

Fire wastewaters in Poland and around the world

Ścieki pożarnicze w Polsce i na świecie

DOI: 10.15199/62.2024.5.1

Dokonano przeglądu problemów związanych z występowaniem i oczyszczaniem ścieków pożarniczych w Polsce i na świecie. Poruszono kwestie dotyczące negatywnego wpływu ścieków pożarniczych na środowisko. Zwrócono szczególną uwagę na brak aktów prawnych kwalifikujących jednoznacznie te ścieki do odpowiedniej kategorii ścieków.

Słowa kluczowe: ścieki pożarnicze, oczyszczanie, wpływ na środowisko

A review, with 19 refs., of occurrence and purifn. of fire wastewaters. In particular, a negative effect of the waters on environment was taken in consideration. A lack of legal acts necessary for an unambiguous qualification of the fire wastewaters was pointed out.

Keywords: fire wastewater, purification, environmental effect

Woda jest kluczowym składnikiem środowiska, niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania człowieka, gospodarki i środowiska przyrodniczego. Jednak jakość wód powierzchniowych i podziemnych pogarsza się z roku na rok głównie w wyniku działalności człowieka. Negatywny wpływ na jakość wód mają również sytuacje niespodziewane, do których można zaliczyć pożary. Produkty spalania, które wówczas powstają, a także zastosowane podczas akcji środki gaśnicze (pianotwórcze środki gaśnicze, proszki gaśnicze) oraz substancje uwolnione w trakcie zdarzenia, powstałe w wyniku reakcji chemicznych z substancjami zawartymi w środkach gaśniczych, przedostają się do środowiska, powodując jego pogorszenie¹⁾. Ścieki pożarnicze powstałe z działań ratowniczo-gaśniczych obejmują nie tylko wodę wykorzystaną podczas akcji (roztwory pianotwórczych środków gaśniczych), ale również wody wykorzystane do neutralizacji substancji chemicznych,

Water is a key component of the environment, necessary for the proper functioning of humans, the economy and the natural environment. However, the quality of surface and groundwater is deteriorating year by year, mainly as a result of human activities. Unexpected situations, such as fires, also have a negative impact on water quality. The combustion products that are then generated, or extinguishing agents used during the operation (foam-forming extinguishing agents, extinguishing powders) and substances released during the event, resulting from chemical reactions with substances contained in the extinguishing agents, enter the environment, causing its deterioration¹⁾. The fire-fighting water from rescue and fire-fighting activities includes not only those used during the operation (solutions of foam-forming fire-fighting agents) but also water used to neutralize chemical substances, clean contaminated sites, as well as water used in water curtains¹⁾.



Justyna GNIAZDOWSKA, M.A. (ORCID: 0000-0003-1115-2336) graduated the Faculty of Chemistry at the Nicolaus Copernicus University in Toruń, specializing in polymer chemistry. Currently, Laboratory Manager, senior research and technical specialist in the Laboratory of Fire Extinguishing Agents and Equipment (BU) at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, where she deals with, among others, testing of foam-forming extinguishing agents, extinguishing powders, sorbents and fixed water and water-foam fire extinguishing equipment.

Mgr Justyna GNIAZDOWSKA (ORCID: 0000-0003-1115-2336) ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, specjalność chemia polimerów. Obecnie

jest kierownikiem laboratorium, starszym specjalistą badawczo-technicznym w Zespole Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych (BU) Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodzi – Państwowego Instytutu Badawczego, gdzie zajmuje się m.in. badaniem pianotwórczych środków gaśniczych, proszków gaśniczych, sorbentów oraz statych urządzeń gaśniczych wodnych i wodno-pianowych.



Prof. Ph.D. Anna RABAJCZYK (ORCID: 0000-0003-4476-8428) in 1988 she graduated the Institute of Chemistry in WSP Kielce (now the Jan Kochanowski University in Kielce). In 2000, she obtained a Ph.D. in chemical sciences from the Faculty of Chemistry of the University of Opole, and in 2011, a habilitated doctor's degree from the Wrocław University of Science and Technology. Since 2019, he has been an employee of CNBOP-PIB, currently as a professor. Her achievements include 23 scientific, research and development projects implemented with domestic and foreign funds, including 11 in which she was the project manager.

Prof. dr hab. Anna RABAJCZYK (ORCID: 0000-0003-4476-8428) w roku 1988 ukończyła studia w Instytucie Chemii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach (obecnie Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach). W 2000 r. uzyskała stopień doktora nauk chemicznych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego, a w 2011 r. stopień doktora habilitowanego na Politechnice Wrocławskiej. Od 2019 r. jest pracownikiem CNBOP-PIB, obecnie na stanowisku profesora. Jej dorobek obejmuje 23 projekty nauko-

wo-badawczo-rozwojowe realizowane ze środków krajowych i zagranicznych, w tym 11, w których była kierownikiem projektów.

*** Address for correspondence /Adres do korespondencji:**

Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, Poland, tel.: (22) 769-33-10, fax: (22) 769-33-73, e-mail: jgniazdowska@cnbop.pl

czyszczenia miejsc awarii i wody zastosowane w kurtynach wodnych¹⁾.

Niewłaściwe postępowanie ze ściekami pożarniczymi może powodować krótko- i długotrwałe negatywne skutki środowiskowe¹⁾. Wyniki badań wskazują, że ich oddziaływanie może trwać nawet do 15 lat²⁾. Użyte do gaszenia pożarów środki gaśnicze mogą przedostać się do wód kanalizacji ściekowej lub bezpośrednio do środowiska, powodując zakłócenia w ekosystemie, co może przyczynić się m.in. do zaburzenia funkcjonowania systemu oddechowego ryb³⁾. Pośrednio zagrożenie to może również oddziaływać na zdrowie ludzi oraz ich funkcjonowanie w środowisku. Dotyczy to ujęć wody pitnej, połowów ryb i kąpielisk wodnych³⁾. Dlatego ważne jest podjęcie prac w zakresie określenia elementów determinujących jakość tego rodzaju ścieków i wód oraz ich wpływu na procesy zachodzące w środowisku, co pozwoli na wyznaczenie kierunku zmian w prawie oraz w działaniach ratowniczo-gaśniczych i ochronnych. W tym celu analizie poddano informacje dostępne w zakresie jakości wód i ścieków pożarniczych, ich składu oraz wymagań prawnych w zakresie ich zagospodarowania. Poruszono problematykę wód i ścieków pożarniczych w Polsce i na świecie.

Ścieki pożarnicze to zanieczyszczone chemicznie mieszaniny wód i substancji chemicznych pochodzące z działań ratowniczo-gaśniczych, uwolnione w trakcie zdarzenia, zawarte w środkach gaśniczych lub powstałe w wyniku reakcji chemicznych⁴⁾. Pojęcie wód pożarniczych obejmuje również wody pochodzące z neutralizacji substancji szkodliwych, z kurtyn wodnych, a także z prac porządkowych po awariach i zdarzeniach⁴⁾. Jakość wód pożarniczych determinuje nie tylko rodzaj palącego się materiału, ale również rodzaj i skład środków użytych podczas akcji gaśniczej, przy czym najczęściej do gaszenia pożarów stosuje się wodę i pianotwórcze środki gaśnicze (rysunek).

Podstawowymi składnikami pianotwórczych środków gaśniczych stosowanych w akcjach gaśniczych są anionowe siarczany alkilowe, amfoteryczne fluorowane amidy alkilowe oraz anionowe fluorowane sulfoniany alkilowe. Mogą

Improper handling of fire extinguishing water may result in short- and long-term negative effects on the environment¹⁾. Research results indicate that their impact may last up to 15 years²⁾. Extinguishing agents used to extinguish fires may enter the sewage system or directly into the environment, causing disturbances in the ecosystem, which may contribute to, among others, to disrupt the functioning of the fish respiratory system³⁾. This threat may also have an indirect impact on human health and functioning in the environment. This applies to drinking water intakes, fishing and swimming pools³⁾. Therefore, it is important to undertake work to determine the elements that determine the quality of this type of sewage and water and their impact on processes occurring in the environment, which will allow determining the direction of changes in the law and in rescue, fire-fighting and protection activities. For this purpose, available information on the quality of fire wastewater and sewage, their composition and legal requirements for their management were analyzed. The article discusses the issue of fire wastewaters and sewage in Poland and around the world.

Fire wastewaters are chemically contaminated mixtures of water and chemicals originating from rescue and fire-fighting activities, released during an incident, contained in extinguishing agents or resulting from chemical reactions⁴⁾. The concept of fire wastewaters also include water from the neutralization of harmful substances, from water curtains and from clean-up works after failures and events⁴⁾. The quality of fire wastewaters determines not only the type of burning material, but also the type and composition of agents used during firefighting operations, with water and foam-forming extinguishing agents being most often used to extinguish fires (Figure).

The basic components of foam-forming extinguishing agents used in firefighting operations are anionic alkyl sulfates, amphoteric fluorinated alkyl amides, and anionic fluorinated alkyl sulfonates. They may also contain other substances, including: proteins and fluorinated proteins, as well as 2-(2-butoxyethoxy)-ethanol or methyl-1H-benzotriazole⁶⁾ (up to 15–20%). Part of components used for manufacturing firefighting foam concentrates belong to the group of volatile organic compounds (VOC), including some which have proven carcinogenic, teratogenic and genotoxic properties³⁾. Even though manufacturers of foam extinguishing agents declare that their products are 100% biodegradable, some foam extinguishing agents contain substances that are not degradable and are difficult to detect, which may bioaccumulate in the environment, disturbing the ecosystem³⁾.

Many treatment plants refuse to accept fire wastewater containing AFFF foam-forming fire extinguishing agents. The composition of water film-forming foaming agents (AFFF) is based on mixtures of hydrocarbon and fluorinated foaming agents, thanks to which these agents have the ability to create a water film on the surfaces of some fuels^{7, 8)}.



Piotr STOJEK, M.A. (ORCID: 0009-0009-5523-6970) graduated the Faculty of Chemistry of the Lodz University of Technology. Additionally, he completed postgraduate studies in chemical metrology at the University of Warsaw. He has 5 years of experience working in a laboratory dealing with research in the field of work and general environment as a laboratory technician, assistant laboratory manager and quality specialist. Currently, an engineering and technical specialist in the Laboratory of Fire Extinguishing Agents and Equipment (BU) at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute. He deals with qualification tests, including functional tests, for the certification of both devices and extinguishing and neutralizing agents.

Mgr Piotr STOJEK (ORCID: 0009-0009-5523-6970) ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej. Jest także absolwentem studiów podyplomowych z zakresu metrologii chemicznej na Uniwersytecie Warszawskim. Posiada 5-letnie doświadczenie w pracy w laboratorium zajmującym się badaniami w zakresie środowiska pracy i środowiska ogólnego na stanowiskach laboranta, asystenta kierownika laboratorium oraz specjalisty ds. jakości. Obecnie jest specjalistą inżynierijno-technicznym w Laboratorium Urządzeń i Środków Gaśniczych (BU) w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi, w tym badaniami funkcjonalnymi, na potrzeby certyfikacji zarówno urządzeń, jak i środków gaśniczych i neutralizujących.

Table 1. Comparison of the composition of fire wastewaters according to literature data⁶⁾ with water samples from the Gęśnik River¹²⁾ in relation to water quality standards intended for disposal^{13,14)}

Tabela 1. Porównanie składu ścieków pożarniczych wg danych literaturowych⁶⁾ wraz z próbkami wód z rzeki Gęśnik¹²⁾ w odniesieniu do podstawowych norm jakości wody przeznaczonej do spożycia^{13,14)}

Analityt	Unit/ Jednostka	Regulation/ Rozporządzenie ¹³⁾	UE Directive/ Dyrektywa UE ¹⁴⁾	Composition of fire wastewaters/ Skład ścieków pożarniczych ⁶⁾	Sample/Próbka 903/ZG ¹²⁾	Sample/Próbka 904/ZG ¹²⁾
COD-Cr/ ChZT-Cr	mg/L	25	5,0	3800-860000	14,1±3,2	28000±630
Cyanides/ Cyjanki	mg/L	0,05	0,05	0,005	n.o.	n.o.
Cd	µg/L	0,08	5	9,1	< 20(20±7)*	2580±850
Cr	mg/L	≤ 0,05	0,025	0,011	< 0,002(0,002±0,001)	0,40±0,16
Cu	mg/L	≤ 0,01	2,0	0,031	< 0,05(0,05±0,02)*	0,93±0,30
Pb	mg/L	0,0012	0,005	0,0094	< 0,2(0,20±0,06)*	< 0,2(0,020±0,06)*
Zn	mg/L	≤ 0,1	-	0,098	< 0,02(0,020±0,007)*	7,22±2,17
Benzen/ Benzen	µg/L	10	1,0	42,5	n.o.	n.o.

*the value of the lower limit of the measurement range of the accredited method along with the uncertainty/ wartość dolnej granicy zakresu pomiarowego akredytowanej metody wraz z niepewnością

n.o. – not determined/nie oznaczono

one zawierać również inne substancje, takie jak proteiny i proteiny fluorowane, a także 2-(2-butoksyetoksy)-etanol lub metylo-1H-benzotriazol (do 15–20%)⁶⁾. Część związków służących do wytwarzania pianotwórczych środków gaśniczych zaliczana jest do grupy lotnych związków organicznych (LZO), niektóre z nich mają udowodnione właściwości kancerogenne, teratogenne i genotoksyczne³⁾. Mimo że producenci pianotwórczych środków gaśniczych deklarują, że ich wyroby są w 100% biodegradowalne, to niektóre pianotwórcze środki gaśnicze zawierają substancje nierozkładalne i trudno wykrywalne, które mogą ulegać bioakumulacji w środowisku, zakłócając ekosystem³⁾.

Wiele oczyszczalni odmawia przyjmowania ścieków pożarniczych, w skład których wchodzi pianotwórcze środki gaśnicze typu AFFF (*aqueous film forming foam*). Skład środków pianotwórczych tworzących film wodny (AFFF) opiera się na mieszaninach węglowodorowych i fluorowanych środków pianotwórczych, dzięki którym środki te posiadają zdolność tworzenia filmu wodnego na powierzchniach niektórych paliw^{7, 8)}.

Ustawa Prawo wodne nie odnosi się wprost do wód pożarniczych i nie reguluje wprost kwestii ochrony przed zanieczyszczeniem wodami pogaśniczymi⁴⁾. Stosowanym sposobem postępowania ze ściekami tego typu jest ich znaczne rozcieńczenie i wprowadzenie do strumienia ścieków przemysłowych lub komunalnych w taki sposób, aby udział objętościowy nie zakłócał procesu oczyszczania. Większy udział ścieków pożarniczych może być uwzględniony tylko w przypadku ich wcześniejszej obróbki chemicznej, fizykochemicznej lub bakteriologicznej przy zastosowaniu różnych metod. Samodzielne oczyszczanie ścieków pożarniczych, mające głównie na celu usunięcie preparatów AFFF, przeprowadza się np. metodą adsorpcji

The Water Law Act does not refer directly to fire wastewaters and does not directly regulate the issue of protection against pollution with firefighting water⁴⁾. The method used to deal with this type of sewage is to significantly dilute it and introduce it into the industrial or municipal sewage stream in such a way that the volume fraction does not disturb the treatment process. A larger share of fire wastewater can only be taken into account if they have been previously treated by various methods, including chemical, physicochemical or bacteriological ones. Independent treatment of fire wastewaters, mainly aimed at removing AFFF preparations, is carried out by adsorption on activated carbon, ultrafiltration and reverse osmosis⁶⁾. The main problem is wastewaters that are not captured and remain in the environment, causing its degradation. Additionally, these are resources that cannot be recovered.

Fire wastewaters in Poland

Fires are increasing year by year in various regions and ecosystem types around the world^{9, 10)}. Hazards related to fire wastewaters are in most cases directly related to the presence of industrial plants⁴⁾. Situations may occur on their premises, including: with a fire in a warehouse where substances necessary in the technological process are stored, such as building materials, solvents, adhesives, plastics or nanosubstances.

According to data prepared by Kuziora et al.¹¹⁾ it was found that in Poland there were situations related to the ingress of fire wastewaters into water reservoirs, however, the scale of these emergencies was small compared to other countries. The authors¹¹⁾ also point out that the problem of threats related to firefighting water is not noticed in Poland,

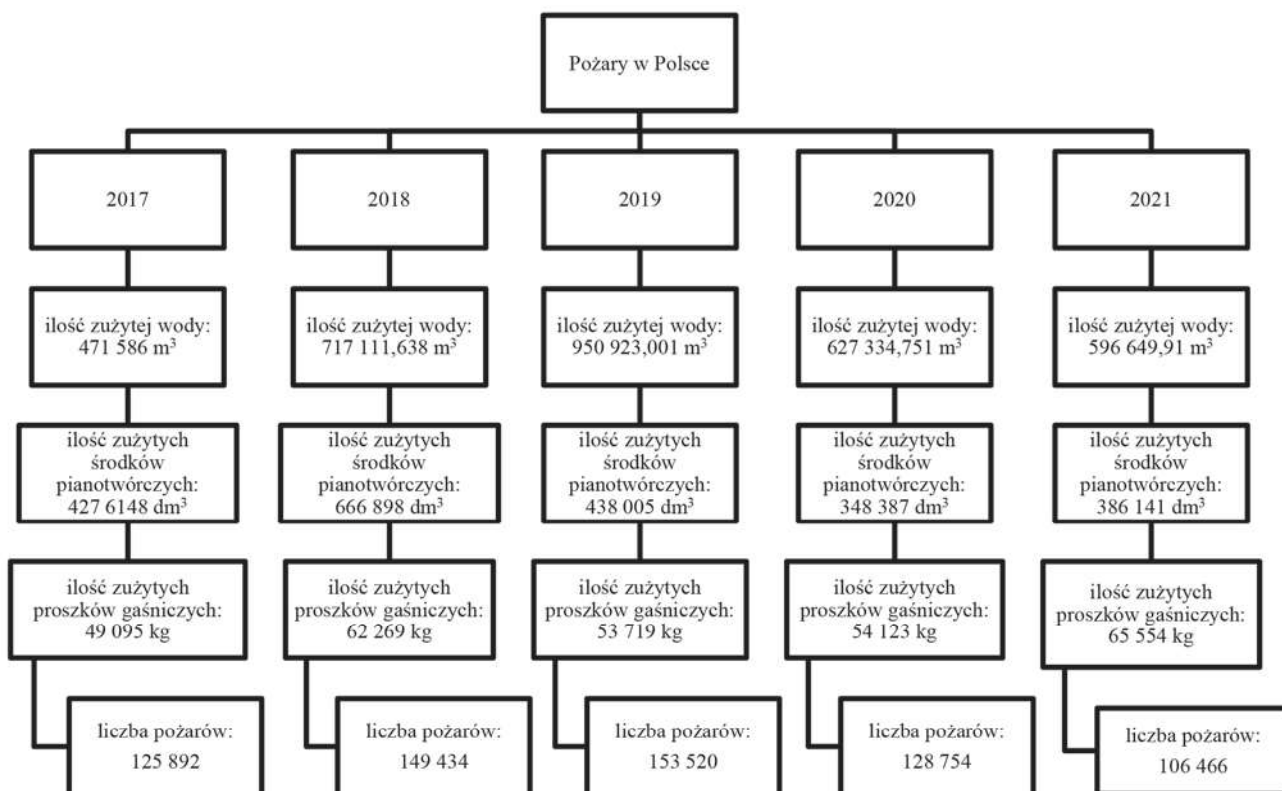


Figure. Consumption of extinguishing agents in fires in Poland in 2017–2021⁵⁾

Rysunek. Zużycie środków gaśniczych w pożarach w Polsce w latach 2017–2021⁵⁾

na węglu aktywowanym, ultrafiltracji i poprzez odwróconą osmozę⁶⁾. Główny problem stanowią natomiast ścieki, które nie są wychwycone, pozostają w środowisku, powodując jego degradację. Dodatkowo, są to zasoby, których nie da się odzyskać.

Ścieki pożarnicze w Polsce

Z roku na rok obserwuje się coraz większy wzrost liczby pożarów w różnych regionach i typach ekosystemu na całym świecie^{9, 10)}. Zagrożenia dotyczące wód pożarniczych są w większości przypadków bezpośrednio związane z występowaniem zakładów przemysłowych⁴⁾. Na ich terenie mogą mieć miejsce zdarzenia związane m.in. z pożarem magazynu, w którym składowane są substancje niezbędne w procesie technologicznym, takie jak materiały budowlane, rozpuszczalniki, kleje, tworzywa sztuczne i substancje o nanometrycznym rozmiarze cząstek.

Na podstawie danych opracowanych przez Kuziorę i współpr.¹¹⁾ stwierdzono, że w Polsce wystąpiły sytuacje związane z przedostaniem się ścieków pożarniczych do zbiorników wodnych, jednakże skala tych sytuacji awaryjnych w porównaniu z innymi krajami jest niewielka. Autorzy¹¹⁾ wskazują również, że problem zagrożeń związanych z wodami pożarniczymi nie jest w Polsce zauważany, a na temat retencjonowania tych wód nie istnieją żadne opracowania. Wystąpienie zdarzenia w większej skali wymusiłoby na tworzących i ustanawiających akty

and there are no studies on the retention of these waters. The occurrence of an event on a larger scale would require legislation to develop guidelines and take immediate action in this matter¹¹⁾, however, prevention and counteracting is the way to minimize not only the threat, but also the probability of the threat occurring.

One of the cases of a large-scale event is the fire in Przylep on July 22, 2023. According to the Provincial Inspectorate of Environmental Protection in Zielona Góra, on that day a fire broke out in the town of Przylep in a hall where hazardous substances were stored. Firefighting operations ended the next day in the evening. The effect of this incident was the release of firefighting water into the small Gęśnik River. Even though it is not a direct tributary of the Oder, its waters flow through Łacza and Zimny Potok to the second largest Polish river¹²⁾.

The analysis of the composition of the resulting fire sewage carried out by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Zielona Góra indicates high contamination with metals and petroleum-derived substances⁶⁾, which results in exceeding the permissible values and a significant reduction in the water quality of the river that received the wastewater (Table 1).

The analysis of other water quality parameters, such as color or odor, carried out at the mouth of the floodplains showed that these parameters were not exceeded¹²⁾. These parameters, if exceeded, are a warning signal for people and animals. However, if a given stream shows no changes

Table 2. Comparison of the composition of firefighting sewage according to literature data¹⁸⁾ in relation to basic drinking water quality standards^{13, 19)}

Tabela 2. Porównanie składu ścieków pożarniczych wg danych literaturowych¹⁸⁾ w odniesieniu do podstawowych norm jakości wody przeznaczonej do spożycia^{13, 19)}

Analit	Unit/Jednostka	Directive/Rozporządzenie ¹³⁾	US EPA CMC ¹⁹⁾	Car fire/Pożar samochodu ¹⁸⁾	Greengrocer fire/ Pożar sklepu z owocami ¹⁸⁾	House fire/ Pożar domu ¹⁸⁾
Zn	mg/L	≤ 0,1	0,12	11	15	1,6
Co	mg/L	≤ 0,05	-	0,043	0,027	0,010
Phenanthrene/ Fenantren	mg/L	-	-	< 0,001	0,017	< 0,001
Toluene/Toluen	mg/L	-	-	0,73	0,045	< 0,005
Benzene/Benzen	µg/L	10	71	250	13	< 2,5
Cd	µg/L	0,08	4,3	44	34	1,2
Pb	µg/L	1,2	65	610	1100	170
As	mg/L	≤ 0,05	0,34	0,039	0,110	0,051
Ni	µg/L	4	470	74	27	13
Cr	mg/L	≤ 0,05	0,016	0,026	0,044	0,042

prawne konieczność opracowania wytycznych oraz podjęcie natychmiastowych działań w tym zakresie¹¹⁾, jednak to profilaktyka i przeciwdziałanie jest drogą pozwalającą na minimalizację nie tylko zagrożenia, ale i prawdopodobieństwa wystąpienia danego zagrożenia.

Jednym z przypadków wielkoskalowego zdarzenia jest pożar w Przylepie w dniu 22 lipca 2023 r. Jak poinformował Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Zielonej Górze, w tym dniu w miejscowości Przylep wybuchł pożar hali, w której składowane były substancje niebezpieczne. Działania gaśnicze zakończyły się następnego dnia w godzinach wieczornych. Efektem tego zdarzenia było przedostanie się wód pożarniczych do niewielkiej rzeki Gęśnik. Mimo że nie jest ona bezpośrednim dopływem Odry, to wody z niej trafiają przez Łączę i Zimny Potok do drugiej największej polskiej rzeki¹²⁾.

Analiza składu powstałych ścieków pożarniczych przeprowadzona przez WIOŚ w Zielonej Górze wskazuje na duże zanieczyszczenie metalami oraz substancjami ropopochodnymi⁶⁾, co powoduje przekroczenie dopuszczalnych wartości i zdecydowane obniżenie jakości wód rzeki, która została odbiornikiem tych ścieków (tabela 1).

Analiza innych parametrów jakości wód, takich jak zabarwienie lub zapach, przeprowadzona na ujściu rozlewisk wskazała brak przekroczenia tych parametrów¹²⁾. Parametry te, w przypadku przekroczenia, są sygnałem ostrzegawczym dla ludzi i zwierząt. Jednakże w przypadku gdy dany ciek nie wykazuje zmian pod względem koloru lub zapachu, zagrożenie wynikające z obecności innych zanieczyszczeń może być ignorowane. Dodatkowo należy zaznaczyć, że zanieczyszczenia ciekłe, które powstały podczas pożaru oraz akcji ratowniczo-gaśniczej, także toksyczne i rakotwórcze, migrowały wraz z wodami gaśniczymi do gleby i wód gruntowych, powodując skażenie okolicznych terenów¹²⁾, często ulegając adsorpcji i kumulacji w glebach i roślinach. W późniejszym czasie może dojść do stopnio-

in color or odor, the threat resulting from the presence of other pollutants can be ignored. Additionally, it should be noted that liquid pollutants generated during the fire and rescue and fire-fighting operations, including toxic and carcinogenic ones, migrated with fire extinguishing water into the soil and groundwater¹²⁾, causing contamination of surrounding areas, often adsorbing and accumulating in soils and plants. Over time, pollutants may be gradually released into the environment or undergo changes that may result in the formation of both neutral and toxic substances.

The example of the incident in Przylep is not the only one of its kind. Data provided by the Chief Inspectorate of Environmental Protection show that in 2021, as many as 43 events of serious accidents and those with features of a serious accident were registered, of which 5 met the criteria of the Regulation of the Ministry of the Environment on serious accidents subject to the obligation to report to the Chief Inspector of Environmental Protection of December 30, 2002¹⁵⁾. In 2022, 29 events were registered, of which 5 also met the above-mentioned criteria¹⁶⁾.

The above data indicate not only pollution of rivers, but also pollution of soil and air: On October 25, 2021 in Tarnów at a chemical production plant (production of ammonia, nitric acid and sulfuric acid), an unidentified substance caught fire on the premises of the sewage treatment installation, on the conical tray of raw wastewater storage tanks, resulting in uncontrolled emission of combustion products into the air. Another example of environmental pollution occurred in 2022 in the town of Baby Dolne (Mazowieckie Voivodeship), where, as a result of a micro-rupture in the transmission pipeline of a petroleum substance, it was leaked onto agricultural fields. The result of this event was the contamination of agricultural land and a watercourse on a total area of approx. 1.57 ha¹⁶⁾.

wego uwalniania zanieczyszczeń do środowiska lub do przemian, których efektem może być zarówno powstanie substancji neutralnych, jak i toksycznych.

Przykład zdarzenia w Przylepie nie jest jedynym tego rodzaju. Z danych udostępnionych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska wynika, że w 2021 r. zarejestrowano aż 43 zdarzenia poważnych awarii i o znamionach poważnej awarii, z czego 5 spełniało kryteria rozporządzenia¹⁵⁾. W 2022 r. zarejestrowano 29 zdarzeń, z których również 5 spełniało te kryteria¹⁶⁾.

Przytoczone dane wskazują nie tylko na zanieczyszczenia rzek, ale również zanieczyszczenie gleb i powietrza. Dnia 25 października 2021 r. w Tarnowie w zakładzie prowadzącym produkcję chemiczną (produkcja amoniaku, kwasu azotowego i kwasu siarkowego), na terenie instalacji do oczyszczania ścieków, na tacy stożkowej zbiorników magazynowych ścieków surowych doszło do pożaru niezidentyfikowanej substancji, skutkiem czego była niekontrolowana emisja produktów spalania do powietrza. Kolejny przykład zanieczyszczenia środowiska miał miejsce w 2022 r. w miejscowości Baby Dolne (woj. mazowieckie), gdzie w wyniku mikropęknięcia rurociągu przesyłowego substancji ropopochodnej doszło do jej wycieku na pola uprawne. Skutkiem tego zdarzenia było zanieczyszczenie gruntów rolnych i cieków wodnych na łącznej powierzchni ok. 1,57 ha¹⁶⁾.

Ścieki pożarnicze na świecie

Problem wód pożarniczych jest coraz częściej dostrzegany także w innych krajach. Przykładem może być pożar nielegalnego składowiska odpadów przemysłowych w okolicach Melbourne w Australii, który doprowadził do wieloletniego skażenia wód rzeki Stony Creek perfluorowanymi substancjami alkiłowymi (PFAS)¹⁷⁾. Spośród 52 analizowanych docelowych PFAS, aż 50 wykryto w wodach powierzchniowych, a 3 w osadach rzek¹⁷⁾.

W innym studium¹⁸⁾, wykonanym na zlecenie Nowozelandzkiej Straży Pożarnej, stwierdzono występowanie w wodach pożarniczych podwyższonej zawartości metali ciężkich, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) i LZO (tabela 2). Wyniki chemicznych analiz próbek ścieków spływających z różnych rodzajów pożarów budynków lub samochodów, przeprowadzonych w Nowej Zelandii w 2000 r., zostały porównane z kryteriami jakości wody dla ochrony życia wodnego w celu oceny potencjału zagrożenia ekologicznego tych zdarzeń i zidentyfikowania zanieczyszczeń przyczyniających się w największym stopniu do szacowanego ryzyka. Stwierdzono, że ścieki powstałe podczas pożaru samochodu były najbardziej niebezpieczne dla organizmów wodnych. Pożar sklepu z owocami spowodował zanieczyszczenie wód metalami ciężkimi, podczas gdy ścieki pochodzące z pożaru domu stwarzały najmniejsze zagrożenie ekotoksyczne. Jednakże największe zagrożenie mogą stanowić spływy powstające podczas pożarów magazynów chemicznych lub zakładów

Fire wastewaters around the world

The problem of fire wastewaters is increasingly noticed in other countries. An example is the fire at an illegal industrial waste dump near Melbourne, Australia, which led to long-term contamination of the Stony Creek River with perfluorinated alkyl substances (PFAS)¹⁷⁾. Of the 52 target PFASs analyzed, as many as 50 were detected in surface waters and 3 in river sediments¹⁷⁾.

Another study¹⁸⁾ commissioned by the New Zealand Fire Service found increased content of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and volatile organic compounds (VOC) in fire wastewaters (Table 2). The results of chemical analyzes of wastewater samples from various types of building or car fires conducted in New Zealand in 2000 were compared to water quality criteria for the protection of aquatic life in order to assess the ecological hazard potential of the events and identify the contaminants contributing most to the estimated risk. It was found that wastewaters generated during a car fire was the most dangerous for aquatic organisms. The fruit shop fire, however, polluted water with heavy metals, while wastewater from the house fire posed the lowest ecotoxic risk. However, the highest threat may come from runoff generated during fires in chemical warehouses or heavy industry plants¹⁸⁾. Undiluted contaminants from firefighting and rescue operations could therefore be lethal to aquatic organisms, assuming that even a fraction of such contaminants could be introduced directly into the environment¹⁸⁾.

Studies of ecosystems affected by similar fires show that heavy metal concentrations dissipate in surface waters in just a few days. Diluting their concentration may pose less of a risk. Because metals are persistent in the environment, their forms of occurrence may change, which may change the degree of their ecotoxicity or the possibility of accumulation in various parts of the environment. However, the risk of permanent ecological damage depends not only on the type of pollution, but also on the size of the receiving body and the hydrological processes shaping its character, including flow speed, depth and shape of the river bed or type of bottom sediment¹⁸⁾.

Conclusions

The problem of wastewaters generated during firefighting is of significant importance, both in terms of the type and concentration of pollutants produced, their often heterogeneous mixture, and in terms of the consumption of huge amounts of water. The wastewaters contain not only heavy metals or products of plastics, building materials and fertilizers combustion, but also residues of the extinguishing agents used. Pollutants, often toxic and carcinogenic, can significantly affect the quality of the environment and water resources in large areas, resulting in degradation and depleting available water resources. The most dangerous

przemysłu ciężkiego¹⁸). Nierozcieńczone zanieczyszczenia pochodzące z akcji ratowniczo-gaśniczych pożarów mogłyby być zatem śmiertelne dla organizmów wodnych przy założeniu, że nawet ułamek takich zanieczyszczeń mógłby zostać wprowadzony bezpośrednio do środowiska¹⁸).

Badania ekosystemów dotkniętych podobnymi pożarami wykazują, że metale ciężkie rozpraszają się w wodach powierzchniowych w zaledwie kilka dni. Rozcieńczenie ich stężenia może stanowić o mniejszym zagrożeniu. Ponieważ metale są trwałe w środowisku, ich formy występowania mogą podlegać zmianom, co może wpływać na zmianę stopnia ich ekotoksyczności lub też możliwość kumulacji w różnych częściach środowiska. Zagrożenie trwałymi szkodami ekologicznymi uwarunkowane jest jednak nie tylko rodzajem zanieczyszczenia, ale także wielkością odbiornika i procesami hydrologicznymi kształtującymi jego charakter, takimi jak prędkość przepływu, głębokość i kształt koryta rzecznoego oraz rodzaj osadu dennego¹⁸).

Wnioski

Problem ścieków powstałych podczas akcji pożarniczych jest istotny zarówno pod względem rodzaju i stężenia powstających zanieczyszczeń, ich mieszaniny, często niejednorodnej, jak i pod względem zużycia ogromnych ilości wody. W ściekach obecne są nie tylko metale ciężkie, produkty spalania tworzyw sztucznych i materiałów budowlanych oraz nawozów, ale także pozostałości po zastosowanych środkach gaśniczych. Zanieczyszczenia, często toksyczne i rakotwórcze, mogą w istotny sposób oddziaływać na jakość środowiska i zasobów wodnych na dużych obszarach, powodując ich degradację i zubożając dostępne zasoby wód. Najbardziej niebezpieczne są ścieki powstałe podczas pożaru na terenach zakładów chemicznych, jednakże najbardziej różnorodne są te, które powstają podczas pożaru budynków mieszkalnych i centrów handlowych. Świadome stosowanie środków gaśniczych uwzględniające zrozumienie ich natury i procesów, jakim ulegają w płomieniach, jest ważnym elementem zarządzania jakością zasobów wodnych i środowiska jako całości.

Niezbędne jest zatem podjęcie odpowiednich działań w zakresie wychwytu powstałych ścieków oraz redukcji zanieczyszczeń, co pozwoliłoby na ochronę środowiska i bezpieczeństwo otoczenia.

are wastewaters generated during fires at chemical plants, but the most diverse are those generated during fires in residential buildings and shopping centers. Conscious use of extinguishing agents, taking into account the understanding of their nature and the processes they undergo in flames, is an important element of managing the quality of water resources and the environment as a whole.

It is therefore necessary to take appropriate actions to capture the generated sewage and reduce pollution, which would protect the environment and ensure the safety of the surroundings.

Received/Otrzymano: 05-02-2024

REFERENCES/LITERATURA

- [1] W.W. Strzelec, V.O. Gruzdova, W.M. Loboychenko, Mat. IV International Scientific-Practical Conference Water Supply and Wastewater Disposal: Designing, Construction, Operation and Monitoring, Lwów, 2021.
- [2] M.J. Paul, S.D. LeDuc, M.G. Lassiter, L.C. Moorhead, P. D. Noyes, S.G. Leibowitz, *Water Resour. Res.* 2022, **58**, nr 8; <https://doi.org/10.1029/2021WR030699>.
- [3] J. Małek, D. Szulczyńska, J. Gniazdowska, K. Skorupka, *Przem. Chem.* 2020, **99**, nr 7, 1068; DOI: 10.15199/62.2020.7.20.
- [4] U. Owczarska, U. Jones, P. Lesiak, W. Klapsa, D. Małozieć, *Przem. Chem.* 2021, **100**, nr 2, 173; DOI: 10.15199/62.2021.2.8.
- [5] Unpublished statistical data of Civil Fire Service/Niepublikowane dane statystyczne Państwowej Straży Pożarnej.
- [6] J. Hupka, Ł. Szewczulak, M. Chrzanowska, *Inż. Ekol.* 2003, **8**, 88.
- [7] A. Rabajczyk, M. Zielecka, J. Gniazdowska, *Materials* 2022, **15**, nr 24, 8876; DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15248876>.
- [8] EN 1568-1:2018, *Fire extinguishing media. Foam concentrates. Part 1: Specification for medium expansion foam concentrates for surface application to water-immiscible liquids*.
- [9] M. Cochrane, *Nature* 2003, **421**, 913; <https://doi.org/10.1038/nature01437>.
- [10] T.A. Fairman, C.R. Nitschke, L.T. Bennett, *Int. J. Wildland Fire* 2015, **25**, 831.
- [11] Ł. Kuziora, J. Kalinko, M. Łapicz, *Zesz. Nauk. SGSP* 2017, **4**, nr 64, 53.
- [12] <https://www.zgora.wios.gov.pl/wyniki-badan-probek-wody-z-rzeki-gesnik-pobranych-w-dniu-23-lipca-2023-r/>, dostęp 28 lipca 2023 r.
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, *Dz.U.* 2021, poz. 1475.
- [14] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16.12.2020 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (wersja przekształcona), OJ L 435, 23.12.2020.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 grudnia 2002 r. w sprawie poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, *Dz. U.* 2003, nr 5, poz. 5.
- [16] <https://www.gov.pl/web/gjos/di-wystepowanie-zdarzen-o-znamionach-powaznej-awarii>, dostęp 29 stycznia 2024 r.
- [17] W. Alghamadi, J. Marchiandi, D. Szabo, S. Samandra, B.O. Clarke, *J. Hazard. Mater. Adv.* 2022, **8**, 100167.
- [18] D. Noiton, J. Fowles, *Fire research. The ecotoxicity of fire-water runoff Part II: Analytical results ESR*, 2001.
- [19] www.epa.gov/ost/standards/wqcriteria.html, dostęp 28 listopada 2023 r.