



dr inż. SYLWIA KRZEMIŃSKA (ORCID: 0000-0002-3313-5898)

dr hab. MAŁGORZATA SZEWCZYŃSKA, prof. CIOP-PIB (ORCID: 0000-0003-3319-3024)

dr inż. ANITA JACHOWICZ (ORCID: 0000-0001-6176-0423)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: sykrz@ciop.lodz.pl

DOI: 10.54215/BP.2024.5.11.Krzeminska

Narażenie strażaków na substancje chemiczne podczas pożaru

Fot. Dominik Sostmann/Unsplash



Oddziaływanie szkodliwych substancji chemicznych, uwalnianych podczas pożarów, powoduje narażenie zdrowia strażaków. Substancje te – zwłaszcza wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, lotne związki organiczne oraz substancje per- i polifluoroalkilowe – mogą zwiększać ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe, co potwierdzają liczne badania. Substancje chemiczne występujące w warunkach pożaru osadzają się w postaci zanieczyszczeń na zewnętrznej powierzchni odzieży ochronnej strażaka i przedostają się do wewnętrznych warstw. Z tego względu po przeprowadzonych działaniach ratowniczych odzież ochronna wymaga odpowiedniego czyszczenia, które pozwala na usunięcie znacznej ilości substancji chemicznych oraz zapobiega ich oddziaływaniu na skórę i układ oddechowy. W artykule scharakteryzowano narażenie strażaków na substancje chemiczne (będące produktami spalania i emitowane podczas pożarów) oraz opisano proces czyszczenia odzieży ochronnej z zanieczyszczeń chemicznych.

Słowa kluczowe: odzież ochronna dla strażaków, zanieczyszczenie, zagrożenie substancjami chemicznymi, czyszczenie odzieży ochronnej

Exposure of firefighters to chemical substances during a fire

The exposure to harmful chemicals released during fires is hazardous for the health of firefighters. These substances – including in particular polycyclic aromatic hydrocarbons, volatile organic compounds, and per- and polyfluoroalkyl substances – can increase the risk of cancer, as confirmed by numerous research studies. The chemicals found in fire conditions settle in the form of contaminants on the outer surface of the firefighter's protective clothing and permeate to the inner layers. For this reason, appropriate cleaning of special clothing, which allows to remove a significant amount of chemicals and prevents their impact on the skin and respiratory system, is required after rescue operations. The paper characterizes the exposure of firefighters to chemical substances (combustion products and emitted during fires) and describes the process of cleaning protective clothing from chemical contaminants.

Keywords: protective clothing for firefighters, contamination, hazards posed by chemicals, cleaning of protective clothing

Wstęp

Czynnikami wpływającymi na bezpieczeństwo strażaków w warunkach pożaru są nie tylko wysoka temperatura, gęstość strumienia ciepła promieniowania, zadymienie, niedobór tlenu czy uszkodzenia konstrukcji budynku lub jego elementów, lecz także substancje chemiczne będące szkodliwymi produktami spalania [1]. Ze względu na toksyczne, żrące, łatwopalne, wybuchowe czy uczulające właściwości substancje chemiczne, będące produktami spalania oraz emitowane podczas pożaru, stanowią zagrożenie dla organizmu człowieka [2]. Ponadto są one adsorbowane na odzieży ochronnej i sprzęcie, które są wykorzystywane przez strażaków. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie problemami zdrowotnymi tej grupy zawodowej, wywołanymi przez szkodliwe substancje chemiczne. Coraz większa jest też świadomość konieczności usuwania z odzieży ochronnej zanieczyszczeń w postaci substancji chemicznych po zakończonych działaniach ratowniczo-gaśniczych.

Celem artykułu jest przedstawienie charakterystyki narażenia strażaków na substancje chemiczne i zwrócenie uwagi na konieczność właściwego czyszczenia odzieży ochronnej z kontaminujących ją zanieczyszczeń, kumulujących się w materiałach w trakcie akcji ratowniczo-gaśniczych.

Rodzaje substancji chemicznych występujących w środowisku pożaru

Typowymi substancjami chemicznymi występującymi w środowisku pożaru są: tlenek węgla, dwutlenek azotu, dwutlenek siarki, formaldehyd oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i związki alifatyczne. Wykrywane są też: cyjanowodor, fosgen, chlorowodor, dioksyny, amoniak, fenol i jego pochodne oraz chlorowcopochodne węglowodorów [3]. Stężenie tych substancji w środowisku pożaru zależy od rodzaju palących się przedmiotów i budynków [4]. Nawet niewielkie stężenie szkodliwych substancji chemicznych może powodować zagrożenie dla zdrowia strażaków. Strażak podczas swojej pracy jest ekspozowany na toksyczne gazy, cząstki stałe, substancje chemiczne występujące w powietrzu

[5]. Te same substancje są adsorbowane przez sprzęt oraz odzież ochronną wykorzystywane przez strażaka.

W ostatnim czasie dużo uwagi poświęcono substancjom per- i polifluoroalkilowym (PFAS), które ze względu na dużą trwałość i toksyczność stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego i zdrowia strażaków. PFAS to duża grupa różnych substancji, w których podstawniki wodoru zostały zastąpione fluorem. Ponieważ PFAS są stosowane do produkcji różnych materiałów budowlanych i mieszkaniowych, np. tapicerek, dywanów lub podłóg, mogą być uwalniane do dymu podczas pożaru i zanieczyszczają powietrze. Przeprowadzone badania wykazały, że zwiększona zachorowalność strażaków na raka może wynikać z ich narażenia na dym emitowany w czasie gaszenia pożarów, mimo zastosowania aparatów oddechowych. Ten aspekt wymaga jednak prowadzenia dalszych badań [6, 7].

Narażenie zawodowe strażaków na substancje chemiczne a ryzyko zachorowania

Badania wskazują na związek pomiędzy pracą strażaka w warunkach narażenia na szkodliwe substancje chemiczne a odnotowywanymi przypadkami chorób, w tym nowotworowych. Badanie przeprowadzone przez Narodowy Instytut Bezpieczeństwa i Higieny Pracy z udziałem ok. 30 tys. amerykańskich strażaków, u których śmiertelność z powodu nowotworów wyniosła 6,9%, a zapadalność na nowotwory – 13,5%, wykazało powiązanie z nowotworami układu pokarmowego i oddechowego [8]. Na podstawie systematycznego przeglądu i metaanalizy (z wykorzystaniem modeli z efektem losowym mSIR), przeprowadzonych w celu oceny ryzyka raka wśród strażaków z różnych obszarów geograficznych, Casjens z zespołem [9] odnotował, że ogólny wskaźnik mSIR nowotworu strażaków był zbliżony do populacji ogólnej. W przypadku poszczególnych nowotworów zaobserwowano statystycznie istotne podwyższone wartości szacunkowe mSIR dla międzybłoniaka (mSIR = 1,46, 95% CI 1,01-1,90), raka pęcherza moczowego (C67-C68 łącznie: mSIR = 1,14, 95% CI 1,04-1,23; C67: mSIR = 1,18, 95% CI 1,01-1,34) i raka jelita grubego (mSIR = 1,11, 95% CI 1,00-1,21) [9]. Z biegiem czasu odnotowano wzrost ryzyka zachorowania na czerniaka złośliwego skóry, raka skóry, raka prostaty i raka jądra.

Z kolei badanie przeprowadzone wśród ok. 16 tys. nordyckich strażaków uwidocznilo zależność między czerniakiem a narażeniem na benzen i WWA [10]. W grupie wiekowej 30-49 lat statystycznie istotne zwiększone ryzyko występowało w przypadku raka prostaty (SIR = 2,59, 95% CI 1,34-4,52) i czerniaka skóry (SIR = 1,62, 95% CI 1,14-2,23). Natomiast w starszym wieku prawie nie występowało zwiększone ryzyko. Najczęściej oznaczano kilkanaście WWA cechujących się największą toksycznością, takich jak: acenaften, acenaftylen, antracenen, benzo(a)antracenen, benzo(a)piren, benzo(e)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, chryzen, dibenzo(a,h)antracenen, fluoranten, fluoren, fenantren, piren oraz indeno(1,2,3-cd)piren. Należy podkreślić, że WWA wykazują tendencję do bioakumulacji i mają długi okres półtrwania w środowisku, co przekłada się na wyższy poziom narażenia.

W 2010 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) sklasyfikowała pracę strażaka podczas gaszenia pożarów jako „potencjalnie rakotwórczą” i przypisała ją do grupy 2B. Badania prowadzone w następnych latach zidentyfikowały zwiększone ryzyko zachorowania wśród strażaków na określone rodzaje nowotworu, w tym czerniaka, nowotwór jąder, pęcherza moczowego, prostaty i jelita grubego [11]. Jak podają Stec i in. [11], zaobserwowano znaczny ogólny wzrost umieralności na nowotwory wśród szkockich strażaków w porównaniu z populacją ogólną (SMR = 1,61, CI 1,42-1,81). Strażacy ci byli prawie trzy razy bardziej narażeni na śmierć z powodu nowotworów złośliwych (nieokreślone umiejscowienie). Nadmierną śmiertelność z powodu nowotworów stwierdzono także w przypadku kilku nowotworów specyficznych dla miejsca, w tym raka prostaty (SMR = 3,80, CI 2,56-5,29), białaczki szpikowej (SMR = 3,17, CI 1,44-5,58), raka przetyku (SMR = 2,42, CI 1,69-3,29) i układu moczowego – nerek i pęcherza (SMR = 1,94, CI 1,16-2,91).

W 2022 r. IARC przeklasyfikowała zawód strażaka z grupy 2B do grupy 1, uznając, że narażenie w tym zawodzie jest „rakotwórcze”. Decyzja IARC uwzględniła rosnącą liczbę badań na świecie, które wskazywały na zwiększoną częstotliwość występowania chorób nowotworowych wśród strażaków. Z analizy przeprowadzonej przez Stec i in. [11] wynika, że narażenie na substancje chemiczne uwalniane w trakcie pożaru jest istotnym czynnikiem ryzyka nowotworów

i innych chorób wśród strażaków. Pozostałości pożarowe zawierające mieszaninę toksycznych i drażniących substancji chemicznych różnią się w zależności od spalania konkretnych materiałów oraz warunków pożarowych w miejscu zdarzenia. Substancje o charakterze duszącym (tlenek węgla, cyjanowodór) i drażniącym (halogenki wodoru, tlenki azotu, aldehydy itp.) powodują szybko pojawiające się skutki zdrowotne. Pozostałości pożarowe zawierają wiele substancji o właściwościach genotoksycznych i rakotwórczych. Niezależnie od rodzaju płonących przedmiotów substancje rakotwórcze, takie jak benzen, WWA i toluen, są uwalniane podczas większości pożarów. Polichlorowane i polibromowane dibenzodioxyny oraz dibenzofurany, uczulające drogi oddechowe izocyjaniany i metale ciężkie (ołów, kadm itp.) są identyfikowane w pozostałościach pożarowych [11]. Rak prostaty, z powodu którego szkoccy strażacy odnotowali znaczny wzrost śmiertelności (SMR = 3,80, CI 2,56-5,29), również został powiązany z narażeniem na obecne w pozostałościach pożarowych substancje chemiczne, w tym benzen i styren.

Przegląd prac przeprowadzony przez Orysiak i in. [2] wykazał także zwiększoną (w stosunku do populacji ogólnej) częstotliwość występowania u strażaków innego rodzaju chorób, takich jak choroby układu krążenia i układu oddechowego wywołane stanem zapalnym organizmu (zob. rys.). Narażenie zawodowe strażaków na płomień, wysoką temperaturę i produkty spalania jest istotne w kontekście rozwoju obciążenia zdrowotnego w tej grupie zawodowej [2]. Trzeba zaznaczyć, że nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie ryzyka wystąpienia reakcji zapalnej u strażaków, gdyż zawsze będą oni narażeni np. na działanie szkodliwych produktów spalania. Można jednak podjąć próby zminimalizowania stopnia stanu zapalnego przez wprowadzenie strategii, które mają działanie przeciwzapalne.



Rys. Wybrane przyczyny rozwoju stanu zapalnego w organizmie strażaka [2]
Fig. Selected causes of inflammation in firefighter's body [2]

Według danych zebranych przez Kjæra [12] strażacy zapadają na dany rodzaj nowotworu najczęściej po określonym stażu służby:

- po pięciu latach – na białaczkę;
- po 10 latach – na raka mózgu, raka piersi;
- po 15 latach – na raka pęcherza moczowego, raka płuc, raka cewki moczowej, raka prostaty, raka skóry, szpiczaka mnogiego (raka szpiku kostnego);
- po 20 latach – na raka nerki, raka jelita grubego, raka jądra, chłoniaka nieziarniczego;
- po 25 latach – na raka przełyku, raka oskrzela.

Występują powiązania między narażeniem na jeden ze związków PFAS, jakim jest kwas perfluorooctanowy, a występowaniem nowotworów, takich jak: rak jądra, międzybłoniak, chłoniak nieziarniczy i rak prostaty [7]. Są to cztery z ośmiu nowotworów, na które strażacy zapadają częściej w porównaniu z ogółem społeczeństwa. Prawdopodobne ryzyko raka w przypadku chłoniaka nieziarniczego przy sumarycznym oszacowaniu ryzyka (SRE) wynosiło 1,51 i 95% CI = 1,31-1,73. Prawdopodobne ryzyko raka w przypadku prostaty wynosiło SRE = 1,28 przy 95% CI = 1,15-1,43. Rak jądra został podwyższony do poziomu prawdopodobnego, ponieważ charakteryzował się najwyższą sumaryczną oceną ryzyka (SRE = 2,02, 95% CI = 1,30-3,13).

Substancje chemiczne zanieczyszczające odzież ochronną strażaka

Substancje chemiczne powstające podczas pożarów osadzają się w postaci zanieczyszczeń

na zewnętrznej powierzchni odzieży ochronnej strażaka (zob. fot.). Jej kilkuwarstwowa konstrukcja (tkanina zewnętrzna, membrana wodoodporna, podszewka termoizolacyjna) sprawia, że zanieczyszczenia w postaci substancji chemicznych mogą się przedostawać do wewnętrznych warstw. Dodatkowo taka odzież w większości jest wykonana z porowatych tkanin, przez które mogą przenikać substancje chemiczne [13]. Częsteczki substancji chemicznych mogą również wnikać do włókien materiałów i pozostawać w nich przez długi czas. Stwarza to zagrożenie kontaktu szkodliwych substancji chemicznych ze skórą strażaka użytkującego odzież ochronną. W literaturze przedmiotu podkreśla się, że podczas działań ratowniczo-gaśniczych wchłanianie szkodliwych substancji przez skórę strażaka jest ułatwione ze względu na jej podwyższoną temperaturę [14]. Za główną drogę narażenia Stec i in. [8] przyjęli właśnie wchłanianie przez skórę.

Substancje chemiczne, które osadzają się w obszarach, gdzie ludzka skóra jest cienka (np. na szyi), są na ogół wchłaniane szybciej niż tam, gdzie skóra jest grubsza (np. na łuku podszwowy stopy). Mniej lotne związki, takie jak WWA o wyższej masie cząsteczkowej, związane z cząstkami stałymi, mogą się osadzać na skórze i być przez nią wchłaniane. Kokot-Góra i in. [15] podkreślali rolę transportu transdermalnego w przypadku substancji chemicznych zanieczyszczających odzież ochronną, przy czym stopień absorpcji transdermalnej uzależniali od stężenia substancji szkodliwych, temperatury, obszaru i czasu ekspozycji.

Typowymi substancjami chemicznymi stanowiącymi zanieczyszczenia osadzające się na odzieży ochronnej strażaka są (zob. tabelę) [16]:

- WWA,
- lotne związki organiczne,
- pyły zawieszane,
- bromo- i chloroorganiczne antypireny,
- związki perfluorowane,
- spaliny z silników Diesla.

Stopień zabrudzenia jest zróżnicowany w zależności od rodzaju i czasu trwania pożaru oraz zastosowanych środków gaśniczych. Odzież ochronna zabrudzona różnego rodzaju substancjami chemicznymi, a zwłaszcza smarami i olejami, odbija znacznie mniej promieniowania cieplnego i ma obniżoną odporność na zapalenie. W efekcie strażak jest narażony na wyższe poziomy ciepła, a w skrajnych przypadkach może dojść do zapalenia się ubioru.

Czyszczenie odzieży ochronnej strażaka po użytkowaniu

Obecność szkodliwych substancji chemicznych w zabrudzeniach na powierzchni materiałów odzieży ochronnej po przeprowadzonych działaniach ratowniczych wskazuje na konieczność jej odpowiedniego czyszczenia. Najczęściej wykonuje się pranie wodne odzieży ochronnej z wykorzystaniem maszyn pralniczych. Czyszczenie pozwala na usunięcie znacznej ilości substancji chemicznych oraz zapobiega ich oddziaływaniu na skórę i układ oddechowy. Należy jednak pamiętać, że proces konserwacji odzieży ochronnej nie



Fot. Odzież ochronna strażaka po użytkowaniu podczas ćwiczeń (źródło własne)
Photo. Firefighter's protective clothing after use during exercises (own source)

Tabela. Substancje chemiczne stanowiące zanieczyszczenie odzieży ochronnej strażaków [16]
Table. Chemical substances contaminating firefighters' protective clothing [16]

Substancje chemiczne	Opis
Produkty spalania	
WWA	WWA zawierające dwa lub więcej pierścieni benzenowych. WWA z czterema lub więcej pierścieniami mają niską lotność, podczas gdy WWA o krótszym łańcuchu są półlotne. Najbardziej lotny jest naftalen (dwa pierścienie).
Lotne związki organiczne	Lotne związki organiczne, zazwyczaj zawierające łańcuchy węglowodorowe lub pojedynczy pierścień benzenowy z rozgałęzionymi elementami organicznymi lub nieorganicznymi. Występują w postaci gazu lub pary (benzen, toluen i styren).
Pyły zawieszane	Pył zawieszony (PM), który może się składać z pierwiastków organicznych lub nieorganicznych. Cząsteczki powstające podczas spalania mają zazwyczaj drobny (< 2,5 μm) lub ultradrobny (< 0,1 μm) zakres wielkości. PM ze spalania będą miały dużą powierzchnię i prawdopodobnie będą zawierać inne adsorbowane chemikalia.
Substancje uwalniane z materiałów podczas spalania	
Bromo- i chloroorganiczne antypireny	Chemiczne środki zmniejszające palność (FRs), w tym polibromowane etery difenylowe (PBDE), inne bromowane FR, fosforoorganiczne FR i chlorowane FR. Przykłady obejmują deka-BDE (BDE-209) i chlorowany tris (TDCPP).
Związki perfluorowane	Substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) to klasa syntetycznych chemikaliów, które ze względu na właściwości wodoodporne były stosowane w różnych produktach konsumencjonalnych, w tym w wykładzinach dywanowych, meblach i tkaninach. PFAS były również stosowane w wodnych piankach błonotwórczych (AFFF). Przykłady długołańcuchowych PFAS obejmują kwas perfluorooktanosulfonowy (PFOS) i kwas perfluorooctanowy.
Inne narażenia zawodowe	
Spaliny z silników Diesla	Spaliny z silników Diesla składają się z PM, PAHs oraz tlenków węgla, azotu i siarki. Narażenie jest możliwe w remizie strażackiej lub podczas pożaru, w którym eksploatowane są urządzenia Diesla lub inne pojazdy lub sprzęt.

zawsze zapewnia całkowite usunięcie wszystkich zanieczyszczeń. Dlatego dochodzi do kumulowania się w niej szkodliwych substancji, zwłaszcza w jej wewnętrznych warstwach, co stanowi zagrożenie dla strażaka.

Proces czyszczenia odzieży ochronnej należy prowadzić zgodnie z przepisem konserwacji, wskazanym w instrukcji użytkowania podanej przez producenta. Regularne czyszczenie odzieży ochronnej (najlepiej po każdej akcji ratowniczo-gaśniczej) zapewnia większe bezpieczeństwo podczas jej ponownego użycia i większą skuteczność ochrony przed zagrożeniami występującymi w środowisku pracy strażaka.

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy we współpracy z Komendą Główną Państwowej Straży Pożarnej realizował badania dotyczące oceny efektywności procesu prania wodnego odzieży ochronnej strażaka. W ramach użytkowania i procesu prania takiej odzieży podjęto współpracę z Akademią Pożarniczą w Warszawie oraz Fundacją cfbt.pl.

Efektywność procesu czyszczenia odzieży ochronnej strażaków jest różnicowana i – jak wskazują badania – zależy od: rodzaju zastosowanego sprzętu pralniczego, warunków oddziaływania substancji chemicznych zawartych w dymie pożarniczym oraz materiałów zastosowanych w odzieży ochronnej. Wyniki badań potwierdzają, że najlepsze rezultaty w usuwaniu zanieczyszczeń WWA ze wszystkich warstw odzieży ochronnej, tj. z zewnętrznej tkaniny, ze środkowej membrany i z wewnętrznej podszywki, osiągnięto w efekcie użycia specjalistycznych pralnic i detergentów [17]. Największą efektywność prania, na poziomie 99%, uzyskano w przypadku tkaniny zewnętrznej, z której udało się usunąć prawie całą ilość WWA. Najniższą efektywność 77% wyznaczono w przypadku środkowej warstwy – membrany. W przypadku wewnętrznej warstwy izolacji termicznej wyznaczona efektywność usuwania WWA wynosiła 81%.

Podsumowanie

Większość substancji chemicznych występujących w środowisku pożarów (w tym zwłaszcza WWA, lotne związki organiczne, środki zmniejszające palność, substancje per- i polifluoroalkilowe) może zwiększać ryzyko zachorowania strażaków m.in. na choroby nowotworowe. W literaturze wskazuje się na związek pomiędzy pracą strażaków w warunkach narażenia na szkodliwe substancje chemiczne a odnotowywanymi w tej grupie zawodowej przypadkami chorób nowotworowych. Szkodliwe substancje chemiczne kumulują się na powierzchniach materiałów odzieży ochronnej i innych środków ochrony indywidualnej używanych w działaniach ratowniczych. Zanieczyszczenia odzieży ochronnej strażaków substancjami chemicznymi, a zwłaszcza substancjami o udowodnionym działaniu kancerogennym, stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia. Dlatego tak ważne jest cykliczne przeprowadzanie czyszczenia odzieży ochronnej strażaków w celu usunięcia z niej substancji chemicznych, które wykazują szkodliwe oddziaływanie na ludzką skórę i układ oddechowy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] KRZEMIŃSKA S., SZEWCZYŃSKA M. Analysis and assessment of hazards caused by chemicals contaminating selected items of firefighter personal protective equipment – a literature review. *Safety and Fire Technology*. 2020, 92(56): 92-109; doi: 10.12845/sft.56.2.2020.6.
- [2] ORYSIAK J. i in. Lifestyle and environmental factors may induce airway and systemic inflammation in firefighters. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022, 29: 73741-73768; doi: 10.1007/s11356-022-22479-x.
- [3] FABIAN T.Z. i in. Characterization of firefighter smoke exposure. *Fire Technology*. 2014, 50: 993-1019; doi: 10.1007/s10694-011-0212-2.
- [4] SALASINSKA K. i in. Thermal properties and fire behavior of polyethylene with a mixture of copper phosphate and melamine phosphate as a novel flame retardant. *Fire Safety Journal*. 2020, 115: 103-137; doi: 10.1016/j.firesaf.2020.103137.
- [5] JASKÓŁOWSKI W. Ocena toksyczności środowiska pożarowego – problem nie do rozwiązania. *Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*. 2018, 27(1): 91-99; doi: 10.22630/PNIKS.2018.27.1.9.
- [6] ROSENFELD P.E. i in. Perfluoroalkyl substances exposure in firefighters: Sources and implications. *Environmental Research*. 2023, 220: 115-164; doi: 10.1016/j.envres.2022.115164.
- [7] PEASLEE J.T. i in. Another pathway for firefighter exposure to per- and polyfluoroalkyl substances: firefighter textiles. *Environmental Science and Technology Letters*. 2020, 7(8): 594-599; doi: 10.1021/acs.estlett.0c00410.
- [8] STEC A.A. i in. Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and elevated cancer incidence in firefighters. *Scientific Reports*. 2018, 8(2476): 1-8; doi: 10.1038/s41598-018-0616-6.
- [9] CASJENS S. i in. Cancer risks of firefighters: a systematic review and meta-analysis of secular trends and region-specific differences. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2020, 93: 839-852; doi: 10.1007/s00420-020-01539-0.

[10] PUKKALA E. i in. Cancer incidence among firefighters: 45 years of follow-up in five Nordic countries. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2014, 71: 398-404; doi: 10.1136/oemed-2013-101803.

[11] STEC A.A. i in. Scottish firefighters occupational cancer and disease mortality rates: 2000-2020. *Occupational Medicine*. 2023, 73(1): 42-48; doi: 10.1093/occmed/kqac138.

[12] KJČR T.B. Zawód wysokiego ryzyka. *Przegląd Pożarniczy*. 2016, 3: 10-12.

[13] STULL J.O. Evaluation of the cleaning effectiveness and impact of esporta and industrial cleaning techniques on firefighter protective clothin. *Technical Report International Personnel Protection*. 2006.

[14] STEC A.A. i in. Minimising firefighters' exposure to toxic fire effluents. *Interim Best Practice Report*. University of Central Lancashire, Fire Brigades Union FBU, 2020.

[15] KOKOT-GÓRA S. i in. Zapobieganie nowotworom. *Przegląd Pożarniczy*. 2019, 1.

[16] HORN G.P. i in. Hierarchy of contamination control in the fire service: review of exposure control options to reduce cancer risk. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2022, 19(9): 538-557; doi: 10.1080/15459624.2022.2100406.

[17] KRZEMIŃSKA S., SZEWCZYŃSKA M. Zagrożenia związane z zanieczyszczeniem ubrania specjalnego strażaka substancjami chemicznymi – referat. *Konferencja „Rak w Straży Pożarnej”* [online], 4 lutego 2022 r.

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy” (zadanie nr 6.ZS.11 pt. „Materiały szkoleniowe wspomagające bezpieczne stosowanie odzieży ochronnej dla strażaków w celu zmniejszenia ryzyka związanego z kumulowaniem się szkodliwych substancji chemicznych”), finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej (do 12 grudnia 2023 r. – pn. Ministerstwo Rodziny i Polityki Społecznej). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

CIOP **PIB** **CHEMPYL**

KONFERENCJA

RAKOTWORCZE NIEBEZPIECZNE

MUTAGENNE SUBSTANCJE

REPROTOKSICZNE CHEMICZNE

BEZPIECZNA PRACA

25 WRZEŚNIA 2024 r. **WARSZAWA STACJONARNIE + ON-LINE**