmonella* spp. (e) i *Shigella* spp. (f), based on based on epidemiological reports of National Institute of Public Health – National Institute of Hygiene. Notes: trend line; • – no data.

Podsumowanie

Praca w oczyszczalniach ścieków wiąże się często z ryzykiem bezpośredniego kontaktu z bioaerozolem, emitowanym w trakcie prowadzonych procesów technologicznych oraz ze ściekami czy osadami ściekowymi, które mogą zawierać bakterie enteropatogenne. Z tego powodu bardzo ważne jest stosowanie właściwych środków profilaktycznych, uwzględniających zarówno przestrzeganie podstawowych procedur higienicznych oraz przeprowadzanie dezynfekcji, jak również zapewnienie pracownikom środków ochrony indywidualnej (np. rękawic ochronnych, półmasek filtrujących). Równie istotna jest profilaktyka medyczna, obejmująca nadzór lekarza medycyny pracy nad personelem. Należy także pamiętać o starannym, regularnym przeprowadzaniu oceny ryzyka związanego z narażeniem na działanie szkodliwych czynników biologicznych, co warunkuje bezpieczeństwo pracy pracowników.

BIBLIOGRAFIA

[1] PALUSZAK, Z., LIGOCKA Z., BREZA-BORUTA, B. Effectiveness of sewage treatment based on selected faecal bacteria elimination in municipal wastewater treatment plant in Toruń. *Polish Journal of Environmental Studies* 2003,12,3: 345-349.

[2] YI, J., SHANE, A.L. Approach to the diagnosis and management of gastrointestinal tract infections, Editor (s): Long, S.S., Prober, C.G., Fischer, M. *Principles and Practice of Pediatric Infectious Diseases* (Fifth Edition). Elsevier, 2018.

[3] TEKLEHAIMANOT, G.Z., GENTHE, B., KAMIKA, I., MOMBA, M.N.B. Prevalence of enteropathogenic bacteria in treated effluents and receiving water bodies and their potential health risks. *Science of The Total Environment* 2015, Vol. 518-519: 441-449.

[4] TOZE, S. Microbial pathogens in wastewater. Literature review for urban water systems multi-divisional research program. Technical report no 1/97 CSIRO, 1997, Australia.

[5] HELMS, M., VASTRUP, P., GERNER-SMIDT, P., MØLBAK, K. Short and long term mortality associated with food-

borne bacterial gastrointestinal infections: registry based study. *British Medical Journal* 2003,326: 357-360.

[6] LANGELAND, G. *Salmonella* spp. in the working environment of sewage treatment plants in Oslo, Norway. *Applied and Environmental Microbiology* 1982,43,5: 1111-1115.

[7] JONES, K. *Campylobacters* in water, sewage and the environment. *Journal of Applied Microbiology* 2001,90: 685-795.

[8] ANASTASI, E.M., MATTHEWS, B., STRATTON, H.M., KATOULI, M. Pathogenic *Escherichia coli* found in sewage treatment plants and environmental waters. *Applied and Environmental Microbiology* 2012,78,16: 5536-5541.

[9] CYPROWSKI, M., STOBNICKA-KUPIEC, A., ŁAWNICZEK-WAŁCZYK, A., BAKAL-KIJEK A., GOŁOFT-SZYMCZAK M., GÓRNY R.L. Anaerobic bacteria in wastewater treatment plant. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2018,91,571.

[10] XU, C., WEESE, J., FLEMMING, C., ODUMERU, J., WARRINER, K. Fate of *Clostridium difficile* during wastewater treatment and incidence in Southern Ontario watersheds. *Journal of Applied Microbiology* 2014,117: 891-904.

[11] GUNN, J.S. *Salmonella* host-pathogen interactions: a special topic. *Frontiers in Microbiology* 2011,19,2,191.

[12] HANAJIMA-OZAWA, M., MATSUZAWA, T., FUKUI, A., KAMITANI, S., OHNISHI, H., ABE, A., HORIGUCHI, Y., MIYAKE, M. Enteropathogenic *Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, and *Listeria monocytogenes* recruit a junctional protein, zonula occludens-1, to actin tails and pedestals. *Infection and Immunity* 2007,75,2: 565-573.

[13] LAPORTE, J., SAVIN, C., LAMOURETTE, P., DEVILLIERS, K., VOLLAND, H., CARNIEL, E., CRÉMINON, C., SIMON, S. Fast and sensitive detection of enteropathogenic *Yersinia* by immunoassays. *Journal of Clinical Microbiology* 2015, 53,1: 146-59.

[14] KAPER, J.B., NATARO, J.P., MOBLEY, H.L.T. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology* 2004,2: 123-140.

[15] NACHAMKIN, I., ALLOS, B.M., HO, T. *Campylobacter* species and Guillain-Barré syndrome. *Clinical Microbiology Reviews* 1998,11,3: 555-567.

[16] GHENGESH, K.S., EL-GHODBAN, A., DKAKNI, R., ABÉID, S., ALTOMI, A., ABDUSSALAM, T., MARIALIGETI, K. Prevalence, species differentiation, haemolytic activity, and antibiotic susceptibility of aeromonads in untreated

well water. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 2001,96,2: 169-173.

[17] MOAWAD, A.A., HOTZEL, H., NEUBAUER, H., EHRLICH, R., MONECKE, S., TOMASO, H., HAFEZ, H.M., ROESLER, U., EL-ADAWY, H. Antimicrobial resistance in *Enterobacteriaceae* from healthy broilers in Egypt: emergence of colistin-resistant and extended-spectrum -lactamase-producing *Escherichia coli*. *Gut Pathogens* 2018,19,10,39.

[18] EPA Environmental Protection Agency, Exposure pathways to high-consequence pathogens in the wastewater collection and treatment systems office. EPA/600/R-18/221, 2018, www.epa.gov/homeland-security-research.

[19] Meldunki o zachorowaniach na choroby zakaźne, zakażeniach i zatruciach w Polsce. EPIMELD, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Zakład Epidemiologii Chorób Zakaźnych i Nadzoru, Warszawa 2010-2019.

[20] DUTKIEWICZ, J., ŚPIEWAK, R., JABŁOŃSKI, L., SZYMAŃSKA, J. Biologiczne czynniki zagrożenia zawodowego – klasyfikacja, narażone grupy zawodowe, pomiary, profilaktyka, *ad punctum* [Biological factors of occupational hazards – classification, endangered occupational groups, measurements, prophylactics, *ad punctum*], Lublin 2007.

[20] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22.04.2005 w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. *Dz.U.* Nr 81, poz. 716, ze zm.

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” sfinansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/ Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, a wydano w ramach V etapu programu wieloletniego finansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.