VOL. 46 ISSUE 2, 2017 ISSN 1895-8443

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

nauki humanistyczne i społeczne na rzecz bezpieczeństwa

humanities and social sciences in the context of safety

Terroryzm niekonwencjonalny jako potencjalne zagrożenie dla Polski s.100

Unconventional Terrorism as a Potential Threat to Poland p.100

Elektromagentyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej s.12

The Electromagnetic Ballistic Hazards Faced by Fire Service Officers While on Duty p.12

Zwiększenie skuteczności gaśniczej mieszanin gazowo-aerozolowych za pomocą fal uderzeniowych s.72

The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves p.72

Analiza doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w świetle obowiązujących przepisów s.114

An Analysis of the Selection of Riser Diameters in Firefighting Water-Supply Systems in High-Rise Buildings p.114

Szanowni Państwo,

Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" to czasopismo naukowe, które od lat gości na półkach specjalistów w zakresie bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej.

Na łamach BiTP znajdą Państwo m.in. artykuły naukowe opisujące nowatorskie rozwiązania techniczne oraz prace przeglądowe przedstawiające aktualny stan wiedzy w specjalistycznych obszarach badawczych związanych z bezpieczeństwem.

Jestem przekonany, że czasopismo „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" może być cennym źródłem wiedzy nie tylko dla samodzielnych pracowników naukowych i specjalistów ds. ochrony ppoż., ale także dla studentów i słuchaczy szkół pożarniczych. Publikowane w BiTP artykuły z zakresu inżynierii pożarowej, ratownictwa czy też ochrony przeciwpożarowej budynków bez wątpienia można polecić ekspertom jako dodatkową lekturę, pozwalającą na pogłębienie zdobytej dotychczas wiedzy.

Należy w tym miejscu także podkreślić, że BiTP to interdyscyplinarne wydawnictwo łączące specjalistów reprezentujących różne obszary nauki oraz jednostki naukowe na terenie całego kraju i zagranicy. To właśnie wspierana przez czasopisma naukowe wymiana wiedzy oraz promocja nauki stanowią ważny czynnik w rozwoju nowych technologii oraz wdrażaniu wyników badań i prac rozwojowych.

Serdecznie polecam wszystkim zainteresowanym lekturę tego czasopisma.

Paweł Kępka

NADBRYG. DR HAB. INŻ. PAWEŁ KĘPKA, PROF. SGSP
REKTOR-KOMENDANT SZKOŁY GŁÓWNEJ SŁUŻBY POŻARNICZEJ
PRZEWODNICZĄCY RADY NAUKOWEJ CNBOP-PIB

BiTP VOL. 46 ISSUE 2, 2017
BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

KOMITET REDAKCYJNY / EDITORIAL COMMITTEE

bryg. dr hab. inż. Dariusz Wróblewski – Redaktor Naczelny / Editor-in-Chief

st. bryg. w st. spocz. dr inż. Eugeniusz W. Roguski
st. bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup
dr inż. Dorota Brzezińska
bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski
st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Jan Kielin
st. bryg. dr inż. Grzegorz Stankiewicz
nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder
kpt. dr Tomasz Węsierski
prof. dr hab. Bernard Wiśniewski
dr n. med. Magdalena Witt
st. bryg. dr inż. Robert Wolański
bryg. dr inż. Jacek Zboina
mgr Sylwia Krawczyńska
mgr Julia Pinkiewicz – Sekretarz Redakcji / Editorial Secretary
Elżbieta Muszyńska – Sekretarz Redakcji / Editorial Secretary

Redakcja językowa / Language editing:
mgr inż. Julia Mazur
mgr Julia Pinkiewicz
AGIT Agnieszka Rydz

Projekt okładki i layoutu/Cover and layout design:
mgr Julia Pinkiewicz

ISSN 1895-8443
DOI: 10.12845/bitp
© by Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Józefów 2017. Pewne prawa zastrzeżone. Artykuły udostępnione na licencji CC BY-NC-SA 4.0 / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, 2017. Some rights reserved. The articles are published under Creative Commons License the CC BY-NC-SA 4.0

Redakcja/Editorial Office:
ul. Nadwiślańska 213; 05-420 Józefów k/Otwocka
tel. 22 769 32 20
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl
www: Bitp.cnbop.pl

Wydawca/Publisher:
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute

Nakład/Circulation:
150 egz.

Czasopismo uzyskało finansowanie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę (realizacja w latach 2016–2017).
The English translation of articles is financed by the Polish Ministry of Science and Higher Education.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Skład/Typesetting: Marek Klimek
Druk i oprawa: Wydawnictwo Pascal

RADA NAUKOWA / EDITORIAL ADVISORY BOARD

prof. Bogdan Z. Długogórski
Murdoch University in Perth, Australia

prof. dr inż. Aleš Dudáček
Technical University of Ostrava, Czech Republic

prof. Fan Weicheng
State Key Laboratory of Fire Science – University of Science and Technology of China

prof. Andriej Kuzyk
Lviv State University of Life Safety, Ukraine

dr hab. Aleksandr Wasiljewicz Matjuszyn
All-Russian Scientific Research Institute of Fire Safety (VNIIPO), Russia

gen. dr Shamsutdin Sharabutdinovich Dagirov
State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Russia

prof. dr inż. Rainer Koch
the University of Paderborn,
Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund, Germany

prof. dr inż. Venkatesh Kodur
Michigan State University, USA

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio
the Complutense University of Madrid, Spain

dr inż. Hauke Speth
Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund, Germany

dr hab. inż. Lech Starczewski, prof. WITPiS
Military Institute of Armoured and Automotive Technology, Poland

prof. Asif Usmani
BRE Centre for Fire Safety Engineering
– The University of Edinburgh, UK

INDEKSACJA W BAZACH / INDEXING IN DATABASES
Punkty MNISW: 13
Index Copernicus International: ICV 2015: 7,26
EBSCO Publishing
BazTech
RINC
J-Gate
VINITI
Referativnyj Zhurnal

PLATFORMY KSIĘGARSKIE I BIBLIOTEKI / BOOKSTORE PLATFORMS & LIBRARIES
Google Play
Electronic Journals Library, University of Regensburg
Vernadsky National Library of Ukraine
Yakub Kolas Central Scitific Library of NAS of Belarus
CyberLeninka
ibuk.pl
Academia.edu

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

Redakcja kwartalnika
BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
zaprasza do nadsyłania propozycji artykułów naukowych, przeglądowych, komunikatów z badań, studiów przypadków, recenzji naukowych z obszaru szeroko rozumianego bezpieczeństwa (w języku polskim lub angielskim lub rosyjskim).

W każdym wydaniu 5 najwyżej ocenionych w procesie recenzyjnym artykułów publikowanych jest w dwóch wersjach językowych (polskiej i angielskiej).
Tłumaczenie finansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.
Wytyczne dla Autorów dostępne na stronie Bitp.cnbop.pl

czasopismo indeksowane w krajowych i międzynarodowych bazach naukowych

EBSCO
Open J-Gate
Index Copernicus
RINC
VINITI
BazTech

nieodpłatna publikacja w otwartym dostępie

13 pkt na liście MNiSW

promocja artykułów w portalach dla naukowców

szerokie grono odbiorców

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

WE INVITE YOU TO COOPERATION

BiTP. Safety & Fire Technique journal's editorial staff kindly invites you to submit scientific and review articles, reports, case studies as well as scientific reviews in the scope of broadly understood safety (in English or Russian).

Guide for authors available on:
http://bitp.cnbop.pl/en

Free open access publishing

Journal indexed in international scientific journals databases: EBSCO, J-Gate, VINITI, Index Copernicus, Referativnyj Zhurnal

Promotion of articles in portals for research communities

Journal in the ranking list of Polish Ministry of Science and Higher Education

SZANOWNI CZYTELNICY,

Prezentujemy Państwu 46. numer kwartalnika naukowego „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza". Ponad połowa artykułów w bieżącym wydaniu opublikowana jest wraz z tłumaczeniem na język angielski. Jesteśmy bardzo dumni z tego, że możemy w ten sposób promować prace naukowe specjalistów z Polski poza granicami kraju. Już teraz odbiorcami naszego wydawnictwa są czytelnicy ze Stanów Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii, Francji, czy Holandii. Duże grono czytelników stanowią także naukowcy zza wschodniej granicy naszego kraju. Nieustannie dążymy do tego, aby rok rocznie docierać do coraz większego grona odbiorców na całym świecie. Dzięki przyjętej polityce Open Access nasze czasopismo jest dostępne dla wszystkich, z każdego miejsca na Ziemi.

W bieżącym numerze proponujemy Państwu lekturę 10 artykułów przypisanych do 5 działów tematycznych. Każdy z działów w czasopiśmie BiTP prezentuje artykuły wpisane w określony nurt i charakter nauk. Zapewne każdy z czytelników, otwierając nowe wydanie, kieruje uwagę na dział najbardziej zgodny z własnymi zainteresowaniami naukowymi. Mimo to chcielibyśmy zachęcić Państwa do lektury wszystkich prac. Łączy je wspólny mianownik, jakim jest bezpieczeństwo.

Ostatnie zamachy terrorystyczne z Londynu i Sankt Petersburga po raz kolejny przypomniały nam o obecnych w dzisiejszych czasach zagrożeniach związanych z działaniami terrorystów. Mimo wiedzy o istniejących zagrożeniach, Europie nie udało się wypracować dotychczas skutecznych metod zwalczania terroryzmu. Istotną rolę w walce z tego rodzaju zagrożeniami odgrywa przewidywanie możliwych działań terrorystów i wykorzystywanych przez nich rodzajów broni. W bieżącym numerze prezentujemy Państwu artykuł pt. *Terroryzm niekonwencjonalny jako potencjalne zagrożenie dla Polski* poświęcony potencjalnym zagrożeniom związanym z wykorzystaniem przez terrorystów broni masowego rażenia. Jest to niezwykle aktualny i ważny dla nas wszystkich temat, dlatego też właśnie tej pracy poświęcony jest główny motyw okładki bieżącego wydania.

Wśród prac, które chcielibyśmy polecić Państwa szczególnej uwadze znajduje się także artykuł pt. *Elektromagnetyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej*. Praca ta porusza temat zagrożeń związanych z polem elektromagnetycznym, na które mogą zostać narażeni strażacy podczas służby. Zachęcamy również do lektury artykułu pt. *Zwiększenie skuteczności gaśniczej binarnych mieszanin gazowo-aerozolowych za pomocą fal uderzeniowych*. Praca ta opisuje badania eksperymentalne nad możliwością gaszenia płomienia dyfuzyjnego n-heptanu przy jednoczesnym zastosowaniu gazów CO_2 lub N_2, aerozolu i fali uderzeniowej. Jest to oryginalny artykuł naukowy, w którym przedstawiono przebieg eksperymentu z zastosowaniem prezentowanej metody gaśniczej.

Serdecznie dziękujemy wszystkim autorom za współpracę przy opracowaniu tego numeru. Chcielibyśmy zaprosić także naszych Czytelników do bezpłatnej publikacji własnych wyników badań na łamach BITP. Zapraszamy Państwa do lektury. Mamy nadzieję, że prezentowane prace będą stanowiły dla Państwa inspirację do nadsyłania do naszej redakcji własnych opracowań.

Komitet Redakcyjny

DEAR READERS,

We present to you the 46th issue of the scientific quarterly journal "BiTP. Safety & Fire Technique". More than half of the articles in this issue are accompanied by their English translations. We are therefore proud to be able to promote in this way scientific works by Polish experts outside Poland. Even now among the recipients of our Journal there are readers from the USA, the UK, France or the Netherlands. Many of them include scientists from Poland's eastern neighbouring countries. Each year, we continue to reach out to more and more readers from all over the world. Thanks to the Open Access policy we have adopted, our Journal is now available to everyone and everywhere around the globe.

This issue features ten articles assigned to five thematic sections. Each section in the BiTP Journal presents articles addressing a specific scientific trend and discipline. As we assume, whenever you start reading the magazine, you first focus on the section being of most interest to you scientifically. However, we would like you to have a look at other articles too, as they all have a common point – this time it is safety.

The recent terrorist attacks in London and Saint Petersburg have reminded us once more about today's threats associated with terrorist activity. Despite having gained some knowledge on them, Europe has yet to succeed in working out effective ways of combating terrorism. A vital role in dealing with such threats is played by our ability to predict what terrorists will do and what kind of weapons they will use. In this issue of BiTP we present to you an article entitled *Unconventional Terrorism as a Potential Threat to Poland*, devoted to potential threats related to the use of weapons of mass destruction by terrorists. This is a very up-to-date and important issue for all of us, which is why we have selected it as our cover topic.

The articles that we deem to be especially worth your attention include the paper entitled *The Electromagnetic Ballistic Hazards Faced by Fire Service Officers While on Duty*. The paper tackles the issue of hazards associated with the electromagnetic field, that may affect firefighters on duty. We would also like to recommend the paper entitled *The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves*. It describes experimental studies on the possibility of extinguishing an n-heptane diffusion flame with the simultaneous use of CO_2 or N_2 gases, aerosol and a shock wave. This original scientific paper presents the successive stages of an experiment utilising the discussed extinguishing method.

Expressing our gratitude to the authors for their contribution to this issue, we would like to invite you to publish your own research results in the BiTP Journal. Their publication is free of charge. We wish you a pleasant reading and hope that the articles will inspire you to share your own work with us.

Editorial Committee

ISSN 1895-8443

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ,

Представляем Вам 46-й номер ежеквартального научного журнала «BITP. Безопасность и Пожарная Техника». Более половины статей в текущем номере сопровождаются англоязычным переводом. Мы очень гордимся, что таким образом мы можем содействовать популяризации работ научных экспертов из Польши за ее пределами. Уже сейчас среди читателей нашего издания есть жители США, Великобритании, Франции и Нидерландов. Большое количество читателей это также ученые из соседних государств на востоке. Мы все время стремимся к тому, чтобы читателей нашего журнала по всему миру с каждым годом становилось все больше. Благодаря принятой нами политике открытого доступа, журнал доступен для всех жителей Земли.

В текущем номере мы хотели бы предложить Вашему вниманию 10 статей, которые относятся к 5 тематическим разделам. В каждом из разделов журнала BITP размещаются статьи, связанные с определенной отраслью науки. Вероятнее всего, каждый читатель, открывая новый номер, обращает внимание на раздел, который наиболее соответствует его научным интересам. Несмотря на это, хотим предложить Вам прочитать все опубликованные в этом номере статьи. Общей темой этих работ является безопасность.

Недавние теракты в Лондоне и Санкт-Петербурге в очередной раз напомнили нам о присутствующих в настоящее время угрозах, связанных с деятельностью террористов. Несмотря на осведомленность о наличии угроз, Европе пока не удалось разработать эффективные методы борьбы с терроризмом. Важную роль в борьбе с терактами играет предвидение возможных действий со стороны террористов и тип используемого ими оружия. В этом номере представляем Вам статью под названием *Технологический терроризм как потенциальная угроза для Польши*, посвященную вероятным рискам, связанным с использованием террористами оружия массового уничтожения. Это очень своевременная и важная для всех тема, и, именно поэтому, данной теме была посвящена обложка этого номера.

Среди работ, которые мы особенно хотели бы рекомендовать Вашему вниманию, находится статья под названием *Магнитные баллистические угрозы во время службы офицеров пожарной охраны*. Эта работа затрагивает вопрос безопасности, связанной с влиянием магнитного поля, которому могут подвергаться пожарные во время службы. Предлагаем вам также прочитать статью под названием *Повышение огнетушащей эффективности бинарных газоаэрозольных смесей ударными волнами*. Статья описывает экспериментальные исследования возможности тушения диффузионного пламени н-гептана с помощью одновременного использования CO_2 или N_2, аэрозоля и ударной волны. В этой оригинальной научной статье представлено описание эксперимента с использованием предлагаемого метода тушения.

Искренне благодарим всех авторов за сотрудничество при подготовке настоящего номера. Хотим также предложить нашим читателям бесплатно опубликовать свои собственные результаты исследований в журнале BiTP. Рекомендуем Вам ознакомиться с журналом. Надеемся, что представленные в этом номере статьи послужат источником вдохновения, и Вы отправите в редакцию BiTP свои собственные работы.

Редакционный Совет

SPIS TREŚCI

BADANIA I ROZWÓJ

12 Elektromagnetyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej
Wiesław Leszko, Krzysztof Gryz

28 Wykorzystanie analizy wielokryterialnej do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia na budowie
Jerzy Obolewicz

42 Analiza dynamiki skażenia gleby naturalnymi i sztucznymi radionuklidami w województwie opolskim po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu
Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Sylwia Krawczyńska

56 Mechanizm działania aerozolu gaśniczego
Piotr Izak, Artur Kidoń, Joanna Mastalska-Popławska

72 Zwiększenie skuteczności gaśniczej binarnych mieszanin gazowo-aerozolowych za pomocą fal uderzeniowych
V.M. Balanyuk

88 Analiza wybranych aspektów bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego Starego Miasta w Warszawie
Mariusz Pecio

NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

100 Terroryzm niekonwencjonalny jako potencjalne zagrożenie dla Polski
Paweł Lech

INŻYNIERIA POŻAROWA

114 Analiza doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w świetle obowiązujących przepisów
Tomasz Drzymała, Sylwester Kieliszek, Joanna Binio

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

124 Analiza wyposażenia stosowanego przez grupy poszukiwawczo-ratownicze podczas działań w kraju i za granicą
Wiesław Drosio, Rafał Podlasiński, Łukasz Pastuszka

POSTACIE POŻARNICTWA

140 Zygmunt Jarosz – pionier pożarnictwa polskiego
Jan Kielin, Beata Wojtasiak

WYDARZENIA

146 INTEX – innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych
KONFERENCJA NAUKOWA

147 Współczesne uwarunkowania badań bezpieczeństwa
KONFERENCJA NAUKOWA

148 CNBOP-PIB nagrodzone na Międzynarodowych Targach Wynalazków i Innowacji „INTARG 2017"
TARGI WYNALAZCZOŚCI

ISSN 1895-8443

CONTENT/СОДЕРЖАНИЕ

RESEARCH AND DEVELOPMENT/ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

12 The Electromagnetic Ballistic Hazards Faced by Fire Service Officers While on Duty/Магнитные баллистические угрозы во время службы офицеров пожарной охраны
Wiesław Leszko, Krzysztof Gryz

28 The Use of Multi-Criteria Analysis for the Diagnosis of the State of Work Safety and Health Protection at Construction Sites/Использование многокритериального анализа для диагностики безопасности труда и охраны здоровья на строительной площадке
Jerzy Obolewicz

42 An Analysis of The Dynamics of Soil Contamination Density in the Opole Province by Natural and Artificial Radionuclides after the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident/Анализ динамики загрязнения почвы естественными и искусственными радионуклидами в Опольском воеводстве после аварии на Чернобыльской АЭС
Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Sylwia Krawczyńska

56 Mechanism of Fire-extinguishing Aerosol's Action/Механизм действия огнетушащего аэрозоля
Piotr Izak, Artur Kidoń, Joanna Mastalska-Popławska

72 The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves/Повышение огнетушащей эффективности бинарных газоаэрозольных смесей ударными волнами
V.M. Balanyuk

88 Analysis of Selected Aspects of Fire Safety and Operating Capability in Warsaw's Old Town/Анализ отдельных аспектов пожарной безопасности Старого города в Варшаве и оперативной подготовки к проведению спасательно-гасящих действий
Mariusz Pecio

HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES IN THE CONTEXT OF SAFETY
ГУМАНИСТИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ НА БЛАГО БЕЗОПАСНОСТИ

100 Unconventional Terrorism as a Potential Threat to Poland/Технологический терроризм как потенциальная угроза для Польши
Paweł Lech

FIRE ENGINEERING/ПОЖАРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

114 An Analysis of the Selection of Riser Diameters in Firefighting Water-Supply Systems in High-Rise Buildings/Анализ подбора диаметров стояков в системах пожарного водоснабжения в высотных зданиях в соответствии с действующими законами
Tomasz Drzymała, Sylwester Kieliszek, Joanna Binio

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY/ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

124 An Analysis of the Equipment Used by Search and Rescue Groups at Home and Abroad/Анализ оборудования, используемого спасательно-поисковыми группами во время действий в стране и за рубежом
Wiesław Drosio, Rafał Podlasiński, Łukasz Pastuszka

PEOPLE INVOLVED IN FIREFIGHTING/ЛИЦА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

140 Zygmunt Jarosz – The Pioneer of Polish Firefighting/Зигмунт Ярош – пионер пожарной охраны в Польше
Jan Kielin, Beata Wojtasiak

mgr inż. Wiesław Leszko[a)], dr inż. Krzysztof Gryz[a)*]

[a)]*Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection – National Research Institute*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: krgry@ciop.pl*

Elektromagnetyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej

The Electromagnetic Ballistic Hazards Faced by Fire Service Officers While on Duty

Магнитные баллистические угрозы во время службы офицеров пожарной охраны

ABSTRAKT

Cel: Pole magnetostatyczne (PMS) może być przyczyną przemieszczania się obiektów metalowych (ferromagnetycznych), które stanowi duże zagrożenie dla infrastruktury technicznej i ludzi znajdujących się w otoczeniu silnego źródła takiego pola. Takie zagrożenie wywołane przemieszczaniem się przedmiotów ferromagnetycznych w polu magnetostatycznym (PMS) potocznie określane jest jako zagrożenie balistyczne lub zagrożenie latającymi przedmiotami. Celem prezentowanych badań była analiza warunków możliwego wystąpienia elektromagnetycznych zagrożeń balistycznych podczas prowadzenia przez strażaków zróżnicowanych działań operacyjnych (ratowniczych, gaśniczych, rozpoznawczo-kontrolnych lub ewakuacji ćwiczebnych), a także określenie podatności indywidualnego wyposażenia strażaków oraz sprzętu ratowniczego na oddziaływanie PMS.

Projekt i metody: Podatność na PMS sprawdzono w badaniach zarówno indywidualnego wyposażenia strażaków, jak i sprzętu ratowniczego wykorzystywanego przez strażaków, stanowiącego wyposażenie pojazdu gaśniczego. Wyposażenie do badań wybrano na podstawie wizyt studyjnych w jednostkach ratowniczo-gaśniczych oraz wywiadów przeprowadzanych ze strażakami, analizy wymagań przepisów prawnych dotyczących funkcjonowania PSP, a także ogólnodostępnych materiałów szkoleniowych. Dla indywidualnego wyposażenia strażackiego oraz sprzętu ratowniczego, będącego na wyposażeniu wozu strażackiego, przeprowadzono doświadczalne badania podatności na oddziaływanie PMS wykonane z zastosowaniem magnesu ferrytowego charakteryzującego się minimalną wartością indukcji magnetycznej remanencji 0,37 T. Badania obejmowały obserwację położenia magnesu, zlokalizowanego swobodnie w odległości 5–10 cm od badanych elementów wyposażenia strażaka.

Wyniki: Stwierdzono, że wyposażenie strażackie, charakteryzuje się niewielką podatnością na oddziaływanie PMS. Odmienna sytuacja jest w przypadku elementów sprzętu ratowniczego. Zagrożenia balistyczne mogą mieć miejsce szczególnie w otoczeniu silnych źródeł PMS, takich jak medyczne skanery i laboratoryjne spektrometry rezonansu magnetycznego oraz chwytaki lub separatory magnetyczne, i powodować np. uszkodzenia sprzętu, uszkodzenie ciała, a nawet utratę życia. Funkcjonariusze straży pożarnej prowadzący działania operacyjne w bliskim otoczeniu skanerów i spektrometrów rezonansu magnetycznego mogą być narażeni na tego typu niebezpieczeństwa (najczęściej w placówkach medycznych i naukowych) z uwagi na specjalne procedury dezaktywacji magnesów i natychmiastowego przerwania generacji silnego PMS.

Wnioski: Rozporządzenie MSWiA dotyczące BHP w czasie pełnienia służby nie określa wymagań na wypadek prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w narażeniu na silne PMS. Rozpoznanie, oznakowanie i eliminacja takich zagrożeń powinny być omawiane w ramach szkoleń i ćwiczeń dla strażaków.

Słowa kluczowe: pole magnetostatyczne, zagrożenia balistyczne, pośrednie zagrożenia elektromagnetyczne

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 12.09.2016; Zrecenzowany: 24.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: W. Leszko – 70%, K. Gryz – 30%;
Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 12–27, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.1;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: Static magnetic fields (SMF) can cause metal (ferromagnetic) objects to move and thus pose a serious hazard for the utilities and the people who are close to the source of strong SMF. These kinds of electromagnetic hazards are identified as "flying objects" or "ballistic hazards". The aim of this study was to analyse the conditions in which electromagnetic ballistic hazards can occur during the operations of Fire Service officers (rescue, firefighting, reconnaissance/inspection and evacuation drills) and also to test personal firefighter equipment and rescue equipment for SMF susceptibility.

Project and methods: SMF susceptibility was tested for both personal firefighter equipment and fire-engine rescue equipment. The equipment to be tested was selected based on study visits to fire and rescue departments, and on the basis of interviews with firefighters, and also based on an analysis of the laws governing the functioning of the State Fire Service, as well as commonly available training materials. Both the personal firefighter equipment and fire-engine rescue equipment were subjected to experimental testing for SMF susceptibility. A ferrite permanent magnet with a minimum remanence of 0.37 T was used for the testing. Field testing involved the observation of the magnet's location, with the magnet located unconstrained within a distance of 5-10 cm from the tested firefighter equipment.
Results: We have found that personal firefighter equipment is only moderately susceptible to SMF, while pieces of rescue equipment show higher susceptibility. Furthermore, we have concluded that strong SMF sources, such as, especially, magnetic resonance imaging scanners and spectrometers, magnetic grippers and separators, might pose ballistic hazards in their surroundings, causing, for instance, damage to the equipment, bodily injuries, or even death. Firefighters engaging in operations near magnetic resonance imaging scanners or spectrometers are very likely to be exposed to these kinds of hazards (usually in medical centres and research institutes), since the immediate deactivation of the SMF of these devices is impracticable in emergencies, as it requires complex procedures to be followed.
Conclusions: The Regulation of the Ministry of the Interior governing the safety of firefighters on duty does not specify any safety requirements for operations in the proximity of strong SMF sources. The identification, signage and elimination of hazards should be discussed during firefighters' training and exercises.
Keywords: static magnetic field, ballistic hazards, indirect electromagnetic hazards
Type of article: original scientific article

Received: 12.09.2016; Reviewed: 24.05.2017; Published: 30.06.2017;
Percentage contribution: W. Leszko – 70%, K. Gryz – 30%;
The article was recognised by the Editorial Committee;
Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 12–27, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.1;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Магнитостатическое поле (PMS) может вызвать перемещение металлических (ферромагнитных) объектов, представляюшее собой серьезную угрозу для технической инфраструктуры и людей, находяшихся поблизости мошного источника такого поля. Такую угрозу, вызванную перемещением ферромагнитных объектов в магнитном поле (PMS), как правило, называют баллистической угрозой или угрозой от летаюших предметов. Целью представленных исследований являлся анализ условий для возможного возникновения магнитных баллистических угроз во время проведения пожарными различных оперативных действий (спасательных, гасяших, разведки или эвакуационных тестов), а также определение чувствительности отдельных частей средств индивидуальной зашиты пожарных и спасательного оборудования к воздействию магнитостатического поля.
Проект и методы: Восприимчивость к PMS была проверена в испытаниях как индивидуального оснашения пожарных, так и спасательного оборудования пожарного автомобиля. Испытательное оборудование было выбрано на основе ознакомительных поездок в пожарно-спасательные подразделения и интервью с пожарными, анализа нормативных требований, касаюшихся функционирования PSP, а также обшедоступных учебных материалов. Для индивидуального оборудования и спасательного оборудования пожарного автомобиля были проведены экспериментальные испытания на воздействие PMS, в которых использовался ферритовый магнит, который характеризуется минимальным значением индукции остаточной намагниченности на уровне 0,37 T. Исследования включали наблюдение положения магнита, свободно расположенного в пределах 5-10 см от исследуемых образцов оснашения пожарного.
Результаты: Было установлено, что противопожарное оборудование характеризуется низкой чувствительностью к воздействию PMS. Иначе обстоит дело в случае элементов спасательного оборудования. Баллистические угрозы могут возникнуть особенно около сильных источников PMS, таких как медицинские сканеры и лабораторные магнитно-резонансные спектрометры, а также захваты/грейферы или магнитные сепараторы. Такие угрозы могут приводить к повреждениям оборудования, травмам или даже гибели людей. Офицеры пожарной службы, осушествляюшие оперативную деятельность в непосредственной близости от сканеров и магнитно-резонансных спектрометров, могут быть подвержены такой опасности (чаше всего в медицинских и научных учреждениях) в связи с конкретными процедурами дезактивации магнитов и немедленного прекрашения сильного излучения PMS.
Выводы: Распоряжение Министерства внутренних дел и администрации относительно охраны здоровья и безопасности труда при исполнении служебных обязанностей не включает требований в случае проведения спасательно-гасяших работ при воздействии сильного PMS. Диагностика, определение и устранение таких угроз следует обсуждать во время обучения и тренировки пожарных.
Ключевые слова: магнитостатическое поле, баллистические угрозы, косвенные магнитные угрозы
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 12.09.2016; Рецензирована: 24.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: W. Leszko – 70%, K. Gryz – 30%;
Эту статью наградил Редакционный Совет;
Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 12–27, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.1;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Silne pole magnetostatyczne (PMS) może stanowić źródło poważnych zagrożeń dla zdrowia i życia ludzi, a także poważnych uszkodzeń sprzętu i urządzeń znajdujących się w obszarze jego oddziaływania [1]. PMS o indukcji magnetycznej przekraczającej 3 mT może spowodować wystąpienie tzw. zjawiska balistycznego, określanego również jako zagrożenie latającymi obiektami [2, 3]. Polega ono na wprawieniu w ruch i przyciągnięciu do źródła obiektów ferromagnetycznych, czyli posiadających trwałe właściwości magnetyczne [4]. W silnym PMS w ruch mogą być wprawione obiekty o masie nawet wielu kilogramów, na które w polu o niejednorodnym rozkładzie przestrzennym oddziaływają siły przesunięcia i obrotu, znacznie przewyższające opory tarcia, a nawet przyciąganie ziemskie. Wraz z przesuwaniem się do źródła podlegają one oddziaływaniu coraz silniejszego PMS, które przyczynia się do gwałtownego wzrostu prędkości ich przemieszczania i energii kinetycznej. Z tego powodu stanowią one duże zagrożenie dla infrastruktury technicznej i ludzi znajdujących się przy źródle [2]. Niestety incydenty, do których doszło z udziałem ww. latających obiektów, zazwyczaj nie są rejestrowane, o ile nie doprowadziły do strat w mieniu lub uszczerbków na zdrowiu. Utrudnia to ocenę rzeczywistej skali występowania problemu [2]. Z doniesień prasowych znane są nawet przypadki ofiar śmiertelnych np. w wyniku uderzenia przez taki latający przedmiot przyciągnięty do magnesu skanera rezonansu magnetycznego [5].

Cel

Celem prezentowanych badań była analiza warunków możliwego wystąpienia elektromagnetycznych zagrożeń balistycznych podczas prowadzenia przez strażaków zróżnicowanych działań operacyjnych (ratowniczych, gaśniczych, rozpoznawczo-kontrolnych lub ewakuacji ćwiczebnych), a także określenie podatności indywidualnego wyposażenia strażaków oraz sprzętu ratowniczego na oddziaływanie PMS.

Materiały i metody

Sprzęt objęty badaniami

Z racji różnorodności środowisk, w których mogą być prowadzone działania operacyjne straży pożarnych (np. placówki medyczne, laboratoryjne, zakłady przemysłowe), zróżnicowane mogą być również występujące w nich źródła silnych PMS. W związku z powyższym badaniom podatności na PMS poddano zarówno indywidualne wyposażenie strażaków, jak i strażacki sprzęt ratowniczy, stanowiący wyposażenie pojazdu gaśniczego. Wyposażenie do badań wybrano na podstawie wizyt studyjnych w jednostkach ratowniczo-gaśniczych oraz wywiadów przeprowadzanych ze strażakami, analizy wymagań przepisów prawnych dotyczących funkcjonowania PSP, a także ogólnodostępnych materiałów szkoleniowych [6].

W skład indywidualnego wyposażenia strażaków, które zostało objęte badaniami wchodzą następujące grupy ekwipunku:

- odzież specjalna np. ubranie koszarowe,
- środki ochrony indywidualnej np. ubranie specjalne, hełm strażacki,
- ekwipunek osobisty np. pas strażacki z zatrzaśnikiem [7].

Introduction

Strong static magnetic field (SMF) can be a source of serious hazards to human health and life. It can also cause heavy damage to the equipment and devices located within its range [1]. SMF with a magnetic flux density of more than 3 mT can induce the occurrence of the so-called ballistic event, also known as the flying object hazard [2, 3]. It involves the setting in motion, and attracting to SMF sources, of ferromagnetic objects, that is, objects with permanent magnetic properties [4]. A strong SMF can set in motion objects weighing as much as several kilogrammes. In a field without a uniform spatial distribution, these objects are exposed to displacement and rotation forces which substantially exceed the frictional resistances and even gravitation. As they move closer to the source, they become exposed to increasingly stronger SMF, which in turn cause their velocity and kinetic energy to rise abruptly. Consequently, they pose a major hazard for the utilities and for the people who are close to the source [2]. Regrettably, incidents involving flying objects are usually not reported, unless they have caused property damage or bodily injuries. This makes it difficult to determine the actual scale of the problem [2]. There have, however, been press reports of fatalities – for instance, as a result of being hit by a flying object attracted to the magnet of a magnetic resonance imaging scanner [5].

Aim

The aim of this study was to investigate the conditions in which there is a potential of electromagnetic ballistic hazards during a number of firefighting operations (reconnaissance, rescue, extinguishing and fire drills), and also to determine the susceptibility of personal firefighter equipment and rescue equipment to SMF.

Materials and methods

The equipment tested

Firefighting operations can be conducted in a great variety of environments (medical centres, laboratories, industrial facilities), which, by extension, contain varied sources of strong SMF. Cognisant of this fact, we tested both personal firefighter equipment and fire-engine rescue equipment for SMF susceptibility. The equipment to be tested was selected based on study visits to fire and rescue departments, and on the basis of interviews with firefighters. This selection was also built upon an analysis of the laws governing the functioning of the State Fire Service, and on commonly available training materials [6].

The personal firefighter equipment tested comprised the following gear groups:

- special clothing, such as station wear;
- personal protective measures, specialised clothing, fire helmets;
- personal gear, the firefighter's belt with a snap hook [7].

ISSN 1895-8443

Dodatkowo strażacy mogą być wyposażeni w latarkę ręczną lub nahełmową, nóż ratowniczy lub podręczne narzędzie wielofunkcyjne tzw. multitool oraz radiotelefon nasobny.

W trakcie działań operacyjnych strażacy korzystają ze sprzętu do ratowania i zabezpieczania osób, zwierząt, środowiska i mienia, których życie lub stan techniczny jest zagrożony z powodu pożaru, katastrofy lub innego nagłego, losowego, nieprzewidzianego zdarzenia.

Badaniami objęto następujące grupy zasadniczego sprzętu ratowniczego:

- hydrauliczne narzędzia ratownicze (rozpieracze, nożyce) – średnia masa urządzeń zawiera się w przedziale od 10 do 30 kg. Narzędzia te służą do torowania dróg dojścia oraz ratowania ludzi, zwierząt i mienia, do których dojście jest utrudnione na skutek katastrof drogowych, kolejowych lub budowlanych, spowodowanych siłami natury lub przez człowieka,
- mechaniczny sprzęt tnący (piły tarczowe i łańcuchowe) – średnia masa urządzeń zawiera się w przedziale od 8 do 15 kg. Sprzęt ten wykorzystywany jest w akcjach ratowniczych polegających na usuwaniu przeszkód w formie konstrukcji metalowych, drewnianych i betonowych, pojazdów mechanicznych i innych przedmiotów utrudniających bezpieczną i skuteczną pracę ratownika,
- sprzęt burzący (łomy, topory, podnośniki, wyciągarki) – średnia masa urządzeń zawiera się w przedziale od 5 do 12 kg. Sprzęt burzący wyróżnia się prostą konstrukcją oraz tym, że użytkuje się go przy użyciu siły ludzkich rąk, systemów dźwigni lub bloczków [6].

Badaniami objęto również aparaty ochrony dróg oddechowych, w które wyposażeni są strażacy w trakcie prowadzenia działań gaśniczych. W skład aparatu wchodzi maska twarzowa z podłączanym automatem oddechowym, reduktor, manometr oraz noszak, do którego przyczepiana jest butla.

Procedura badań podatności sprzętu indywidualnego oraz ratowniczego na oddziaływanie PMS

Doświadczalne badania podatności elementów wyposażenia strażackiego i sprzętu ratowniczego na oddziaływanie PMS wykonano z zastosowaniem walcowego magnesu ferrytowego o średnicy 58 mm i wysokości 18 mm. Magnes ten został wykonany z materiału magnetycznego o oznaczeniu F30, charakteryzującego się minimalną wartością indukcji magnetycznej remanencji 0,37 T.

Badania terenowe polegały na obserwacji położenia magnesu, zlokalizowanego swobodnie w odległości 5–10 cm od badanych elementów wyposażenia strażaka. Jeżeli magnes był wprawiony w ruch w wyniku oddziaływania między PMS magnesu i elementem ekwipunku lub sprzętu, to uznawano go za element o cechach ferromagnetycznych, dokonując następnie identyfikacji, jakie jego części były szczególnie podatne na oddziaływania PMS. Element nie przyciągający magnesu, kwalifikowany był jako nie posiadający cech ferromagnetycznych i nie zajmowano się jego dalszymi badaniami.

Firefighters may be additionally equipped with a hand torch or a helmet-mounted flashlight, a rescue knife, a multi-tool and a portable radiotelephone.

During their operations, firefighters use equipment designed to rescue and protect people, animals, environments and property in which lives or technical condition are at risk due to fire, disaster or sudden, random and unforeseeable events.

The study included the following groups of primary rescue equipment:

- hydraulic rescue tools (spreaders, shears) – the average weight of these tools ranges from 10 to 30 kg. These tools are used to clear access and save people, animals and property, the access to whom or which is blocked as a result of road traffic, rail and construction disasters brought about by natural phenomena or human activity.
- mechanical cutting equipment (circular saws and chainsaws) – the average weight of these ranges from 8 to 15 kg. This equipment is used in rescue operations involving the removal of such obstacles as steel, wooden and concrete structures, motor vehicles and other objects compromising the safety and effectiveness of rescue work;
- demolition equipment (crowbars, axes, jacks, hoists) – the average weight of these ranges from 5 to 12 kg. Demolition equipment has a distinctly simple design and is operated using manual force, lever systems and pulleys [6].

The study also included the breathing apparatus used by firefighters during extinguishing operations. An apparatus set includes a face mask with an inhalator, a pressure reducer, a pressure gauge and a backpack to which the air tank is attached.

Personal and rescue equipment SMF susceptibility testing procedures

The experimental testing of the individual pieces of firefighting and rescue equipment for their SMF susceptibility was conducted using a cylindrical permanent ferrite magnet with a diameter of 58 mm and a height of 18 mm. This magnet was made of F30 magnetic material which had a minimum remanence of 0.37 T.

Field testing involved the observation of the magnet's location, with the magnet located unconstrained within a distance of 5-10 cm from the tested firefighter equipment. If a piece of personal or rescue equipment was set in motion by the magnet's SMF, we classified such piece of equipment as ferromagnetic, and then we identified which parts of it were particularly susceptible to SMF. Equipment which the magnet did not attract was classified as not being ferromagnetic and excluded from further testing.

Rozpoznanie źródeł PMS

Na podstawie analizy danych zebranych przez CIOP-PIB dokonano rozpoznania charakterystyki źródeł silnych PMS, z którymi strażacy mogą mieć do czynienia w przypadku działań operacyjnych prowadzonych np. w ośrodkach diagnostyki medycznej lub weterynaryjnej, laboratoriach biologicznych i chemicznych, magazynach lub zakładach produkcji wyrobów metalowych i mogących stworzyć potencjalne zagrożenie wypadkowe z uwagi na wystąpienie zjawiska balistycznego. Przykładowe scenariusze zdarzeń wypadkowych omówiono na podstawie statystyk dotyczących rodzajów oraz ilości interwencji strażackich zamieszczonych w biuletynie publicznym PSP [8].

SMF source identification

First, an analysis was conducted of the data collected by the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute (CIOP-PIB). Based on the findings this analysis provided, we identified the characteristics of the strong SMF sources which firefighters might deal with during operations in medical diagnostics centres or veterinary diagnostics centres, biological and chemical laboratories, warehouses, as well as steel-product manufacturing facilities, and which can pose a potential accident hazard due to a ballistic event. Examples of accident scenarios are discussed on the basis of statistics concerning the types and number of fire-service interventions, as published in the official journal of the Polish State Fire Service [8].

Wyniki badań

Podatność wyposażenia strażackiego i sprzętu ratowniczego na oddziaływanie PMS

Spośród wymienionych grup ekwipunku, odzież ochronna oraz środki ochrony indywidualnej, takie jak ubiór koszarowy i ubranie specjalne są wykonane z materiałów tekstylnych (np. bawełna, poliester, tkaniny kevlarowe, nomexowe), a także z włókien szklanych oraz skóry, i nie wykazują one właściwości ferromagnetycznych. Natomiast występowanie materiałów o takich właściwościach zostało stwierdzone w przypadku niektórych elementów wyposażenia indywidualnego (tabela 1).

Results

Personal and rescue equipment SMF susceptibility

The above-mentioned equipment groups include equipment which exhibits no ferromagnetic properties. This includes personal protective clothing and measures, such as station wear and specialised clothing which is made of textiles (e.g. cotton, polyester, Kevlar and Nomex fibres), glass fibres and leather. Materials with ferromagnetic properties were found as well in some pieces of personal firefighter equipment (Table 1).

Tabela 1. Podatność na oddziaływanie pola magnetostatycznego – wyniki badań doświadczalnych dotyczących elementów wyposażenia indywidualnego strażaka

Table 1. Susceptibility to static magnetic field – results of experimental testing on personal firefighter equipment.

Lp. / No.	Elementy wyposażenia indywidualnego / Piece of personal equipment	Przybliżona masa / Approximate weight [kg]	Materiały, z których wykonano element / Materials the piece of equipment is made of	Zidentyfikowana część elementu o właściwościach ferromagnetycznych / The identified ferromagnetic parts of the piece
1.	pas strażacki / firefighter's belt	0,9	poliamid, skóra, metal / polyamide, leather, metal	klamra, uchwyt / buckle, handle
2.	toporek strażacki / fire axe	2,5	stal hartowana / hardened steel	cały toporek / entire tool
3.	latarka ręczna / hand-held torch	0,15	Obudowa – propolimer, poliwęglan Akumulator – metal, np. kadm, nikiel lub mangan / Casing – pro-polymer, polycarbonate Battery – metal, e.g. cadmium, nickel or manganese	ogniwa w akumulatorze /battery cells
4.	latarka hełmowa / helmet flashlight	0,20	Obudowa – propolimer Akumulator – metal, np. kadm, nikiel lub mangan/ casing – pro-polymer, battery – metal, e.g. cadmium, nickel or manganese	ogniwa w akumulatorze / battery cells
5.	podręczne narzędzie wielofunkcyjne multitool / multi-tool	0,20	stal nierdzewna / stainless steel	całe narzędzie / entire tool
6.	radiotelefon ręczny / handheld radiotelephone	0,6	plastikowa obudowa dookoła płytki z elementami elektronicznymi / plastic casing around the plate's electronic components	elementy wbudowanego głośnika, akumulatory / elements of the built-in loudspeaker, batteries
7.	zatrzaśnik/karabińczyk / snap hook/snaplink	0,20	duraluminium / duralumin	element nieferromagnetyczny / non-ferromagnetic object

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

W tabeli 2 zaprezentowano wyniki badań sprzętu ratowniczego ze względu na jego właściwości ferromagnetyczne.

Table 2 presents the results of rescue equipment testing for ferromagnetic properties.

Tabela 2. Podatność na oddziaływanie pola magnetostatycznego – wyniki badań doświadczalnych dotyczących sprzętu ratowniczego użytkowanego przez jednostki straży pożarnych

Table 2. Susceptibility to static magnetic field – the results of experimental testing on personal firefighter equipment

Lp. / No.	Strażacki sprzęt ratowniczy / Firefighting rescue equipment	Przybliżona masa / Approximate weight [kg]	Materiały, z których wykonano element / Materials the piece of equipment is made of	Zidentyfikowana część elementu o właściwościach ferromagnetycznych / The identified ferromagnetic parts of the piece
1.	rozpieracze hydrauliczne / hydraulic spreader	10–28	stal / steel	wymienne ostrza / replaceable blades
2.	rozpieracze kolumnowe / column spreader	10–21	stal / steel	cylinder, tłoczyska / cylinder, piston rods
3.	nożyce hydrauliczne / hydraulic shears	9–15	stal / steel	wymienne ostrza / replaceable blades
4.	nożyco-rozpieracze „combi" / hydraulic combination tools	9–20	stal / steel	wymienne ostrza / replaceable blades
5.	pilarki łańcuchowe do drewna / chainsaw for wood	8	metal / metal	prowadnica, łańcuch / track, chain
6.	piły tarczowe do stali i betonu / circular saw	12–15	metal / metal	tarcza, osłony tarczy, cylindrów silnikowych, świec, tłumik wydechu / disc, disc cover, engine cylinders, spark plugs, mufflers
7.	platforma hydrauliczna przesuwu bocznego / plumbing platform for side moving	20–25	metal / metal	cała platforma / the whole platform
8.	przewody hydrauliczne / hydraulic hose	1	poliuretan, metal / polyurethane, metal	metalowe złączki/ metal adapters
9.	osprzęt pneumatyczny wraz z przewodami / pneumatic tools along with hoses	1	poliuretan, metal / polyurethane, metal	metalowe złączki na końcach przewodów, reduktor ciśnienia / metal adapters on hose ends, pressure reducer
10.	agregat hydrauliczny / hydraulic power generator	10–40	metal / metal	cały agregat / the whole generator
11.	zestaw podpór stabilizacyjnych / set of stabilising supports	5–10	metal / metal	cały zestaw / whole set
12.	hooligan / hooligan	9	stal hartowana / hardened steel	całe urządzenie / whole tool
13.	siekiera / axe	2,5	drewno, metal / wood, metal	cała powierzchnia ostrza / the entire blade
14.	szpadel / spade	1,5–2	drewno, metal / wood, metal	łyżka/czerpak / scoop-head
15.	młot, narzędzia burzące / hammer, demolishing tools	5	drewno, metal / wood, metal	obuch / head
16.	podręczny sprzęt gaśniczy (gaśnice) / portable fire extinguishers	6	stal / steel	cała zewnętrzna obudowa zbiornika, zawór wylotowy / the entire outer casing of the tank, the exhaust valve
17.	zestaw transportowy, wózki do przemieszczania / transport set, carts for carrying tools	3–4	metal / metal	cały zestaw / whole set
18.	szekle / shackles	0,5–4	metal, żeliwo / metal, cast iron	cały zestaw / whole set
19.	wspornik progowy / bracket	1,5–2	stal węglowa / carbon steel	cały wspornik / whole bracket
20.	talerze ślizgowe (podkłady pod podpory) / slide plates (support bases)	2–4	metal, żeliwo / metal, cast iron	cały talerz / the entire plate
21.	wyciągarka ręczna / hand-operated hoist	15–18	metal / metal	całe urządzenie / whole tool
22.	pompa ręczna hydrauliczna / hand-operated hydraulic pump	5–12	metal / metal	całe urządzenie / whole tool
23.	przecinak do pedałów / pedal cutter	2	stal / steel	całe urządzenie / whole tool
24.	młoty udarowe z zakończeniami oraz inne wiertarki / drill hammers with end pieces and other drills	5–30	stal / steel	cała obudowa oraz wymienne zakończenia / whole casing and replaceable end pieces
25.	butla z powietrzem / air tank	3–7	stalowa lub kompozytowa / steel or composite	cała obudowa / whole casing
26.	klucze hydrantowe / hydrant wrenches	0,3–1	stal / steel	cały klucz / whole wrench

Lp. / No.	Strażacki sprzęt ratowniczy / Firefighting rescue equipment	Przybliżona masa / Approximate weight [kg]	Materiały, z których wykonano element / Materials the piece of equipment is made of	Zidentyfikowana część elementu o właściwościach ferromagnetycznych / The identified ferromagnetic parts of the piece
27.	przecinak do samochodowych pasów bezpieczeństwa / seat belt cutter	0,1	plastik, ostrze stalowe / plastic steel blade	ostrze / blade
28.	prądownica pianowa / foam nozzle	2	stal kwasoodporna / acid-resistant steel	element nieferromagnetyczny / non-ferromagnetic object
29.	działko wodno-pianowe 2x75 / water-foam monitor 2x75	2	aluminium, mosiądz / aluminium, brass	element nieferromagnetyczny / non-ferromagnetic object
30.	działko wodno-pianowe 3x75 / water-foam monitor 2x75	3	aluminium, mosiądz / aluminium, brass	element nieferromagnetyczny / non-ferromagnetic object

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że większość sprzętu ratowniczego eksploatowanego przez jednostki straży pożarnej jest wykonana z materiałów szczególnie podatnych na oddziaływanie PMS. Z tego względu może zostać on przyciągnięty do źródła PMS. Tylko nieliczne elementy wyposażenia nie wykazują wrażliwości na oddziaływanie PMS.

The study led to the conclusion that most pieces of rescue equipment operated by fire service departments were made of materials particularly susceptible to SMF. Consequently, this equipment can be attracted to the SMF source. Only a few pieces of the equipment were found to be non-susceptible to SMF.

Charakterystyka źródeł silnych PMS

PMS jest rodzajem pola magnetycznego niezmiennego w czasie (o częstotliwości 0 Hz), którego źródłami w środowisku pracy są m.in. elektromagnesy zasilane prądem stałym, magnesy trwałe lub instalacje stałoprądowe [9]. Najsilniejsze PMS emitują elektromagnesy skanerów i spektrometrów rezonansu magnetycznego, eksploatowane w placówkach medycznych, naukowych lub laboratoriach analitycznych.

W tym przypadku źródłem jednorodnego PMS, które występuje nieprzerwanie 24 godziny na dobę, jest elektromagnes nadprzewodzący o indukcji magnetycznej najczęściej od 0,5 do 3 T (w przypadku skanera), a nawet do 20 T (w przypadku spektrometru) [3]. Dla porównania, indukcja magnetyczna pola geomagnetycznego na obszarze Polski wynosi ok. 0,00004 T [1].

Proces aktywacji elektromagnesu nadprzewodzącego jest złożony i kosztowny – wymaga m.in. obniżenia temperatury uzwojenia elektromagnesu do ok. 4 K (tj. ok. -270°C) i utrzymania go w takich warunkach, aby uzyskać w nim zjawisko nadprzewodnictwa. W tym celu niezbędna jest specjalna instalacja chłodząca z ciekłym helem. W urządzeniach z elektromagnesami nadprzewodzącymi nie stosuje się rutynowego wyłączania PMS po zakończeniu pracy z urządzeniem, jak w przypadku innych źródeł PMS. Ponadto charakterystyczną cechą elektromagnesu nadprzewodzącego jest działanie aktywowanego elektromagnesu niezależne od zasilania elektrycznego (taki elektromagnes po uruchomieniu jest urządzeniem autonomicznym, dopóki temperatura uzwojenia jest utrzymywana na odpowiednio niskim poziomie). W sytuacjach awaryjnych można spowodować natychmiastowe dezaktywowanie elektromagnesu nadprzewodzącego jedynie poprzez zastosowanie specjalnej procedury i wyposażenia awaryjnego.

Nieliczne skanery rezonansu magnetycznego mają magnesy trwałe o indukcji magnetycznej poniżej 0,5 T. Z kolei ich rozmagnesowanie jest możliwe jednorazowo (trwale) po poddaniu magnesów obróbce termicznej w temperaturze przekraczającej wartość charakterystyczną dla materiału, z którego wykonany jest konkretny magnes, zwaną punktem Curie (np. ok. 1114°C dla kobaltu, 770°C dla żelaza i 354°C dla niklu).

Characteristics of strong SMF sources

SMF is a type of time-invariant magnetic field (with a frequency of 0 Hz) whose sources in the working environment include DC electromagnets, permanent magnets or DC installations [9]. The strongest SMF is emitted by electromagnets of magnetic resonance imaging scanners and spectrometers utilised in medical centres, research institutions or analytical laboratories.

In this case, the source of a 24-hour-a-day uniform SMF is the superconducting electromagnet with a magnetic flux density usually ranging from 0.5 to 3 T (for scanners) up to 20 T (for spectrometers) [3]. For comparison, the magnetic flux density of the geomagnetic field within Poland is about 0.00004 T [1].

Activating a superconducting electromagnet is a complex and costly process – it requires, among other conditions, the temperature of the electromagnet's winding to be reduced to about 4 K (i.e. about -270°C), and the electromagnet must be kept in this temperature to generate super conduction. To achieve this, a special liquid helium cooling system must be used. In devices with superconducting electromagnets, SMF is not routinely switched off after the operator finishes operating the device, as is the case with other SMF sources. Another distinctive feature of superconducting electromagnets is that once activated, they remain active even without power supply (after activation, such an electromagnet is an independent device as long as the winding's temperature is kept sufficiently low). In emergency situations, superconducting electromagnets can be deactivated immediately. This can be only done, however, by means of a special procedure and emergency equipment.

A few magnetic resonance imaging scanners have permanent magnets with a magnetic flux density of less than 0.5 T. They can be demagnetised only once (permanently), when subjected to temperatures in excess of the characteristic values for the respective materials they are made of, called the Curie point (e.g. about 1,114°C for cobalt, 770°C for iron and 354°C for nickel).

PMS występuje nieprzerwanie (24 godziny na dobę) w otoczeniu magnesów nadprzewodzących i trwałych, dlatego urządzenia tego rodzaju stanowią najistotniejsze źródło zagrożeń.

Silne PMS występuje również przy chwytakach i separatorach magnetycznych, wykorzystywanych w przedsiębiorstwach przemysłowych – zazwyczaj wyposażonych w elektromagnes rdzeniowy, którego zasilanie może być wyłączone w dowolnym momencie.

Skanery rezonansu magnetycznego

Urządzenia te służą do obrazowych badań diagnostycznych ciała pacjenta (rycina 1). Aby uzyskać obraz diagnostyczny, pacjent umieszczany jest w PMS [3].

Większość tego typu urządzeń eksploatowana jest w szpitalach lub ambulatoryjnych placówkach diagnostyki medycznej jako urządzenia stacjonarne. Możliwa jest ich eksploatacja w naukowych placówkach weterynaryjnych i biologicznych. Skaner może być również zlokalizowany na naczepie ciągnika siodłowego i wyposażony w indywidualny agregat elektryczny (akumulatorowy) podtrzymujący zasilanie instalacji chłodzącej magnes podczas transportu. Skanery mobilne stosowane są zazwyczaj jako rozwiązanie tymczasowe dla specjalistycznych placówek medycznych, podczas przeprowadzenia prac serwisowych urządzeń stacjonarnych lub jako rozwiązanie umożliwiające dotarcie do pacjentów z małych miejscowości.

Zazwyczaj skanery i miejsca ich eksploatacji nie są oznakowane wymaganymi przez przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy znakami ostrzegawczymi, informującymi o źródłach PMS i występujących w ich otoczeniu zagrożeniach dla ludzi i infrastruktury technicznej (np. brak takich widocznych oznaczeń). Przykład braku oznakowania przedstawiono na rycinie 1.

SMF is constantly present (24 hours a day) around superconducting and permanent magnets, so these devices are the major source of hazard.

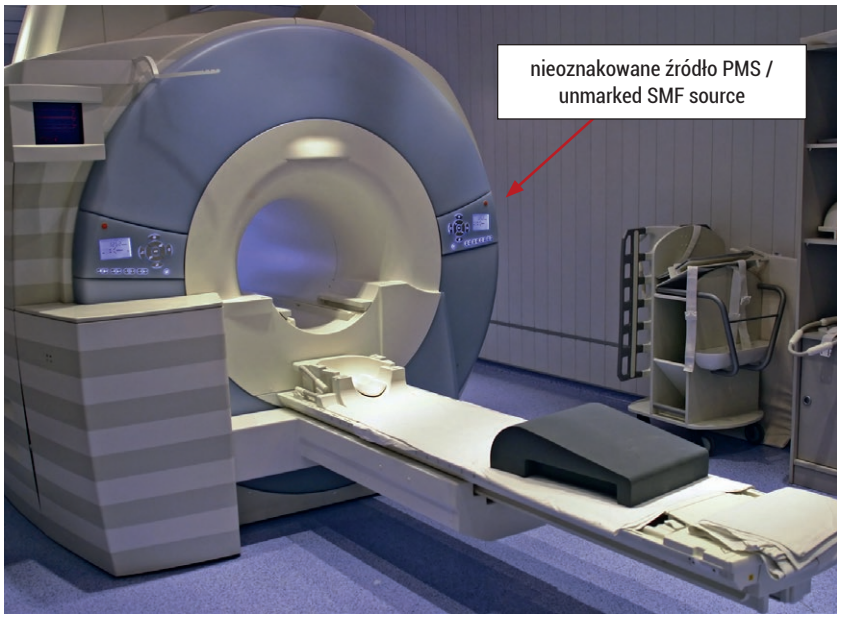
Strong SMF is also found around magnetic grippers and separators used in industrial facilities. Usually, these are equipped with core electromagnets whose supply can be switched off at any time.

Magnetic resonance imaging scanners

These devices are intended for the diagnostic imaging of patients' bodies (Figure 1). To obtain an image, the patient has to be placed within the SMF [3].

These devices are in use, as stationary devices, mainly in hospitals and outpatient clinics. However, they can also be utilised in veterinary and biological research institutions. What is more, these scanners can be placed on semitrailers of truck-tractors, as well as be equipped with power generating units (battery powered) which power the magnet-cooling systems during transport. Mobile scanners are usually used as a temporary solution for specialised medical centres while their stationary devices are undergoing maintenance. Alternatively, these can prove helpful when patients from small towns have to be reached for testing.

Scanners and the sites where they are utilised are usually not marked with the warning signs required under the OSH regulations to advise of SMF sources and the potential risks that exist around them for humans and utilities (e.g. no such signs can be seen in Figure 1).



Rycina 1. Przykładowy stacjonarny skaner rezonansu magnetycznego do medycznych badań diagnostycznych
Figure 1. Example of a stationary magnetic resonance imaging scanner for medical diagnostic imaging
Źródło/Source: Fot. smart.art/Bigstockphoto.

Skanery rezonansu magnetycznego mogą być mylone z tomografami komputerowym (CT), ze względu na podobieństwo i typowe użytkowanie obu rodzajów urządzeń w pracowniach diagnostycznych placówek medycznych [10].

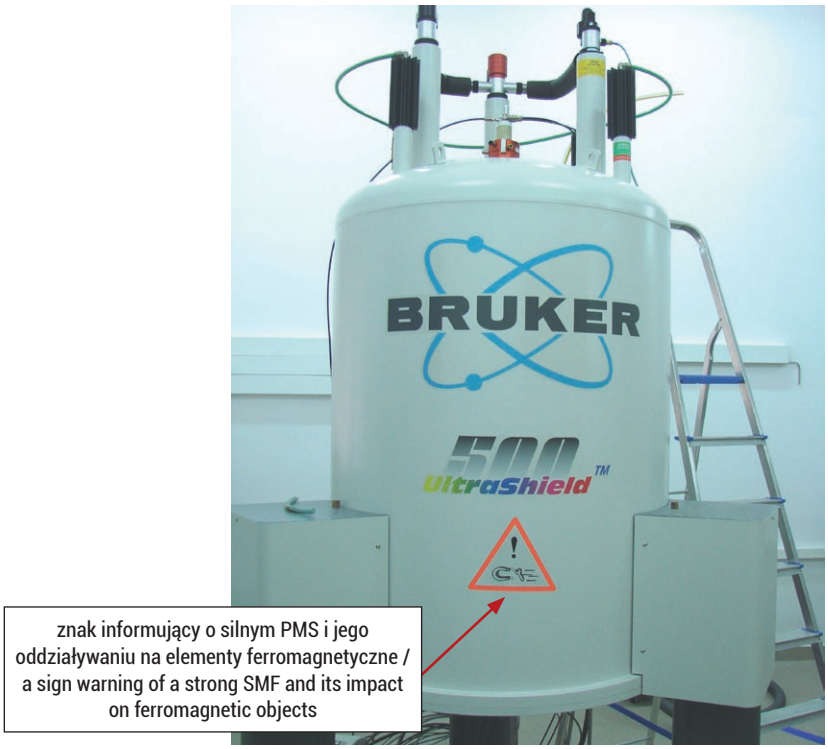
Spektrometry rezonansu magnetycznego

Spektrometry rezonansu magnetycznego to urządzenia wykorzystywane w różnych przemysłowych laboratoriach analitycznych (np. chemicznych lub farmaceutycznych) lub naukowych laboratoriach analitycznych na uczelniach lub w instytutach badawczych. Urządzenia te pozwalają na badanie składu chemicznego analizowanej substancji umieszczonej w silnym PMS (rycina 2).

Magnetic resonance imaging scanners can be mistaken with computer-tomography scanners. Indeed, they are similar and are also usually used in the diagnostic departments of medical centres [10].

Magnetic resonance imaging scanners

Magnetic resonance spectrometers are used at various industrial laboratories (e.g. chemical or pharmaceutical) or university research laboratories and research institutes. These devices can be used to investigate the chemical composition of substances placed within a strong SMF (Figure 2).



Rycina 2. Przykładowy spektrometr rezonansu magnetycznego do badania składu chemicznego substancji
Figure 2. Example of a magnetic resonance spectrometer used for chemical composition analysis
Źródło/Source: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bruker_Avance_DPX_250_NMR_Spectrometer.jpg.

Chwytaki magnetyczne

Chwytaki magnetyczne to urządzenia służące do podnoszenia lub przenoszenia ciężkich elementów metalowych. Znajdują one zastosowanie w wielu składach stali, fabrykach, magazynach, warsztatach, gdzie mogą być pomocne przy przenoszeniu blach, płyt i innych dużych stalowych elementów.

Magnetic grippers

Magnetic grippers are devices used to lift and handle heavy metal components. They are used in many steel storage facilities, plants, warehouses and workshops, where they can facilitate the handling of metal sheets and other large steel components.

Separatory magnetyczne

Separatory magnetyczne to urządzenia służące do oddzielania zanieczyszczeń o właściwościach ferromagnetycznych z materiałów sypkich lub granulowatych. Znajdują one zastosowanie m.in. przy taśmociągach eksploatowanych w liniach recyklingu lub segregacji odpadów, a także w przetwórstwie pasz i zbóż, przy wytwarzaniu płyt wiórowych oraz wykorzystaniu innych materiałów rozdrobnionych np. węgla lub biomasy w elektrowniach.

Magnetic separators

Magnetic separators are used to separate ferromagnetic impurities from loose and granular materials. They are employed, for instance, for conveyor-belt flights in recycling or waste-segregation lines, as well as in fodder and grain processing, the manufacture of chipboards, or when other loose materials, such as coal or biomass, are used in power plants.

ISSN 1895-8443

Charakterystyka zagrożeń związanych z eksploatacją źródeł silnego PMS

W tabeli 3 przedstawiono charakterystykę omówionych wcześniej źródeł silnego PMS dotyczącą warunków wystąpienia zagrożeń balistycznych w PMS o indukcji magnetycznej przekraczającej 3 mT, z uwzględnieniem możliwości lub braku możliwości wyłączenia generacji PMS.

Specification of hazards related to strong SMF sources

Table 3 specifies the above described sources of strong SMF in terms of the conditions in which any SMF with a magnetic flux density of more than 3 mT can create a ballistic hazard, taking into account the possibility, or the lack thereof, of switching off the generation of SMF.

Tabela 3. Charakterystyka zagrożeń balistycznych związanych z eksploatacją źródeł silnego pola magnetostatycznego
Table 3. Specification of sources of strong static magnetic field and the ballistic hazards which they can generate

Urządzenie / Device	Źródło silnego pola magnetostatycznego / Source of strong static magnetic field	Możliwość rutynowej dezaktywacji źródła pola magnetostatycznego / Routine SMF source deactivation possible	Konieczność stosowania specjalnych procedur dezaktywacji źródła pola magnetostatycznego / The necessity of employing special procedures of SMF source deactivation	Zasięg pola magnetostatycznego, w którym mogą wystąpić zagrożenia balistyczne / The range of static magnetic field in which ballistic hazards may occur
skaner rezonansu magnetycznego / magnetic resonance imaging scanner	elektromagnes nadprzewodzący / superconducting electromagnet	**brak** (dezaktywacja tylko w sytuacjach nadzwyczajnych) / **unavailable** (deactivation possible in extraordinary circumstances only)	tak / yes	ok. 2–3 m / approx. 2–3 m
	magnes trwały / permanent magnet	**brak / unavailable**	**brak** (magnes trwały dezaktywuje jedynie jego uszkodzenie termiczne) / **unavailable** (permanent magnets can be deactivated only when damaged by temperature)	ok. 1 m / approx. 1 m
spektrometr rezonansu magnetycznego / magnetic resonance spectrometer	elektromagnes nadprzewodzący / superconducting electromagnet	**brak** (dezaktywacja tylko w sytuacjach nadzwyczajnych) / **unavailable** (deactivation possible only in extraordinary circumstances)	tak / yes	ok. 0,5 m / approx. 0.5 m
chwytak magnetyczny / magnetic gripper	elektromagnes rdzeniowy / core electromagnet	tak / yes	nie / no	ok. 1 m / approx. 1 m
separator magnetyczny / magnetic separator	elektromagnes rdzeniowy / core electromagnet	tak / yes	nie / no	ok. 1 m / approx. 1 m

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Scenariusze przykładowych zdarzeń wypadkowych związanych ze zjawiskiem balistycznym

Zagrażające życiu i zdrowiu strażaków skutki zjawiska balistycznego mogą wystąpić podczas działań operacyjnych lub ćwiczeń ewakuacyjnych w obiektach, w których zlokalizowane są omówione źródła silnego PMS.

Konieczność przeprowadzania ćwiczeń ewakuacyjnych w Polsce wynika z wytycznych określonych w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [11]. Konieczność przeprowadzenia praktycznego sprawdzenia organizacji i warunków ewakuacji co najmniej raz na 2 lata dotyczy placówek zatrudniających co najmniej 50 osób. W analizowanym zakresie taka konieczność obejmuje przede wszystkim szpitale, duże obiekty

Scenarios of possible accidents involving ballistic events

Health- and life-threatening effects of ballistic events can occur for firefighters during operations and fire drills conducted in structures containing the said sources of strong SMF.

Fire drills are a mandatory requirement in Poland under the guidelines set out in the Regulation of the Minister of the Interior and Administration of 7 June 2010 on the fire protection of buildings and other structures and areas [11]. Evacuations must be practised at least once every two years by any establishment with a workforce of at least 50. As far as ballistic events are concerned, this is a requirement primarily for hospitals, large industrial facilities, specialised laboratory centres, major medical centres and specialised clinics. These measures aim to prepare the building and the employees working in it for actual health- or life-threatening situations, so

przemysłowe, specjalistyczne ośrodki laboratoryjne, większe placówki medyczne i specjalistyczne przychodnie. Działania te mają na celu ocenę przygotowania obiektu i znajdujących się w nim pracowników do sytuacji rzeczywistego zagrożenia, dlatego działania takie należy przeprowadzać podczas normalnego funkcjonowania obiektu. Ze względu na liczne trudności w organizacji, specyfikę miejsc oraz możliwość spowodowania przypadkowego zagrożenia dla zdrowia i życia pacjentów, ćwiczenia takie bywają przeprowadzane rzadziej niż jest to określone w rozporządzeniu. W tego typu placówkach należy liczyć się z występowaniem omawianych źródeł PMS.

Specyficzną formę zagrożeń stanowią wspomniane mobilne skanery rezonansu magnetycznego. Zagrożenie zjawiskiem balistycznym może wystąpić w tym przypadku w trakcie prowadzenia działań ratowniczo-technicznych na drogach publicznych np. w sytuacji wypadku komunikacyjnego z udziałem ciągnika siodłowego przewożącego urządzenie w naczepie, ponieważ jak wspominano elektromagnes nadprzewodzący znajdujący się w urządzeniu jest aktywny podczas transportu. Jego dezaktywacja może nastąpić wskutek uszkodzenia lub wyłączenia instalacji chłodzącej elektromagnes ciekłym helem lub całkowitego wyczerpania energii z agregatu, który podtrzymuje zasilanie instalacji chłodzącej. Dochodzi wtedy do podwyższenia się temperatury uzwojenia elektromagnesu (zaniku zjawiska nadprzewodnictwa). Ponadto do dezaktywacji może dojść także w razie uszkodzenia lub uruchomienia procedury natychmiastowej dezaktywacji elektromagnesu skanera podczas wypadku.

Dyskusja

W wyniku działań operacyjnych wynikających z przytoczonego rozporządzenia [11] prowadzonych przez strażaków na terenie obiektu, gdzie znajduje się źródło silnego PMS, może dojść do zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia wskutek podatności wyposażenia strażaków na oddziaływanie PMS, gdy znajdą się oni w bliskim sąsiedztwie takiego źródła (tabela 3). Przedstawiony problem zagrożeń balistycznych nie dotyczy separatorów oraz chwytaków magnetycznych, ponieważ są one wyposażone w wyłączniki umożliwiające odłączenie zasilania, gdy nie są one eksploatowane. Natychmiast po wyłączeniu ich zasilania elektrycznego następuje dezaktywacja elektromagnesów rdzeniowych.

Istotność zagrożeń balistycznych występujących przy skanerach i spektrometrach rezonansu magnetycznego wynika z faktu, że zagrożenia związane z oddziaływaniem PMS mają charakter ciągły i występują, nawet gdy badania nie są prowadzone. Urządzenia te wyposażone są w wyłączniki umożliwiające awaryjną dezaktywację PMS poprzez rozwarcie obwodu elektromagnesu nadprzewodzącego, generującego silne PMS (rycina 3). Jednak wysokie koszty związane z ich każdorazowym uruchomieniem sprawiają, że nie są one dezaktywowane poza szczególnymi sytuacjami awaryjnymi np. na czas prowadzonych ćwiczeń.

Dla strażaków możliwość wystąpienia zagrożeń balistycznych w przypadku spektrometrów rezonansu magnetycznego jest mniejsza niż przy skanerach rezonansu magnetycznego. Spektometry charakteryzują się zdecydowanie mniejszą rozległością silnego PMS mogącego oddziaływać na ferromagne-

they should be conducted at times when the building functions normally. Due to a multitude of organisational difficulties, the unique qualities of each place wherein the specified drills are to be conducted, and the potential hazards to the health or life of patients of their undertaking, such drills do not take place in these establishments as often as prescribed by the Regulation, despite such establishments being highly likely to contain SMF sources.

The previously mentioned mobile magnetic resonance imaging scanners are a specific form of hazard. In this case, a ballistic-event hazard can occur during rescue operations on public roads – for instance, if there is an accident involving a truck-tractor carrying the device in its semitrailer. This is because the superconducting electromagnet inside it is active while the vehicle is on its way. The fluid-helium cooling system of the magnet would have to be damaged or switched off, or the power generating unit which keeps the system going would have to run out of power, in order for the electromagnets to be deactivated as a result of an increase in the temperature of the electromagnet's winding (loss of super conduction). The electromagnets can also be deactivated during an accident when damaged, or when a procedure for its immediate deactivation is initiated.

Discussion

The drills required under the Regulation [11] and conducted by firefighters in sites which contain sources of strong SMF may pose a hazard to life or health, since firefighter equipment becomes susceptible to SMF if close enough to it (Table 3). Ballistic hazard is not an issue for magnetic separators and grippers, though, as they have switches to turn the power off when not used. With no power supply, their core electromagnets are deactivated.

The major ballistic hazards associated with magnetic resonance imaging scanners and spectrometers are attributable to the continuous presence of SMF, even when the device is not on. They are equipped with switches designed to deactivate SMF by opening the circuit of the superconducting electromagnet which generates strong SMF (Figure 3), but it is highly expensive to activate them again, so this procedure is reserved for special or emergency situations and avoided during e.g. drills.

In terms of ballistic hazards, magnetic resonance spectrometers are less hazardous for firefighters than magnetic resonance imaging scanners. Indeed, the strong SMF generated by spectrometers has a much smaller range compared to that generated by magnetic resonance imaging scanners, and thus a much lower potential to affect the ferromagnetic pieces of firefighter equipment. Compare:

- a range of approx. 0.5 m from the casing of the device for a spectrometer's electromagnet
- a range of up to 2–3 m from the casing of the device for a scanner's electromagnet.

ISSN 1895-8443

Rycina 3. Przykładowy awaryjny wyłącznik umożliwiający natychmiastową dezaktywację silnego PMS w skanerze rezonansu magnetycznego
Figure 3. Example of an emergency switch to immediately deactivate the strong static magnetic field of a magnetic resonance imaging scanner
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

tyczne elementy wyposażenia strażackiego w przeciwieństwie do skanerów rezonansu magnetycznego:

— ok. 0,5 m od obudowy elektromagnesu spektrometru,
— do 2–3 m od obudowy elektromagnesu skanera.

Jak wynika ze statystyk PSP w roku 2013 zarejestrowano 90 przypadków wystąpienia różnej wielkości pożarów w placówkach szpitalnych [8]. W budynku, w którym wystąpił pożar, podjęcie działań ratowniczo-gaśniczych powinno być rozpoczęte dopiero po odcięciu prądu za pomocą przeciwpożarowego wyłącznika prądu. Zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, odcięcie dopływu prądu z zastosowaniem tego wyłącznika powinno spowodować wyłączenie dopływu prądu do wszystkich obwodów wewnątrz danego budynku, oraz nie powinno spowodować samoczynnego załączenia drugiego źródła energii elektrycznej, w tym zespołu prądotwórczego [12]. Wyjątek stanowią źródła zasilające urządzenia elektryczne podtrzymujące życie, które muszą funkcjonować podczas pożaru. Do takich wyjątków zaliczyć można np. szpitalny blok operacyjny lub urządzenia na oddziale intensywnej terapii.

Natomiast w przypadku skanerów rezonansu magnetycznego, rozwiązaniem zalecanym przez producentów jest doprowadzenie zasilania z niezależnego źródła energii oraz zapewnienie instalacji zasilania awaryjnego (podtrzymującego). Ma to zapobiec nagłemu zanikowi energii zasilającej ciekłym helem instalację chłodzącą elektromagnes nadprzewodzący. W związku z tym należy brać pod uwagę, że PMS skanera może być nadal aktywne, pomimo użycia wyłącznika przeciwpożarowego. Ponadto zanik zasilania elektrycznego nie dezaktywuje elektromagnesu nadprzewodzącego, w którym prąd elektryczny przepływa autonomicznie dopóki występują warunki nadprzewodnictwa. Placówki diagnostyczne przy szpitalach eksploatujące skanery

According to Polish State Fire Service statistics, a total of 90 fire incidents of varying sizes were recorded for medical centres in 2013 [8]. It is important to note that no rescue and extinguishing operations should start in a building before it is cut off from power using a fire switch. In line with the requirements of the Minister of the Interior Regulation pertaining to the technical conditions to be complied with by buildings and their locations, a fire switch should cut off power supply to all the circuits inside a building without automatically activating other power sources, including power generators [12]. As an exception, this does not apply to power sources for electric life support devices, which must be operational during a fire – for instance, for operating theatres or ICU (Intensive Care Unit) equipment.

As far as magnetic resonance imaging scanners are concerned, manufacturers recommend providing them with independent power supply and installing uninterrupted power supply units. This is to prevent sudden outages of the power needed to supply liquid helium to the cooling system of the superconducting electromagnet. Hence, firefighters should reckon with the possibility that the scanner's SMF is still active even though the fire switch has been used. What is more, the power outage will not deactivate the superconducting electromagnet, as the electric current will flow thought it independently as long as there is super conduction. Also of note, hospital diagnostic centres which operate magnetic resonance imaging scanners are sometimes independent entities with their own utilities.

If there is a traffic accident, the head of rescue operations (HRO) will make a reconnaissance to assess the situation. This is very important, as firefighters may come into direct contact with the mobile scanner if the reconnaissance has not been done properly or if the firefighters find themselves too close to the scanner – for instance when they are spreading, lifting

rezonansu magnetycznego bywają samodzielnymi ośrodkami z wydzieloną infrastrukturą techniczną.

W razie wypadku komunikacyjnego, kierujący działaniami ratowniczymi (KDR) przeprowadza rozpoznanie i ocenia zaistniałą sytuację. Do bezpośredniego kontaktu strażaków z transportowanym mobilnym skanerem może dojść w wyniku błędnego rozpoznania lub przebywania w jego bliskim otoczeniu np. podczas czynności operacyjnych takich jak rozszczepianie, podnoszenie i stabilizowanie samochodów, które uległy wypadkowi. W tych działaniach niezbędne jest zastosowanie narzędzi ratowniczych, które są dużo cięższe od ekwipunku osobistego i podręcznego użytkowanego przez strażaków podczas prowadzonych działań ratowniczych. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że podstawowy sprzęt ratownictwa technicznego (np. rozpieracze lub nożyce) często zasilany jest z agregatu hydraulicznego. Elementy te są ze sobą połączone za pomocą węży hydraulicznych. W związku z powyższym w razie wystąpienia zjawiska balistycznego źródłem zagrożenia staje się nie tylko samo urządzenie, ale również przewody oraz agregat, które w wyniku pociągnięcia mogą stanowić zagrożenie dla prowadzących działania ratowników.

BHP w czasie służby strażaków

Strażacy muszą liczyć się z zagrożeniem życia i zdrowia podczas akcji ratowniczo-gaśniczych lub ćwiczeń. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej określa wytyczne dotyczące bezpieczeństwa strażaków PSP w takich sytuacjach oraz wymagania bezpieczeństwa i higieny służby w obiektach i pomieszczeniach przeznaczonych na użytek jednostek ratowniczo-gaśniczych, wymagania dotyczące wyposażenia strażaków w środki ochrony indywidualnej oraz zabezpieczenia medycznego podczas działań ratowniczo-gaśniczych, ćwiczeń i szkolenia [13].

Rozporządzenie to nie przewiduje specjalnych regulacji prawnych na wypadek konieczności prowadzenia przez strażaków działań ratowniczo-gaśniczych w narażeniu na silne PMS. Wymagania BHP w tym zakresie określają rozporządzenia Ministra Rodziny Pracy i Polityki Społecznej [14, 15].

Przeprowadzone rozpoznanie wykazało podatność niektórych elementów indywidualnego wyposażenia strażaków oraz sprzętu ratowniczego na oddziaływanie PMS. Analiza potencjalnych scenariuszy działania straży pożarnej wykazała możliwość zaistnienia sytuacji wymagającej podjęcia działań ratowniczo-gaśniczych, kontrolno-rozpoznawczych lub ćwiczeń, podczas których strażacy mogą być narażeni na silne PMS oraz możliwość wystąpienia zagrożeń balistycznych związanych z użytkowaniem wyposażenia indywidualnego oraz sprzętu ratowniczego przy źródłach PMS. W związku z powyższym zasadne jest przeprowadzenie rozpoznania oraz odrębnej szczegółowej analizy ze względu na podatność na PMS wyposażenia i sprzętu jednostek straży pożarnych.

Zgodnie z wymaganiami obowiązujących przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy użytkownik źródła PMS powinien przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne rozpoznać, ocenić i oznakować występujące zagrożenia elektro-

and stabilising a car involved in an accident. These measures require rescue tools which are much heavier than the personal and carry-on gear used by firefighters during rescue operations. Also, it should be noted that the basic rescue equipment (e.g. spreaders or shears) is often powered by hydraulic power generators. Such equipment and generators are, therefore, interconnected through hydraulic hoses. By extension, if a ballistic event occurs, the hazard will come not only from the device alone, but also from the hoses and the power generator. Indeed, these might pose a danger to the firefighters when accidentally pulled or knocked.

Firefighting OSH

Firefighters are facing an inherent hazard to their life and health during each rescue and extinguishing operation or drill. The Regulation of the Minister of the Interior and Administration of 16 September 2008 on the detailed health and safety conditions for the State Fire Service firefighters lays down the safety guidelines for such operations, and also the health and safety requirements applicable in the buildings and rooms used by rescue and firefighting units, as well as personal protection and medical protection requirements for rescue and extinguishing operations, drills and training [13].

The Regulation does not, however, contain any contingency provisions for operations involving firefighters' exposure to strong SMF. The OSH requirements in this respect are defined by the Ministry of Family, Labour and Social Policy Regulations [14, 15].

Our tests have shown that certain pieces of personal firefighter equipment and rescue equipment are susceptible to SMF. Furthermore, having analysed the potential scenarios of Fire Service operations, we have identified possible situations in which firefighters will have to engage in rescue and extinguishing, or reconnaissance, or drill operations involving their exposure to strong SMF, as well as possible ballistic hazards incidental to the use of personal or rescue equipment near SMF sources. There is all reason, therefore, to thoroughly investigate and test Fire Service equipment and gear for susceptibility to SMF.

Under applicable OSH laws, users of SMF-source devices whose work involves exposure to electromagnetic fields should identify, assess and provide signage of any existing electromagnetic hazards (including ballistic hazards), as well as mark SMF sources and ranges of protected zones (i.e. areas in which a ballistic event might occur), and the types of electromagnetic hazards that might occur there [14, 15]. Standardised signs may be used for this purpose, as in Figure 4 [16, 17, 18]. When placed in plain sight, this signs can prevent firefighters

 ISSN 1895-8443

magnetyczne (także zagrożenia balistyczne) oraz oznakować źródła PMS i zasięgi stref ochronnych (tj. obszarów, w których może zaistnieć zjawisko balistyczne), a także rodzaje zagrożeń elektromagnetycznych, jakie mogą tam wystąpić [14, 15]. Stosować do tego można znormalizowane znaki np. pokazane na ryc. 4 [16, 17, 18]. Umieszczenie takich znaków w widocznych miejscach może zapobiec zagrożeniom wynikającym ze zbliżenia się strażaka (lub innej osoby) ze sprzętem o właściwościach ferromagnetycznych do aktywnego źródła silnego PMS. Ze względu na wspominane użytkowanie zarówno magnesów trwałych, jak i elektromagnesów nadprzewodzących, jako dobrą praktykę należy uznać traktowanie oznakowanych źródeł PMS jako zawsze aktywnych – dopóki nie zostanie potwierdzone ich dezaktywanie (wyłączenie pola). Szczególnej uwagi wymaga również niewłaściwa praktyka wielu użytkowników źródeł silnych PMS, polegająca na umieszczeniu znaków ostrzegających o zagrożeniach balistycznych w niewidocznych miejscach lub stosowanie znaków o zbyt małych rozmiarach, które można odczytać dopiero po zbliżeniu się do źródła PMS.

(or other individuals) wearing or carrying highly ferromagnetic equipment from coming too close to an active source of strong SMF and thus creating an inherent hazard. As mentioned earlier, since both permanent magnets and superconducting electromagnets are in use, it should be a best practice to consider marked SMF sources as being always active until they are positively deactivated (that is, until the electromagnetic field is turned off). Special consideration should also be given to eliminating the inappropriate practice – common among users of devices generating strong SMF – of putting ballistic-hazard warning signs in inconspicuous places, or using signs which are too small and not legible unless the SMF source is approached.

Rycina 4. Przykładowe znaki informujące o możliwości wystąpienia zagrożenia balistycznego
Figure 4. An example of a ballistic-hazard warning sign
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Podsumowanie

Zagrożenia balistyczne mogą wystąpić w otoczeniu źródeł silnych PMS, szczególnie takich jak skanery i spektrometry rezonansu magnetycznego, chwytaki lub separatory magnetyczne, powodując np. uszkodzenia sprzętu, uszkodzenie ciała, a nawet utratę życia. Do grup zawodowych narażonych na tego typu niebezpieczeństwa należą również funkcjonariusze straży pożarnej prowadzący działania operacyjne w bliskim otoczeniu skanerów i spektrometrów rezonansu magnetycznego (np. w placówkach medycznych i naukowych). Z uwagi na specjalne i kosztowne procedury dezaktywacji i aktywacji takich źródeł silnego PMS są one zwykle stale aktywne.

Summary

Strong SMF sources, such as, in particular, magnetic resonance imaging scanners and spectrometers, magnetic grippers and separators, might pose ballistic hazards within their surroundings. These hazards, in turn, can cause damage to the equipment, bodily injuries, or even death. Such hazards are faced, among other occupations, by Fire Service officers working in the proximity of magnetic resonance imaging scanners and spectrometers (e.g. in medical centres or research institutes). The strong SMFs of these devices are usually active permanently, since the procedures for their deactivation are too complex and costly.

Problematyka zagrożeń elektromagnetycznych powinna być omawiana podczas szkoleń oraz ćwiczeń strażaków. Powinny one uwzględniać rodzaje zagrożeń i rozpoznane okoliczności, w których mogą one wystąpić, sposoby ich oznakowania i ograniczania, tak aby możliwe było trenowanie procedur działania podczas akcji ratowniczych, również w specyficznych warunkach w pobliżu aktywnych źródeł silnych PMS.

Podczas czynności kontrolnych stanu zabezpieczenia przeciwpożarowego i warunków ewakuacji w placówkach, gdzie eksploatowane są źródła silnego PMS, należy również zwrócić szczególną uwagę na właściwe oznakowanie źródeł i dostateczną widoczność informacji o występujących tam zagrożeniach elektromagnetycznych. Powinny być także dostępne istotne dla strażaków informacje na temat sposobu awaryjnej dezaktywacji źródła tzn. sposobu natychmiastowego wyłączenia silnego PMS oraz eliminacji zagrożeń balistycznych w razie konieczności przebywania strażaków w pobliżu takiego źródła PMS.

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu pragramu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy", finansowanego w latach 2014–2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministertwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej (zadanie 2.Z.30). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Hence, electromagnetic hazards should be discussed during firefighters' training and exercises. This should include the types of these hazards and the known circumstances in which they might occur, as well as the means whereby they can be marked and contained, so as to enable the Fire Service to practice rescue operational procedures, including in the proximity of strong SMF sources.

Fire-safety and evacuation-safety inspections conducted in buildings where devices generating strong SMF are operated should pay special attention to whether or not these SMF sources are properly marked, and also to whether the electromagnetic-warning signs are sufficiently legible. It would also be advisable for such buildings to have instructions in place for firefighters on how to proceed with the emergency deactivation of SMF sources, that is, how to immediately switch off any strong SMF source and eliminate ballistic hazards should the firefighters have to approach such an SMF source.

This paper has been based on the results of research carried out within the scope of the third of the National Programme "Improvement of safety and working conditions" partly supported in 2014–2016 within the scope of state services by Ministry of Family, Labour and social Policy (task 2.Z.30). The main coordinator of the Programme: The Central Institute for Labour Protection – National Research Institute

Wykaz skrótów

BHP – bezpieczeństwo i higiena pracy
PMS – pole magnetostatyczne
PSP – Państwowa Straż Pożarna

List of abbreviations

OSH – occupational health & safety
SMF – static magnetic field
SFS – State Fire Service

Literatura / Literature

[1] Karpowicz J., Gryz K., Politański P., Zmyślony M., *Narażenie na pole magnetostatyczne i zagrożenia zdrowia przy obsłudze skanerów rezonansu magnetycznego*, „Med. Pr." 2011, 62(3), 309–321.
[2] Karpowicz J., Gryz K., *Ocena zagrożeń balistycznych w placówkach diagnostyki obrazowej na podstawie badań eksperymentalnych*, „Pol. J. Radiol." 2013; 78(2), DOI: 10.12659/PJR.883943.
[3] Portal internetowy „BEZPIECZNIEJ", http://www.ciop.pl/bezpieczniej [dostęp: 10.09.2016].
[4] Resnick R., Halliday D., Walker J., *Fundamentals of Physics*, 9th edition, 2012.
[5] Chen D.W., *Boy, 6, dies of skull injury during M.R.I.*, "NY Times" 2001; Jul 31:Sec. B:1,5 [electr. doc.] http://ducknetweb.blogspot.com/2010/06/mri-accident-earlier-this-year-kills.html [accessed: 30.06.2016].
[6] Materiały dydaktyczne prezentowane podczas kursu podstawowego dla Ochotniczych Straży Pożarnych „Szkolenie strażaków-ratowników OSP cz. 1", KM PSP w Warszawie, 9.05–13.06.2015.
[7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 listopada 2005 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. z 2006 r. Nr 4, poz. 25).
[8] *Biuletyn Informacyjny Państwowej Straży Pożarnej za rok 2013*, KG PSP, Warszawa 2014.
[9] Sikora R., *Teoria pola elektromagnetycznego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, wydanie 3, 1997.
[10] Karpowicz J. (red.), *Zagrożenia w placówkach diagnostyki obrazowej – wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zasady profilaktyki*, CIOP-PIB, Warszawa 2015, 50.
[11] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).
[12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690).
[13] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. Nr 180, poz. 1115).
[14] Rozporządzenie Ministra Rodziny Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.06.2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne (Dz.U. poz. 950).
[15] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27.06.2016 r. zmieniające rozporządzanie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. poz. 952).
[16] PN-93/N-01256/03 Znaki bezpieczeństwa. Ochrona i higiena pracy.
[17] PN-74/T-06260 Źródła promieniowania elektromagnetycznego. Znaki ostrzegawcze.
[18] PN-ISO 7010:2012 Symbole graficzne. Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa. Zarejestrowane znaki bezpieczeństwa.

MGR INŻ. WIESŁAW LESZKO – ukończył szkołę Główną Służby Pożarniczej w 2007 roku. Obecnie jest zatrudniony w Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym.

DR INŻ. KRZYSZTOF GRYZ – w 2004 obronił doktorat w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Obecnie jest zatrudniony jako adiunkt w Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych tego Instytutu.

WIESŁAW LESZKO, M.Sc.Eng. – graduated from The Main School of Fire Service in 2007. He is currently employed at the Electromagnetic Hazards Laboratory, the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute.

KRZYSZTOF GRYZ, Ph.D. Eng. – obtained a Ph.D. degree from the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute in 2004. He is currently Assistant Professor at the Laboratory of Electromagnetic Hazards, the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

dr inż. Jerzy Obolewicz[a)*]

[a)] *Politechnika Białostocka / Białystok University of Technology*
[*] *Autor korespondencyjny / Corresponding author: j.obolewicz@pb.edu.pl*

Wykorzystanie analizy wielokryterialnej do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia na budowie

The Use of Multi-Criteria Analysis for the Diagnosis of the State of Work Safety and Health Protection at Construction Sites

Использование многокритериального анализа для диагностики безопасности труда и охраны здоровья на строительной площадке

ABSTRAKT

Cel: Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie (BIOZ) zależą od wielu czynników. Są one zróżnicowane i często trudne do ustalenia, gdyż różnią się w zależności od zastosowanych technologii, a także organizacji i metod prowadzenia prac budowlanych. Celem artykułu jest przybliżenie czytelnikom zasad stosowania analizy wielokryterialnej w budownictwie na przykładzie metody DEMATEL przeznaczonej do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia.

Projekt i metody: Artykuł został opracowany w oparciu o literaturę naukową oraz posiadaną wiedzę i wyniki badań własnych autora. Do określenia bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami mającymi wpływ na bezpieczeństwo i ochronę zdrowia w ujęciu przyczynowo-skutkowym wykorzystano wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród kierownictwa budów w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr N N115 347038 (2010–2013) pt. „Identyfikacja stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskich przedsiębiorstwach budowlanych po wejściu do UE i zaprojektowanie modelu zarządzania bioz spełniającego europejskie kryteria jakościowe, ochrony środowiska, ergonomii i ochrony pracy". Na ich podstawie zastosowano metodę DEMATEL.

Wyniki: Istnieje wiele sposobów identyfikacji czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. W artykule zaproponowano wykorzystanie metody DEMATEL, która znalazła zastosowanie w rozwiązywaniu złożonych zagadnień, w tym także w budownictwie. Wykorzystanie metody DEMATEL do identyfikacji czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie na szczeblu kierownictwa budowy i ustalenie zależności przyczynowo-skutkowych pozwoliły na utworzenie mapy znaczenia (relacji), na podstawie której można było stwierdzić, które z analizowanych czynników były dominujące i wymagały szczególnej uwagi w dalszym postępowaniu.

Wnioski: Podczas realizacji procesu budowlanego występują różnorodne czynniki mogące stanowić zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia pracowników budowy. W związku z tym czynniki te należy identyfikować, na przykład za pomocą badań ankietowych lub poprzez wykorzystanie wiedzy pozyskanej od ekspertów. W dalszej kolejności należy stosować metody badań operacyjnych, które dzięki użytym modelom matematycznym oraz ustalonym kryteriom, pozwalają oceniać możliwe decyzje oraz poszukiwać decyzji optymalnej.

Słowa kluczowe: budownictwo, bezpieczeństwo i ochrona zdrowia, analiza wielokryterialna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 21.11.2016; Zrecenzowany: 24.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Objective: Work safety and health protection at construction sites (WSHP) depends on many factors. They are varied and difficult to identify, as they vary between the applied technologies, and the organisation and methods of work.. This paper aims to familiarise the readers with the rules of applying multi-criteria analysis in construction as exemplified by the DEMATEL method, which is designed to diagnose the state of work safety and health protection.

Design and Methods: This paper is based on research literature and the author's own knowledge and research findings. In order to determine the direct relationships between the factors affecting work safety and health protection in terms of cause and effect, the paper uses the results of National Science Centre research project, N N115 347038 (2010-2013), involving a survey conducted among construction managers, on "The identification of the state of work safety and health protection within Poland's construction industry following entry into the EU and the design of an WSHP management model meeting the European qualitative, environmental, ergonomics and labour protection criteria". They served as the basis for the use of the DEMATEL method.
Results: There are many ways to identify factors that affect the level of work safety and health protection. The paper proposes the use of the DEMATEL method, employed extensively for solving complex problems, including in the construction industry. The use of the DEMATEL method to identify factors affecting the level of work safety and health protection at construction sites and to determine the causal relationship has made it possible to create a map of significance (relations) that can be used to determine which factors were dominant and required special focus when performing further action.
Conclusions: Many factors occur during the construction process which may pose a threat to the health and even life of the construction workers. These can be identified, for instance, by questionnaire surveys or expert knowledge. This should be followed by operational research methods, which, via set criteria and applied mathematical models, enable the evaluation of decisions so as to ascertain the optimum decision.
Keywords: construction site, work safety and health protection, multi-criteria analysis
Type of article: original scientific article

Received: 21.11.2016; Reviewed: 24.05.2017; Published: 30.06.2017;
Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Безопасность и зашита здоровья на строительной площадке (BIOZ) зависят от многих факторов. Эти факторы разнообразны и часто сложны для определения, так как они зависят, кроме всего прочего, от используемой технологии, организации и методов проведения строительных работ. Целью статьи является ознакомление читателей с принципами применения методов многокритериального анализа в строительстве на примере метода DEMATEL, предназначенного для определения состояния безопасности труда и охраны здоровья.
Проект и методы: Статья написана на основе научной литературы, а также знаний и результатов собственных исследований автора. Для определения прямой связи между факторами, имеюшими причинно-следственную связь и влияюшими на безопасность и охрану здоровья, были использованы результаты опроса, проведенного среди руководителей строительных площадок в рамках научно-исследовательского проекта Национального центра науки № N N115 347038 (2010-2013) под названием „Идентификация состояния безопасности труда и охраны здоровья в польских строительных компаниях после входа в ЕС, а также проектировка модели управления bioz, соответствуюшей европейским критериям качества по зашите окружаюшей среды, эргономики и охране труда". На их основе использовался метод DEMATEL.
Результаты: Сушествует много способов определения факторов, влияюших на уровень безопасности и охраны здоровья. В статье предлагается использование метода DEMATEL, который неоднократно использовался для устранения сложных вопросов, в том числе и в строительной отрасли. Применение DEMATEL с целью определения факторов, влияюших на уровень безопасности и охраны здоровья на строительных площадках на уровне управляюших строительством и установление причинно-следственных связей, помогло создать смысловую карту (карту связей), на основе которой можно было определить, какие из анализируемых факторов были доминируюшие и требовали особого внимания в дальнейших этапах работы.
Выводы: Во время реализации строительного процесса присутствуют разные факторы, которые могут представлять опасность для здоровья и даже для жизни рабочих. Именно поэтому их необходимо определять, например, посредством опросов или пользоваться знаниями экспертов. На следуюших стадиях необходимо использовать методы оперативных исследований. Они позволяют оценить решения на основе установленных критериев с помошью математических моделей и найти оптимальное решение.
Ключевые слова: строительство, безопасность и охрана здоровья, многокритериальный анализ
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 21.11.2016; Рецензирована: 24.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;
Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Do połowy lat 90. bezpieczeństwo pracy w budownictwie kojarzono przede wszystkim z techniką, stanem wyposażenia i poziomem dostosowania warunków pracy do możliwości człowieka. Najczęściej pracodawcy podejmowali w tej kwestii wyłącznie działania niezbędne do spełnienia wymagań obowiązujących przepisów prawnych – tzw. warunków bezpieczeństwa i higieny pracy (popularne BHP). Podejście to zmieniło się po wejściu Polski do Unii Europejskiej, wraz z dostosowywaniem polskiego prawa w dziedzinie BHP do prawa unijnego.

Obecnie zagadnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w sposób kompleksowy regulują dyrektywy UE, które określają zadania pracodawców i pracowników oraz sposób ich realizacji [1]. Zapisy tej dyrektywy zostały wprowadzone do polskiego systemu prawnego [2–5].

Ustawa Prawo budowlane [6] normuje działalność budowlaną w obszarze projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach. Każdy obiekt budowlany powstaje w procesie inwestycyjnym, który jest ciągiem skoordynowanych czynności o charakterze technicznym, prawnym, technologicznym, organizacyjnym, finansowym, obejmującym przygotowanie, realizację i eksploatację planowanej inwestycji budowlanej w bezpieczny sposób, w określonym czasie i przy ograniczonych zasobach finansowych. Wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego odpowiadają za bezpieczeństwo i ochronę zdrowia, każdy we własnym, określonym prawnie zakresie.

Współcześnie bezpieczeństwo i ochrona zdrowia to jedno z zasadniczych zagadnień nurtujących budownictwo, które wymaga systematycznych działań obejmujących identyfikację zagrożeń zdrowia i życia pracowników budowlanych podczas wykonywania robót na budowie. Jest to szczególnie ważne, ponieważ właśnie na budowie do wypadków dochodzi najczęściej [7].

Do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia (BIOZ) na etapie realizacji inwestycji (na budowie) wykorzystano metodę DEMATEL. Metoda ta została opracowana przez E. Fonela i A. Gabusa w latach 70. XX wieku w Szwajcarii. Była zastosowana do rozwiązywania złożonych zagadnień, w tym związków przyczynowo-skutkowych. W obecnych czasach stosuje się ją także w budowlanym procesie inwestycyjnym [8] na etapie projektowania [9], realizacji i eksploatacji obiektów budowlanych [10].

Analiza zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na stan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na poziomie kierownictwa budowy

Procedura zastosowania metody DEMATEL obejmuje kilka etapów. W literaturze tematu można odnaleźć je w publikacjach krajowych oraz zagranicznych. Wykorzystując przegląd opracowany przez M. Dytczaka [10], sporządzono algorytm złożony z pięciu faz:

— identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia budowy,

Background

Until mid-1990s, construction work safety was mostly associated with technology, equipment and the level of adjusting working conditions to suit workers' capabilities. Most employers, however, limited themselves to measures essential for meeting the applicable legal regulations, the so-called occupational safety and health rules (OSH). This approach changed after Poland's accession to the European Union, and as a result of adjusting Polish OSH law to EU law.

Currently, the issues of safety and health are specified in detail in EU directives specifying the responsibilities of employers and employees and the manner of fulfilling them [1]. The provisions of this directive have been introduced to the Polish legal system [2–5].

The Construction Law Act [6] regulates construction activities in the field of design, construction, maintenance and demolition of construction facilities, and it specifies the rules of operation of public administration bodies in these areas. Each construction facility is created based on a project which involves a series of coordinated technical, legal, technological, organisational and financial operations. These include the preparation, implementation and use of the planned construction project in a safe manner, in a specified time window and with limited financial resources. All the participants in the project implementation process are responsible for safety and health protection, each to its own extent specified by law.

Today, safety and health protection is one of the key issues in construction, requiring systematic action, including the identification of threats to the health and life of construction workers on site. This is particularly essential as accidents still occur most frequently at construction sites [7].

For diagnosing the state of work safety and health protection (WSHP) at the project implementation stage (at construction sites), the DEMATEL method was used. The method was developed in the 1970s, in Switzerland, by E. Fonel and A. Gabus, for gaining solutions to complex issues, including cause-and-effect relationships. Nowadays, it is also used in construction projects [8] at the construction facility design [9], implementation and use [10] stages.

The analysis of correlations between factors impacting on the state of safety and health at the construction site management level

The procedure for applying the DEMATEL method consists of several stages, discussed in Polish and foreign publications on the issue. Based on the review prepared by M. Dytczak [10], an algorithm consisting of five stages was developed:

— identifying factors with an impact on the level of safety and health at construction sites,

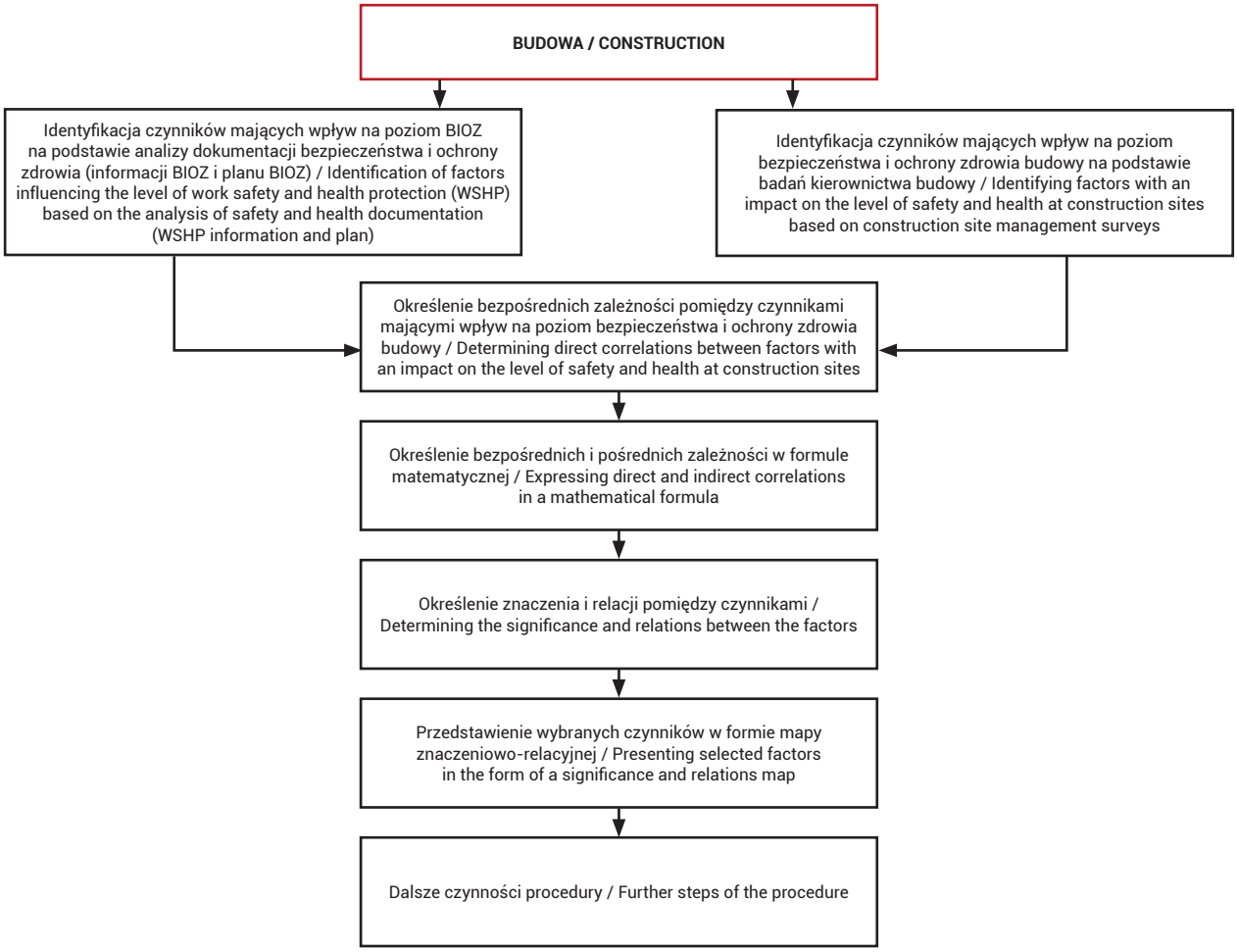
ISSN 1895-8443

– określenie bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami,
– określenie bezpośrednich i pośrednich zależności w formule matematycznej,
– określenie znaczenia i relacji pomiędzy czynnikami,
– budowa mapy charakteru wybranych czynników w formie dwuwymiarowej przestrzeni znaczeniowo-relacyjnej.

Schemat procedury przedstawiono na rycinie 1.

– determining direct correlations between these factors,
– expressing direct and indirect correlations in a mathematical formula,
– determining the significance and relations between the factors,
– creating a map presenting the nature of selected factors in the form of two-dimensional significance and relations space.

The flowchart for the procedure is presented on Figure 1.



Rycina 1. Schemat procedury przebiegu analizy zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na stan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na poziomie kierownictwa budowy

Figure 1. The flowchart for the analysis procedure of correlations between factors impacting on the state of safety and health at the construction site management level

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie

Algorytm procedury zastosowania metody DEMATEL rozpoczyna identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ). Czynniki te określono na podstawie wyników badań projektu badawczego nr N N115 347038, 2010–2013 [11].

Identifying factors with an impact on the level of safety and health at construction sites

The algorithm for the procedure of applying the DEMATEL method starts with the identification of factors influencing the level of work safety and health protection (WSHP). The factors were specified on the basis of the results of research project No. N N115 347038, 2010–2013 [11].

Projekt ten obejmował grupę 350 pracowników budowlanych. Wśród respondentów 300-osobową grupę badawczą stanowili robotnicy budowlani, a 50-osobową członkowie kierownictwa budów. W ramach projektu badawczego opracowano kwestionariusz ankietowy dla członków kierownictwa budowy, który obejmował zagadnienia związane ze zrozumieniem polityki BIOZ ustanowionej przez kierownictwo przedsiębiorstw, zrozumieniem celu ogólnego i zobowiązań z niego wynikających dla kierownictwa budów i innych działów przedsiębiorstwa oraz zagadnienia związane z określeniem i realizacją celów szczegółowych dotyczących ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy na budowach, szkolenia pracowników budowlanych i odpowiedzialności za poszczególne działania. Badania przeprowadzono wśród 50 przedstawicieli ścisłego kierownictwa budów. Zestawienie zagadnień badawczych przedstawiono w tabeli 1. Dla poszczególnych zagadnień ankietowani przedstawiciele kierownictwa budów (kierownicy budów, kierownicy robót, inżynierowie budów) przypisywali wartości od 1 do 10 punktów według następujących założeń: 1 – występuje sporadycznie, 5 – często występuje, 10 – zawsze występuje. Zagadnieniom przypisano również wagę znaczeniową, gdzie wartość 1 oznaczała niewielkie znaczenie (mało istotne) danego zagadnienia, natomiast 4 oznaczała istotne znaczenie dla bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Wagi mogły się powtarzać.

The project included a group of 350 construction workers. 300 respondents were construction operatives, and 50 were managers. Within the research project, a survey questionnaire was developed for construction managers, which included issues associated with understanding the WSHP policy established by company management, the awareness of the general objective and the resulting obligations of construction site management members and other company divisions. It also concerned matters related to specifying and implementing detailed objectives related to occupational risk in construction work, and in training construction workers, as well as the held responsibility for specific measures. The survey was carried out among 50 high-level construction managers. Research issues are presented in Table 1. The surveyed construction site management representatives (site managers, works managers, site engineers) assigned values from 1 to 10 points to particular issues according to the following scale: 1 – occurs rarely, 5 – occurs often, 10 – always occurs. The issues were also assigned specific significance, with 1 meaning low significance of a given issue, and 4 – high significance for safety and health. The values could be repeated.

Tabela 1. Zestawienie zagadnień ankietowych opracowanych dla kierownictwa budów
Table 1. Summary of survey questions developed for the management of construction projects

Lp. / No.	Czynniki decydujące o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) na poziomie kierownictwa budowy / Factors determining the level of work safety and health protection (WSHP) at the construction site management level	Symbol
1.	Widoczne zaangażowanie kierownictwa budowy w problematykę BIOZ / Noticeable involvement of construction site management in WSHP issues	A1
2.	Jasno określone i mierzalne cele ogólne i szczegółowe dla budowy w obszarze BIOZ / Clearly defined and measurable general and specific construction project objectives in the field of WSHP	A2
3.	Opracowane plany osiągania celów BIOZ na budowie, które zawierały zadania, terminy, odpowiedzialność i środki na realizację działań / Plans developed for WSHP objectives on the construction site, with tasks, dates, division of responsibilities and resources for the implementation of tasks	A3
4.	Wybrany przedstawiciel kierownictwa budowy odpowiedzialny za utrzymanie poziomu BIOZ na budowie / Construction site management representative selected to be responsible for maintaining WSHP on the construction site	A4
5.	Opracowana polityka BIOZ budowy na piśmie / WSHP policy for the construction site prepared in writing	A5
6.	Widoczne zaangażowanie członków kierownictwa budowy w utrzymanie poziomu BIOZ na budowie / Noticeable involvement of construction site management members in maintaining WSHP at the construction site	A6
7.	Jasno określone procedury dotyczące szkoleń w obszarze BIOZ i dostosowane programy szkoleniowe do potrzeb poszczególnych grup pracowniczych / Clearly defined procedures for WSHP training courses and adjusting training programmes to the needs of specific employee groups	A7
8.	Istniejący system komunikacji wewnętrznej na budowie obejmujący obszar BIOZ / Site communication systems in place covering WSHP	A8
9.	Istniejący system BIOZ komunikacji budowy z instytucjami z poza budowy / WSHP system in place for communication between the site and external institutions	A9
10.	Istniejący system dokumentowania i nadzoru nad dokumentacją dotyczącą BIOZ / System for WSHP documenting and documentation supervision in place	A10
11.	Istniejąca procedura identyfikacji zagrożeń i ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy budowy / Procedure for the identification of occupational hazards and risk assessment for construction site workplaces	A11
12.	Nadzorowanie działań związanych ze znaczącymi zagrożeniami dla zdrowia i życia człowieka w środowisku pracy na budowie / Supervising measures associated with significant hazards to life or health in the construction site working environment	A12
13.	Istniejący system na budowie służący zapobieganiu, gotowości i reagowaniu na wypadki przy pracy i poważne awarie / System in place to prevent, be prepared for and respond to accidents at work or to major failures	A13

ISSN 1895-8443

14.	Nadzorowanie materiałów dostarczonych na budowie pod kątem BIOZ / Supervising materials supplied to the construction site with regard to WSHP	A14
15.	Ocena podwykonawców w aspekcie warunków BIOZ na budowie / Evaluating subcontractors in terms of WSHP conditions at the construction site	A15
16.	Monitorowanie stanu BIOZ na budowie / Monitoring the state of WSHP at the construction site	A16
17.	Przeprowadzanie audytów wewnętrznych BIOZ na budowie / Conducting WSHP external audits at the construction site	A17
18.	Istniejące, ustanowione procedury realizacji działań korygujących i zapobiegawczych wynikające z monitorowania, audytów i przeglądów BIOZ / Procedures in place for corrective and preventive measures resulting from WSHP monitoring, audits and inspections	A18
19.	Przeprowadzane przeglądy BIOZ na budowie przez przedstawicieli kierownictwa budowy / Management representatives conducting WSHP inspections at the construction site	A19
20.	Zgodność sposobu zorganizowania i prowadzenia budowy z przepisami BHP / Compliance of the construction organisation and execution with OSH regulations	A20
21.	Koordynowanie przez kierownika budowy planowanych zadań zapobiegających zagrożeniom BIOZ / Site manager's coordination of tasks planned to prevent WSHP hazards	A21
22.	Koordynowanie przez kierownika budowy działań zapewniających przestrzeganie zasad BIOZ zawartych w przepisach oraz w planie BIOZ / Site manager's coordination of measures to ensure the following of WSHP rules included within the relevant regulations and in the WSHP plan	A22
23.	Wprowadzanie przez kierownika budowy niezbędnych zmian w informacji BIOZ oraz w planie BIOZ wynikających z postępu wykonywanych robót oraz odstępstw od przyjętego projektu organizacji robót i harmonogramu robót budowlanych / Site manager's introduction of the required changes in WSHP information and plan resulting from progress of works and departures from the adopted site management plan and construction works schedule	A23

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Uregulowania prawne [2, 6], literatura tematyczna [13–19], doświadczenia autora z praktyki budowlanej oraz wyniki badań ankietowych pozwoliły określić zależności pomiędzy czynnikami decydującymi o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) na poziomie kierownictwa budowy.

Określenie bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami

Po określeniu czynników w kolejnym etapie zastosowania metody DEMATEL dokonano identyfikacji występujących między nimi bezpośrednich zależności. Etap ten polega na porównywaniu czynników parami i określeniu łączących ich bezpośrednich relacji za pomocą odpowiedniej skali punktowej. W wyniku wykonania wszystkich kolejnych porównań każdej z par uzyskano tzw. macierz bezpośrednich relacji. Macierz ta miała wymiar równy liczbie analizowanych czynników (elementów). Bezpośrednie wartości macierzy odzwierciedlały bezpośredni wpływ jednego elementu na drugi. Elementy nie oddziaływały same na siebie, a wszystkie wielkości na głównej przekątnej były zerowe.

W tabeli 2 przedstawiono bezpośrednie zależności pomiędzy czynnikami w skali 0–4, w następującym układzie: 0 – brak bezpośredniego wpływu jednego czynnika na drugi, 1 – mały wpływ, 2 – średni wpływ, 3 – duży wpływ, 4 – bardzo duży wpływ.

Legal regulations [2, 6], the literature on the subject [13–19], the author's experience related to construction practice and questionnaire survey results made it possible to define correlations between factors determining the level of work safety and health protection (WSHP) at the construction site management level.

Determining direct correlations between these factors

After identifying factors, the next stage of applying the DEMATEL method is to specify direct correlations between these. This stage consisted of comparing the factors as pairs and defining the direct relations between these by way of applying a suitable scale. As a result of the successive comparisons of each pair, a so-called matrix of direct relations was generated. The matrix dimensions were equal to the number of the analysed factors (elements), and direct matrix values reflected the direct influence of one element on the other. The elements did not influence each other, and all values on the main diagonal amounted to zero.

Table 2 presents the direct correlations between factors on a scale from 0 to 4 based on the following arrangement: 0 – no direct impact of one factor on the other 1 – low impact, 2 – moderate impact, 3 – high impact, 4 – very high impact.

Na przykład na zaangażowanie kierownictwa budowy w bezpieczeństwo i ochronę zdrowia duży wpływ wywiera przedstawiciel kierownictwa budowy odpowiedzialny za utrzymanie właściwego poziomu BIOZ na budowie.

For instance, the involvement of construction site management in safety and health is largely influenced by the representative of construction site management responsible for maintaining the required WSHP level on site.

Tabela 2. Macierz bezpośrednich relacji **M**
Table 2. M matrix of direct relations

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	SUMA / SUM
A1	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	4	2	2	4	4	4	0	3	0	4	0	4	40
A2	1	0	4	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	16
A3	0	4	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	16
A4	4	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4	0	4	4	4	0	0	0	4	0	0	33
A5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	7
A6	4	0	4	0	2	0	3	0	0	0	0	4	4	4	3	4	0	0	3	0	4	0	0	39
A7	3	3	4	0	2	1	0	0	0	4	0	4	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	30
A8	4	1	4	0	2	0	4	0	0	0	0	0	4	1	4	1	0	4	0	0	0	0	0	29
A9	2	1	4	0	2	0	4	4	0	0	0	0	4	1	4	1	0	4	0	0	0	0	4	35
A10	4	1	4	0	1	0	4	4	0	0	0	0	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	28
A11	2	3	4	0	1	0	4	4	0	4	0	0	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	33
A12	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	4	0	29
A13	4	0	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	0	1	4	0	0	0	4	4	33
A14	3	0	4	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	15
A15	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4	4	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	25
A16	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	4	0	0	0	0	0	0	20
A17	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	4	3	0	0	4	0	0	4	0	0	0	3	38
A18	4	4	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	25
A19	4	4	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
A20	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	16
A21	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	20
A22	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4	0	3	0	0	0	4	0	4	30
A23	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	13
SUMA / SUM	73	46	60	4	15	6	41	28	0	27	0	32	54	17	51	41	16	16	12	4	21	12	19	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Określenie bezpośrednich i pośrednich zależności w formule matematycznej

Kolejne działanie w procedurze postępowania polegało na określeniu pośrednich powiązań pomiędzy poszczególnymi czynnikami. Osiągnięto to poprzez normalizację macierzy **M**, która polegała na podzieleniu elementów macierzy bezpośrednich relacji **M** przez najwyższą wartość sumy wierszowej. Uzyskano w ten sposób macierz **M'** (tabela 3), dzięki której można było wyznaczyć macierz ostateczną określaną mianem macierzy pośrednich i bezpośrednich relacji **N**. Macierz ta wyznaczana była według następującej formuły matematycznej:

$$N = M'(I - M')^{-1}$$, gdzie ***I*** oznacza macierz jednostkową.

Bezpośrednie i pośrednie relacje w formule matematycznej **(N)** przedstawiono w tabeli 4.

Expressing direct and indirect correlations in a mathematical formula

Another measure under the procedure consisted of defining indirect relations between the factors. This was achieved by the normalisation of the **M** matrix, i.e. dividing elements of the **M** matrix of direct relations by the highest row total. The obtained **M'** matrix (Table 3), can be with the used to determine the final matrix, referred to as the **N** matrix of direct and indirect relations. The matrix was calculated according to the following mathematical formula:

$$N = M'(I - M')^{-1}$$, where ***I*** means an identity matrix.

Direct and indirect relations expressed via mathematical formula **(N)** are presented in Table 4.

ISSN 1895-8443

Tabela 3. Macierz M' bezpośrednich relacji po normalizacji
Table 3. M' matrix of direct relations after normalisation

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
A1	0	0	0	0,1	0	0,125	0	0	0	0	0	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0	0,075	0	0,1	0	0,1
A2	0,025	0	0,1	0	0,075	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0
A4	0,1	0	0,1	0	0	0	0,025	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0
A5	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0
A6	0,1	0	0,1	0	0,05	0	0,075	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,075	0,1	0	0	0,075	0	0,1	0	0
A7	0,075	0,075	0,1	0	0,05	0,025	0	0	0	0,1	0	0,1	0,075	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,1	0,025	0,1	0	0,05	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0,1	0	0	0	0	0
A9	0,05	0,025	0,1	0	0,05	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0,1	0	0	0	0	0,1
A10	0,1	0,025	0,1	0	0,025	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0
A11	0,05	0,075	0,1	0	0,025	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,05	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0
A12	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0,1	0
A13	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,025	0,1	0	0	0	0,1	0,1
A14	0,075	0	0,1	0	0	0	0,025	0	0	0,075	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A15	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0	0,075	0	0
A16	0,075	0,075	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0
A17	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,075	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,075
A18	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,025	0	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0
A19	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A21	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0
A22	0,1	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0,075	0	0	0	0,1	0	0,1
A23	0,1	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0,1	0

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 4. Macierz **N** bezpośrednich i pośrednich relacji
Table 4. N matrix of direct and indirect relationships

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	**Σ R_i**
A1	0,228084664	0,140922275	0,191858701	0,122808466	0,039811927	0,156272785	0,110488096	0,08166642	0	0,089138262	0	0,227955902	0,209746486	0,102084621	0,249308911	0,227489927	0,167582378	0,033122483	0,122241171	0,018500824	0,185008242	0,060005473	0,162352341	2,926450358
A2	0,086807573	0,043554675	0,156335772	0,008680757	0,092623677	0,011596299	0,029814091	0,024174494	0	0,130441723	0	0,02444159	0,051749428	0,01799721	0,050547284	0,129060708	0,024444701	0,01685476	0,010667498	0,002324438	0,023244379	0,009280815	0,016617134	0,961259008
A3	0,074886168	0,136200049	0,068933611	0,007488617	0,071225371	0,010387302	0,041061258	0,033819015	0	0,132012338	0	0,02947337	0,149961023	0,013760977	0,054203292	0,038129348	0,017338981	0,025500541	0,009404435	0,006884086	0,068840859	0,020527226	0,025837865	1,035875733
A4	0,273323743	0,123471849	0,254142664	0,027332374	0,034939694	0,036953672	0,111528159	0,071578673	0	0,078765879	0	0,205629376	0,231422993	0,038294782	0,228924703	0,194631884	0,159098158	0,033794136	0,040870329	0,016868251	0,168682509	0,050450445	0,06745208	2,448156353

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	ΣR_i
A5	0,112649921	0,02825513	0,035063816	0,011264992	0,006617532	0,014660988	0,023189915	0,010008874	0	0,014088696	0	0,023174122	0,029330372	0,013575476	0,027716803	0,033761243	0,017015865	0,104595678	0,016479689	0,001837619	0,018376195	0,006866537	0,016160873	0,564690337
A6	0,287327105	0,125562274	0,262090273	0,02873271	0,088694248	0,040012829	0,163877645	0,070532528	0	0,09805653	0	0,201390206	0,237214899	0,144326716	0,213154555	0,197369537	0,061028129	0,039644167	0,107635516	0,01697048	0,169704798	0,050064284	0,062037739	2,665427168
A7	0,216289258	0,156556294	0,234526868	0,021628926	0,087339201	0,053927872	0,075668603	0,059756293	0	0,176139904	0	0,171567676	0,184155348	0,081554342	0,207579207	0,083811431	0,039797696	0,033125084	0,025902309	0,006050719	0,060507191	0,040278011	0,047057089	2,063219323
A8	0,237457986	0,113620547	0,229845856	0,023745799	0,0842351	0,033852099	0,166794013	0,044331242	0	0,078895933	0	0,080126457	0,208107299	0,061214291	0,201288288	0,108132401	0,044682827	0,133667364	0,031499907	0,005948987	0,059489871	0,033953686	0,051303109	2,03219306
A9	0,216149703	0,129620093	0,24860265	0,02161497	0,092193584	0,031525108	0,180255785	0,146481458	0	0,085153084	0	0,081443181	0,223384436	0,064033161	0,214691716	0,117119403	0,044498158	0,146205948	0,030335724	0,006002784	0,060027842	0,045668524	0,151857628	2,336864939
A10	0,237843965	0,106590264	0,231279433	0,023784397	0,063861534	0,033930255	0,167990358	0,144630252	0	0,079029982	0	0,08148232	0,214585383	0,061077204	0,211705561	0,101402111	0,044278527	0,042307717	0,026926305	0,006047888	0,060478877	0,034811265	0,052044951	2,026088548
A11	0,208045112	0,16362418	0,256715732	0,020804511	0,073380898	0,030559713	0,182162973	0,156853313	0	0,191779897	0	0,080363673	0,229625974	0,088545434	0,224458806	0,110057445	0,042335386	0,045986018	0,024428201	0,00592165	0,059216504	0,036053728	0,050547635	2,281466785
A12	0,237215237	0,188947418	0,227371685	0,023721524	0,044100171	0,033606869	0,158198588	0,137412611	0	0,083985077	0	0,091009606	0,123037099	0,035426538	0,211996047	0,106593289	0,049327201	0,030454988	0,026767127	0,006938701	0,069387009	0,126643584	0,052389132	0,0645295
A13	0,268330813	0,11620291	0,23968109	0,026833081	0,0406613	0,03794634	0,176199524	0,144016507	0	0,082156356	0	0,102531351	0,13970115	0,040830953	0,221429272	0,09817689	0,078348667	0,132437896	0,037427548	0,007593169	0,075931686	0,140294126	0,160708759	2,367439387
A14	0,139224195	0,049730805	0,163380107	0,013922419	0,0197049	0,018810305	0,056291208	0,0253853	0	0,111269732	0	0,03635346	0,059276224	0,022595209	0,060830811	0,137463344	0,031435609	0,010436642	0,01551798	0,003111728	0,031117285	0,011902767	0,023397989	1,04115802
A15	0,227761089	0,08793178	0,212032745	0,022776109	0,029047483	0,030253875	0,071349571	0,05897777	0	0,152876038	0	0,167403494	0,19946515	0,030427087	0,109360627	0,115989239	0,044767673	0,02874904	0,025265342	0,012605399	0,126053992	0,041712004	0,0502514	1,845056909
A16	0,163836995	0,136334524	0,18888214	0,016383699	0,026233729	0,021581495	0,044074834	0,035372413	0	0,060523821	0	0,059090643	0,078513476	0,069431161	0,156449158	0,068882202	0,128172006	0,014011962	0,027424185	0,004308985	0,043089852	0,017318391	0,035579787	1,395495458
A17	0,279941416	0,225990297	0,26501913	0,027994142	0,052885283	0,039866809	0,19496527	0,168854012	0	0,100029981	0	0,186554717	0,209948542	0,048764563	0,14562011	0,198558784	0,059875291	0,043168784	0,132131585	0,006425556	0,064255559	0,053028576	0,1337825	2,637660908
A18	0,205435713	0,176859596	0,20674413	0,020543571	0,036316373	0,029405291	0,149033082	0,038838929	0	0,074033264	0	0,060774291	0,13599386	0,059191296	0,09018635	0,166994986	0,044471868	0,021114916	0,073116008	0,004500577	0,045005767	0,023661262	0,039844474	1,702065604

ISSN 1895-8443

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	**Σ R_i**
A19	0,230962031	0,168987967	0,132437275	0,023096203	0,041345896	0,033222823	0,174102749	0,150492153	0	0,166361959	0	0,069719366	0,202286415	0,062040742	0,115706623	0,07824393	0,04069937	0,039412446	0,025854423	0,004724396	0,047243957	0,032159907	0,049593288	1,888693919
A20	0,170649032	0,140874325	0,074910936	0,017064903	0,018771682	0,021970446	0,025572659	0,02001911	0	0,043297984	0	0,047889163	0,053947454	0,021994008	0,156566598	0,154142208	0,036496676	0,009273825	0,01855982	0,003773965	0,037739647	0,012831668	0,026480066	1,112826173
A21	0,199108732	0,16305016	0,089015818	0,019910873	0,023596876	0,026139274	0,050027296	0,040728914	0	0,04290194	0	0,149382761	0,157818162	0,021833333	0,088984811	0,071546302	0,035619962	0,022214395	0,021566316	0,10391311	0,039131096	0,034905567	0,041854743	1,443250443
A22	0,25990638	0,176604932	0,132962765	0,025990638	0,030160518	0,034383086	0,075791536	0,062557773	0	0,065215616	0	0,194354908	0,207557884	0,029869058	0,208560567	0,096099285	0,122614754	0,030027618	0,035834566	0,015995309	0,159953093	0,056349023	0,161577435	2,182366744
A23	0,163501522	0,116836048	0,053651437	0,016350152	0,015255707	0,021014384	0,023067762	0,018004127	0	0,028244708	0	0,047018732	0,049537318	0,018016717	0,057400452	0,095482584	0,037261666	0,008279715	0,017978845	0,003839395	0,038393955	0,11319743	0,035418252	0,977750909
ΣC_i	4,724738355	3,016328392	4,155484633	0,572473836	1,113002683	0,801879919	2,451504975	1,744492183	0	2,164398704	0	2,419130365	3,586366376	1,146884878	3,506670553	2,729138479	1,371191549	1,044386124	0,903834832	0,271088016	1,710880164	1,051964301	1,514146269	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Określenie charakteru wybranych czynników na podstawie wartości wskaźnika relacji oraz wskaźnika znaczenia

Wykorzystując macierz bezpośrednich i pośrednich relacji **N**, w odniesieniu do poszczególnych czynników, obliczono tzw. wskaźniki znaczenia i relacji, a następnie przeprowadzono ich analizę. Otrzymano w ten sposób wartości dodatnie i ujemne (tabela 5). Wartości dodatnie reprezentowały czynniki o najbardziej dominującym (przyczynowym) charakterze, natomiast wartości ujemne cechowały się skutkowym charakterem i tym samym stanowiły efekt oddziaływania pozostałych analizowanych czynników.

Defining the nature of selected factors based on the value of the relations and significance indicators

Using the N matrix of direct and indirect relations for specific factors, the so-called significance indicator and relations indicator were calculated and analysed. In this way, positive and negative values were obtained (Table 5). Positive values represented factors of the most dominant (causative) nature, while the effects of the impact of other analysed factors were revealed as negative factors.

Tabela 5. Wartości wskaźnika znaczenia oraz wskaźnika relacji
Table 5. The indicator values and the importance of the indicator relationship

	R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$
A1	2,926450358	4,724738355	7,651188713	-1,798287997
A2	0,961259008	3,016328392	3,977587401	-2,055069384
A3	1,035875733	4,155484633	5,191360367	-3,1196089
A4	2,448156353	0,572473836	3,020630188	1,875682517
A5	0,564690337	1,113002683	1,67769302	-0,548312345
A6	2,665427168	0,801879919	3,467307087	1,863547249
A7	2,063219323	2,451504975	4,514724298	-0,388285652
A8	2,03219306	1,744492183	3,776685243	0,287700878
A9	2,336864939	0	2,336864939	2,336864939

	R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$
A10	2,026088548	2,164398704	4,190487252	-0,138310157
A11	2,281466785	0	2,281466785	2,281466785
A12	2,0645295	2,419130365	4,483659865	-0,354600865
A13	2,367439387	3,586366376	5,953805762	-1,218926989
A14	1,04115802	1,146884878	2,188042899	-0,105726858
A15	1,845056909	3,506670553	5,351727462	-1,661613644
A16	1,395495458	2,729138479	4,124633938	-1,333643021
A17	2,637660908	1,371191549	4,008852457	1,266469359
A18	1,702065604	1,044386124	2,746451728	0,65767948
A19	1,888693919	0,903834832	2,79252875	0,984859087
A20	1,112826173	0,271088016	1,38391419	0,841738157
A21	1,443250443	1,710880164	3,154130607	-0,267629722
A22	2,182366744	1,051964301	3,234331045	1,130402443
A23	0,977750909	1,514146269	2,491897178	-0,536395361

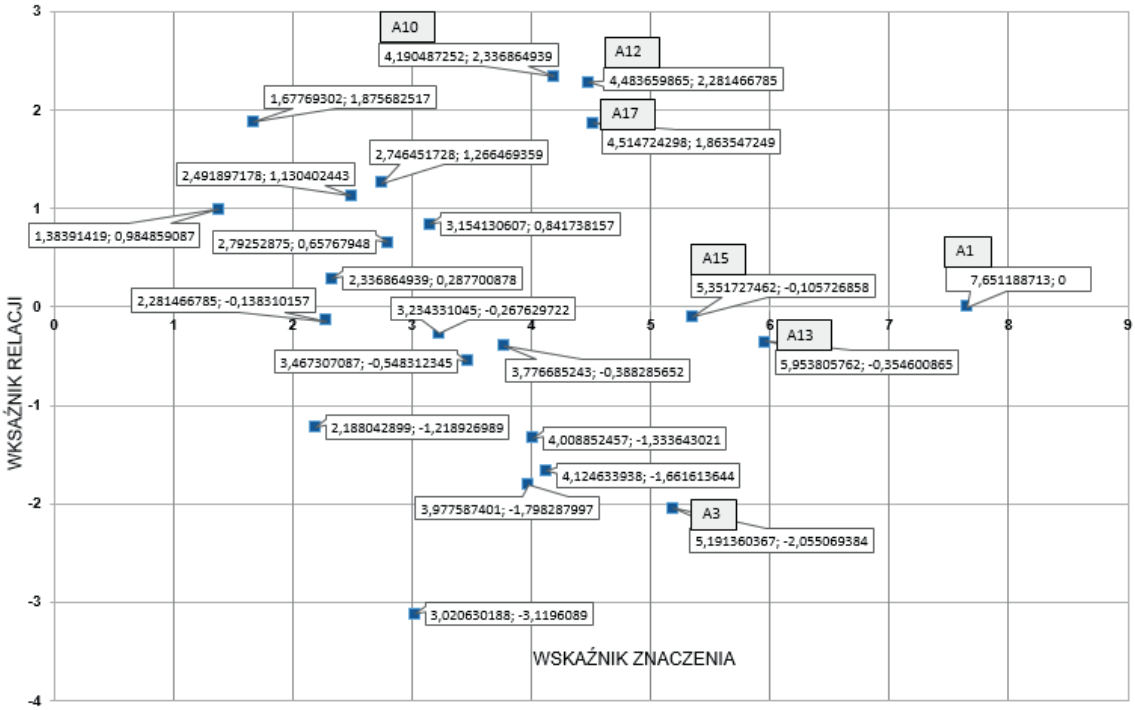
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Budowa mapy charakteru wybranych czynników w formie dwuwymiarowej przestrzeni znaczeniowo-relacyjnej

Po wyznaczeniu wskaźników znaczenia i wskaźnika relacji przedstawiono ich interpretację graficzną za pomocą tzw. mapy znaczenia (relacji), poprzez zaznaczenie wskaźników znaczenia na osi poziomej, a wskaźników relacji na osi pionowej (rycina 2).

Creating a map of the nature of selected factors in the form of two-dimensional significance and relational space

After identifying the significance and relations indicators, their graphic interpretation was presented in the form of the so-called significance (relations) map, by plotting the significance indicators on the X axis and the relations indicators on the Y axis (Figure 2).



Rycina 2. Mapa znaczenia i relacji
Figure 2. Significance and relations map
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Wyniki

Otrzymane wyniki badań grupy 50 respondentów (przedstawicieli kierownictwa budów) oraz ich interpretacja graficzna pozwala stwierdzić, że najbardziej znaczącym czynnikiem spośród wszystkich analizowanych jest czynnik A1 (widoczne zaangażowanie kierownictwa budowy w problematykę bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia). Dodatnią wartość obu wskaźników (wskaźnika relacji i wskaźnika znaczenia) wykazują czynniki, odpowiednio: A10 (istniejący system dokumentowania i nadzoru nad dokumentacją BIOZ), A12 (nadzorowanie działań związanych ze znaczącymi zagrożeniami dla zdrowia i życia człowieka w środowisku pracy na budowie), A17 (przeprowadzenie audytów wewnętrznych BIOZ na budowie). Oznacza to, że mają one duże znaczenie i największy wpływ na pozostałe czynniki, a tym samym w największym stopniu decydują o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie.

Podsumowanie

Proces budowlany, w efekcie którego powstaje obiekt budowlany, wymaga nakładów rzeczowych (tzw. zasobów budowlanych). Zasoby te można ująć w trzech podstawowych grupach jako: zasoby ludzkie, materialne (materiały, maszyny, urządzenia, sprzęt) i niematerialne (wiedza, umiejętności z dziedziny technologii, organizacji, zarządzania).

Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie są zależne od użytych w procesie budowlanym zasobów. W związku z tym wymagają one identyfikacji. Można jej dokonać z wykorzystaniem np. badań ankietowych lub wiedzy ekspertów. W dalszej kolejności należy jednak stosować metody badań operacyjnych. Dzięki ustaleniu kryteriów oraz wykorzystaniu modeli matematycznych pozwalają one oceniać możliwe decyzje i poszukiwać decyzji optymalnej.

Wykaz skrótów

BHP - bezpieczeństwo i higiena pracy
BIOZ - bezpieczeństwo i ochrona zdrowia

Results

The results obtained for the group of 50 respondents (construction site management representatives) and the graphic interpretation of the results makes it possible to conclude that the most important of the analysed factors is factor A1 (noticeable involvement of construction site management in WSHP issues). Positive values of both factors (the relations and significance indicators) were achieved for the following factors: A10 (system for WSHP documenting and documentation supervision in place), A12 (supervising measures associated with significant hazards to life or health in the construction site working environment), and A17 (conducting WSHP external audits at the construction site). This means that these factors are significant and have the highest impact on other factors, and thus they hold greater influence on the level of safety and health at construction sites.

Summary

The construction process resulting in the completion of a construction facility requires in-kind inputs (the so-called construction resources). These resources can be divided into three basic groups: human resources, tangible resources (materials, machinery, equipment, appliances) and intangible resources (knowledge, technology skills, organisation, management).

Safety and health at construction sites depend on resources used in the construction process, which need to be identified. This can be achieved with the use of, e.g., questionnaire surveys or expert knowledge. Subsequently, however, methods based on operational research should be used. Defining the criteria and using mathematical models make it possible to evaluate the available options and make an optimum decision.

List of abbreviations

OSH - occupational safety and health rules
WSHP - work safety and health protection

Literatura / Literature

[1] Dyrektywa Rady 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (Dz.U. L 183 z 29.06.1989, s. 0001–0008).

[2] *Ujednolicone przepisy – budownictwo, stan prawny – 5 września 2016*, Wydawnictwo LEGIS, 2016.

[3] Koradecka D. (red.), *Nauka o pracy – bezpieczeństwo, higiena, ergonomia. Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy*, Wyd. CIOP, 2000.

[4] Ejdys J., Lulewicz A., Obolewicz J., *Zarządzanie bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie*, Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok 2008.

[5] Ejdys J., *Kształtowanie kultury bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.

[6] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 lutego 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo budowlane (Dz.U. z 2016 r., poz. 290).

[7] Sprawozdanie Głównego Inspektora Pracy z działalności Państwowej Inspekcji Pracy – za 2015 r., Warszawa 2016, 7.

[8] Obolewicz J., *Koordynacja budowlanego procesu inwestycyjnego*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska" 2016, 7(3), 153–156.

[9] Ogrodnik K., *Możliwość zastosowania analizy wielokryterialnej do diagnozy procesu planowania przestrzennego na poziomie lokalnym – przykład teoretyczny*, „Architecture et Artibus" 2015, 1, 44–52.

[10] Dytczak M., *Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie*, Politechnika Opolska, Opole 2010.

[11] Obolewicz J., *Identyfikacja stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskich przedsiębiorstwach budowlanych po wejściu do UE i zaprojektowanie modelu zarządzania bioz spełniającego europejskie kryteria jakościowe, ochrony środowiska, ergonomii i ochrony pracy*, projekt badawczy nr N N115 347038, 2010–2013, Politechnika Białostocka, Białystok 2013.

[12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401).

[13] Ejdys J., Lulewicz A., Obolewicz J., *Zarządzanie bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie*, Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok 2008.

[14] Obolewicz J., *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budownictwie*, Wyd. Unimedia, Warszawa 2014.

[15] PN-N-18001:2004 Systemy zarzadzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania, PKN, Warszawa 2004.

[16] Obolewicz J., *Assessment of legal and administrative health and safety in the construction sector after Poland accession to the European Union*, "Actual Problems of Economics" 2013, 11.

[17] Pellicer E., Yepes V., Teixeira J., *Zarządzanie budową*, Poltext, Politechnika Warszawska, Warszawa 2009.

[18] CITB, Health and Safety Testing in Construction, CITB Construction Skills, Norfolk 2005.

[19] Obolewicz J., *Determinanty BIOZ w budownictwie,* [w:] *Bezpieczeństwo systemu: Człowiek – obiekt techniczny – otoczenie*, Sz. Salomon (red.), Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2013.

DR INŻ. JERZY OBOLEWICZ – praktyk i wykładowca obszaru budownictwa. Starszy wykładowca Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej, adiunkt Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży, redaktor naczelny „Modern Engineering". Posiada duży staż przemysłowy i doświadczenie w rozwiązywaniu problemów z obszaru bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na stanowiskach kierowniczych w przedsiębiorstwach budowlanych. Odbył staże zagraniczne w Irlandii, Holandii, Wielkiej Brytanii i Danii. Przewodniczący Rady ds. Bezpieczeństwa Pracy i Ochrony Zdrowia w Budownictwie przy Okręgowym Inspektorze pracy w Białymstoku. Członek komisji konkursów organizowanych przez Państwową Inspekcję Pracy. Przewodniczący corocznej Komisji PZITB Budowa Roku. Organizator i współorganizator konferencji poświęconych bezpieczeństwu pracy i ochronie zdrowia w budownictwie. Promotor wyróżnionych prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich kierunków budowlanych. Autor i recenzent wielu podręczników i artykułów dotyczących bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w budownictwie.

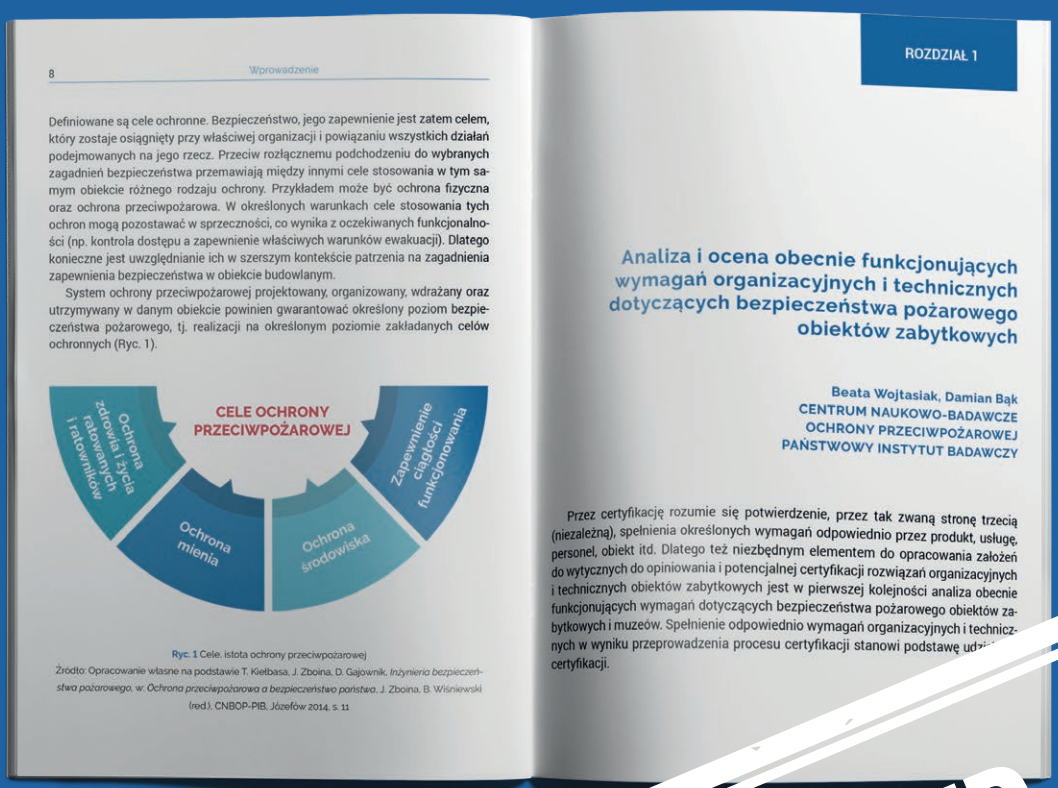
JERZY OBOLEWICZ, Ph.D. Eng. – practitioner and lecturer in the field of construction engineering. Senior lecturer at the Faculty of Civil and Environmental Engineering, the Białystok University of Technology, assistant professor at the Higher School of Agribusiness in Łomża, editor-in-chief of MODERN ENGINEERING. Holds long-standing industry experience and expertise in solving issues related to safety and health gained in managerial positions in construction companies. Has attended internships in Ireland, the Netherlands, the UK and Denmark. President of the Work Safety and Health Protection Board by the District Labour Inspectorate in Białystok. Member of the jury of competitions organised by the State Labour Inspectorate. President of the annual Committee of the Polish Association of Construction Engineers and Technicians for the Construction of the Year Award. Organiser and co-organiser of conferences on occupational safety and health in construction. Supervisor of distinguished engineer and MSc theses in construction engineering. Author and reviewer of numerous course books and articles on occupational safety and health in construction.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

U NAS ZAWSZE OTWARTE

CNBOP-PIB



8 Wprowadzenie

Definiowane są cele ochronne. Bezpieczeństwo, jego zapewnienie jest zatem celem, który zostaje osiągnięty przy właściwej organizacji i powiązaniu wszystkich działań podejmowanych na jego rzecz. Przeciw rozłącznemu podchodzeniu do wybranych zagadnień bezpieczeństwa przemawiają między innymi cele stosowania w tym samym obiekcie różnego rodzaju ochrony. Przykładem może być ochrona fizyczna oraz ochrona przeciwpożarowa. W określonych warunkach cele stosowania tych ochron mogą pozostawać w sprzeczności, co wynika z oczekiwanych funkcjonalności (np. kontrola dostępu a zapewnienie właściwych warunków ewakuacji). Dlatego konieczne jest uwzględnianie ich w szerszym kontekście patrzenia na zagadnienia zapewnienia bezpieczeństwa w obiekcie budowlanym.

System ochrony przeciwpożarowej projektowany, organizowany, wdrażany oraz utrzymywany w danym obiekcie powinien gwarantować określony poziom bezpieczeństwa pożarowego, tj. realizacji na określonym poziomie zakładanych celów ochronnych (Ryc. 1).

Ryc. 1 Cele, istota ochrony przeciwpożarowej
Źródło: Opracowanie własne na podstawie T. Kietbasa, J. Zboina, D. Gajownik, *Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego*, w: *Ochrona przeciwpożarowa a bezpieczeństwo państwa*, J. Zboina, B. Wiśniewski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2014, s. 11

ROZDZIAŁ 1

Analiza i ocena obecnie funkcjonujących wymagań organizacyjnych i technicznych dotyczących bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych

Beata Wojtasiak, Damian Bąk
CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Przez certyfikację rozumie się potwierdzenie, przez tak zwaną stronę trzecią (niezależną), spełnienia określonych wymagań odpowiednio przez produkt, usługę, personel, obiekt itd. Dlatego też niezbędnym elementem do opracowania założeń do wytycznych do opiniowania i potencjalnej certyfikacji rozwiązań organizacyjnych i technicznych obiektów zabytkowych jest w pierwszej kolejności analiza obecnie funkcjonujących wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych i muzeów. Spełnienie odpowiednio wymagań organizacyjnych i technicznych w wyniku przeprowadzenia procesu certyfikacji stanowi podstawę ud[illegible] certyfikacji.

OTWARTY DOSTĘP

DO PUBLIKACJI
CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZEGO
OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ – PIB

WEJDŹ NA
WWW.CNBOP.PL/WYDAWNICTWA

CZYTAJ I POBIERAJ

WERSJE NA SMARTFONY I TABLETY DO POBRANIA W APLIKACJI GOOGLE PLAY

POBIERZ Z Google play

mgr inż. Krzysztof Isajenko[a)*], mgr Barbara Piotrowska[a)], mgr Olga Stawarz[a)],
dr Aneta Łukaszek-Chmielewska[b)], mgr Sylwia Krawczyńska[c)]

[a)]*Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej / The Central Laboratory for Radiological Protection*
[b)]*Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of the Fire Service*
[c)]*Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. J. Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: isajenko@clor.waw.pl*

Analiza dynamiki skażenia gleby naturalnymi i sztucznymi radionuklidami w województwie opolskim po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu

An Analysis of The Dynamics of Soil Contamination Density in the Opole Province by Natural and Artificial Radionuclides after the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident

Анализ динамики загрязнения почвы естественными и искусственными радионуклидами в Опольском воеводстве после аварии на Чернобыльской АЭС

ABSTRAKT

Wprowadzenie: W wyniku awarii reaktora elektrowni jądrowej w Czarnobylu na Ukrainie w 1986 roku doszło do niekontrolowanego uwolnienia substancji radioaktywnych. Województwo opolskie należy do obszarów, na których nastąpiła największa kumulacja skażenia powierzchniowego izotopami promieniotwórczymi. Deszczowa pogoda panująca na tym obszarze podczas przechodzenia radioaktywnej chmury wpłynęła na zatrzymanie się w komponentach środowiska różnych izotopów promieniotwórczych.
Cel: W opracowaniu skupiono uwagę na przedstawieniu dynamiki zmian wartości stężenia powierzchniowego cezu ^{137}Cs w glebie Opolszczyzny na przestrzeni prawie trzydziestu lat od awarii czarnobylskiej.
Projekt i metody: Duże znaczenie dla oceny zmian wartości stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie z określonego punktu poboru próbek ma stan mikrośrodowiska. Nie może być ono zniekształcone lub zmienione przez działalność człowieka. Istotne jest również to, aby sposób pobierania próbek był ustalony i powtarzalny, a ich przygotowanie do pomiaru w laboratorium odbywało się według ściśle określonych procedur. Po odpowiednim przygotowaniu próbki są poddawane pomiarom spektrometrycznym na detektorze półprzewodnikowym HPGe oraz analizie promieniowania gamma za pomocą oprogramowania Genie-2000.
Wyniki: Podczas analizy widm promieniowania gamma w próbkach gleby stwierdzono obecność naturalnych izotopów ^{40}K, ^{226}Ra i ^{228}Ac oraz sztucznych izotopów ^{134}Cs (rejestrowany do 1996 r.) i ^{137}Cs (rejestrowany do dziś). W artykule przedstawiono rezultaty pomiarów stężeń powierzchniowych ^{137}Cs i stężeń naturalnych radionuklidów ^{40}K, ^{226}Ra i ^{228}Ac w glebie woj. opolskiego dla próbek pochodzących z okresu 1988–2014.
Wnioski: Zgodnie z przewidywaniami na przestrzeni prawie 30 lat od awarii w Czarnobylu stężenie ^{137}Cs w glebie stopniowo maleje. Jest to związane z rozpadem izotopu oraz jego przenikaniem w głębsze warstwy gleby. Natomiast stężenie radionuklidów naturalnych w badanych miejscowościach utrzymuje się na podobnym poziomie. Wskazana jest kontynuacja pomiarów, w celu sprawdzenia, jak maleje stężenie powierzchniowe ^{137}Cs w glebie i kiedy jego wartość znajdzie się poniżej progu detekcji. Należałoby także wybrać kilka punktów poboru gleby (także na Opolszczyźnie) w celu zbadania, jak ^{137}Cs przeniknął w głębsze warstwy gleby (pobór z warstwy 25 cm).
Słowa kluczowe: awaria reaktora, Czarnobyl, radioaktywność gleby, ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{228}Ac, ^{228}Th, województwo opolskie
Typ artykułu: studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych

Przyjęty: 21.03.2017; Zrecenzowany: 23.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: K. Isajenko – 30%, B. Piotrowska – 25%, O. Stawarz – 25%, A. Łukaszek-Chmielewska – 10%, S. Krawczyńska – 10%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 42–54, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.3;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Introduction: In 1986 there was an accident in the reactor at the Chernobyl Nuclear Power Plant in Ukraine which caused an uncontrolled release of radioactive substances. The Opole province in Poland is one of the areas which suffered the greatest accumulation of surface contamination with radionuclides. As a result of rainy weather in this area during the transition of the radioactive cloud, various radioisotopes remained in the environmental components.

Objective: The study focuses on the dynamic changes in the surface concentration of cesium ^{137}Cs in soil samples from the Opole province, which have been measured for nearly thirty years since the Chernobyl disaster.

Method: The condition of the microenvironment is very important for the assessment of changes in ^{137}Cs surface concentration for the soil taken from the same sampling point, so the microenvironment cannot be distorted or changed by human activity. The method of sampling must be fixed and repeatable, and the preparation of samples for measurement in the laboratory should be conducted according to strict procedures. After proper preparation, samples are measured spectrometrically on a HPGe semiconductor detector and then an analysis of gamma radiation is done with Genie-2000 software.

Results: During the gamma-radiation spectrum analysis of the soil samples, the surface concentration of natural isotopes ^{40}K, 2^{26}Ra and ^{228}Ac and of artificial isotopes ^{134}Cs (reported till 1996) and ^{137}Cs (reported to the present) was detected. The article presents the results of ^{137}Cs surface concentration measurements, as well as the concentration of ^{40}K, ^{226}Ra and ^{228}Ac natural radionuclides in the soil of the Opole province from samples measured in the period 1988–2014.

Conclusions: As expected, for the nearly 30 years since the failure of the Chernobyl NPP, the concentration of ^{137}Cs in the soil has been gradually decreasing as a result of isotope decay and its penetration into the deeper layers of the soil. On the other hand, the concentration of natural radionuclides is at a similar level for the same sampling points. In the future it will be useful to continue measuring to see how the surface concentration of ^{137}Cs for soil is decreasing and when its value will be below the detection threshold. It would be also good to select several sampling points (also in the Opole province) in order to investigate how ^{137}Cs has penetrated into the deeper layers of the soil (a 25-cm layer).

Keywords: reactor accident, Chernobyl, soil radioactivity, ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{228}Ac, ^{228}Th, Opole province

Type of article: case study – analysis of actual events

Received: 21.03.2017; Reviewed: 23.05.2017; Published: 30.06.2017;

Percentage contribution: K. Isajenko – 30%, B. Piotrowska – 25%, O. Stawarz – 25%, A. Łukaszek-Chmielewska – 10%, S. Krawczyńska – 10%;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 42–54, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.3;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Введение: В результате аварии реактора на Чернобыльской атомной электростанции в Украине в 1986 году произошёл неконтролируемый выброс радиоактивных веществ. Опольское воеводство принадлежит к территориям с наибольшим накоплением поверхностного загрязнения радиоакти́вными нукли́дами. В результате дождливой погоды в этом районе во время прохождения радиоактивного облака в окружающую среду проникли различные радиоактивные изотопы.

Цель: В работе авторы сосредоточились на представлении динамики изменения значений поверхностной концентрации цезия ^{137}Cs в почве Опольского воеводства за период почти тридцати лет от аварии на Чернобыльской АЭС.

Проект и методы: Большое значение для оценки изменений значений поверхностной концентрации цезия-137 в почве, собранной в конкретном пункте сбора образцов, имеет факт, что микросреда не может быть искажена или изменена человеческой деятельностью. Кроме того, важно, чтобы способ сбора образцов был фиксированный и повторяющийся, а подготовка образцов для измерений в лаборатории проводилось в соответствии со строгими процедурами. После соответствующей обработки образцы подвергаются спектрометрическим измерениям на полупроводниковым детекторе HPGe и анализу гамма-лучей с помощью программного обеспечения Genie-2000.

Результаты: В ходе анализа гамма-спектров образцов почвы было обнаружено наличие естественных изотопов ^{40}K, ^{226}Ra и ^{228}Ac и искусственных изотопов ^{134}Cs (регистрируемый до 1996) и ^{137}Cs (зарегистрированный по сегодняшний день). В статье представлены результаты измерений поверхностной концентраций ^{137}Cs и концентрации естественных радионуклидов ^{40}K, ^{226}Ra и ^{228}Ac в почве в Опольском воеводстве для образцов из периода 1988–2014.

Выводы: Как и ожидалось, в течение почти 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС концентрация ^{137}Cs в почве постепенно уменьшалась в результате распада изотопа и его проникновение в более глубокие слои почвы. В то время как концентрация естественных радионуклидов остается на том же уровне в рассматриваемых городах. В будущем желательно продолжить измерения, чтобы увидеть, как уменьшается поверхностная концентрация ^{137}Cs в почве и когда его величина будет находиться ниже порога обнаружения. Следует также выбрать несколько пунктов сбора образцов почвы (в том числе в Опольском воеводстве) для того, чтобы исследовать, как ^{137}Cs проникал в глубокие слои почвы (отбор из слоя на 25 см).

Ключевые слова: авария реактора, Чернобыль, радиоактивность почвы, ^{137}Cs, ^{40}K, ^{226}Ra, ^{228}Ac, ^{228}Th, Опольское воеводство

Вид статьи: исследование случая – анализ реальных событий

Принята: 12.05.2017; Рецензирована: 12.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Процентное соотношение участия в подготовке статьи: K. Isajenko – 30%, B. Piotrowska – 25%, O. Stawarz – 25%, A. Łukaszek-Chmielewska – 10%, S. Krawczyńska – 10%;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 42–54, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.3;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wstęp

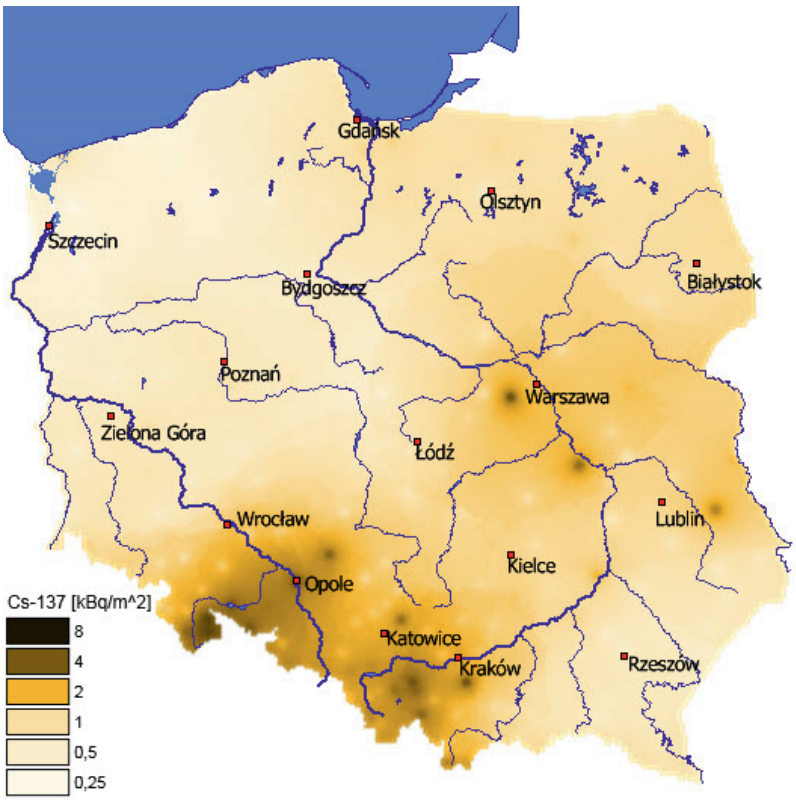
Każdego dnia człowiek narażony jest na niewielkie dawki promieniowania jonizującego pochodzącego z kosmosu, a także od radionuklidów stanowiących naturalne tło promieniowania, zróżnicowane w zależności od warunków środowiskowych. Lokalne promieniowanie jonizujące zależy nie tylko od stężeń izotopów naturalnych, takich jak potas ^{40}K, rad ^{226}Ra, aktyn ^{228}Ac czy tor ^{228}Th. Znaczący jest także udział sztucznych izotopów powstałych na skutek aktywnej działalności człowieka. W środowisku znajduje się przede wszystkim cez ^{137}Cs, którego wysokie stężenia są odnotowywane w Polsce od ponad 30 lat.

26 kwietnia 1986 roku doszło do awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, a już dwa dni po wypadku regionalna stacja pomiarowa Służby Pomiaru Skażeń Promieniotwórczych w Mikołajkach zarejestrowała kilkukrotnie zwiększony poziom promieniowania gamma i około 700 razy większy niż normalny poziom promieniowania beta. W wyniku intensywnych lokalnych opadów deszczu i zmiany kierunku wiatru, najsilniej skażonym rejonem Polski stał się obszar dzisiejszego województwa opolskiego oraz części województwa dolnośląskiego [1], [2], [3]. Podwyższona wartość stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w środowisku tego regionu jest rejestrowana aż do dziś. Obraz obecnego powierzchniowego skażenia gleby w Polsce przedstawiono na rycinie 1.

Introduction

Every day human beings are exposed to small amounts of ionising radiation, not only from space, but also coming from radionuclides constituting the natural radiation background, which varies according to environmental conditions. Local ionising radiation depends not only on natural isotope concentration such as potassium ^{40}K, radium ^{226}Ra, actinium ^{228}Ac or thorium ^{228}Th. There is also a significant share of artificial isotopes, created as a result of human activities. Mainly, there is cesium ^{137}Cs in the environment, which high concentration has been observed in Poland for more than 30 years.

On 26 April 1986 there was an accident in the reactor at the Chernobyl Nuclear Power Plant, and, as early as two days later, the local testing station of the Radioactive Contamination Measurement Services in Mikołajki registered a several-times higher level of gamma radiation, and beta radiation about 700 times higher than the average level. As a result of local heavy rains and a change in wind direction, the most contaminated Polish region became the today area of the Opole province and part of the Lower Silesia province, [1], [2], [3]. The increased contamination of the surface concentration of ^{137}Cs in the region's environment has been monitored to this day. Figure 1 presents the current surface contamination in Poland.



Rycina 1. Powierzchniowe stężenie ^{137}Cs w Polsce (w kBq/m^2) w próbkach gleby pobranej w październiku 2014 roku
Figure 1. The surface concentrations of cesium ^{137}Cs (kBq/m^2) in samples of soil collected in October 2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Wszystkie dane wykorzystane w artykule pochodzą z systemu Państwowego Monitoringu Środowiska, podsystemu Monitoringu Promieniowania Jonizującego (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska) [4], [5], [6], [7].

Od 1988 roku Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska sukcesywnie przeprowadza kontrolę środowiska poprzez analizę próbek gleby z ponad 250 punktów pomiarowych z terenu całej Polski (a w początkowych latach z ponad 350 punktów pomiarowych). W związku z niekontrolowanym silnym skażeniem Opolszczyzny rejon ten jest wyjątkowo inspekcjonowany pod względem stężenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych oraz sztucznego cezu ^{137}Cs.

Na terenie województwa opolskiego wyznaczonych jest 10 punktów poboru próbek gleby: Głuchołazy, Gołuszowice-Głubczyce, Grodków, Korfantów, Namysłów, Opole, Otmuchów, Prudnik, Stare Olesno i Sukowice-Zakrzów. Lokalizację punktów poboru na terenie województwa opolskiego przedstawiono na rycinie 2.

All data used in the article come from the State Environment Monitoring system, sub-system Ionising Radiation Monitoring (the Chief Inspectorate of Environmental Protection) [4], [5], [6], [7].

Since 1988, the Central Laboratory for Radiological Protection, by order of the Chief Inspectorate of Environmental Protection, has been controlling the environment by soil sample analysis from over 250 sampling points all over Poland (in the first years from over 350 sampling points). Because of the uncontrolled heavy contamination of the Opole province, this region is thoroughly inspected as far as the natural radioactive elements and artificial cesium ^{137}Cs are concerned.

In the Opole province there are 10 soil sampling points: Głuchołazy, Gołuszowice-Głubczyce, Grodków, Korfantów, Namysłów, Opole, Otmuchów, Prudnik, Stare Olesno and Sukowice-Zakrzów. Their locations are shown in Figure 2.

Rycina 2. Punkty poboru próbek gleby w woj. opolskim
Figure 2. The soil sampling points in the Opole province
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Część doświadczalna

Pobór i przygotowanie próbek

Próbki gleby pobierano w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków IMGW. Każda próbka gleby została pobrana z głębokości 10 cm w postaci 6 porcji z punktów umieszczonych na obwodzie koła o promieniu 1 m oraz 1 porcji z punktu znajdującego

Experiments

Sampling and sample preparation

Soil sampling was conducted in weather stations and posts (the Institute of Meteorology and Water Management). Each sample was taken at a depth of 10 cm in the following manner: 6 portions from the points located on a 1-metre radius

się w środku tego koła. Następnie zmieszane w jednym worku porcje z danego punktu poboru przekazywano do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W laboratorium próbki gleby były suszone w temperaturze pokojowej, a następnie przez 16 godzin w temperaturze 105°C. Po wysuszeniu próbki były rozdrabniane, mieszane i przesypywane w naczynia pomiarowe typu Marinelli o objętości 0,5 dm^3 (V próbki = 0,45 dm^3).

Metodyka pomiaru

Do oznaczenia stężeń radionuklidów w pobranych próbkach gleby zastosowana została metoda spektrometryczna (spektrometria promieniowania gamma). Próbki mierzono za pomocą detektorów półprzewodnikowych HPGe, połączonych z analizatorami DSA 1000 lub DSA 2000 przy czasie pomiaru *t* = 80 000 s.

Omówienie wyników

Podczas pierwszych pomiarów skażenia gleb w Polsce, przeprowadzonych w 1988 roku, stężenia cezu ^{137}Cs o wartościach powyżej 20 kBq/m^2 odnotowano w próbkach pochodzących z Opola, Otmuchowa i Starego Olesna. Najwyższą wartość stężenia powierzchniowego ^{137}Cs spośród wymienionych miejscowości odnotowano wówczas w Starym Oleśnie. Wynosiła ona 81,00 kBq/m^2. Skażenie gleby w Polsce było silne do tego stopnia, że 30 lat po awarii w Czarnobylu radioaktywny cez jest nadal mierzalny w glebie, a najwyższe stężenia osiąga w próbkach pochodzących z województwa opolskiego.

Ciągła obecność ^{137}Cs wynika z jego stosunkowo długiego czasu połowicznego rozpadu, który wynosi 30,2 lat. Dla przykładu – inny radioaktywny izotop cezu – ^{134}Cs był rejestrowany tylko do 1996 r. Obecnie nie jest on wykrywalny w glebach (wartość jego stężenia znajduje się poniżej dolnej granicy detekcji), ponieważ ze względu na krótki okres połowicznego zaniku (2,06 lat) uległ już rozpadowi.

Stężenie cezu ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie gleby z roku na rok systematycznie maleje wskutek rozpadu promieniotwórczego oraz wnikania w głębsze warstwy gleby. Z gleb leśnych radionuklid ten przechodzi korzeniami do drzew, krzewów i innych roślin. Największe stężenia cezu występują w podgrzybkach brunatnych (*Xerocomus badius*), jednak ich radioaktywność jest na tyle niegroźna, że dopiero spożycie przez człowieka co najmniej kilkudziesięciu kilogramów tych grzybów spowodowałoby otrzymanie dawki granicznej.

Wyniki pomiarów stężenia powierzchniowego ^{137}Cs [kBq/m^2] w próbkach gleby pobranych w woj. opolskim w latach 1988–2014 zestawiono w tabeli 1.

Dyskusja nad metodami i wynikami

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1 wartości stężenia powierzchniowego ^{137}Cs na przestrzeni lat spadały stopniowo, by w ostatnich latach ustabilizować się na poziomie porównywalnym z wartościami uzyskanymi z pomiarów wykonanych dla próbek gleby pobranych w Warszawie, czyli ok. 1,5 kBq/m^2. Jedynie próbki pochodzące z Głuchołazów, Opola, Otmuchowa oraz Starego Olesna nadal wykazują większe stężenie powierzchniowe ^{137}Cs niż w glebie pobieranej w centralnej Polsce. Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie pobranej w 2014 roku wynosi dla Polski 1,33 ± 0,12 kBq/m^2, a dla woj. opolskiego 3,55 ± 0,59 kBq/m^2.

wheel circumference and 1 portion from the point located in the middle of this wheel. Next, the portions from one sampling point, mixed in a sack, were transported to the Central Laboratory for Radiological Protection. In the laboratory, the soil samples were dried at an ambient temperature, and then at a temperature of 105°C, for 16 hours. Having been dried, the samples were mixed and placed into 0.5 dm^3 Marinelli beakers (samples V = 0.45 dm^3).

Measurement methodology

The spectrometric method (the spectrometry of gamma radiation) was used to determine radionuclide concentration in the soil samples. The samples were measured with HPGe semiconductor detectors, connected to DSA 1000 or DSA 2000 analysers, with the measurement time t = 80 000 s.

Results

During the first measurements of soil contamination in Poland, conducted in 1988, cesium ^{137}Cs concentration higher than 20 kBq/m^2 was observed in Opole, Otmuchów and Stare Olesno. Among the above mentioned locations, the highest ^{137}Cs surface concentration was observed at that time in Stare Olesno; it equalled 81.00 kBq/m^2. Soil contamination in Poland was so strong that 30 years after the accident in Chernobyl radioactive cesium is still measurable in the soil and reaches the highest concentrations in samples from the Opole province.

The constant presence of ^{137}Cs results from its long half-life value, which is 30.2 years. For instance, other radioactive cesium isotopes ^{134}Cs were being reported only until 1996. Currently, this radionuclide is not detected in the soil (its concentration value is below the lower detection limit) as this isotope has decayed because of its short half-life (2.06 years).

The ^{137}Cs concentration in the surface layer of soil has been gradually decreasing as a result of radioactive decay and penetrating deeper soil layers. This radionuclide goes from forest soils to trees, bushes and other plants, through their roots. The highest concentration of cesium is in brown mushrooms (*Xerocomus badius*), but their radioactivity is harmless; humans would have to eat several dozens of kilos of those mushrooms to receive a limit dose.

The results of ^{137}Cs surface concentration measurements [kBq/m^2] of soil samples taken in the Opole province in 1988–2014 are presented in Table 1.

Results and discussion

According to the data presented in Table 1, ^{137}Cs surface concentration decreased gradually over the years and became stable at levels similar to the values of measurements of samples taken in Warsaw, which was about 1.5 kBq/m^2. Only the samples from Głuchołazy, Opole, Otmuchów and Stare Olesno still showed ^{137}Cs surface concentrations higher than for the soil taken in central Poland. The average value of ^{137}Cs deposition in the soil taken in 2014 was 1.33 ± 0.12 kBq/m^2 for Poland and 3.55 ± 0.59 kBq/m^2 for the Opole province.

ISSN 1895-8443

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie w woj. opolskim w latach 1988–2014
Table 1. A summary of ^{137}Cs surface concentration measurements in the soil in the Opole province in 1988–2014

Stężenie powierzchniowe ^{137}Cs / ^{137}Cs Surface concentration [kBq/m^2]												
Rok badania / Research time Miejscowość / Place	1988	1989	1992	1996	1998	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Głuchołazy	19,97	16,92	17,46	16,92	14,11	22,66	8,19	7,35	6,48	6,26	6,00	5,38
Gołuszowice-Głubczyce	4,11	2,42	4,06	1,90	2,12	2,68	2,21	1,53	1,45	1,25	1,15	1,07
Grodków	13,66	10,50	8,68	7,20	6,81	6,95	3,30	2,64	3,45	3,12	3,11	2,70
Korfantów	16,83	23,57	9,41	12,09	8,87	13,52	7,77	4,93	5,12	5,88	3,92	3,59
Namysłów	2,04	1,77	1,43	1,97	1,25	1,51	1,58	2,04	2,28	1,26	0,97	0,79
Opole	33,19	32,17	10,40	13,30	9,80	14,74	6,69	7,38	10,61	5,74	7,80	6,00
Otmuchów	24,26	19,75	22,15	21,75	15,38	18,70	10,60	10,35	10,70	11,79	5,32	5,17
Prudnik	11,50	8,19	9,05	9,13	6,67	4,81	4,18	5,70	3,11	2,93	2,34	3,00
Stare Olesno	81,00	57,79	48,65	37,61	34,66	34,28	21,24	23,11	26,79	17,51	5,56	5,38
Sukowice-Zakrzów	10,61	11,40	11,75	7,55	5,09	6,90	5,59	4,27	3,98	3,61	4,04	2,45

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Zmiany stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie pobranej w woj. opolskim w latach 1988–2014 przedstawiono na rycinie 3. Podobnie jak z wyników zebranych w tabeli 1, wynika z niej, że wartość depozycji ^{137}Cs systematycznie maleje, a maksymalną wartość w 1988 roku oraz najszybszy spadek można odnotować dla Starego Olesna. Na mapie (rycina 4) zaznaczono miejscowości woj. opolskiego o najwyższej depozycji ^{137}Cs w 1988 roku.

Wartości stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs dla próbek gleby pochodzących z czterech miast woj. opolskiego, które wykazywały początkowo najwyższe stężenia tego radionuklidu, zostały zebrane w tabeli 2. Zamieszczono w niej również wartości stężeń izotopów naturalnych ^{226}Ra, ^{228}Ac i ^{40}K, które, jak można zauważyć, niewiele zmieniały się na przestrzeni lat z uwagi na długi okres połowicznego zaniku (np. czas życia izotopu potasu ^{40}K wynosi 1,25 x 10^9 lat, radu ^{226}Ra – 1599 lat). Niewielkie zmiany stężenia potasu ^{40}K można wytłumaczyć zjawiskami przypadkowymi np. nawożeniem pobliskich pól nawozami potasowymi i wiejącymi dość silnymi wiatrami w kierunku ogródka meteorologicznego, z którego pobierane były próbki gleby do badań. Wiatry takie mogły nanieść małą ilość potasu z nawożonych pól czy łąk. W przypadku aktynu ^{228}Ac, jego wzrost (podobnie jak radu ^{226}Ra) może być związany np. z niską temperaturą powietrza i większym niż w innych okresach ogrzewaniem domów za pomocą węgla. W czasie spalania węgla do atmosfery uwalnia się dużo radionuklidów naturalnych [8]. Ta zwiększona ilość promieniotwórczości naturalnej może mieć odzwierciedlenie w minimalnie większych stężeniach tych izotopów w powierzchniowej warstwie gleby.

Analiza wyników zebranych w tabeli 2 potwierdza, że wartość stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w okresie 1988–2014

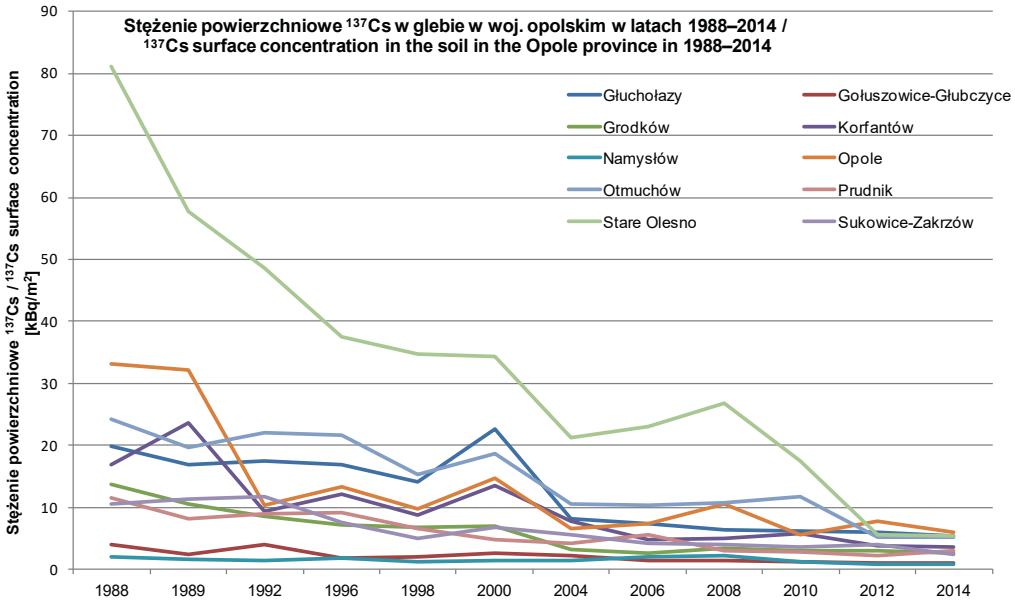
The changes in ^{137}Cs surface concentration for the soil taken in the Opole province in 1988–2014 are presented in the chart (Figure 3). Similarly to results in Table 1, the chart shows that the ^{137}Cs deposition value has been decreasing, and the maximum value in 1988 and the fastest decrease could be observed for Stare Olesno. Figure 4 is a map showing the places in the Opole province which had the highest ^{137}Cs deposition in 1988.

Table 2 below presents the values of ^{137}Cs radioactivity concentration in soil samples in four towns in the Opole province which showed the highest concentration of this radionuclide. There were also values of natural isotopes ^{226}Ra, ^{228}Ac and ^{40}K concentration which, as can be observed, changed only slightly over the years due to their long half-life (e.g. the life span of ^{40}K potassium is 1.25 x 10^9 years and ^{226}Ra radium 1599 years). Minor changes in the ^{40}K potassium concentration could be explained with accidental events, e.g. fertilising nearby fields with potassium fertilisers, or quite strong winds blowing into the direction of the weather post from which the soil samples were taken. Such winds could have transported a little potassium from the fertilised fields and meadows. As far as ^{228}Ac actinium is concerned, its increase (similarly to ^{226}Ra radium) might have resulted from low air temperature and, greater than in other seasons, heating houses with coal. While burning coal, a lot of natural radionuclides are released into the atmosphere [8]. The increased amount of natural radioactivity can result in slightly higher concentrations of these isotopes in the surface soil layer.

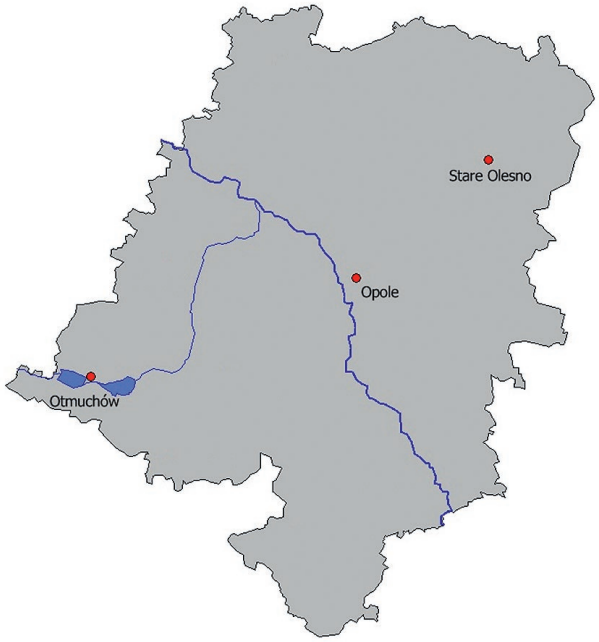
Analysing the results gathered in Table 2, one can observe that the value of ^{137}Cs surface concentration in 1988–2014 decreased significantly. In 1988, the maximum value of ^{137}Cs

znacznie zmalała. W 1988 roku maksymalną wartość depozycji ^{137}Cs odnotowano dla próbki ze Starego Olesna (81 kBq/m^2), natomiast w 2014 roku – dla próbki pochodzącej z Opola (6 kBq/m^2).

deposition was reported for the samples from Stare Olesno (81 kBq/m^2), whereas in 2014 – for the sample from Opole (6 kBq/m^2).



Rycina 3. Stężenie powierzchniowe ^{137}Cs w glebie w woj. opolskim w latach 1988–2014
Figure 3. ^{137}Cs surface concentrations in the soil in the Opole province in 1988–2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 4. Miejscowości woj. opolskiego o najwyższym stężeniu ^{137}Cs w glebie w 1988 roku
Figure 4. The places in the Opole province with the highest ^{137}Cs concentrations in the soil in 1988
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Tabela 2. Zestawienie wyników pomiarów stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{228}Ac i ^{40}K w glebie w wybranych miejscowościach województwa opolskiego w latach 1988–2014

Table 2. Results summary of the measurements of ^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{228}Ac and ^{40}K radioactive concentrations in the soil in selected towns in the Opole province in 1988–2014

Stężenie powierzchniowe ^{137}Cs / ^{137}Cs surface concentration [kBq/m^2]												
Miejscowość Place / Rok badania Research time	1988	1989	1992	1996	1998	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Opole	33,19	32,17	10,40	13,30	9,80	14,74	6,69	7,38	10,61	5,74	7,80	6,00
Stare Olesno	81,00	57,79	48,65	37,61	34,66	34,28	21,24	23,11	26,79	17,51	5,56	5,38
Otmuchów	24,26	19,75	22,15	21,75	15,38	18,70	10,60	10,35	10,70	11,79	5,32	5,17
Głuchołazy	19,97	16,92	17,46	16,92	14,11	22,66	8,19	7,35	6,48	6,26	6,00	5,38
Stężenie ^{226}Ra / ^{226}Ra concentration [Bq/kg]												
Miejscowość Place / Rok badania Research time	1988	1989	1992	1996	1998	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Opole	**16,3**	**22,7**	**14,1**	**13,5**	**13,7**	**11,2**	**12,1**	**13,4**	**16,1**	13,0	14,3	12,1
Stare Olesno	**36,8**	**32,7**	**24,2**	**23,8**	**22,0**	**23,0**	**22,7**	**29,1**	**23,1**	22,6	21,4	35,5
Otmuchów	**25,2**	**26,6**	**27,8**	**28,2**	**22,7**	**20,9**	**23,3**	**26,5**	**26,1**	26,1	26,9	42,2
Głuchołazy	**36,3**	**34,5**	**34,6**	**29,8**	**29,8**	**33,3**	**32,1**	**32,4**	**33,2**	34,2	32,1	32,2
Stężenie ^{228}Ac / ^{228}Ac concentration [Bq/kq]												
Miejscowość Place / Rok badania Research time	1988	1989	1992	1996	1998	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Opole	**15,9**	**15,6**	**9,7**	**11,2**	**9,7**	**12,1**	**12,2**	**12,8**	**13,4**	**12,8**	**13,3**	**11,9**
Stare Olesno	**18,0**	**17,1**	**17,2**	**16,8**	**18,8**	**19,6**	**20,1**	**12,7**	**19,8**	**20,2**	**12,1**	**23,9**
Otmuchów	**24,6**	**21,2**	**23,0**	**23,7**	**20,9**	**26,9**	**21,9**	**24,8**	**26,6**	**26,6**	**28,2**	**23,4**
Głuchołazy	**31,2**	**28,0**	**29,9**	**31,7**	**32,5**	**34,0**	**33,8**	**35,3**	**36,8**	**34,5**	**33,7**	**33,5**
Stężenie ^{40}K / ^{40}K concentration [Bq/kg]												
Miejscowość Place / Rok badania Research time	1988	1989	1992	1996	1998	2000	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Opole	**278**	**237**	**223**	**242**	**228**	**243**	**233**	**252**	**258**	**259**	**260**	249
Stare Olesno	**379**	**379**	**357**	**358**	**337**	**348**	**378**	**363**	**365**	**364**	**204**	285
Otmuchów	**744**	**489**	**626**	**676**	**600**	**591**	**571**	**609**	**661**	**661**	**694**	548
Głuchołazy	**225**	**366**	**486**	**473**	**455**	**450**	**436**	**471**	**510**	**480**	**457**	480

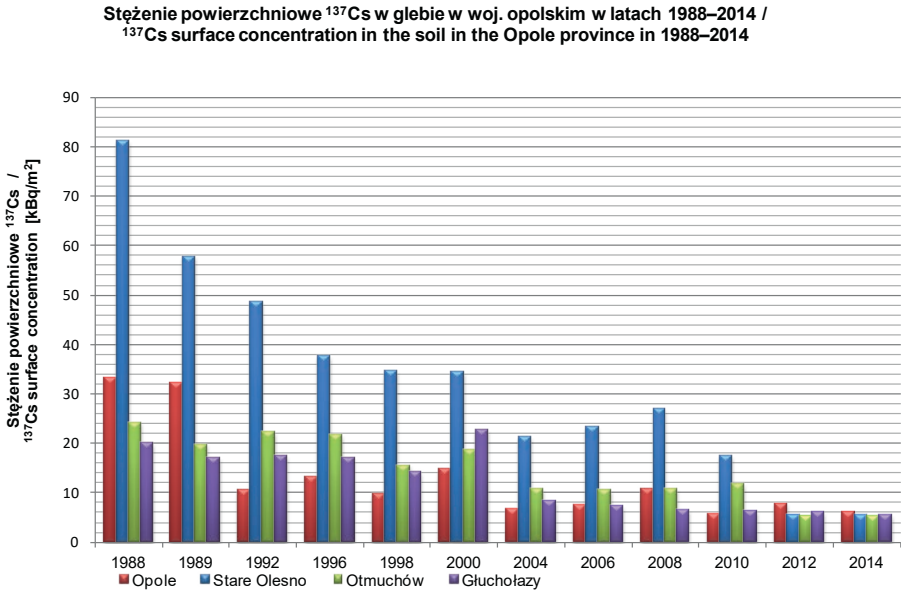
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Stężenia radionuklidów naturalnych dla wybranych miejscowości woj. opolskiego utrzymują się na zbliżonym poziomie. Średnie stężenie ^{40}K w glebie wyznaczone dla okresu 1988-2014 wynosi: 247 Bq/kg (Opole), 343 Bq/kg (Stare Olesno), 622 Bq kg (Otmuchów) oraz 441 Bq/kg (Głuchołazy). Średnie stężenie ^{226}Ra w glebie w tym okresie wynosi: 14,4 Bq/kg (Opole), 26,4 Bq/kg (Stare Olesno), 26,9 Bq/kg (Otmuchów) oraz 32,9 Bq/kg (Głuchołazy). Średnie stężenie ^{228}Ac w glebie wyznaczone dla tego samego okresu wynosi: 12,6 Bq/kg (Opole), 18 Bq/kg (Stare Olesno), 24,3 Bq/kg (Otmuchów) i 32,9 Bq/kg (Głuchołazy).

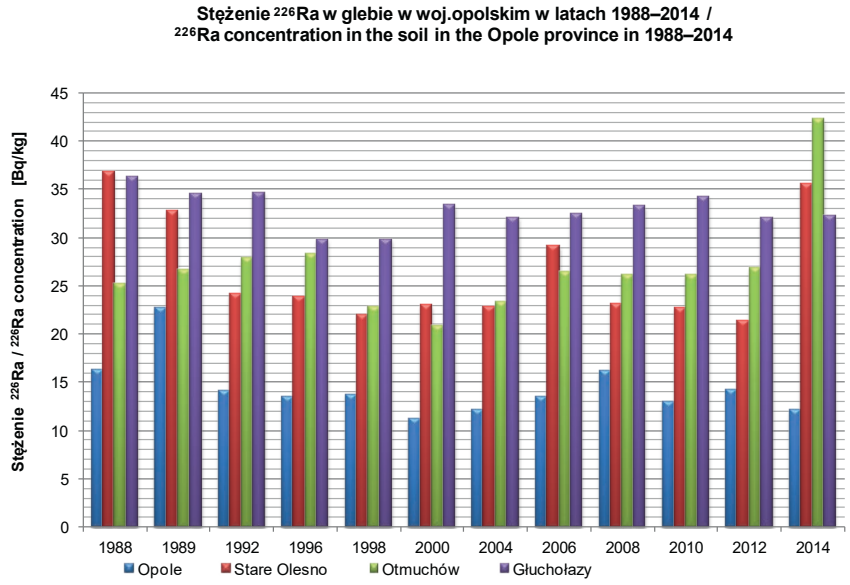
Natural radionuclides concentration for the selected towns in the Opole province are at a similar level. The average ^{40}K concentration for the soil set for the period of 1988–2014 was 247 Bq/kg (Opole), 343 Bq/kg (Stare Olesno), 622 Bq/kg (Otmuchów) and 441 Bq/kg (Głuchołazy). The average ^{226}Ra concentration in the soil was 14.4 Bq/kg (Opole), 26.4 Bq/kg (Stare Olesno), 26.9 Bq/kg (Otmuchów) and 32.9 Bq/kg (Głuchołazy). The average ^{228}Ac concentration for the soil set for the same period of time was 12.6 Bq/kg (Opole), 18 Bq/kg (Stare Olesno), 24.3 Bq/kg (Otmuchów) and 32.9 Bq/kg (Głuchołazy).

Na wykresach przedstawionych na ryc. 5–8 zobrazowano zmiany stężenia ^{137}Cs oraz naturalnych izotopów w glebie pochodzącej z czterech wybranych miejscowości woj. opolskiego, pobranej w latach 1988–2014. Skażenie ^{137}Cs w 1988 roku na terenie Starego Olesna było prawie 4-krotnie większe niż na terenie Otmuchowa i prawie 3-krotnie większe niż na terenie Opola.

Figures 5–8 show the changes of ^{137}Cs concentration and natural isotopes for the soil from four chosen towns of the Opole province, taken in 1988–2014. ^{137}Cs contamination in 1988 in Stare Olesno was almost 4 times higher than in the area of Otmuchów, and almost 3 times higher than in the area of Opole.



Rycina 5. Stężenie powierzchniowe ^{137}Cs w glebie w wybranych miejscowościach województwa opolskiego w latach 1988–2014
Figure 5. ^{137}Cs surface concentration in the soil in the selected places in the Opole province in 1988–2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 6. Stężenie ^{226}Ra w glebie w wybranych miejscowościach województwa opolskiego w latach 1988–2014
Figure 6. ^{226}Ra concentration in the soil in the Opole province in 1988–2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Najwyższe stężenie ^{137}Cs w Starym Oleśnie utrzymywało się aż do 2010 roku, po czym nastąpił spadek depozycji do wartości odpowiadającej pozostałym dwóm wybranym miejscowościom.

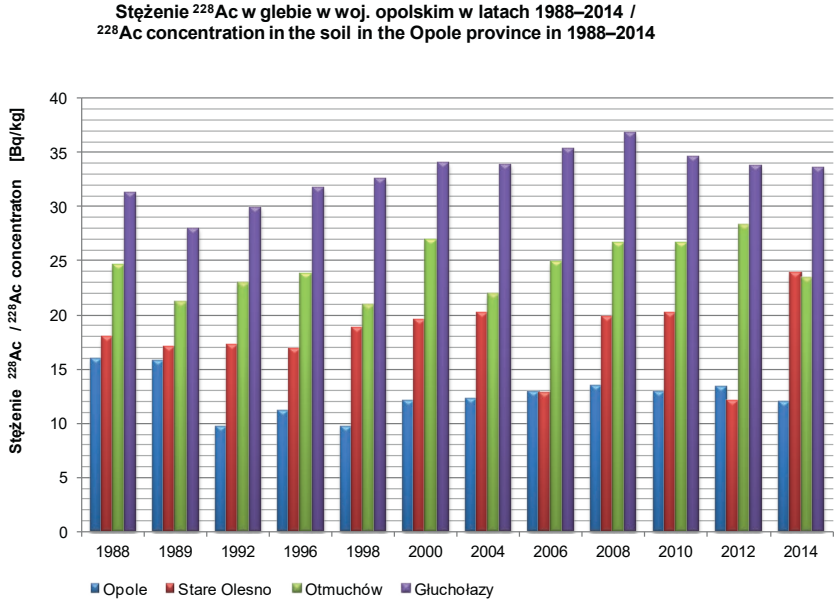
Wartości stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie na przestrzeni lat 1988–2014 systematycznie maleją. Dla próbek pobranych w 2014 roku w wybranych czterech miejscowościach Opolszczyzny są one zbliżone. Maksymalne stężenie zarejestrowano w próbce pobranej w Opolu.

Jak wynika z wykresu przedstawionego na rycinie 6 wartości stężeń ^{226}Ra dla poszczególnych miejscowości utrzymują się przez lata na podobnym poziomie. Wartość średnia stężenia ^{226}Ra w latach 1988–2014 wynosi 27,2 Bq/kg dla woj. opolskiego oraz 25,6 Bq/kg dla całej Polski.

The highest ^{137}Cs concentrations in Stare Olesno were being reported until 2010, and then the depositions decreased to the values equal to the two other towns.

The values of ^{137}Cs surface concentration in the soil were systematically decreasing in the years 1988–2014. For the samples collected in 2014, these values for four selected towns in the Opole region remained at a similar level, with the maximum value recorded in the sample from Opole.

As can be seen in the diagram above (Figure 6), the ^{226}Ra concentrations for the respective towns remained at a similar level over the years. The average ^{226}Ra concentration in the years 1988–2014 was 27.2 Bq/kg for the Opole province and 25.6 Bq/kg for the whole of Poland.



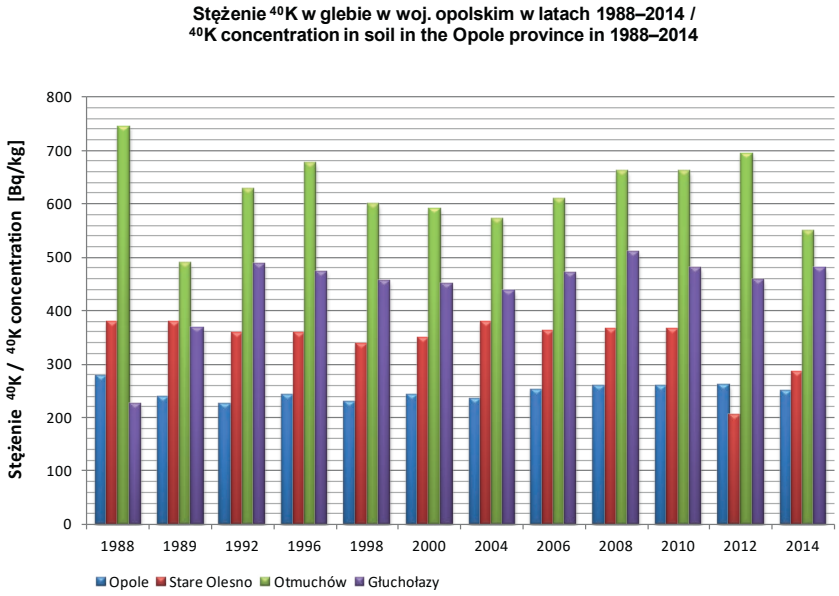
Rycina 7. Stężenie ^{228}Ac w glebie w wybranych miejscowościach województwa opolskiego w latach 1988–2014
Figure 7. ^{228}Ac concentration in the soil in the selected places in the Opole province in 1988–2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Z wykresu znajdującego się na rycinie 7 można odczytać, że wartości stężeń ^{228}Ac w glebie pobranej w latach 1988–2014 z poszczególnych miejscowości woj. opolskiego utrzymują się na podobnym poziomie. Wartość średnia stężenia ^{228}Ac dla okresu 1988–2014 wynosi 25,0 Bq/kg dla woj. opolskiego oraz 22,3 Bq/kg dla całej Polski.

Z wykresu na rycinie 8 wynika, że wartości stężeń ^{40}K w glebie poszczególnych miejscowości Opolszczyzny w analizowanych latach są do siebie zbliżone. Wartość średnia stężenia ^{40}K obliczona dla okresu 1988–2014 wynosi 448 Bq/kg dla woj. opolskiego oraz 406 Bq/kg dla całej Polski.

Analysing the chart in Figure 7, one might conclude that the values of ^{228}Ac concentrations for the soil taken in 1988–2014 from the towns in the Opole province were at similar levels. The average value of ^{228}Ac concentration for 1988–2014 is 25.0 Bq/kg for the Opole province and 22.3 Bq/kg for the whole of Poland.

Having analysed the chart in Figure 8, one might conclude that the values of ^{40}K concentration for particular towns of the Opole province were at a similar level within the period 1989–2014. The average value of ^{40}K concentration counted for the above-mentioned period of time was 448 Bq/kg for the Opole province and 406 Bq/kg for the whole of Poland.



Rycina 8. Stężenie ^{40}K w glebie w wybranych miejscowościach województwa opolskiego w latach 1988–2014
Figure 8. ^{40}K concentration in the soil in the selected places in the Opole province in 1988–2014
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Podsumowanie

Zgodnie z przewidywaniami wartość depozycji sztucznego radionuklidu ^{137}Cs w glebie sukcesywnie maleje w związku z rozpadem promieniotwórczym tego izotopu oraz częściowym wnikaniem w głębsze warstwy gleby. Wartość średnia stężenia powierzchniowego ^{137}Cs w glebie dla próbek pobranych w 2014 r. wynosi 3,55 kBq/m^2 dla woj. opolskiego i 1,33 kBq/m^2 dla Polski. Na podstawie danych z 2014 roku narażenie osób z ogółu ludności Polski spowodowane obecnymi w środowisku sztucznymi izotopami promieniotwórczymi pozostaje na bardzo niskim poziomie. Dawka, którą mogą otrzymać mieszkańcy woj. opolskiego od sztucznych izotopów gamma promieniotwórczych, stanowi ułamek procenta wartości dawki granicznej dla ogółu ludności (wynoszącej 1 mSv rocznie) [2]. Wskazane jest prowadzenie dalszych badań na terenie Opolszczyzny, ponieważ ^{137}Cs jako pozostałość po awarii w Czarnobylu, nadal jest rejestrowany w glebie na poziomie prawie trzykrotnie wyższym niż w pozostałych rejonach Polski. Ponadto wskazane jest przeprowadzenie pomiarów w próbkach gleby pobranej z głębokości 25 cm, w celu poznania, jaka część tego izotopu przedostała się do głębszych warstw.

Stężenia naturalnych izotopów potasu ^{40}K, radu ^{226}Ra oraz aktynu ^{228}Ac w glebie utrzymują się na stałym poziomie. Wartości średnie stężeń obliczone dla okresu 1988–2014 dla próbek pobranych w woj. opolskim są porównywalne z wartościami średnimi dla Polski. Moc dawki od naturalnych izotopów promieniotwórczych dla mieszkańców Opolszczyzny wynosi 47,5 nGy/h, co stanowi ok. 17% dawki od tła naturalnego.

Conclusions

As was predicted, the value of ^{137}Cs artificial radionuclide deposition has been gradually decreasing as a result of the radioactive decay of this isotope and its partial penetration into deeper soil layers. The average value of ^{137}Cs surface concentration for the samples taken in 2014 was 3.55 kBq/m^2 for the Opole province and 1.33 kBq/m^2 for the whole of Poland. According to data from 2014, the threat to the Polish population caused by the artificial radioactive isotopes present in the environment is at a very low level. A portion of the artificial radioactive gamma isotopes which can be received by the residents of the Opole province seems to be a fraction of the limit of the portion for the whole population (which is 1 mSv a year) [2]. It is recommended to conduct further researches in the area of the Opole province, because ^{137}Cs, as a remnant of the Chernobyl accident, is still being detected in the soil at the level almost three times higher than in other Polish regions. Furthermore, it would be advisable to conduct measurements of soil samples taken at a depth of 25 cm in order to learn which part of this isotope has penetrated into the deeper layers.

The concentrations of the natural isotopes ^{40}K potassium, ^{226}Ra radium and ^{228}Ac actinium in soil are at a stable level. The average concentration values counted for 1988–2014 for the samples taken in the Opole province are comparable to the average values for Poland. The strength of a portion of natural radioactive isotopes for the residents of the Opole region is 47.5 nGy/h, which constitutes 17% of the portion from the natural background.

ISSN 1895-8443

Artykuł został opracowany w ramach projektu pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

The article was written within the project "An IT tool for assessing a risk of accidents in industrial companies posing a threat outside their areas", financed by the National Centre for Research and Development.

Literatura / Literature

[1] Jaworowski Z., *Jak to z Czarnobylem było*, „Wiedza i życie", 1996, 5, [dok. elektr.] http://archiwum.wiz.pl/1996/96052000.asp [dostęp: 20.09.2016].

[2] Państwowa Agencja Atomistyki, http://www.paa.gov.pl/ [dostęp: 20.09.2016].

[3] Grudzka A., *Co nam pozostało po Czarnobylu*, [dok. elektr.] http://www.nto.pl/magazyn/reportaz/art/4166081,co-nam-zostalo-po-czarnobylu,id,t.html [dostęp: 20.09.2016].

[4] Isajenko K., Fujak M., Piotrowska B., Fujak M., Kuczbajska M., Ząbek A., Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2008–2009, CLOR, Warszawa 2010.

[5] Isajenko K., Fujak M., Piotrowska B., Fujak M., Kuczbajska M., Kiełbasińska A., Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2010–2011, CLOR, Warszawa 2012.

[6] Isajenko K., Fujak M., Piotrowska B., Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2012–2013, CLOR, Warszawa 2014.

[7] Isajenko K., Kardaś M., Wojtkowski K., Piotrowska B., Kwiatkowska I., Stawarz O., Ząbek A., Kiełbasińska A., Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2014–2015, CLOR, Warszawa 2016.

[8] Piotrowska B., Fujak M., Isajenko K., Krawczyńska S., *Building Materials Radioactivity in Poland*, BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 151–158.

MGR INŻ. KRZYSZTOF ISAJENKO – zastępca dyrektora Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w Warszawie, kierownik Zakładu Dozymetrii CLOR, kierownik akredytowanego Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej, absolwent Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej (studia ukończone w 1987 roku z tytułem magistra inżyniera podstawowych problemów techniki), wieloletni członek Komisji Badania Morza Polskiej Akademii Nauk, wykładowca na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, uczestnik wielu szkoleń dotyczących ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego (zarówno krajowych jak i zagranicznych), autor lub współautor wielu publikacji związanych z tą tematyką.

MGR BARBARA PIOTROWSKA – w 1996 r. ukończyła Wydział Fizyki na Uniwersytecie Warszawskim o specjalności fizyka jądrowa. Od 1 lipca 2009 roku pracownik Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Zakładzie Dozymetrii. Spektrometrią promieniowania gamma zajmuje się od 1996 roku. Obecnie bierze udział w pracach nad promieniotwórczością naturalną w surowcach i materiałach budowlanych oraz prowadzi szkolenia z tego zakresu badań. Jest kierownikiem ds. technicznych w Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej.

MGR OLGA STAWARZ – w 2001 roku ukończyła Wydział Fizyki na Uniwersytecie Warszawskim o specjalności fizyka cząstek elementarnych i oddziaływań fundamentalnych. Od 2002 roku pracuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Zakładzie Dozymetrii. Początkowo zajmowała się pomiarami radonu i jego produktów rozpadu oraz pełniła funkcję Inspektora Ochrony Radiologicznej. Obecnie bierze udział w pracach związanych z monitoringiem radiologicznym środowiska, zajmuje się spektrometrią promieniowania gamma, pomiarami promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych oraz pomiarami promieniowania i oceną dawek w terenie, w budynkach i miejscach pracy. Jest kierownikiem ds. jakości w Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej.

KRZYSZTOF ISAJENKO, M.Sc.Eng. – Deputy Director of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) in Warsaw, Head of the CLOR Department of Dosimetry, Head of the accredited Laboratory of Natural Radioactivity Measurements; graduated in 1987 from the Faculty of Technical Physics and Applied Mathematics at the Warsaw University of Technology (majoring as an MSc. Eng. in Fundamental Technological Research), a longtime member of the Commission for the Exploration of the Sea at the Polish Academy of Sciences, lecturer at the Faculty of Physics at the Warsaw University of Technology, participant in many training courses on radiation protection and nuclear safety (both domestic and foreign), the author or co-author of numerous publications dealing with these topics.

BARBARA PIOTROWSKA, M.Sc. – in 1996 graduated from the Faculty of Physics at Warsaw University with specialisation in nuclear physics. Since 1 July 2009 an employee of the Central Laboratory for Radiological Protection in the Department of Dosimetry as Deputy Head. Previously, she worked at the Military Institute of Chemistry and Radiometry. Engaged in gamma spectrometry since 1996. Currently, she is working on natural radioactivity in raw and building materials, and conducts training in this field of research. She is the Manager of the Technically Accredited Laboratory of Natural Radioactivity Measurements in CLOR.

OLGA STAWARZ. M.Sc. – in 2001 graduated from the Faculty of Physics at Warsaw University with specialisation in the physics of elementary particles and fundamental interactions. Since 2002 she has been working at the Central Laboratory for Radiological Protection in the Department of Dosimetry. Initially, she dealt with the measurements of radon and its decay products, and worked as an Inspector of Radiological Protection. Currently, she is participating in work related to the radiological monitoring of the environment, gamma-spectrometry, the measurements of natural radioactivity of raw and building materials, and the measurements of radiation and dose assessment in the field, buildings and at workplaces. Quality Manager in Laboratory of Natural Radioactivity Measurements, the Central Laboratory for Radiological Protection, Department of Dosimetry.

DR ANETA ŁUKASZEK-CHMIELEWSKA – ukończyła studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Adiunkt w Zakładzie Fizyki i Chemii w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Prowadzi badania naukowe związane z palnością i dymotwórczością materiałów polimerowych, a także radioaktywnością komponentów środowiska.

MGR SYLWIA KRAWCZYŃSKA – zastępca dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. J. Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego (CNBOP-PIB) ds. Badań i Rozwoju. Jest wykładowcą Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (SGSP), absolwentką studiów magisterskich Wydziału Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego, studiów doktoranckich Kolegium Analiz Ekonomicznych Szkoły Głównej Handlowej, Szkoły Trenerów Biznesu oraz studiów podyplomowych m.in. na kierunkach: zarządzanie w stanach zagrożeń (SGSP) i nowoczesne metody zarządzania strategicznego (w Wyższej Szkole Zarządzania i Prawa im. H. Chodkowskiej). Od 2002 roku związana ze środowiskiem pożarniczym. Autorka kilkunastu publikacji z zakresu modelowania matematycznego i analiz ekonomicznych w obszarze inżynierii bezpieczeństwa, edukacji dla bezpieczeństwa oraz zarządzania zasobami ludzkimi w służbach mundurowych. Posiada doświadczenie w pracy w krajowych i międzynarodowych projektach naukowo-badawczych (5PR, 6PR, 7PR, Erasmus +).

ANETA ŁUKASZEK-CHMIELEWSKA, Ph.D. – graduated from the Faculty of Physics at Warsaw University. Assistant Professor in the Institute of Physics and Chemistry at the Main School of the Fire Service in Warsaw. She conducts researches in the field of flammability and the smoke production of polymer materials, as well as the radioactivity of environmental components.

SYLWIA KRAWCZYŃSKA, M.A. – Deputy Director for Research and Development in the Scientific and Research Centre for Fire Protection – the National Research Institute (CNBOP-PIB), an academic teacher in The Main School of the Fire Service (SGSP), a graduate of the Faculty of Mathematics, Informatics and Mechanics of the University of Warsaw, doctoral studies in the Collegium of Economic Analysis of the Warsaw School of Economics, postgraduate studies, among others Management in the United Threats in SGSP and Modern Methods of Strategic Management at the School of Management and Law and The School of Business Trainers. Since 2002, she has been engaged in the environment of firefighting and fire protection. The author of several publications in the field of mathematical modelling and economic analysis in the fields of safety engineering, safety education and human-resources management in the uniformed services. She has experience in the field of research projects at the national and international levels (FP5, FP6, FP7, Erasmus +).

ISSN 1895-8443

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

МЫ ПРИГЛАШАЕМ ВАС К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Редакция ежеквартального журнала
BiTP. Безопасность и Пожарная Техника
Предлагает Вам присылать проекты научных и обзорных статей, отчёты об исследованиях и случаях, а также научные рецензии, касающиеся широко понимаемой безопасности (на английском или русском языках).

Правила для Авторов доступны на интернет-странице http://bitp.cnbop.pl/ru.

Журнал индексирован в международных базах научных исследований

Реклама статей на интернет-порталах для учёных

Бесплатная публикация в открытом доступе

Журнал в перечне польского Министерства Науки и Высшего Образования

dr hab. inż. Piotr Izak, prof. AGH[a)*], mgr inż. Artur Kidoń[b)], dr Joanna Mastalska-Popławska[a)]

[a)]*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza / AGH University of Science and Technology*
[b)]*LV Project Artur Kidoń – konsulting i projektowanie / LV Project Artur Kidoń – consulting and design*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: izak@agh.edu.pl*

Mechanizm działania aerozolu gaśniczego

Mechanism of Fire-extinguishing Aerosol's Action

Механизм действия огнетушащего аэрозоля

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest dyskusyjne omówienie reakcji fizykochemicznych zachodzących w trakcie pożaru oraz przedstawienie mechanizmu działania inhibitorów palenia stosowanych w aerozolowych środkach gaśniczych. W artykule opisano również wyniki badań wpływu aerozolu gaśniczego na przedmioty muzealne.

Wprowadzenie: Zazwyczaj w środkach gaśniczych wykorzystywany jest jeden z dwóch mechanizmów działania – obniżenie temperatury źródła pożaru (np. poprzez zastosowanie wody, proszków) albo odcięcie dostępu tlenu lub znaczne obniżenie jego ilości (np. za pomocą pian gaśniczych, z wyjątkiem tzw. gazów chlorowcopochodnych). Jednak w przypadku aerozoli gaśniczych zasada działania jest inna. Opiera się ona na przerwaniu reakcji fizykochemicznych zachodzących podczas spalania poprzez związanie wolnych rodników palenia prawdopodobnie powstałych z przekształcenia cząsteczek wody. Odbywa się to przy udziale aktywnych powierzchni nanoziaren aerozolu, który, w zależności od sposobu wyzwalania generatorów, może działać miejscowo lub objętościowo. Metoda ta jest bardzo efektywna. Mimo że nie zmniejsza poziomu tlenu w przestrzeni objętej pożarem, to w przeciwieństwie do proszków gaśniczych pozostawia śladową ilość zanieczyszczeń. Przede wszystkim nie wpływa negatywnie na środowisko poprzez zubożanie warstwy ozonowej i wzmożenie efektów cieplarnianych, gdyż w nowych aerozolach gaśniczych nie stosuje się halogenowych retardantów palenia.

Metodologia: W pierwszej części artykułu dokonano przeglądu literatury z zakresu mechanizmów reakcji spalania, z uwzględnieniem udziału wody w tego typu procesach. W drugiej części artykułu skupiono się na przedstawieniu dyskusyjnego mechanizmu działania aerozolu gaśniczego, popierając te rozważania analizą wstępnych wyników badań dotyczących wykorzystania aerozolowych środków gaśniczych typu AGS 11/1 w celach ochrony eksponatów muzealnych, tj. figur drewnianych oraz starodruków.

Wnioski: Przeprowadzona analiza literatury z zakresu mechanizmów reakcji spalania oraz działania aerozoli gaśniczych, a także wstępne wyniki badań pozwoliły na sformułowanie poniższych tez:

– w początkowej fazie pożaru woda stanowi efektywny inhibitor palenia, jednak w późniejszych etapach aktywne rodniki powstałe na skutek jej rozkładu mogą podtrzymywać reakcję spalania płomieniowego,
– aerozole gaśnicze nie wpływają na zmianę barwy figur drewnianych, ani nie zmieniają właściwości starodruków, przez co z powodzeniem mogą być stosowane w muzeach i budowlach zabytkowych.

Słowa kluczowe: reakcje spalania, inhibitory palenia, aktywne rodniki wody, środki gaśnicze, aerozol gaśniczy, ochrona pożarowa eksponatów muzealnych
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 12.06.2016; Zrecenzowany: 10.02.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 56–71, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.4;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of this article is to discuss the physicochemical reactions which occur during a fire and to present the mechanism of action of fire inhibitors used in fire-extinguishing aerosols. The article also presents the results of research into the impact of fire-extinguishing aerosols on museum items.

Introduction: Typically, there are two mechanisms used to extinguish fire, i.e. by lowering the temperature of the fire (e.g. by applying water or powders) or by cutting off the supply of oxygen or its significant reduction (with the exception of so-called chlorinated gases) by blanketing it with fire-extinguishing foams. However, in the case of fire-extinguishing aerosols, their action principle is different. It is based on the stopping of combustion reactions by binding active radicals which probably result from the conversion of water molecules through the active surface effect (whether local or by volume) of aerosol nanograins. This method is very efficacious. It does not reduce the level of oxygen in the air but, in contrast to the powders, leaves a trace amount of impurities.

Most of all, however, it does not adversely affect the environment by ozone depletion or enhance the greenhouse effect due to there being no release of halogen-based fire retardants (in the latest type of aerosols).

Methodology: The first part of the article includes a review of the literature on fire mechanisms, with the involvement of water in these processes. The second part focuses on the presentation of the mechanism of action of fire-extinguishing aerosols. This presentation is supported by an analysis of the preliminary research results concerning the use of aerosols type AGS 11/1 for the purposes of museum exhibits protection, i.e. wooden figures and old prints.

Conclusions: The literature analysis in the field of combustion reactions mechanisms and action of fire-extinguishing aerosols, as well as the preliminary results of the research, allowed us to draw the following conclusions:

– water is an effective inhibitor of combustion at the initial stage of the fire, but at later stages, active radicals generated by its decomposition can maintain the flame combustion reaction;
– fire-extinguishing aerosols do not affect the colour of wooden figures, nor change the properties of old prints, which is why they can be successfully used in museums and historical buildings.

Keywords: combustion reactions, fire retardants, active radicals of water, extinguishing agents, fire-extinguishing aerosol, fire protection of museum exhibits

Type of article: review article

Received: 12.06.2016; Reviewed: 10.02.2017; Published: 30.06.2017;
The authors contributed equally to this article;
Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 56–71, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.4;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является обсуждение физико-химических реакций, происходяших во время пожара, а также представление механизмов воздействия ингибиторов горения, используемых в аэрозольных огнетушаших составах. В статье описаны также результаты исследований влияния огнетушашего аэрозоля на музейные предметы.

Введение: Обычно в гасяших средствах применяется один из двух механизмов действия – снижение температуры источника пожара (например, посредством подачи воды, порошка) либо ограничение доступа кислорода или его значительное сокрашение (например, при использовании огнетушаших пен, за исключением так называемых галогенопроизводных. Однако, в случае огнетушаших аэрозолей принцип действия есть иной. Он основан на прекрашении физико-химических реакций, происходяших во время горения путем связывания свободных радикалов горения, которые, вероятнее всего, могли быть сформированы вследствие преобразования частиц воды при участии активных поверхностей нанозерен аэрозоля, который, в зависимости от способа запуска генераторов, может действовать местно или на большой поверхности. Этот метод является очень эффективным. Не смотря на то, что он не снижает содержания кислорода в пространстве, которое охвачено огнем, в отличие от гасяших порошков, он создает минимальное количество загрязнений. В основном он не вредит окружаюшей среде за счёт истошения озонового слоя и усиления парникового эффекта, потому что в новых гасяших аэрозолях не используются галонопроизводные антипирены.

Методология: В первой части статьи проведен обзор литературы в области механизмов реакции горения с учетом участия воды в таких процессах. Во второй части авторы сосредоточились на представлении обсуждаемого механизма действия огнетушашего аэрозоля, подтверждая свои размышления анализом предварительных результатов исследований по использованию аэрозольных гасяших составов типа AGS 11/1 в целях зашиты музейных экспонатов, т.е. деревянных статуй и старинных книг.

Выводы: Проведенный анализ литературы в области механизмов реакции горения и действия огнетушаших аэрозолей, а также предварительные результаты исследований позволили сформулировать следуюшие тезисы:

– в начальной стадии пожара вода является эффективным ингибитором горения, однако в следуюших стадиях активные радикалы, появившиеся вследствие ее распада, могут поддерживать реакцию пламенного горения,
– огнетушашие аэрозоли не влияют на цвет деревянных статуй и не изменяют свойств старинных книг. Поэтому они могут успешно применяться в музеях и исторических зданиях.

Ключевые слова: реакции горения, ингибиторы горения, активные радикалы воды, гасяшие средства, гасяший аэрозоль, пожарная зашита музейных экспонатов

Вид статьи: обзорная статья

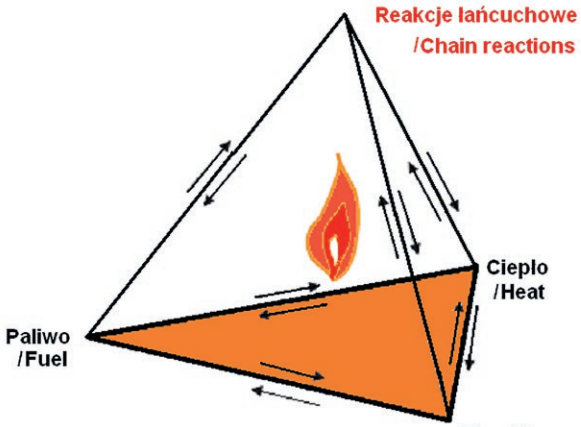
Принята: 12.06.2016; Рецензирована: 10.02.2017; Опубликована: 30.06.2017;
Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;
Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 56–71, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.4;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Mechanizm działania aerozolu gaśniczego nie jest dokładnie poznany. Przyjmuje się, że związany jest z inhibicją reakcji spalania – czyli szybkiego utleniania paliwa. Aby jednak powstał ogień (pożar), konieczna jest jednoczesna obecność czterech czynników: tlenu, substancji palnej, ciepła i chemicznych reakcji łańcuchowych. Spalanie zwykle przedstawia się w postaci czworościanu ognia, który zobrazowano na rycinie 1.

Introduction

The mechanism of action of fire extinguishing aerosols is not well known. It is understood that it is associated with the inhibition of combustion reactions, i.e. quick oxidation of a fuel. However, in order to create fire, four factors must be met at the same time: the presence of oxygen, flammable substances, heat and chemical chain reactions. Usually, combustion is presented in the form of a fire tetrahedron, which is illustrated in Fig.1.



Rycina 1. Czworościan reakcji spalania
Figure 1. Tetrahedron of combustion
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1–2].
Source: Own elaboration based on [1-2].

W wyjaśnieniu dyskusyjnego mechanizmu spalania istotna jest znajomość formy występowania paliwa, tlenu i środowiska, w którym mogą zachodzić reakcje łańcuchowe. Pomocne będzie także stwierdzenie, że paliwem w środowisku naturalnym jest wodór [4]. Inne formy paliwa są pochodnymi np. węgla lub siarki bądź też nie występują w środowisku naturalnym. Paliwo może przybierać różne stany skupienia, jednakże w przypadku reakcji spalania płomieniowego występuje tylko stan gazowy niosący wspomniane atomy wodoru. Schemat spalania płomieniowego ciała stałego przedstawiono na rycinie 2.

When explaining the mechanism of combustion, it is important to know the form of the fuel, the oxygen and the environment in which the chain reactions can occur. It is also helpful to state that in the natural environment, hydrogen can be regarded as a fuel [4]. Other forms of fuel are derived from carbon and sulphur, or are not present naturally. Fuels can appear in various physical states. However, in the case of the flame combustion reaction, only the gaseous state carrying said hydrogen atoms occurs. A diagram of the flame combustion of a solid is shown in Figure 2.

Rycina 2. Kinetyka spalania ciała stałego
Figure 2. The kinetics of combustion of a solid
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [2-3].
Source: Own elaboration based on [2-3].

Podobny mechanizm występuje podczas spalania paliwa w stanie ciekłym. W tym przypadku najpierw następuje parowanie cieczy.

A similar mechanism occurs in the case of the combustion of fuel in a liquid state. In this case, we first observe the evaporation of the liquid.

ISSN 1895-8443

Ciepło jest niezbędne do inicjacji i podtrzymania zjawiska pirolizy lub parowania paliwa. Aby następowało sprzężenie zwrotne, jak na rycinie 2, niezbędne są reakcje łańcuchowe zachodzące podczas spalania.

Łańcuchowe reakcje utleniania wodoru mogą łatwo zachodzić w środowisku wody. Dzieje się tak, ponieważ woda może wytwarzać bardzo aktywne rodniki utleniające **$OH^{\cdot}$, $H^{\cdot}$ ($H_3O^{\cdot}$), $O^{\cdot}$ ($H_2O_2^{\cdot}$)**, które podtrzymują reakcje spalania. Dzięki rekombinacjom rodników ewentualny pożar jest podtrzymywany aż do wyczerpania się paliwa.

W przypadku wodoru elementarne reakcje powstawania i rekombinacji rodników mogą przedstawiać się następująco:

$$H_2 + O_2 + \text{inicjator} = \mathbf{2\ OH^{\cdot}} \quad (1)$$

$$OH^{\cdot} + H_2 = H_2O + \mathbf{H^{\cdot}} \quad (2)$$

$$H^{\cdot} + O_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + O^{\cdot}} \quad (3)$$

$$O^{\cdot} + H_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + H^{\cdot}} \quad (4)$$

W przypadku pochodnych paliwa takiego jak np. węgiel mogą powstać pośrednie związki ulęgające dalszemu spalaniu płomieniowemu:

$$2C + H_2 + 2O_2 + \text{inicjator} = 2\ CO + \mathbf{2\ OH^{\cdot}} \quad (5)$$

$$\mathbf{OH^{\cdot}} + CO = CO_2 + \mathbf{H^{\cdot}} \quad (6)$$

$$\mathbf{H^{\cdot}} + O_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + O^{\cdot}} \quad (7)$$

$$\mathbf{O^{\cdot}} + H_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + H^{\cdot}} \quad (8)$$

Pogrubioną czcionką zaznaczono aktywne elementy wody (rodniki), które w warunkach naturalnych występują w bardzo krótkim czasie (rzędu pikosekund) lub nie występują wcale. Usunięcie lub trwałe związanie tylko jednego rodzaju rodników powinno przerwać łańcuchową reakcję spalania. Doskonale w tej roli spisują się sole metali alkalicznych, jako inhibitory reakcji spalania [1–6].

Inhibitory reakcji spalania

Aktywność inhibicyjna reakcji łańcuchowej spalania z udziałem soli metali alkalicznych z tym samym anionem rośnie w następującej kolejności:

Li < Na < K < Rb

Aktywność inhibicyjna związków tego samego metalu alkalicznego z różnymi anionami rośnie z następującym szeregiem:

szczawian > cyjanek > węglan > jodek > bromek > chlorek > siarczan > fosforan

Aniony, które zostały podkreślone, są najczęściej stosowanymi inhibitorami palenia.

Heat is required to initiate and sustain pyrolysis or evaporation of the fuel. To allow feedback as in Figure 2, chain reactions must occur during the combustion process.

It turns out that chain hydrogen oxidation reactions can take place only in a water environment. Water, in fact, can produce highly active oxidizing radicals (**$OH^{\cdot}$, $H^{\cdot}$ ($H_3O^{\cdot}$), $O^{\cdot}$ ($H_2O_2^{\cdot}$)**), which support combustion reactions. Due to radical recombinations, the possible fire is maintained until all the fuel is exhausted.

In the case of hydrogen, the elementary reactions of generation and recombination of radicals are as follows:

$$H_2 + O_2 + \text{initiator} = \mathbf{2\ OH^{\cdot}} \quad (1)$$

$$OH^{\cdot} + H_2 = H_2O + \mathbf{H^{\cdot}} \quad (2)$$

$$H^{\cdot} + O_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + O^{\cdot}} \quad (3)$$

$$O^{\cdot} + H_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + H^{\cdot}} \quad (4)$$

In the case of carbon derivatives, intermediates that are subject to further combustion may arise:

$$2C + H_2 + 2O_2 + \text{initiator} = 2\ CO + \mathbf{2\ OH^{\cdot}} \quad (5)$$

$$\mathbf{OH^{\cdot}} + CO = CO_2 + \mathbf{H^{\cdot}} \quad (6)$$

$$\mathbf{H^{\cdot}} + O_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + O^{\cdot}} \quad (7)$$

$$\mathbf{O^{\cdot}} + H_2 = \mathbf{OH^{\cdot} + H^{\cdot}} \quad (8)$$

Active elements of water (the radicals) are indicated in bold. They do not exist in natural conditions, or exist for a very short period of time (picoseconds). Removing or permanent binding only one type of radical should stop the chain combustion reaction. Alkali metals salts, acting as reduction agents in the oxidation reaction, are excellent in this role [1-6].

Inhibitors of the combustion reaction

The inhibitory activity of the chain reaction of alkali metal salts with the same anion increases in the following order:

Li < Na < K < Rb

The inhibitory activity of the compounds of the same alkali metal with various anions increases in the following order:

oxalate > cyan > carbonate > iodide > bromide > chloride > sulphate > phosphate

The underlined anions are the most commonly used combustion inhibitors.

Jednak najbardziej skutecznymi inhibitorami reakcji spalania są związki organiczne zawierające halogeny – fluorowce (fluor, chlor, jod, brom), freony lub chlorowcopochodne. Są to związki zawierające pierwiastki VII grupy układu okresowego, które natychmiast reagują z rodnikami spalania. Związki te są najczęściej wykorzystywane do uniepalniania różnych materiałów palnych, np. polimerów organicznych (antypireny, retardanty itp.). Niestety, lotne związki organiczne zawierające chlorowcopochodne w większym lub mniejszym stopniu mogą zubożać warstwę ozonową. Wpływają one na efekt cieplarniany kuli ziemskiej i obecnie nie mogą być stosowane do gaszenia pożarów [6].

Przykładowo freony, halony, gazy przemysłowe typu HFC, PFC, SF_6 (tzw. F-gazy) to związki, które nie występują naturalnie. Zostały stworzone przez człowieka dla celów przemysłowych. W krajach uprzemysłowionych stanowią one ok. 1,5% wszystkich uwalnianych do atmosfery gazów cieplarnianych. Są one niezwykle skuteczne w pochłanianiu ciepła – niektóre 22 tys. razy bardziej niż CO_2. Mogą pozostawać w atmosferze przez tysiące lat, przyczyniając się niekorzystnie do zmiany klimatu. Dlatego zgodnie z rozporządzeniem unijnym w sprawie niektórych fluorowanych gazów cieplarnianych [7] oraz ustawą o substancjach zubożających warstwę ozonową [8] substancje te są sukcesywnie z rynku eliminowane.

Rola wody w procesie spalania

Rodniki reakcji spalania są rezultatem rozkładu cząsteczek wody. Warto wspomnieć, że woda pokrywa ok. 70% Ziemi. Jest to jedyna substancja, która w przyrodzie występuje w trzech stanach skupienia. Uczestniczy ona praktycznie we wszystkich zjawiskach występujących warunkach naturalnych, np. zmianie klimatu, erozji skał, korozji materiałów, zlodowaceniach, wymywaniu (zjawiska krasowe), w budowie protein, fotokatalizie itp., a także w czasie zjawisk spalania lub gaszenia pożarów. Woda jest jedyną substancją rozszerzającą się przy zamarzaniu (o ok. 9%). Ma dużą wartość ciepła parowania i ciepła właściwego, które między innymi jest wykorzystywane do gaszenia pożaru lub stymulacji temperatury środowiska (klimatu). Mimo że jest stosunkowo małą cząsteczką (molekułą), to w warunkach normalnych jej temperatura wrzenia wynosi 100°C. W porównaniu do innych podobnych związków (o podobnej masie cząsteczkowej) temperatura wrzenia powinna wynosić około -70°C.

Wszystkie te niezwykłe właściwości wody wynikają z jej budowy i dlatego warto tę wiedzę przybliżyć. Cząsteczka wody składa się z atomu tlenu i dwóch atomów wodoru powiązanych kowalencyjnie (silne wiązania atomowe) jak na rycinie 3a. Jednakże może ona wykorzystywać do wiązań międzycząsteczkowych (asocjacja) dwie pary wolnych elektronów pochodzące od atomu tlenu (rycina 3b). Są to słabe, aczkolwiek ukierunkowane wiązania wodorowe, w odróżnieniu od energii oddziaływań van der Waalsa.

Cząsteczka wody może tworzyć ułożenie tetragonalne (rycina 3c). Niestety, słabe wiązanie wodorowe może się rozwidlać (bifurkacja) i tworzyć inne konfiguracje. Ogólnie, w tworzeniu wiązania wodorowego biorą udział oddziaływania elektrostatyczne, indukcyjne, dyspersyjne i donorowo-akceptorowe obu cząsteczek, przez co układ tetragonalny może być zaburzony.

However, the most effective inhibitors of combustion are organic compounds containing halogens (fluorine, chlorine, iodine, bromine), freons, or halogenated compounds. These compounds contain elements from group 7 of the periodic table, which immediately react with combustion radicals. These compounds are most commonly used for making flame-retardant certain combustible materials, for example organic polymers (flame retardants, retardants, etc.). Unfortunately, volatile organic compounds containing halogen derivatives deplete the ozone layer, exacerbate the greenhouse effect and can no longer be used in fire-fighting [6].

For example, CFCs, halons, industrial gases of HFC, PFC, SF_6 type (i.e. F-gases) are compounds which do not occur naturally. They have been created for industrial purposes. In industrialised countries, they represent approx. 1.5% of all greenhouse gases released into the atmosphere. They are extremely effective in terms of heat absorption – some up to 22 thousand times more than CO_2 – and they can remain in the atmosphere for thousands of years, having a detrimental effect on the climate. Therefore, pursuant to the EU Regulation on certain fluorinated greenhouse gases (No. 842/2006 as amended) [7] and the Act on substances that deplete the ozone layer [8], these substances are being gradually removed from the market.

The role of water in the combustion process

Radicals in the combustion reaction result from the decomposition of water molecules. It is worth mentioning that water covers approx. 70% of the Earth. It is the only substance that naturally occurs in three states of matter. It contributes to virtually all phenomena that occur under natural conditions, e.g. climate change, erosion of rocks, corrosion of materials, glaciation, karst-time erosion, construction of proteins, photocatalysis, as well as all combustion or anti-combustion phenomena. Water is the only substance which expands during freezing (by about 9%). It is characterized by substantial heat of vaporisation and specific heat, which makes it useful to extinguish fires or to stimulate the environment temperature (climate). Although it is a relatively small molecule, it has a boiling point of 100 °C in normal conditions. Compared to other similar compounds (with a similar molecular weight), its boiling temperature should be around -70 °C.

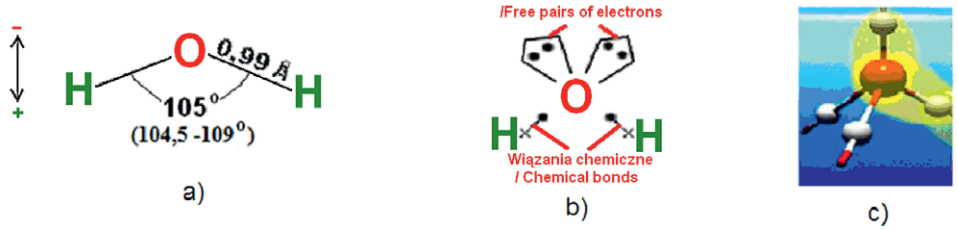
All of these remarkable properties of water are due to its structure, so it seems advisable to elaborate more on this issue. A water molecule consists of an oxygen atom and two hydrogen atoms covalently linked (strong atomic bonds), as shown in Figure 3a. However, it may use for intermolecular bonding (association) two pairs of free electrons from the oxygen atom (Figure 3b). These are weak, but oriented hydrogen bonds, as opposed to the energy of the van der Waals effect.

Water molecules can form tetragonal arrangements (Figure 3c). Unfortunately, weak hydrogen bonds can branch (bifurcation) and create other configurations. In general terms, in the formation of a hydrogen bond, electrostatic, inductive, dispersion and donor-acceptor bonds of both molecules are participants, whereby the tetragonal system may be impaired. The exact structure of liquid water is not fully known to this day due to weak intermolecular bonds. This is because, although the he-

ISSN 1895-8443

Słabe oddziaływania międzycząsteczkowe sprawiają, że praktycznie do dnia dzisiejszego nie jest znana dokładna struktura wody ciekłej. Choć heksagonalna struktura lodu znana jest od dawna (1922 r.), to konfiguracji atomów z wiązaniami wodorowymi nie można określić metodami rentgenowskimi ani poprzez rejestrację widma w podczerwieni i Ramana.

xagonal structure of ice has been known for a long time (1922), the configuration of atoms with hydrogen bonds cannot be determined by X-ray methods, or by recording infrared and Raman spectra.



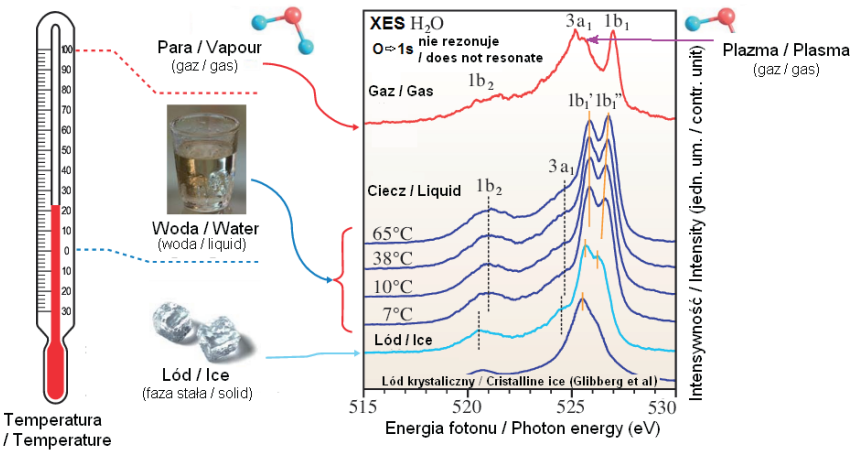
Rycina 3. Budowa cząsteczki wody: a) dipol, b) wiązanie, c) struktura
Figure 3. The structure of water: a) dipole b) bond, c) structure
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9].
Source: Own elaboration based on [9].

Sądzono, że badając małe formacje kilku-kilkunastu cząsteczek wody, tzw. klastrów wody $(H_2O)_n$, można będzie zrozumieć naturę tych układów. Do tego celu zastosowano symulację MC (metoda elementów skończonych Monte Carlo) i MD (metoda dynamiki molekularnej), wykorzystując potencjały kwantowe metodami chemii kwantowej. Z badań tych też niewiele wynika, choć przyczyniły się do określenia wielu struktur, np. wody biologicznej $(H_2O)_{37}$, wody zjonizowanej $(H_2O)_6$, wody zwykłej $(H_2O)_{12\text{-}18}$ itp. W przypadku wody ciekłej istotny jest czas trwania wiązań wodorowych i z tym związany jest problem natury badawczej [10–18].

Dzięki dużemu postępowi w rentgenowskiej technologii emisyjnej XES (X-ray Emission Spectroscopy) możliwa jest obserwacja cząsteczek wody w skali femtosekund, tj. (10^{-15}s). Tokushima i inni [19] wykazali, że woda tworzy sieć, w której cząsteczki wody związane są tylko z dwoma sąsiadami przy pomocy wiązań wodorowych (dimery), a nie – jak sądzono dotychczas – z czterema sąsiadami, jak w lodzie (rycina 4).

It was believed that by studying small formations of several-a dozen or so water molecules, the so-called $(H_2O)_n$water clusters, we will be able to understand the nature of these systems. For this purpose, using quantum potentials of quantum chemistry methods, MC simulation (the Monte Carlo method of finite elements) and MD simulation (the molecular dynamic method) were employed. These studies also gave little information, even though they have helped to identify a number of structures, for example $(H_2O)_{37}$ – biological water, $(H_2O)_6$ – ionized water, $(H_2O)_{12\text{-}18}$ ordinary water, and the like. In the case of liquid water, the duration of hydrogen bonds is important, and constitutes a research problem [10-18].

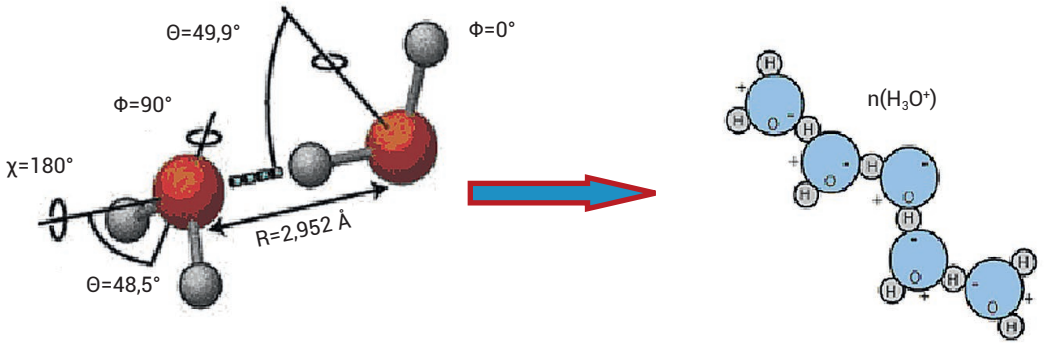
Thanks to significant progress in XES (X-ray Emission Spectroscopy), it is possible to observe water molecules within femtoseconds i.e. (10^{-25} s), and see possible changes in the structure of the intermolecular bonds. Tokushima et al. [19] showed that water forms a network in which water molecules are linked with hydrogen bonds (dimers) only to two neighbours, and not as previously thought, to four neighbours, as in the case of ice (Figure 4).



Rycina 4. Widma emisyjne spektroskopii rentgenowskiej XES wody w trzech stanach skupienia
Figure 4. The emission spectra of XES of water in the three states of matter
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].
Source: Own elaboration based on [19] .

Powyższe badania przedstawiają tezę, że w wodzie mogą istnieć dwie różne struktury: obszar cząsteczek tworzących konfigurację tetraedryczną o niższej gęstości oraz obszar o większej gęstości zawierający odkształcone (zdeformowane) cząsteczki wody w postaci dimerów [20–21]. Oznacza to, że łańcuchy i/lub pierścienie powstałe przez różne formy donorowania są najbardziej prawdopodobnymi strukturami w ciekłej wodzie w temperaturach od 7ºC do 100ºC. Na rycinie 5 przedstawiono taką przykładową strukturę.

These studies illustrate the idea of water having two different structures: the area of particles forming a tetrahedral configuration with a lower density, and a region with higher density with deformed water molecules with a dimeric configuration [20-21]. This means that chains and/or rings formed by various forms of donors are the most likely structures in liquid water at temperatures from 7 ºC to 100 ºC. Figure 5 shows such a sample structure.



Rycina 5. Przykładowa struktura w wodzie ciekłej (dimer umożliwia powstawanie różnych struktur liniowych wody)
Figure 5. An example of liquid water structure (dimers enable the formation of various linear structures of water)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [20–21].
Source: Own elaboration based on [20–21].

Oznacza to również, że w wodzie ciekłej znajduje się jon hydroniowy H_3O^+ (oksoniowy), który w wyższych temperaturach stosunkowo łatwo „rozpada" się na H_2O i H^+, i który powstaje dzięki wiązaniu wodorowemu tworzącemu się między protonem a jedną z wolnych par elektronowych atomu tlenu z cząsteczki wody. Jon oksoniowy ma strukturę przestrzenną (a nie płaską) i przyjmuje kształt piramidy o podstawie trójkąta równobocznego z wierzchołkami obsadzonymi przez trzy atomy wodoru i jeden atom tlenu. Ładunek dodatni tego jonu jest zdelokalizowany na wszystkie trzy atomy wodoru. Następny etap hydratacji polega na wytworzeniu przez jon H_3O^+ silnych mostków wodorowych, łączących go z trzema innymi cząsteczkami wody. Cząsteczki te składają się na wewnętrzną sferę koordynacyjną, tworząc jon $H_9O_4^+$ o budowie tetraedrycznej. Dalsze cząsteczki wody, które łączą się z jonem $H_9O_4^+$, są już związane znacznie słabiej i skład zewnętrznej sfery koordynacji H_3O^+ ulega znacznym zmianom w całym przedziale 0-100ºC (rycina 4).

Z uwagi na elementy symetrii w wodzie w temperaturze powyżej 100ºC istnieją tylko dwa typy orbitali $3a_1$ i $1b_1$, które charakteryzują fazę gazową: a_1 symetryczny względem wszystkich operacji symetrii i b_1 antysymetryczny względem obrotu. Jeśli ogólnie konfigurację elektronową wody z uwagi na elementy symetrii można zapisać jako:

$$H_2O\ [(1a_1)^2\ (2a_1)^2\ (1b_2)^2\ (3a_1)^2\ (1b_1)^2] \quad (11)$$

to na rycinie 6 przedstawiono orbitale „zajęte" przez elektrony wiążące w wodzie gazowej, tj. w temp. >100ºC wynikające z badań XES.

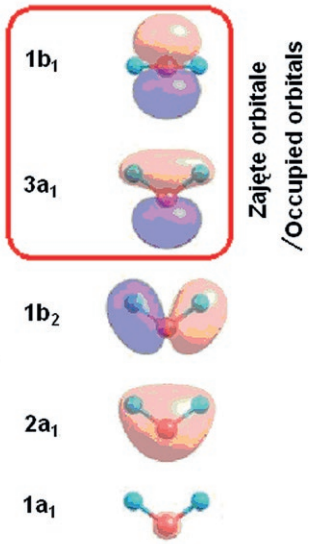
This also means that liquid water includes the H_3O^+ hydronium (oxonium) ion, which, at higher temperatures, relatively easily "falls apart" into H_2O and H^+, and is formed by the hydrogen bond created between a proton and one of the free electron pairs of the oxygen atom from the water molecule. The oxonium ion has a spatial structure (not flat) and takes the shape of a pyramid on the basis of an equilateral triangle with vertices consisting of three hydrogen atoms and one oxygen atom. Herein, the positive charge of this ion is delocalised over all three hydrogen atoms. The next step of hydration involves the formation of strong hydrogen bridges by the H_3O^+ ion, connecting it with the other three water molecules. These particles make up the inner coordination sphere, forming the $H_9O_4^+$ ion with a tetrahedral structure. Further water molecules that are linked to the $H_9O_4^+$ ion, are much more weakly bound and the composition of the outer coordination sphere of H_3O^+ varies significantly over the entire range of 0-100ºC (Figure 4).

Due to the symmetry elements in water at a temperature above 100ºC, there are only two types of orbitals, $3a_1$ and $1b_1$, which characterise the gaseous phase: a_1 – symmetric with respect to all symmetry operations, and b_1 – antisymmetric in terms of rotation. If the overall electronic configuration of the water can be written as:

$$H_2O\ [(1a_1)^2\ (2a_1)^2\ (1b_2)^2\ (3a_1)^2\ (1b_1)^2] \quad (11)$$

Figure 6 shows the orbitals which are "occupied" by binding electrons in vapor water, i.e. at a temperature > 100ºC, resulting from XES measurements.

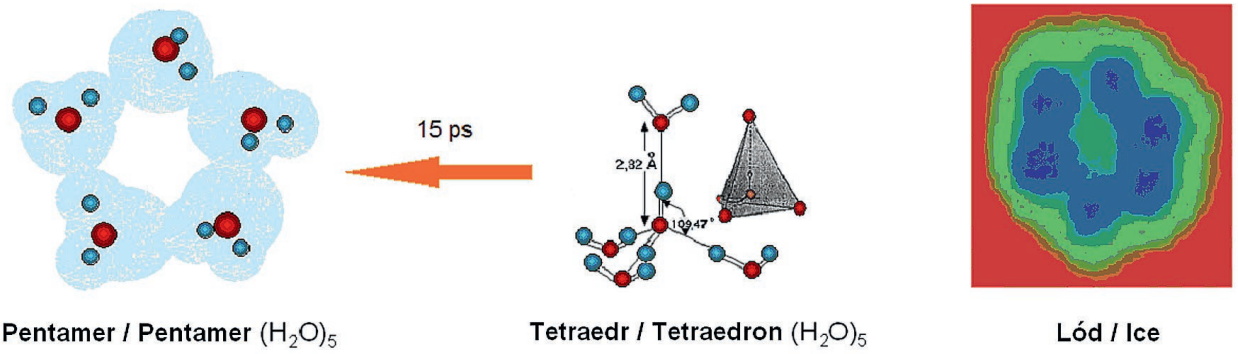
ISSN 1895-8443



Rycina 6. Zajęte orbitale elektronowe w wodzie gazowej w temperaturze 100°C
Figure 6. Occupied electron orbitals in vapor water at 100°C
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [22].
Source: Own elaboration based on [22].

Zauważyć można także, że orbital typu $3a_1$ już w temperaturze 100°C zaczyna się rozdwajać, co prawdopodobnie oznacza początek dysocjacji pojedynczej cząsteczki wody lub też świadczy o pozostałości orbitali typu $1b_1'$. Brak jednakże szczegółowych badań w tym kierunku, zwłaszcza interpretacji orbitalu $1b_1''$. Najwyższym obsadzonym orbitalem, którego energia odpowiada energii jonizacji, jest niewiążący orbital $1b_1$, zachowujący charakter orbitalu atomowego $2p_x$ tlenu. Jest to orbital o stosunkowo niskiej energii, dzięki czemu cząsteczka wody dość łatwo staje się donorem elektronów. Warto przy tym zaznaczyć, że tetraedr $(H_2O)_5$ również może tworzyć formy cykliczne, co przedstawiono na rycinie 7 [22–23].

One can also observe that at 100 °C, the orbital type $3a_1$ begins to bifurcate, which probably means the beginning of dissociation of a single molecule of water or is indicative of residue of the orbital type $1b_1'$. However, there is no detailed research into this matter, especially in the interpretation of the $1b_1''$ orbital. The highest positioned orbital whose energy corresponds to ionisation energy, is the non-binding $1b_1$ orbital, which retains the character of the $2p_x$ oxygen atomic orbital. This is an orbital with a relatively low energy, so that the water molecule can easily become an electron donor. It should be noted that the $(H_2O)_5$ tetrahedron can also create cyclic forms, as shown in Figure 7 [22–23].



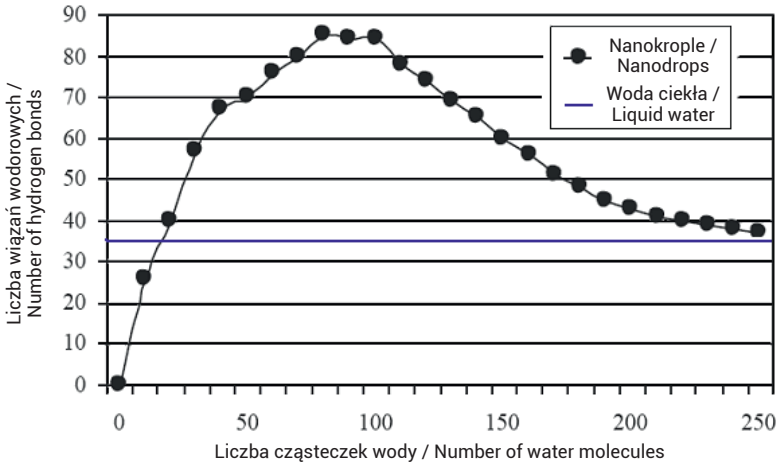
Rycina 7. Tworzenie się pentametru (formy cyklicznej) z tetraedrów wody zawierających pięć cząsteczek H_2O
Figure 7. The creation of a pentameter (cyclic form) from water tetrahedrons containing five molecules of H_2O
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [22–23].
Source: Own elaboration based on [22–23].

Badania wykazały, że w temperaturze pokojowej w wodzie istnieje ok. 80% pentameru i 20% tetraedru, zaś zmiana konfiguracji następuje w czasie ok. 15 pikosekund [10].

Interesujące, że w fazie gazowej (para niewidoczna dla oka) woda formuje się w postaci nanokropel, w której znajduje się ok. 100 cząsteczek H_2O. Na rycinie 8 przedstawiono zależność między liczbą wiązań wodorowych a liczbą cząsteczek wody dla nanokropel i wody ciekłej [11].

Studies have shown that at a room temperature, water consists of approx. 80% of pentamers and 20% of tetrahedrons, and the change of configuration occurs in approximately 15 picoseconds [10].

Interestingly enough, in the gas phase (vapor invisible to the eye), water takes the form of nanodrops, in which there are approx. 100 H_2O molecules. Figure 8 shows the relationship between the amount of hydrogen bonds and the number of water molecules for nanodrops and for liquid water [11].



Rycina 8. Liczba cząsteczek H_2O w nanokropli [11]
Figure 8. The amount of H_2O molecules in nanodrops [11].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [11]
Source: Own elaboration based on [11].

Nanokrople o wielkości ok. 30–100 nm z dużym prawdopodobieństwem w początkowym etapie będą bardzo efektywne w gaszeniu pożaru poprzez pobieranie ciepła na zerwanie wiązań wodorowych oraz zmianę środowiska pożaru (w wodzie jest więcej rozpuszczonego azotu niż tlenu), ale później będą już tylko go podtrzymywać.

Należy założyć także, że w temperaturach powyżej 100°C woda występuje w postaci pojedynczej cząsteczki lub dimeru, które ostatecznie dysocjują do aktywnych form np. OH, biorących udział w reakcjach spalania według reakcji:

$$H_2O = H_2 + \tfrac{1}{2}\,\mathbf{O_2^{\bullet}} - 286{,}6\ \text{kJ} \qquad (9)$$

$$2H_2O = H_2 + \mathbf{2OH^{\bullet}} - 535{,}92\ \text{kJ} \qquad (10)$$

Dysocjacja termiczna (termoliza) „czystej" wody zachodzi co prawda w bardzo wysokiej temperaturze, tj. ok. 2000°C, ale w środowisku katalitycznym i zjonizowanym – w obecności soli – termoliza może zachodzić w znacznie niższej temperaturze. Poza tym termoliza wody łatwo przebiega z udziałem rodników wodorotlenowych, jeśli można usunąć z układu jeden z produktów. W takiej sytuacji dla zachowania tej samej wartości stałej równowagi reakcji obniżone stężenie danego produktu jest „uzupełniane" przez rozkład kolejnych cząsteczek wody. W praktyce realizuje się to przez wiązanie tlenu za pomocą reduktora np. takiego jak sód lub potas (reagują już w temperaturze pokojowej). Nie wyklucza się także udziału fotolizy wody

In the initial stage, nanodrops sized about 30–100 nm probably will be very effective in extinguishing a fire by absorbing the heat for the breaking of hydrogen bonds and by changing the environment (there is more soluble nitrogen than oxygen in water), but later, such drops will just maintain the fire.

It should be assumed that at temperatures above 100°C, water is present in the form of a single molecule or dimer which eventually dissociate to active forms, for example, $OH^{\bullet}$, and will participate in the combustion process according to the following reactions:

$$H_2O = H_2 + \tfrac{1}{2}\,\mathbf{O_2^{\bullet}} - 286{,}6\ \text{kJ} \qquad (9)$$

$$2H_2O = H_2 + \mathbf{2OH^{\bullet}} - 535{,}92\ \text{kJ} \qquad (10)$$

The thermal dissociation (thermolysis) of 'clean' water takes place at a very high temperature, i.e. approx. 2000°C, but in ionised and catalyst environments, i.e. in the presence of salts, thermolysis can occur at a much lower temperature. In addition, if one of the products can be removed from the system, the thermolysis of water readily takes place with hydroxyl radicals. In such a situation, to maintain the same value of the equilibrium constant of the reaction, a reduced concentration of the product is "complemented" by the decomposition of the next molecule of water. In practice, this is accomplished by the binding of oxygen through a reducer such as, for example, sodium or potassium (which react as soon as at a room temperature). This does not preclude the contribution of water

ISSN 1895-8443

pod wpływem promieniowania w temperaturze płomienia. Powstałe w tym przypadku rodniki tlenu **O**$^{\cdot}$ mogą być rekombinowane na powierzchniach mikro- lub nanoziaren [22–23].

Badania testowe aerozolu gaśniczego AGS 11/1

Aerozole i nanoproszki gaśnicze posiadają bardzo aktywną powierzchnię wspomagającą reakcje utlenienia i redukcji. Obecnie produkowane aerozole gaśnicze na bazie węglanów i azotanów (np. potasu) mają wielkość ziaren w granicach 50–1000 nm, które w temperaturze wyzwalania aerozolu (>1000°C) stanowią aktywne centra natychmiast reagujące z rodnikami podtrzymującymi reakcję spalania płomieniowego.

Skuteczność działania aerozoli gaśniczych działających miejscowo zależy jednak od wielu czynników przestrzennych, które uwzględnia się w projekcie systemu SUG [24].

Na rycinie 9 przedstawiono zdjęcia kinetyki gaszenia pożaru w czasie badań testowych aerozolem AGS 11/1 (Nuuxe) w wybranych granicach czasowych.

Z badań tych wynika, że po pierwsze – wykorzystując ukierunkowany wypływ środka gaśniczego z generatora, pożar można gasić miejscowo. Ogień zostaje ugaszony już w pierwszych sekundach wyzwolenia aerozolu. Po drugie – aerozol reaguje z produktami spalania i wilgocią, tworząc mikroaerozol (rycina 9d). Po kilkunastu sekundach mikroaerozol rozpada się na mniejsze niewidoczne już dla oka cząstki aerozolu o wielkościach nanometrycznych (rycina 9e). To sugeruje, że nanoproszki aerozolu aktywnie reagują z wodą, tj. z rodnikami reakcji spalania. Po trzecie – reakcja aerozolu z rodnikami spalania skutkuje przerwaniem reakcji łańcuchowej utleniania paliwa w objętości. Innymi słowy, w zależności od sposobu wyzwalania generatorów, mogą one działać miejscowo lub objętościowo.

photolysis upon exposure to radiation at the flame temperature. The resulting **O**$^{\cdot}$ oxygen radicals can be recombined on the surface of the micro or nanograins [22–23].

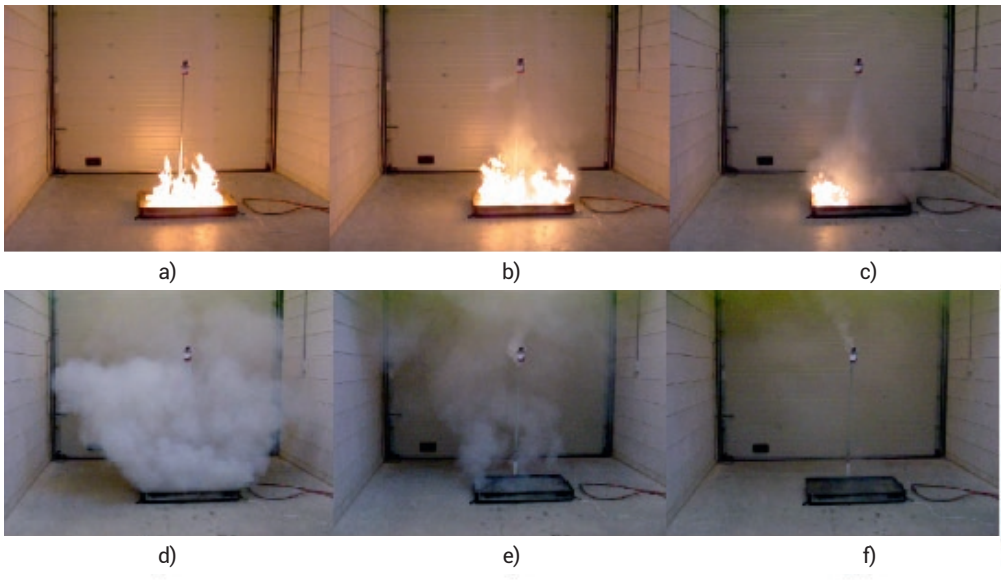
Tests of the fire extinguishing AGS 11/1 aerosol

Fire extinguishing aerosols and micro- and nanopowders have a very active surface supporting oxidation and reduction reactions. The currently produced fire extinguishing aerosols based on potassium nitrates and carbonates have grains ranging between 50 and 1000 nm, which at the temperature of spray trigger (> 1000°C), constitute active centers which immediately react with the radicals supporting the reaction of flame combustion.

The effectiveness of fire extinguishing aerosols acting locally depends on many spatial factors that are taken into account in the design of the SUG system [24].

Figure 9 shows photos of the kinetics of extinguishing a fire during the tests of the AGS 11/1 aerosol (Nuuxe) in the relevant time limits.

These tests show that, through the targeted flow of the extinguishing agent from the generator, the fire can be put out locally, the fire being extinguished in the first seconds of spray release. Moreover, the aerosol reacts with the combustion products and moisture, forming a micro-aerosol (Figure 9d) that, after several seconds, disintegrates into smaller, invisible, aerosol particles which are nanometric in size (Figure 9e). This suggests that the aerosol nanopowders actively react with water, i.e. radicals of the combustion reaction. The reaction of the aerosol with the combustion radicals then results in stopping the chain reaction of fuel oxidation in volume. In other words, depending on how generators are triggered, they can act locally or by volume.



Rycina 9. Kinetyka miejscowego gaszenia pożaru testowego: a) – zainicjowanie pożaru testowego – 0. sekunda, b) – wyzwolenie środka gaśniczego – 2. sekunda, c) – reakcje skondensowanego aerozolu z płomieniem – 3. sekunda, d) – ugaszenie pożaru, maksymalny strumień aerozolu – 5. sekunda, e) – pozostałości skondensowanego aerozolu – 12. sekunda, f) – zlikwidowanie płomienia, niewidoczny aerozol w przestrzeni gaśniczej [25]

Figure 9. Kinetics of the local fire fighthing test: a) initiation of the fire test – 0 second, b) release of the extinguishing agent – 2nd second, c) reaction of the condensed aerosol with flame – 3rd second, d) extinction of the fire, maximum aerosol flow – 5th second, e) remnants of the condensed aerosol – 12th second, f) elimination of the flame, invisible aerosol in the extinguishing space [25]

Chemiczne łączenie się wolnych rodników w molekuły może zachodzić przy udziale aktywnych powierzchni ziarenek proszku. Taki efekt, zwany inhibicją heterofazową, zachodzi w różnym stopniu przy użyciu wszystkich typów proszków przeznaczonych do gaszenia płomieni. Przykładowy schemat przebiegu tego procesu można przedstawić następująco:

$$\mathbf{H^{\bullet}} + \mathbf{C_a} = \mathbf{(C_aH)^*} \quad (11)$$

$$\mathbf{(OH)^{\bullet}} + \mathbf{(C_aH)^*} = H_2O + \mathbf{C} \quad (12)$$

gdzie: $\mathbf{C_a}$ oznacza centrum aktywne na powierzchni nanoziarna, natomiast C powierzchnie o mniejszej aktywności.

Wolne rodniki niezbędne dla normalnego przebiegu spalania w płomieniu są przechwytywane i na pewien czas wiązane przez aktywne obszary C_a na powierzchni zewnętrznej nano- lub mikroproszku. Z rodnikami spowolnionymi w ten sposób mogą reagować inne wolne rodniki płomienia, tworząc cząsteczki lub rodniki, ale o mniejszej aktywności. Obszary na powierzchni ziarenek proszku pełnią w ten sposób rolę inhibitora procesów spalania.

Jednakże w płomieniu mogą zachodzić także inne reakcje. Przykładowo, ładunek pirotechniczny lub inny o specjalnym składzie, o dość wolnym spalaniu, pozwala na skuteczną atomizację substancji alkalicznych, np. wodorowęglanu potasu. Gazy powstające przy spalaniu ładunku unoszą nanoziarna soli, powodując jednocześnie ich szybki rozkład do tlenku potasu. Aerozol docierający do płomienia może więc już bardzo szybko, ze względu na bardzo dużą powierzchnię właściwą, reagować z wolnymi rodnikami (inhibicja homofazowa). Po utworzeniu wodorotlenku w wyniku dysocjacji termicznej następuje cykl reakcji redukcyjnych prowadzących do szybkiego spadku stężenia wolnych rodników w obszarze działania nanoproszku, zgodnie ze schematem:

$$KOH + \mathbf{H^{\bullet}} = H_2O + \mathbf{K^{\bullet}} \quad (13)$$

$$KOH + \mathbf{OH^{\bullet}} = H_2O + \mathbf{KO^{\bullet}} \quad (14)$$

$$\mathbf{KO^{\bullet}} + \mathbf{H^{\bullet}} = KOH \quad (15)$$

$$\mathbf{K^{\bullet}} + \mathbf{HO^{\bullet}} = KOH \quad (16)$$

Jest to w istocie reakcja łańcuchowa ograniczania spalania w wyniku silnych właściwości redukcyjnych jonów alkalicznych poprzez ich rekombinację do czasu reakcji z dwutlenkiem węgla.

Sposób wykorzystania chemicznego działania inhibicyjnego soli potasowych na płomień poprzez szybką atomizację pirotechniczną jest bardzo wydajny z punktu widzenia aktywnego składnika alkalicznego. W szczególności odnosi się to wysokiej temperatury nanoproszków, przez co są one bardzo aktywne chemicznie.

Nanoproszki alkaliczne mają zdolność do dużej penetracji środowiska pożarowego i w przeciwieństwie do gazów nie rozrzedzają się w nim, a więc przez dłuższy czas mogą przebywać w miejscu wyzwolenia aerozolu i w tym upatruje się ich miejscowe działanie.

The chemical linking of free radicals into molecules can occur within certain active surfaces of powder grains. This effect, called 'heterophasic inhibition', occurs in varying degrees with all types of powders intended to extinguish the flames. An example of a flow chart for the process can be summarized as follows:

$$\mathbf{H^{\bullet}} + \mathbf{C_a} = \mathbf{(C_aH)^*} \quad (11)$$

$$\mathbf{(OH)^{\bullet}} + \mathbf{(C_aH)^*} = H_2O + \mathbf{C} \quad (12)$$

where: $\mathbf{C_a}$ means the active centre on the surface of a nanograin, and C means less active areas.

Free radicals, essential for normal flame combustion, are intercepted and temporarily bonded by the C_a active regions on the exterior surface of the nano- or micropowder. Other free radicals of the flame can react with radicals slowed down in this way, creating radicals or molecules which are less active. Areas on the surface of the powder grains, thus, serve this way as inhibitors of combustion processes.

However, other reactions may occur inside a flame. For example, a pyrotechnic charge (or other specially formulated charge with relatively slow combustion) allows the effective atomisation of alkali, e.g. potassium bicarbonate. Gases formed during the burning of the charge rise salt nanograins, also bringing about their rapid decomposition to potassium oxide. The aerosol reaching the flame can, therefore, react with free radicals (homophase inhibition) very rapidly due to the very high surface area. The creation of the hydroxide resulting from thermal dissociation is subsequently followed by a cycle of reduction reactions leading to a rapid decrease in the concentration of free radicals under the action of a nanopowder in accordance with the following scheme:

$$KOH + \mathbf{H^{\bullet}} = H_2O + \mathbf{K^{\bullet}} \quad (13)$$

$$KOH + \mathbf{OH^{\bullet}} = H_2O + \mathbf{KO^{\bullet}} \quad (14)$$

$$\mathbf{KO^{\bullet}} + \mathbf{H^{\bullet}} = KOH \quad (15)$$

$$\mathbf{K^{\bullet}} + \mathbf{HO^{\bullet}} = KOH \quad (16)$$

It is essentially a chain reaction of combustion limitation by way of the strong reduction properties of the alkaline ions, through their recombination until a reaction with carbon dioxide occurs.

The method using the chemical inhibitory effect of potassium salt on the flame by its rapid pyrotechnic atomisation is highly efficient in terms of the active alkali ingredient. In particular, this applies to the high reaction temperature of nanoparticles due to which they are very chemically active.

Alkaline nanopowders can penetrate deeply into a fire environment, and, in contrast to gases, they do not dilute, and so they can stay at the place of aerosol release for a longer time. This is believed to be their topical activity. In contrast, gaseous extinguishing agents require emission into compact spaces

ISSN 1895-8443

W odróżnieniu, gazowe środki gaśnicze wymagają stosowania zwartych przestrzeni i możliwości w nich redukcji ciśnienia. W szczególności środki oparte na CO_2 są w chwili obecnej wycofywane ze stref pożarowych ZL z racji ich właściwości trujących. Z kolei proszkowe i ciekłe środki gaśnicze szybko opadają, i tym samym tracą efektywność gaszenia, pomijając przy tym inne straty popożarowe.

Aerozolowe środki gaśnicze, z racji właściwości dielektrycznych nanoproszków, w szczególności nadają się do gaszenia pożarów urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem oraz urządzeń komputerowych bez potrzeby ich wyłączania. Dzięki temu wyeliminowane zostało ryzyko zniszczeń w gaszonym mieniu (np. poprzez zalanie wodą) oraz porażeń elektrycznych. Poza tym gaszenie pożarów aerozolami gaśniczymi nie zmniejsza poziomu tlenu w powietrzu, gdyż reagują one tylko z rodnikami procesu spalania, a więc są przyjazne dla ludzi, którzy przebywają w środowisku pożaru. Powstające wodorotlenki alkaliczne reagują szybko z CO_2 znajdującym się w powietrzu tworząc węglany [26–28].

$$KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O \quad (17)$$

Inny aspekt działania aerozolu gaśniczego dotyczy zabezpieczania eksponatów muzealnych. Okazuje się, że każdy środek gaśniczy wpływa negatywnie na kolorystykę eksponatów muzealnych nawet, gdy są one poza zasięgiem działania ognia [29–30]. Dlatego też zmiana barw eksponatów np. w układzie L*a*b znajdujących się w takim środowisku jest różna w zależności od rodzaju stosowanego środka gaśniczego. W przypadku obrazów olejnych najbardziej istotne zmiany barwy wywołują wodne środki gaśnicze. Nieco mniejsze zmiany zauważono w przypadku stosowania CO_2 i typowych proszków gaśniczych, a najmniejsze przy użyciu halonów. Podobne badania przeprowadzono przy zastosowaniu aerozoli typu AGS 11/1 (Nuuxe). Na rycinie 10 przedstawiono sposób badania zabytkowej figurki oraz starodruku, zaś na rycinie 11 współrzędne barwy w systemie L*a*b przed i po działaniu aerozolu (także po odkurzeniu).

System L*a*b to kolorymetryczny model przestrzeni barw rozciągający się pomiędzy barwami przeciwstawnymi, tworzącymi następujące wymiary: wymiar **L** oznaczający jasność oraz wymiary **a i b,** oparte na nieliniowo skompresowanych koordynatach przestrzeni barw. Oś **a** przedstawia udział barwy zielonej lub czerwonej w analizowanej barwie, przy czym odcienie koloru zielonego mają wartość ujemną, a odcienie koloru czerwonego – wartość dodatnią. Oś **b** przedstawia udział barwy niebieskiej lub żółtej w analizowanej barwie, przy czym odcienie koloru niebieskiego mają wartość ujemną, a odcienie koloru żółtego – wartość dodatnią. Skale osi **a** i **b** rozciągają się pomiędzy wartościami -150 i +100 oraz -100 i +150, bez względu na to, że niektóre wartości nie posiadają swojego odpowiednika w kolorze. Ponieważ przy tworzeniu przestrzeni uwzględniono postrzeganie barw, spektrum kolorów nie jest kwadratem, lecz nieregularną bryłą. Postrzeganie barw to zdolność organizmu do rozróżniania przedmiotów oparta na wrażliwości na długość fali (lub częstotliwość) światła, które przedmioty te odbijają, emitują lub przepuszczają. Oś **L** opisuje jasność barwy w obrębie wartości od 0 do 100. Różnicę barw określa zwykła odległość euklidesowa dwóch punktów w przestrzeni barw.

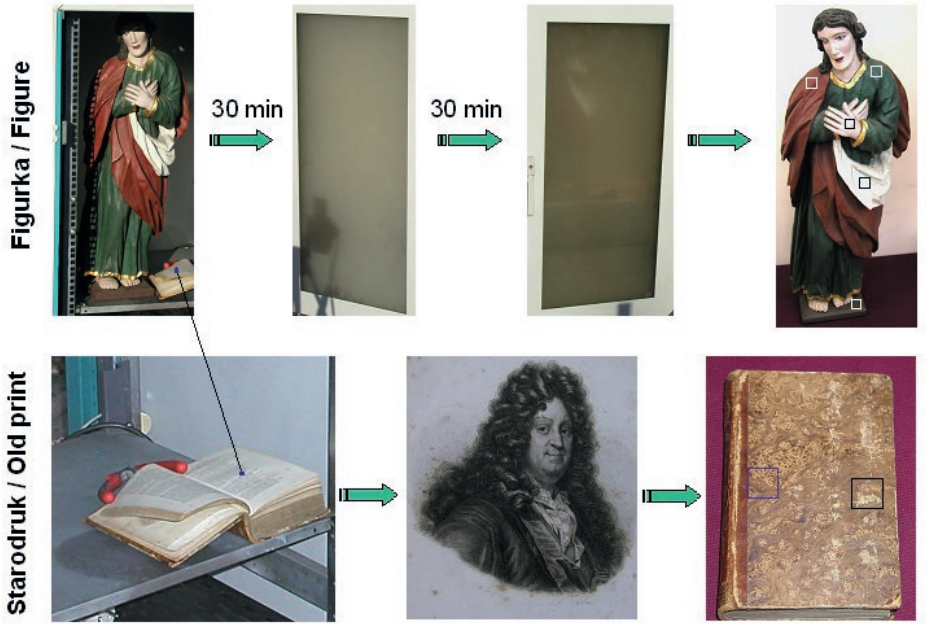
and seek opportunities to reduce pressure in these places. In particular, agents based on CO_2 are currently withdrawn from the TH fire zones because of their toxic properties. On the other hand, powder and liquid extinguishing agents fail quickly, and thus lose their fire effectiveness, permitting other fire damage.

Aerosol extinguishing agents, due to the dielectric properties of nanopowders, are particularly suited to extinguishing fires within electrical equipment and computer devices. This effect mitigates the need of switching them off. This reduces the risk of damage to the extinguished property (e. g. by flooding with water) and electric shocks. In addition, fire-fighting using fire extinguishing aerosols does not reduce the oxygen level in the air, because such aerosols react only with the free radicals of combustion process, so they are people-friendly in regard to those present in the fire environment [26-28].

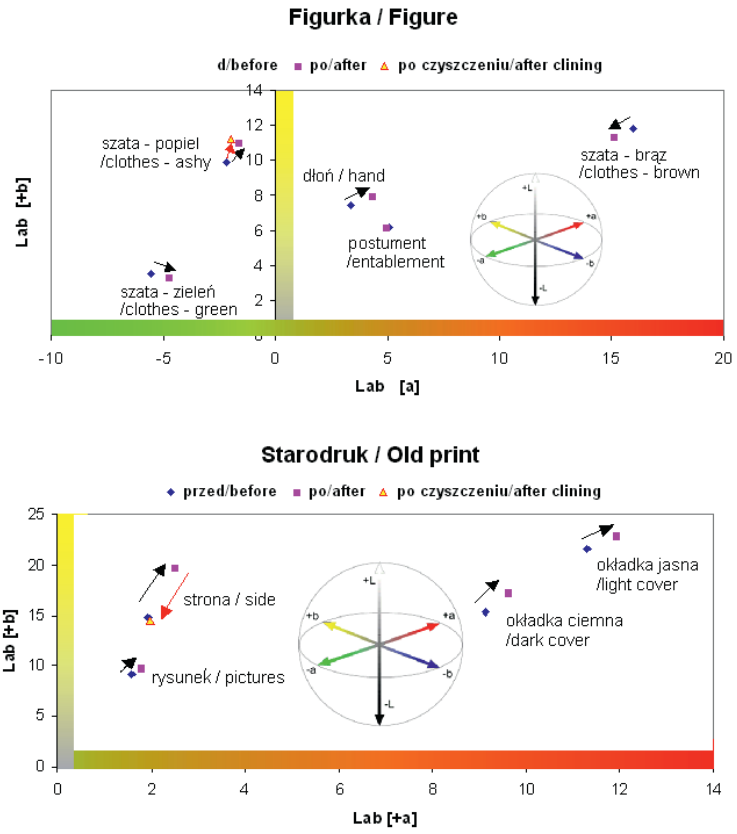
$$KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O \quad (17)$$

Another aspect of the action of fire extinguishing aerosols concerns the protection of museum exhibits. It turns out that every extinguishing agent adversely affects the colours of museum exhibits, even when they are out of reach of the fire. Therefore, changes in colors, for example in the L*a*b system, vary depending on the type of extinguishing agent. For oil paintings, the most significant colour change is caused by water extinguishing agents. Slightly smaller changes were noted in the case of CO_2 and the typical extinguishing powders, and the smallest when using halons [29-30]. Similar studies were carried out using the aerosols of the AGS 11/1 type (Nuuxe). Figure 10 shows how historical figures and old prints were tested. In turn, Figure 11 shows the colour coordinates in the L*a*b system before and after the aerosol action (also after vacuuming).

The L*a*b system is a colorimetric model of colour space stretching between opposite colours, forming the following dimensions: **L** - lightness, and **a** & **b** – based on non-linearly compressed colour space coordinates. The **a** axis demonstrates the amount of green or red in the analysed colour, with the hues of green having a negative value, and those for red, a positive value. The **b** axis shows the presence of blue or yellow in the analysed colour, with the hues of blue having a negative value, and those or yellow, a positive value. The **a** & **b** axis scales range from -150 to +100, and -100 to +150, regardless of some values not having their corresponding colour. As colour perception was taken into account in the creation of the space, the colour spectrum is not a square, but an irregular figure. Colour perception is the organism's ability to distinguish objects based on sensitivity to wave length (frequency) of light reflected or emitted or let through by such objects. The L axis describes the lightness of colour within a range of 0 to 100. Colour difference is specified by the Euclidean distance between two points in the colour space.



Rycina 10. Działanie aerozolu gaśniczego na zmianę barwy figurki i starodruku
Figure 10. The impact of the fire-extinguishing aerosol on the colour of a wooden figure and an old print
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [25].
Source: Own elaboration based on [25].



Rycina 11. Zmiany współrzędnych barwy w systemie L*a*b badanych eksponatów
Figure 11. Changes of the color coordinates of the L * a * b system of the examined exhibits
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [25].
Source: Own elaboration based on [25].

ISSN 1895-8443

Badania wykazały, że aerozol gaśniczy nie zmienia barw powłok lakierowych drewnianej figury, w szczególności po oczyszczeniu. Różnica barw DE 2000 według CIE L*a*b (ISO) wynosi poniżej 1. Jest więc niewidoczna dla ludzkiego oka. W przypadku starodruku wyniki pomiarów różnicy barw przedstawiono w tabeli 1.

Studies have shown that the employed fire extinguishing aerosols do not change the colour of wooden figures coatings, especially after vacuuming. The DE 2000 color difference according to CIE L*a*b, is less than 1, i.e. is invisible to the human eye. The results of the color difference measurements for the old print are shown in Table 1.

Tabela 1. Różnica barw starodruku po działaniu aerozolu AGS 11/1 [25]
Table 1. The difference in colour of the old print after use of an AGS 11/1 aerosol [25]

Miejsce pomiaru / Measurement location	Różnica barwy DE 2000 po działaniu aerozolu / Colour difference DE 2000 after exposure to the aerosol	Różnica barwy DE 2000 po odkurzeniu / Color difference DE 2000 after dusting
Okładka (ciemny rejon) / Cover (dark area)	2,13	0,52
Okładka (jasny rejon) / Cover (bright area)	0,69	0,49
Strona nr 63 / Page no. 63	5,78	0,68
Rysunek / Figure	1,04	0,32

Największe zmiany barwy zaobserwowano na płasko położonej stronie starodruku (DE 5,78), ale po odkurzeniu różnica barwy wyniosła już tylko 0,68. Świadczy to o całkowitym braku reakcji aerozolu w stosunku do włókien celulozy [25].

The biggest changes in colour were observed on a flat old-print page (DE 5,78), but after dusting, the color difference was only 0.68. This demonstrates the total lack of aerosol reaction with cellulose fibers [25].

Podsumowanie

Podsumowując, SUG aerozolowe stanowią generację bardzo efektywnych systemów stosowanych do gaszenia wszystkich grup pożarów, z wyjątkiem grupy pożarowej D, choć i tu nie ma na to jednoznacznych dowodów. Wykonano wiele wdrożeń z ich zastosowaniem, a skuteczność gaszenia została wielokrotnie potwierdzona, gdyż zapobiegły często ogromnym stratom powstającym w wyniku pożaru (referencje Nuuxe). Prawidłowo zaprojektowana, wykonana i serwisowana instalacja aerozolowa pozwala skutecznie ugasić pożary, choć szczególnie ważny dla projektantów w odniesieniu do miejscowego gaszenia pożaru jest aspekt poprawnego doboru odpowiednich generatorów aerozolu.

Przede wszystkim aerozole gaśnicze nie wpływają na zmiany barwy powłok lakierniczych na eksponatach muzealnych ani nie zmieniają właściwości starodruków. W chwili obecnej jest to bardzo skuteczny środek gaśniczy, który może być stosowany w muzeach i innych zabytkowych obiektach i budowlach. Daje to szansę na nowe skuteczne wdrożenia.

Summary

Summing up, aerosol SUG are a new generation of very effective systems that can be used to extinguish the fires of all groups (with the exception of the D fire group, but in this regard there is no conclusive evidence). Many implementations of their use have been made, and the effectiveness of their use has been repeatedly confirmed, as their employment has prevented extensive losses arising from fires. Properly designed, constructed and serviced aerosol installation can, hence, effectively extinguish fires, but the aspect of the correct selection of appropriate aerosol generator is particularly important for designers in relation to local fire-fighting.

It must be underlined that aerosol media do not affect the colour coatings of museum exhibits or change the properties of old prints. They, therefore, are a very effective group of extinguishing agents for use in museums and other historical buildings. This provides opportunities for new effective implementations.

Wykaz skrótów

MC – metoda Monte Carlo
MD – metoda dynamiki molekularnej
XES – spektroskopia fotoelektronów w zakresie promieniowania rentgenowskiego (X-ray emission spectroscopy)
SUG – stałe urządzenia gaśnicze
ZL – strefa zagrożenia ludzi
CIE L*a*b – przestrzeń barw znormalizowana przez CIE – Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa)
AGS – generator aerozolu gaśniczego

List of abbreviations

MC – Monte Carlo method
MD – Molecular Dynamic method
XES – X-ray emission spectroscopy
SUG – fixed fire-fighting equipment
ZL – hazard area
CIE L*a*b – a colour space standardizsd by the CIE (Comission Internationale de l'Eclairage)
AGS – extinguishing aerosol generator

Literatura / Literature

[1] Mimani T., *Fire synthesis*, "Resonance" 2000, 2, 51.

[2] Fire Safety Advance Centre, *Information about the Fire Triangle/ Tetrahedron and Combustion*, [electr. doc.] http://www.firesafe.org.uk/information-about-the-fire-triangletetrahedron-and-combustion/ [accessed: 10.02.2017].

[3] Kowalewicz A., *Podstawy procesów spalania*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000, 243–247.

[4] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2002, NFPA--Massachusetts.

[6] Horrocks A.D., Price D., *Fire retardant materials*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2007, 31–57.

[7] Rozporządzenie (WE) nr 842/2006 z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie niektórych fluorowanych gazów cieplarnianych.

[8] Ustawa z dnia 15 maja 2015 r. o substancjach zubożających warstwę ozonową oraz o niektórych fluorowanych gazach cieplarnianych (Dz.U. 2015 Nr 881).

[9] Bielański A., *Podstawy Chemii Nieorganicznej*, PWN, Warszawa 2002, 601–602.

[10] Łużny W., *Fizyka Miękkiej Materii*, WFiIS AGH, 2007, [dok. elektr.] http://www.ftj.agh.edu.pl/doc/pl/dyd/fmmwyklad.pdf, 4–5, [accessed: 10.02.2017].

[11] Ignatov I., Mosin O., *Nature of Hydrogen Bonds in Liquids and Crystals. Ice Crystal Modifications and Their Physical Characteristics*, "Journal of Medicine, Physiology and Biophysics" 2014, 4, 51–68.

[12] Lamsal C. , Mishra D.R., Ravindra N.M., *Equilibrium configuration of $(H_2O)n$, for n = 1–3*, "Nanomaterials and Energy" 2014, 3, 130–133.

[13] Xi Zhang C. et al., *Anomalies of Water and Ice in the Full Temperature Range*, "Journal of Physical Chemistry Letters" 2013, 4, 3238–3235.

[14] Wernet P. et al., *The structure of the first coordination shell in liquid water*, "Science" 2004, 304, 995–998.

[15] Nilsson A., Pettersson L. G. M., *Perspective on the structure of liquid water*, "Chemical Physics" 2011, 389, 2–18.

[16] Clark G.N.L. et al, *The structure of ambient water*, "Molecular Physics" 2010, 108, 1420–1422.

[17] Okhulkov AV., Demianets Y.N., Gorbaty Y.E., *X-ray scattering in liquid water at pressures of up to 7.7 kbar: Test of a fluctuation model*, "Journal of Chemical Physics" 1994, 100, 1583–1586.

[18] Cunsolo A. et al., *Pressure dependence of the large-scale structure of water*, "Journal of Chemical Physics" 2009, 19, 131.

[19] Tokushima T. et al., *High Resolution X-ray emission spectroscopy of liquid water: the observation of two structural motif*, "Chemical Physics Letters" 2008, 460, 390.

[20] Nilsson A., Huang C., Pettersson L. G.M., *Fluctuations in ambient water*, "Journal of Molecular Liquids" 2012, 176, 2–5.

[21] Sellberg J.A. et al., *Ultrafast X-ray probing of water structure below the homogenous ice nucleation temperature*, "Nature" 2014, 381, 381–384.

[22] Meng S. et al., *Basic science of water: Challenges and current status towards a molecular picture*, "Nano Research" 2015, 10, 2085–3086.

[23] Sadlej J., *Woda – czy bliżej do poznania tajemnicy struktury cieczy?*, „Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie" 2011, 2, 254–258.

[24] Zbrożek P., *Generatory aerozoli gaśniczych wytwarzanych pirotechnicznie*, BiTP Issue 2, 2006, pp. 3–5.

[25] Nuuxe, *Stałe urządzenia aerozolowe gaśnicze*, [dok. elektr.] http://www.nuuxe.com/SUG-aerozole/ [dostęp: 15.02.2017].

[26] Back G. et al., *An evaluation of aerosol extinguishing system for machinery space applications*, "Fire Technology" 2009, 45, 43–45.

[27] Fire Solutions Benelux BV, *Report on Corrosion Test on Electronics Instrumentation objects [amplifier/ filter printed circuit boards (PCB)] exposed to the action of the fire extinguishing agent FirePro (condensed aerosol)*, [dok. elektr.] http://www.firepro.hu/files/FirePro_tested_by_NLR_on_electronics_2008_05_20.pdf [accessed: 15.02.2017].

[28] Cebulak S. et al., *Wstępna ocena możliwości stosowania proszków gaśniczych w prewencji endogenicznych pożarów w obiektach zagospodarowania odpadów z wydobycia węgla kamiennego*, „Górnictwo i Geologia" 2010, 5, 77–80.

[29] Zaleski B. i in., *Wpływ środków gaśniczych na zmiany barw obrazów. Cz. 1: Zmiany barw w płótnach podkładowych, Ochrona przeciwpożarowa zabytków, Trzecie międzynarodowe sympozjum*, Częstochowa–Kraków, 1999.

[30] Zaleski B. i in., *Wpływ środków gaśniczych na zmiany barw obrazów. Cz. 2: Zmiany barw w farbach olejnych, Ochrona przeciwpożarowa zabytków, Trzecie międzynarodowe sympozjum*, Częstochowa–Kraków, 1999.

DR HAB. INŻ. PIOTR IZAK – profesor nadzwyczajny na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, gdzie zajmuje się zagadnieniami z zakresu ceramiki tradycyjnej oraz reologii zawiesin ceramicznych. Autor wielu artykułów naukowych, patentów i monografii z tego zakresu. Posiada także uprawnienia rzeczoznawcy z zakresu ochrony przeciwpożarowej budynków. W tym zakresie jest autorem spektakularnych rozwiązań projektowych.

MGR INŻ. ARTUR KIDOŃ – absolwent Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. W latach 2011–2014 był dyrektorem generalnym Obszaru Biznesowego Zintegrowane Systemy Energetyczne i Inteligentnego Budynku Sygnity SA w Warszawie, a obecnie prowadzi firmę doradczą LV Project Artur Kidoń – konsulting i projektowanie, która

PIOTR IZAK, Ph.D. Eng. – Associate Professor at the Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH Universtiy of Science and Technology, where he deals with issues related to traditional ceramics and ceramic suspension rheology. He has authored many scientific papers, patents and monographies in this field. He is also licensed to appear as court expert in the fire protection of buildings. In this regard, he has authored some spectacular design solutions.

ARTUR KIDOŃ, M.Sc.Eng. – a graduate of the Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, AGH University of Science and Technology, and of Cracow University of Economics. Between 2011 and 2014 he was Director General of Integrated Power Systems and Smart Building at Sygnity SA in Warsaw, and is currently running the LV Project Artur Kidoń – konsulting i projektowanie consulting firm. The company cooperates,

współpracuje m.in. z firmą Nuuxe Radioton sp. z o.o. w zakresie Stałych Urządzeń Gaśniczych Aerozolowych. Posiada uprawnienia budowlane bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych.

DR JOANNA MASTALSKA-POPŁAWSKA – absolwentka studiów doktoranckich z zakresu technologii chemicznej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, a od 2014 roku asystent naukowo-badawczy na tym wydziale. W swojej pracy prowadzi badania nad opracowaniem nowych materiałów ognioochronnych na bazie alkalicznych krzemianów rozpuszczalnych, a także zajmuje się zagadnieniami z zakresu reologii.

among others, with Nuuxe Radioton sp. z o.o. in the field of fixed aerosol fire-extinguishing installations. He also holds an unlimited construction license, certified in installation in respect of electric grids, wiring systems and devices.

JOANNA MASTALSKA-POPŁAWSKA, Ph.D. – a graduate in chemical technology doctoral studies at the Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH Universtiy of Science and Technology. Since 2014 a research assistant at the faculty. She conducts research aimed at designing new fireproof materials based on soluble alkaline silicates, and deals with rheological issues.

канд. техн. наук. В.М. Баланюк / V.M. Balanyuk, Ph.D.[a)*]

[a)] *Львовский государственной университет безопасности жизнедеятельности / Lviv State University of Life Safety*
**Автор-корреспондент / Corresponding author: bagr33@ukr.net*

Повышение огнетушащей эффективности бинарных газоаэрозольных смесей ударными волнами

The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves

Zwiększenie skuteczności gaśniczej binarnych mieszanin gazowo-aerozolowych za pomocą fal uderzeniowych

АННОТАЦИЯ

Цель: Определение огнетушашей эффективности комбинированных тернарных огнетушаших систем, содержаших огнетушаший аэрозоль, газы CO_2 (N_2) при действии ударных волн на диффузионное пламя н-гептана в их среде и выявление возможного механизма тушения ими.

Методы: Для определения возможности тушения диффузионного пламени н-гептана, комбинированным действием газов CO_2 или N_2, аэрозоля и ударной волны, которая возникает при взрыве пиротехнического заряда, была оборудована установка в виде камеры объемом 0,5 м^3, в которой размешен генератор ударных волн, а на расстоянии 1,75 м от него - тигель с н-гептаном. Газ подавали через газовый счетчик. Измерение давления в фронте ударной волны осуществляли с помошью датчика давления и температуры BMP-180 для контроллера Arduino, работа которого основана на пьезорезисторном принципе. Съемка процесса тушения комбинированным действием аэрозоля, газов CO_2 и N_2 и ударной волной была проведена с помошью камеры Nikkon 1j4 с возможностью получения кадров со скоростью 1200 кадров в секунду.

Результаты: В работе теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены научные аспекты повышения огнетушашей эффективности газоаэрозольной смеси, которые заключаются в том, что комбинированное действие на пламя н-гептана, серии ударных волн, газов CO_2 или N_2, в смеси с аэрозолем в камере приводит к значительному повышению огнетушашей эффективности такой системы. При этом определено, что огнетушашие концентрации аэрозоля уменьшаются в 8 раз, а газов в бинарной смеси с аэрозолем, в 4,6 раза для CO_2, и в 4 раза для N_2 относительно их индивидуальных огнетушаших концентраций при воздействии на диффузионное пламя н-гептана серии из 3-х ударных волн с частотой 10 Гц и мошности всего в 240 Па.

Вывод: Экспериментально определены особенности тушения диффузионного пламени н-гептана в условиях специальной камеры, предложенной комбинированной огнетушашей тернарной системой, которые заключаются в том, что время начала фрагментации значительно уменьшается после прохождения серии ударных волн и пламя при этом отрывается и диспергируется при значительно меньших концентрациях смеси аэрозоля с газом, что приводит к более быстрому тушению.

Ключевые слова: пожар, ударная волна, газовое, аэрозольное пожаротушение, огнетушашая концентрация

Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 10.04.2017; Рецензирована: 06.06.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Эту статью наградил Редакционный Совет;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 72–86, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.5;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Objective: Determination of the n-heptane diffusion flame-extinguishing efficiency of the combined method which uses a fire extinguishing aerosol, CO_2 gases (N_2) and the simultaneous impact in their environment of shock waves. The identification of a possible extinguishing mechanism for this method.

Methods: In order to determine the possibility of extinguishing the diffusion flame of n-heptane by the combined use of CO_2 or N_2 gases, aerosol and the shock wave created by the explosion of the pyrotechnic charge, an experimental chamber was set up with a volume of 0.5 m^3. Inside the chamber, a shock wave generator was installed, and a crucible with n-heptane was placed at a distance of 1.75 m from it. The gas was fed to the chamber through a gas meter. The pressure in front of the shock wave was measured with a BMP-180 pressure and temperature sensor for the Arduino controller, which operates on a piezoresistive basis. The photographic documentation of the extinguishing process by the combined action of aerosol, CO_2 and N_2 gases, and a shock wave was done using the Nikkon 1j4 camera with a frame rate of 1200 frames per second.

Results: The scientific aspects of the increase in the fire-extinguishing efficiency of the gas-aerosol mixture are theoretically substantiated and experimentally confirmed in this paper. Accordingly, the combined impact of a series of shock waves and CO_2 or N_2 gases mixed with aerosol on the flame of n-heptane inside a chamber, leads to a significant increase in the extinguishing efficiency of such a method. It has also been demonstrated that the extinguishing aerosol concentrations decrease 8 times, and the gases concentration in the binary mixture with the aerosol decreases 4,6 times for CO_2, and 4 times for N_2 in a relation to their individual extinguishing concentrations when the diffusion flame of the n-heptane is exposed to a series of 3 shock waves with a frequency of 10 Hz and a total power of only 240 Pa.

Conclusion: The characteristics of extinguishing the diffusion flame of n-heptane under the conditions of a special chamber were determined experimentally using the proposed combined extinguishing method. The tests have shown that the time for the onset of fragmentation decreases significantly after exposure to a series of shock waves, and the flame is then detached and dispersed at much lower concentrations of aerosol and gas mixture, which leads to faster extinguishing.

Keywords: fire, shock wave, gas, aerosol fire extinguishing, fire extinguishing concentration

Type of article: original research article

Received: 10.04.2017; Reviewed: 06.06.2017; Published: 30.06.2017;

The article was recognised by the Editorial Committee;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 72–86, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.5;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRAKT

Cel: Określenie skuteczności gaśniczej połączonych trójskładnikowych systemów gaśniczych wykorzystujących aerozol gaśniczy, gazy CO_2 (N_2) oraz jednoczesne oddziaływanie w ich środowisku fal uderzeniowych w gaszeniu płomienia dyfuzyjnego n-heptanu. Wyznaczenie możliwego mechanizmu gaśniczego omawianego sposobu.

Metody: W celu zbadania możliwości gaszenia płomienia dyfuzyjnego n-heptanu przy jednoczesnym zastosowaniu gazów CO_2 lub N_2, aerozolu i fali uderzeniowej powstającej wskutek wybuchu ładunku pirotechnicznego zbudowane zostało stanowisko badawcze w postaci komory o objętości 0,5 m^3. W komorze umieszczono generator fal uderzeniowych, a w odległości 1,75 m od niego – tygiel z n-heptanem. Gaz dostarczany był do komory poprzez licznik gazowy. Pomiary ciśnienia na froncie fali uderzeniowej były wykonywane za pomocą czujników ciśnienia i temperatury BMP-180 kontrolera Arduino, działającego na zasadzie piezorezystancji. Dokumentacja zdjęciowa procesu gaśniczego z jednoczesnym działaniem aerozolu, gazów CO_2 i N_2 oraz falą uderzeniową była zrealizowana za pomocą aparatu Nikon 1j4, umożliwiającego rejestrację obrazu z szybkością 1200 klatek na sekundę.

Wyniki: W artykule w sposób teoretyczny i eksperymentalny potwierdzone zostały aspekty naukowe zwiększenia skuteczności gaśniczej mieszaniny gazów i aerozolu. Zgodnie z nimi połączone oddziaływanie na płomień n-heptanu serii fal uderzeniowych oraz gazów CO_2 lub N_2 zmieszanych z aerozolem w komorze badawczej pozwala na znaczne zwiększenie skuteczności gaśniczej tej metody. Wykazano również, że przy działaniu na płomień dyfuzyjny n-heptanu serii 3 fal uderzeniowych o częstotliwości 10 Hz i mocy całkowitej 240 Pa stężenie gaśnicze aerozolu zmniejsza się ośmiokrotnie, a stężenie gazów w binarnej mieszaninie z aerozolem w przypadku CO_2 zmniejsza się o 4,6 razy, a dla N_2 o 4 razy w stosunku do stężeń gaśniczych tych substancji z osobna.

Wniosek: W drodze eksperymentu określono właściwości gaszenia płomienia dyfuzyjnego n-heptanu w warunkach specjalnej komory za pomocą zaproponowanej potrójnej metody. Badania wykazały, że po przejściu serii fal uderzeniowych czas rozpoczęcia fragmentaryzacji ulega znaczącemu skróceniu. Jednocześnie płomień odrywa się i dysperguje przy dużo niższych stężeniach mieszaniny aerozolu z gazem, umożliwiając szybsze gaszenie.

Słowa kluczowe: pożar, fala uderzeniowa, gaszenie gazem, gaszenie aerozolem, stężenie środka gaśniczego

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 10.04.2017; Zrecenzowany: 06.06.2017; Opublikowany: 30.06.2017;

Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny;

roszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 72–86, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.5;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Вступление

В практике пожаротушения в закрытых объемах, одним из наиболее эффективных, является способ тушения пожара, при котором во всем защищаемом объеме создается среда, не поддерживающая процесс горения. Для этого в качестве объемных огнетушащих веществ используются газовые инертные разбавители, огнетушащие аэрозоли или порошки и, реже, химически активные галогенуглеводороды – хладоны. Однако, инертные разбавители имеют низкую огнетушащую способность, а огнетушащие порошки быстро седиментируют и, соответственно, их огнетушащая концентрация исчезает уже на 60–70 секундах после применения. Хладоны способствуют разрушению озонового слоя Земли и поэтому международные документы запрещают производство или использование некоторых из них [1]. Современные аэрозольные средства пожаротушения по основным технико-экономическим показателям (высокая огнетушащая способность, автономность, возможность автоматического приведения в действие, простота в эксплуатации, минимальные убытки при применении) превосходят все средства, ранее используемые для тушения пожара. При этом в двухфазной системе аэрозоля газообразный компонент – как правило – это смесь инертных газов, ко-

торая не поддерживает горения, а свежеобразованные высокодисперсные твердые частицы имеют высокую огнетушащую способность благодаря их небольшим размерам (до 50 мкм). Несмотря на все положительные качества, огнетушащие аэрозоли имеют также и ряд недостатков – значительно уменьшают оптическую проницаемость среды. При сгорании аэрозольобразующего состава образуется форс пламени. В случае негерметичности, их концентрация может быстро и значительно уменьшаться.

Кроме этого, существует ряд объектов, на которых необходимо применять огнетушащие средства, обладающие высокой эффективностью и скоростью тушения с целью предупреждения увеличения размеров пожара и соответственно убытков от него. В перечень таких объектов входят: резервуары с горючими жидкостями и газами, компрессорные и насосные станции, машинные залы, электрощитовые, трансформаторные подстанции, химические предприятия, склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, объемы технологических аппаратов, резервуары под давлением, котельные, склады и места хранения боеприпасов, моторные отсеки боевой техники (танки, бронетранспортеры, боевые машины, морские судна). Особенно проблематично тушить пожары горючих жидкостей в разливах, в резервуарах и труднодоступных местах, с большим количеством коммуникаций, значительной пожарной нагрузкой, затрудненным доступом и возможным возникновением длительно существующих мощных источников зажигания. Отдельно следует отметить актуальность предложенного способа тушения для быстрой ликвидации пожаров в условиях боевых действий, особенно связанных с действием зажигательных средств или ликвидации чрезвычайных ситуаций – землетрясений, наводнений, ураганов, когда развертывание и применение обычных сил и средств затруднено, а то и невозможно.

Анализ результатов последних исследований

Известно, что на данный момент тушение пожаров на выше перечисленных объектах требует значительного времени, количества сил и средств. Кроме того, пожары, возникающие на объектах нефтегазовой, химической, деревообрабатывающей промышленности, характерны стремительным развитием, сложным и затяжным тушением, значительными затратами материальных ресурсов и времени на тушение, а также нанесением значительных убытков и загрязнениями среды. Так, например, пожары, которые возникли в Кувейте в 1990–1992 годах, [2] и сразу не были ликвидированы из-за нехватки средств и сил, стали источником выброса в атмосферу десятков тысяч тонн токсичных веществ, уровень которых в атмосфере в зоне локализации пожаров значительно увеличился.

В целом пожары на объектах нефтеперерабатывающей отрасли, в частности на нефтехранилищах, как правило, с первых минут приобретают значительные масштабы, что можно увидеть на примере крупнейших пожаров произошедших в мире.

Так утром, 11 декабря 2005 года [3], произошел ряд взрывов на складе хранения нефти, в Хэмел Хэмпстед, графство Хартфордшир, Великобритания. В результате взрыва в одном из резервуаров начался пожар, охвативший часть резервуарного парка. Это был самый большой пожар в Европе за 60 лет в мирное время. Более 40 человек получили ранения. В непосредственной близости от нефтебазы были значительно разрушены объекты коммерческой и жилой недвижимости. Пожар длился в течение нескольких дней, уничтожив при этом большую часть резервуарного парка. В целом, было эвакуировано около 2000 домов, а 92 соседних предприятий пострадали от этого, крупнейшего в Европе пожара. Другой крупный пожар [4] произошол в Украине на нефтебазе в с. Крячки, Киевской области, когда 8 июня 2015 года, в 17:29 загорелся резервуар с топливом объемом 800 м^3 (650 тонн) и через короткое время пламя охватило 4 резервуара. Пожар начали тушить 9 июня, при этом ночью, когда огонь охватил уже 8 резервуаров с горючим. В середине дня началось временное отселение граждан из двухкилометровой зоны от границы пожара. По состоянию на 17:00 на нефтебазе продолжали гореть лишь три резервуара — один с маслом, два с горючим. Остальные резервуары были разрушены. К ликвидации пожара были привлечены около 300 спасателей и 45 единиц техники. До конца суток 9 июня возгорание удалось локализовать. 10 июня, в 5:30 на нефтебазе произошел очередной взрыв. В течение дня, 10 июня нефтепродукты продолжали выгорать. В 22:10, 10.06.15 произошел еще один взрыв. Пожарные провели четыре пенные атаки. В 10:15 11 июня произошел еще один взрыв, в результате которого взорвались две емкости с топливом 800 куб. м. 12 июня пожар постепенно угасал, догорал один большой резервуар. 13 июня снова загорелся один резервуар, который продолжал гореть. До вечера и утра 14-го резервуар выгорел, после чего осуществлялся мониторинг пожарной стихии спасателями. Последние признаки горения (фитилирования) резервуаров исчезли вечером 16 июня. Принимая во внимание примеры этих пожаров, можно сделать вывод, что в настоящее время отсутствуют средства быстрого и эффективного тушения таких пожаров, что приводит к описаным выше катастрофическим последствиям.

В общем, как известно, пожары горючих жидкостей в резервуарах обычно начинаются со взрыва. При этом такие параметры пожара, как температура, скорость распространения пламени, интенсивность газообмена достигают максимальных показателей с первых моментов развития пожара и могут сохранять указанные параметры длительное время, несмотря на подачу огнетушащих средств. При интенсивном горении, особенно горючих жидкостей в разливе и в резервуаре, нередко огнетушащее средство под действием конвективных потоков относится от места горения так и не проникнув в зону горения. Отдельно следует отметить вопрос стоимости тушения и времени, которое для некоторых сложных пожаров составляет до нескольких дней, а стоимость измеряется внушительными суммами. Таким образом, еще раз можно сделать вывод о недостаточной эффективности существующих средств тушения, предназначенных для тушения данного типа пожаров.

ISSN 1895-8443

Повышать эффективность существующих средств тушения исследователи предлагают разными путями, наиболее перспективные из них те, которые обеспечивают высокую огнетушащую эффективность с использованием взрыва и заключаются, например, в распылении огнетушащего вещества взрывом [5]. Авторы работы [5] указывают, что огнетушащий эффект от взрыва и образования тонкраспыленной воды достигается лишь при образовании сильных одиночных ударных волн, которые подавляют горение, но для слабых одиночных ударных волн значительного огнетушащего эффекта не наблюдали. Подобный способ тушения исследовали в работе [6]. В данной работе авторы для достижения огнетушащего эффекта предлагают взрывать емкости с большим количеством воды от 600 до 1500 л, при этом авторы пришли к существенному выводу, что решающее влияние на свойства детонации взрывного заряда и на интенсивность ударной волны имеет воздух, который втягивается вверх.

Авторы [7] с целью тушения пожаров углеводородов предлагают применять импульсные огнетушащие системы, которые обеспечивают подачу дисперсного калия гексацианоферата для тушения. Авторы установили, что минимальная огнетушащая концентрация веществ указанного комбинированного способа составляет 50 г/м^3. Недостатком такой системы является то, что дисперсная вода быстро оседает, не обеспечивая длительного времени тушения. В общем, импульсное пожаротушение является перспективным направлением, в котором тоже используется сила взрыва или сжатого газа, но оно имеет ряд недостатков, основной из которых это незначительное время действия огнетушащего вещества на пламя. Кроме этого, недостатком является и то, что на тушение под давлением подается огнетушащее средство, как правило, вода, устройство подачи которого достаточно технически сложное, и струя огнетушащего вещества не имеет достаточной энергии для преодоления значительного расстояния эффективного действия, а также не всегда достигается однородность распыления огнетушащего вещества и равномерное образование огнетушащей концентрации. Исходя из этого можно сделать вывод, что энергия взрыва будет весомой дополнительной огнетушащей составляющей для комбинированого тушения огня.

Таким образом, краткий анализ показал, что в настоящее время поиск эффективных средств тушения, которые обеспечивали бы эффективное, быстрое и недорогое тушение с минимальными материальными потерями от пожара является актуальным. Кроме этого, особенности развития и распространения пожаров на объектах с наличием горючих и легковоспламеняющихся жидкостей приводят к выводу, что для достижения быстрого тушения пожаров таких объектов существующие огнетушащие средства, в частности объемного типа, требуют значительного совершенствования или даже замены на более современные и эффективные средства тушения, которые обеспечивают минимальное время тушения. Использование ударных волн с целью повышения эффективности объемных огнетушащих систем является новым перспективным и надежным способом повышения огнетушащей эффективности комбинированых объемных огнетушащих систем, отвечающие изложенным требованиям.

Изложение основного материала

Известно, что при сжигании АОС с каждого его грамма образуется 3–5 л газо-аэрозольной смеси, содержащей дисперсные частицы солей калия, натрия [8]. При сгорании АОС дополнительно образуются также и инертные газы флегматизаторы – CO_2, N_2, водяной пар и др. При взаимодействии этих частиц образуется сложная аэрозольная система, структура которой постоянно меняется во времени [9, 10]. Так, в момент образования, газо-аэрозольная система состоит из ультрадисперсных частиц солей калия, которые могут формировать структуры с содержанием воды и CO_2 [9, 10]. Такие структуры будут оказывать гораздо более эффективное огнеподавляющее действие благодаря комбинированному действию ингибиторов и флегматизаторов [10]. Дополнительно повысить огнетушащую эффективность аэрозолей и порошков, а также частично нивелировать их недостатки, позволяют добавки инертных газов – флегматизаторов [11, 12, 13]. Из работ [14,10, 15] известно, что смеси огнетушащих аэрозолей с газами CO_2 и N_2 обладают высокой огнетушащей и флегматизирующей концентрацией.

Так, например, смесь огнетушащего аэрозоля, образованного из АОС на основе идитола с добавкой CO_2 и N_2, обеспечивает огнетушащую эффективность для диффузионного пламени н-гептана, уже при соотношении 15 г/м^3 аэрозоля и 2,5 % газа в условиях испытательной камеры [14]. При этом влияние бинарной смеси приводит к уменьшению температуры диффузионного пламени до 100°С, что обеспечивает тушение пламени через охлаждение уже при незначительном увеличении концентрации газа [14]. При этом, соотношение азота и аэрозоля являются следующими: концентрации аэрозоля 10 г/м^3 соответствует концентрация N_2 в 12,5 %, что на 60 % меньше, чем индивидуальная огнетушащая концентрация самого азота. Бинарные аэрозольно--азотные смеси с позиции пожаротушения являются достаточно перспективными, так как обеспечивают значительную огнетушащую эффективность уже при незначительных концентрациях компонентов. Так, в работе [16] указано, что смеси огнетушащего аэрозоля и газов эффективно тушат и флегматизируют объем, в котором могут находиться даже зажигательные смеси с высокой температурой горения. В работе [17] отмечается, что даже незначительная добавка к газу дисперсного огнетушащего вещества приводит к значительному повышению огнетушащего эффекта такой системы. А в работах [18] определены зависимости огнетушащей концентрации смесей огнетушащего аэрозоля с АОС на основе идитола от добавок газов – CO_2 и N_2. В целом получены соотношения совпадающие с результатами работы [19], в которой тоже получено значительное увеличение огнетушащей эффективности тернарной огнетушащей системы CO_2, N_2 и УВ. Из полученных соотношений можно выделить оптимальные эффективные соотношения компонентов бинарных смесей, которые обеспечивают эффективное тушение диффузионного пламени. Так для бинарной смеси

аэрозоля и CO_2 область эффективных концентраций является следующей: А – 7,5 г/м^3 CO_2 – 8 %, а с азотом это соотношение составляет А – 10 г/м^3 N_2 – 12%.

Таким образом, как видно из сравнения данных, незначительная добавка газов CO_2 и N_2 существенно повышает огнетушащую эффективность бинарных аэрозольно-газовых смесей.

Еще одним методом повышения эффективности объемных средств тушения является действие на пламя ударной волны. Так в работе [20] теоретически обоснована и экспериментально установлена высокая эффективность тушения диффузионного пламени н-гептана ударной волной мощностью около 215 Па в камере на расстоянии до 2-х метров. Теоретически обосновано, что возможный механизм тушения заключается в изменении таких параметров, как концентрация реагирующих компонентов в зоне горения, давление, внесение в зону горения дополнительных газовых компонентов, а также резкое снижение температуры газовой среды вокруг пламени. К дальнейшему увеличению эффективности приводит воздействие на пламя серий ударных волн. Так влияние ударных волн при частоте 10 Гц обеспечивает тушение пламени идентичных параметров, но при более низких значениях давления – до 30% УВ [21]. В работе [22] теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность значительного повышения огнетушащей эффективности газов CO_2 и N_2 ударной волной на примере тушения диффузионного пламени н-гептана в камере на расстоянии до 2-х метров. При этом автором [22] экспериментально определено, что огнетушащая концентрация уменьшается в 2,5 раза для CO_2 и в 2 раза – для N_2 при мощности ударной волны в 180 Па для диффузионного пламени н-гептана. В этой же работе [22 польша 2] автором экспериментально определено, что общим результатом действия ударной волны и огнетушащего газа будет значительное уменьшение времени тушения диффузионного пламени н-гептана, которое в случае с CO_2 снижается до 7 раз, а для N_2 – до 4,2 раза, в сравнении с временем тушения только ударной волной, которое составляет около 350 мс. Также экспериментально определены особенности тушения диффузионного пламени н–гептана в условиях специальной камеры, предложенной комбинированной огнетушащей системой, которые заключаются в том, что время начала фрагментации пламени значительно уменьшается, что приводит к его более быстрому тушению. Относительно влияния УВ на огнетушащую эффективность аэрозоля, то в работе [23] экспериментально установлено, что действие газовой ударной волны значительно уменьшает огнетушащую концентрацию аэрозольного вещества на расстоянии до 20 см от пиротехнического заряда. Концентрация аэрозольного вещества при этом составляет от 11,4 г/м^3 на расстоянии 40 сантиметров до 18,8 г/м^3 на расстоянии 280 сантиметров. При частоте ударных волн 8–10 Гц огнетушащая эффективность увеличивается до 26 %, уменьшая значение огнетушащей концентрации до 11,4 г/м^3 на расстоянии 40 сантиметров. Эффективное действие ударной газовой волны при этом увеличится до 280 сантиметров с соответствующей огнетушащей концентрацией 18,8 г/м^3. В другой работе [24] указано, что эффективность рассматриваемого метода тушения зависит от расстояния до очага L, м, мощности ударно-акустической волны Ра и массы (концентрации) аэрозоля Ма.

Применение ударной волны является наиболее эффективным при расположении источника УВ на одном уровне с пламенем. Это объясняется том, что при действии УВ сбоку по фронту контакта УВ возникают места с нестойкостями Рихтмаера-Мешкова, которые и становятся причиной фрагментации пламени и его дальнейшего тушения. При этом соответственно минимальная огнетушащая концентрация аэрозоля составила 16,57 г/м^3. В работе [25] сделан вывод, что применение ударных волн при одновременном тушении аэрозолем является эффективным фактором влияния на огнетушащую эффективность системы: огнетушащий аэрозоль – ударная волна – пламя. Применение ударных волн приводит к задействованию почти всех механизмов огнеподавления, и в результате получаем значительное уменьшение необходимой огнетушащей концентрации огнетушащего аэрозоля,газа или их бинарной смеси. Уменьшение значения огнетушащей концентрации будет обратно пропорционально мощности ударной волны а также будет ограниченное действие в пространстве.

Таким образом влияние УВ на диффузионное пламя в среде бинарной смеси газов и аэрозоля будет обеспечивать одновременно действие многих огнетушащих факторов (таблица 1). Суммарно они должны обеспечивать значительно более высокую огнетушащую эффективность, чем индивидуальные огнетушащие концентрации газов, аэрозоля и огнетушащего давления УВ.

Как видно из таблицы комбинированное действие компонентов тернарной огнетушащей системы обеспечивает тушение с испльзованием почти всех факторов пожаротушения кроме изолирования. Их совокупное действие обеспечит значительную огнетушащую эффективность, что и видно из результатов определения огнетушащей эффективности бинарных систем [14, 15]. Исходя из указанных огнетушащих факторов аэрозоля газов CO_2 и N_2 и УВ можно сказать, что в указанных диапазонах бинарные смеси будут наиболее эффективны и практичны за счет гармонизации преимуществ каждого из средств тушения и объединения их эксплуатационных преимуществ. Дальнейшее влияние на пламя УВ в их среде приведет к еще большему уменьшению огнетушащих концентраций аэрозоля и газов CO_2 и N_2. Таким образом, при комбинированном действии тернарной системы огнетушащего аэрозоля системы, газа, и УВ на диффузионное пламя н-гептана будет задействовано одновременно, как говорилось выше, значительное количество факторов (табл. 1). Как видно, тернарная огнетушащая комбинированная система эффективна за счет сочетания таких основных огнетушащих факторов, как ингибирование и охлаждение аэрозолем, разбавление и охлаждение газом разбавителем, отрыв пламени и фрагментация УВ и т.д. (табл. 1.)

ISSN 1895-8443

Таблица 1. Огнетушащие факторы комбинированной смеси огнетушащего газа и аэрозоля при воздействии ударных волн
Table 1. The factors associated with extinguishing fire with a mixture of fire-extinguishing gas and aerosol exposed to shock waves

Огнетушащие факторы аэрозоля / Aerosol-related fire-extinguishing factors	Огнетушащие факторы газов / Gas-related fire extinguishing factors	Огнетушащие факторы УВ / SW-related fire suppression factors
– ингибирование зоны горения при проникновении огнетушащего аэрозоля / the inhibition of the combustion zone during the penetration of fire-extinguishing aerosol – частичное охлаждение дисперсными частицами аэрозоля пламени в результате их нагрева / the partial cooling of the flame with dispersed aerosol particles due to their heating up – разбавление продуктами разложения аэрозоля / the dilution of the decomposition	– разбавление зоны горения / dilution of the combustion zone – увеличения теплопоглощения в зоне горения за счет теплоемкости газа / increase in the heat absorption in the combustion zone due to the heat capacity of the gas – увеличение концентрации инертных газов в зоне горения / the increase in the concentration of inert gases in the combustion zone	– увеличение давления в зоне горения / the increase in pressure in the combustion zone – отталкивание пламени ударной волной от очага где происходит истечение горючих паров и газов / the repulsion of the flame shock wave from the source where the expiry of combustible gases and vapours occurs – фрагментирование пламени. увеличение давления и концентрации газов в предпламенной зоне / the dividing of the flames, the increase in pressure and concentration of gases in the zone in front of the flame – смещение зоны горения, вместе с фронтом ударной волны / the displacement of the combustion zone, together with the shock wave front – снижение температуры вокруг зоны горения, увеличение теплоотдачи в зоне горения / lowering the temperature of the environment around the combustion zone, the increase in heat transfer in the combustion zone – увеличение плотности газовой среды во фронте ударной волны / increasing the density of the gas medium in front of the shock wave – введения в зону горения инертных компонентов, которые забирают на себя тепло / the introduction into the combustion zone of inert gases which absorb heat – увеличение концентрации горючего, окислителя так и инертных газов во фронте ударной волны / the increase in the concentration of fuel, oxidiser and inert gases in front of the shock wave – охлаждение зоны горения / the cooling of the combustion zone – увеличение давления в зоне горения / the increase in pressure in the combustion zone – отталкивание пламени ударной волной от очага где происходит истечение горючих паров и газов / the repulsion of the flame by the shock wave from the source where the expiry of the combustible gases and vapours occurs. – уменьшение теплопередачи / reducing the heat transfer – растяжение зоны пламени с ударной волной, увеличение энергии активации в зоне разрежения за фронтом ударной волны / expansion of the flame zone along with the shock wave; the increase in the activation energy in the rarefaction zone behind the shock-wave front

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Исходя из указанных результатов анализа огнетушащих факторов и результатов исследований авторов, можно сказать, что комбинированное применение огнетушащего аэрозоля, газа при действии УВ на диффузионное пламя в их среде, приведет к значительному повышению огнетушащей эффективности такой системы. Относительно возможного механизма тушения, то в работе [20] показано начало действия УВ на пламя. При этом, при тушении, пламя отклоняется от тигля на некоторое расстояние, фрагментируется, отрывается и тухнет. В результате проведения эксперимента по определению огнетушащей эффективности самой ударной волны в условиях камеры было установлено, что давление тушения составляет 215 Па в условиях камеры. Процесс тушения ударной волной с давлением около 215 Па описан в работе [20].

Таким образом, результаты эксперимента [20] показали, что огнетушащее действие ударной волны с давлением во фронте в 215 Па обеспечивает тушение пламени н-гептана в условиях специальной камеры. При уменьшении мощности ударной волны до 160 Па и комбинированном применении УВ и газов CO_2 и N_2 происходит уменьшение огнетушащей концентрации CO_2 до 7,5 %, а N_2 – до 15,4 %. Данные по уменьшению огнетушащей концентрации газов при увеличении давления приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2 добавление к аэрозолю газов CO_2 и N_2 приводит к значительному повышению их эффективности. При этом, как видим, комбинация 10 г/м^3 аэрозоля и 6 % CO_2 обладает такой же огнетушащей эффективностью, как и при действии УВ с давлением в 150 Па на пламя н–гептана в тигле с диаметром 30 мм. Для огнетушащих систем с содержанием N_2 тоже наблюдается значительное увеличение огнетушащей эффективности и для бинарной системы соотношения являются следующими: – аэрозоля 10 г/м^3 и 12 % N_2. При действии одинарной УВ с давлением в 240 Па наблюдается снижение концентрации N_2 до 17,5 % от исходной индивидуальной огнетушащей концентрации в 33 %. При увеличении давления УВ или действии УВ сериями с частотой около 10 Гц на пламя происходит еще большее повышение огнетушащей эффективности тернарной огнетушащей системы УВ + газ + аэрозоль.

Таким образом, учитывая проведенный анализ, по особенностям тушения тернарной системой на основе УВ можно сказать, что экспериментальное определение огнетушащей эффективности такой системы представляет значительный интерес и требует дополнительного исследования.

Кроме этого, на основе проведенного анализа можно утверждать, что в настоящее время не исследована огнетушащая эффективность комбинированных тройных огнетушащих систем, на основе огнетушащего аэрозоля, газа CO_2 (N_2) и ударных волн.

Таблица 2. Огнетушащие соотношение газов разбавителей и аэрозоля из АОС на основе идитола без и при воздействии УВ
Table 2. The ratio between diluent gases and the aerosol produced from the iditol-based aerosol mixture during the impact of and in the absence of a shock wave

Соотношение газов разбавителей и аэрозоля / The ratio of diluent gases to the aerosol							
без УВ / without SW		с УВ / with SW		без УВ / without SW		с УВ / with SW	
Аэрозоль [г/м³] / Aerosol [g/m³]	% CO_2	Давление [Па] / Pressure [Pa]	% CO_2	Аэрозоль [г/м³] / Aerosol [g/m³]	% N_2	Давление Па] / Pressure [Pa]	% N_2
25	0	0	22,8	25	0	0	33,4
20	2	110	17,5	20	4	110	27,5
15	2,5	130	14	15	8	130	22,5
10	6	150	10	10	12	150	17,5
7,5	8	160	7,5	7,5	15	160	15
5	14	170	6	5	18	170	12,5
3,5	15	180	5	3,5	21	180	10
2,5	17,5	190	3,5	2,5	25	190	7
2	20	200	2,5	2	30	200	2,2

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Цель работы

Целью работы является определение огнетушащей эффективности комбинированных тернарных огнетушащих смесей, содержащих огнетушащий аэрозоль и газы CO_2 (N_2) при действии ударных волн на диффузионное пламя н-гептана в их среде и выявление возможного механизма тушения ими.

Методы исследований

С целью подтверждения теоретически обоснованного повышения огнетушащей эффективности комбинированных бинарных газоаэрозольных систем ударной волной за основу была взята экспериментальная методика определения огнетушащей способности УВ автора [22]. При этом использовали химически чистые (99,9 %) CO_2 и N_2. Экспериментальная камера (рис. 3) состояла из: камеры с передней панелью (длина 1980 мм, ширина 485 мм, высота 530 мм) с двумя люками для внесения тиглей, генератора ударных волн и датчика давления и температуры BMP-180 для контроллеров Arduino [26] со временем реакции не более 7,5 мс в нормальном режиме измерения и, дополнительно, воспламенителя АОС. Подачу соответствующей частоты тока на электрические зажигатели пиротехнических зарядов проводили с помощью электронной схемы на основе платы контроллера Arduino, дисплея, переменного резистора изменения времени задержки, кнопки и модуля реле. Воспламенение заряда осуществляли источником тока напряжением около 20 В, которое получали на выходе реле с соответствующей частотой в 10 Гц. Измерение интенсивности теплового потока осуществляли прибором ПТП – 01 с автономным питанием на одинаковом расстоянии в 150 мм от фронта пламени.

Эксперимент проводили следующим образом. В камере устанавливался тигель диаметром 40 мм и глубиной 35 мм с предварительно зажженным за 20 секунд н-гептаном. На расстоянии 1750 мм от генератора ударных волн (рис 4) измеряли его тепловую интенсивность излучения, после чего заполняли камеру газом соответствующей концентрации, поджигали АОС и перемешивали вентилятором образовавшуюся смесь. Потом задействовали генератор ударных волн, пропуская по камере одну или серию ударных волн соответствующей мощности и частоты и фиксировали результат – «тушение», «отказ», «изменения в пламени». После каждой попытки объем камеры продували для следующего опыта. Во время проведения эксперимента, соответствующие состояния тушения пламени были засняты камерой Nikon 1 J4 с частотой съемки 1200 кадров. Потом была проведена раскадровка видеоролика.

Результаты

Сначала была определена огнетушащая эффективность УВ при тушении диффузионного пламени н-гептана (ДПГ) с тепловой мощностью излучения 14 кВт/м^2 (диаметр тигля 100 мм). Для этого была использована методика [20] и установлено, что огнетушащее давление во фронте УВ при этом составляет 335 Па. Далее установлено влияние УВ на огнетушащую эффективность бинарных газоаэрозольных газовых систем при тушении идентичного тигля с н-гептаном. Для определения огнетушащей эффективности тернарной системы, состоящей из огнетушащего аэрозоля, газов (CO_2 или N_2) и УВ, была сначала определена огнетушащая эффективность аэрозоля, полученного из АОС на основе идитола при действии 1 УВ. Результаты эксперимента с одинарной УВ показаны на графике на рис. 2, а с серией из 3-х УВ с частотой 10 Гц на

ISSN 1895-8443

графике на рис. 3. Эксперимент по определению огнетушащей эффективности проводили следующим образом: брали соответствующую массу АОС, сжигали ее в объеме камеры, перемешивали вентилятором газ и аэрозоль для их равномерного распределения и задействовали генератор УВ, пропуская при этом одну или несколько УВ с соответствующей частотой. Значение давления одинарной УВ показаны на рис. 2.

Тепловую интенсивность излучения определяли прибором ПТП-01 на растоянии – 150 мм и для тигля с диаметром 30 мм получили значение теплового излучения в 4 кВт/м^2, в 60 мм – 10 кВт/м^2 и для тигля в 100 мм – 18 кВт/м^2.

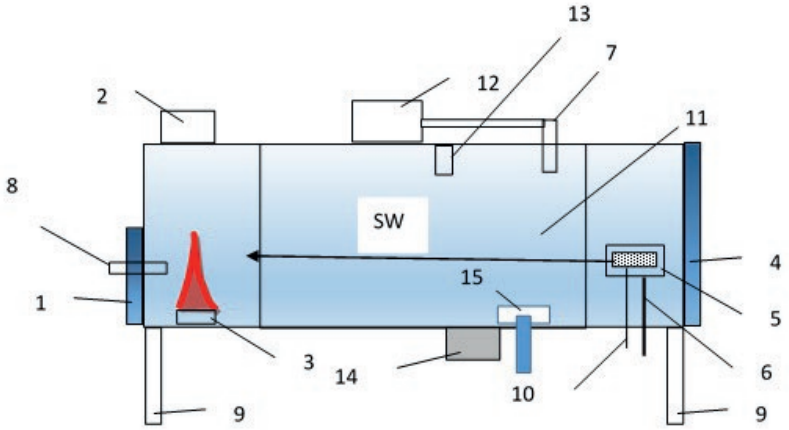


Рисунок 1. Экспериментальная установка для определения огнетушащей эффективности объемного огнетушащего вещества под действием ударной волны: 1. Люк для тигля. 2. Вентиляционное отверстие с вентилятором и задвижкой. 3. Тигель. 4. Люк. 5. Генератор ударных волн. 6. Крепления генератора ударных волн. 7. Патрубок для газа. 8. Датчик давления ВМР-180. 9. Стойки. 10. Электровоспламенитель АОС. 11. Смотровое окно. 12. Газовый счетчик. 13. Вентилятор. 14. Источник питания. 15. Воспламенитель АОС.
Figure 1. The experimental setup for determining the extinguishing efficiency of the volume extinguishing agent under the impact of shock waves. 1. Hole for the crucible. 2. Vent with fan and valve. 3. Crucible. 4. Hole. 5. Shock-wave generator. 6. 4. The fastening of the shock wave generator. 7. Inlet for gas. 8. BMP 180 pressure sensor. 9. Stand. 10. Electric igniter of aerosol-forming mixture. 11. Observation window. 12. Gas meter. 13. Fan. 14. Power supply. 15. Igniter of aerosol-forming mixture
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

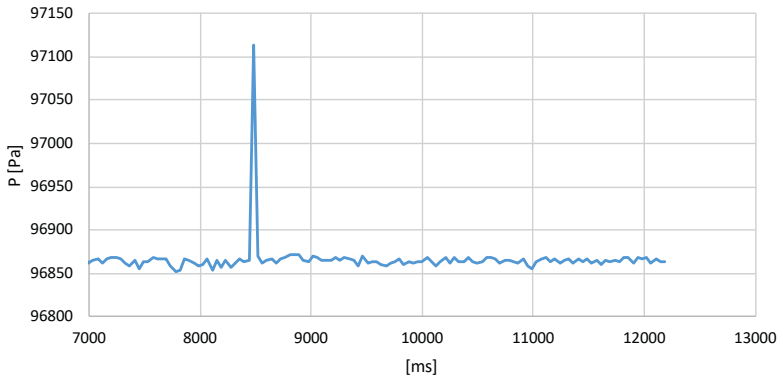


Рисунок 2. Увеличение давления при прохождении УВ с выходной мощностью одинарного УВ P ≈ 240 Па
Figure 2. The increase in pressure during the passage of a shock wave with an output force of a single SW P ≈ 240 Pa
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

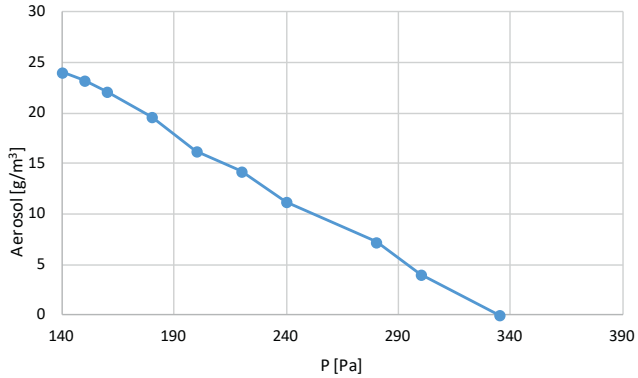


Рисунок 3. Зависимость огнетушащей эффективности аэрозоля от мощности одинарной ударной волны
Figure 3. The dependence between the fire-extinguishing effectiveness of the aerosol and the force of a single shock wave
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

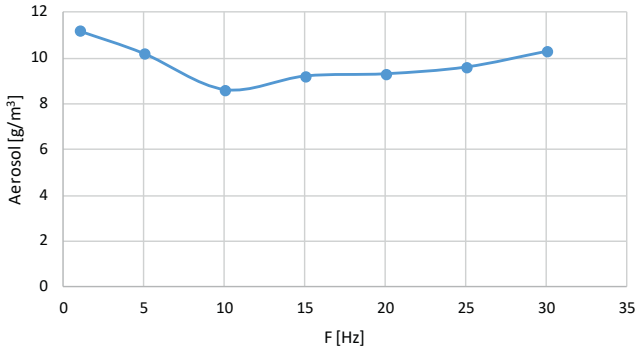


Рисунок 4. Зависимость огнетушащей эффективности аэрозоля от частоты воздействия ударной волны (серии по 3 УВ)
Figure 4. The dependence between the fire-extinguishing effectiveness of the aerosol and the frequency of the shock wave (series of 3 shock waves each)
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Как видно, при воздействии на ДПГ 1 ударной волны огнетушащая концентрация аэрозоля значительно снижается, что видно из графиков на рис. 3. При увеличении давления УВ огнетушащая концентрация аэрозоля падает с прямолинейной зависимостью и при достижении 240 Па уменьшается до 11,2 г/м³ (рис. 2). Максимальное снижение огнетушащей концентрации происходит при частоте УВ в 10 Гц (рис. 3). При этом снижение огнетушащей концентрации продолжается до 33 %. Эти результаты совпадают с результатами работ [23, 24].

Известно [27, 28, 29], что сам аэрозоль обладает достаточно высокой огнетушащей концентрацией за счет малых размеров (до 50 мкм) частиц. Учитывая, что УВ в аэрозольной среде подвергается значительной диссипации [30], то при значительных концентрациях аэрозоля ударная волна может сильно рассеиваться. Добавление газов до аэрозоля обеспечивает достижение двух важных целей – увеличение огнетушащей эффективности созданной бинарной системы [10, 11] и уменьшение в ней концентрации огнетушащего аэрозоля, что приводит к увеличению эффективного огнетушащего расстоянии УВ, вследствие уменьшения диссипации. Таким образом, добавка газов до аэрозоля приведет к уменьшению диссипации УВ в образованной среде и увеличению эффективного расстояния огнетушащего действия УВ и общей огнетушащей эффективности тернарной огнетушащей системы.

Далее было проведено определение огнетушащей эффективности тройных систем огнетушащий аэрозоль + газ флегматизатор (CO_2, N_2) + УВ при воздействии одинарной ударной волны. Результаты экспериментов показаны на рис. 5 и 6.

Как видно из графиков при увеличении давления УВ огнетушащая концентрация аэрозоля и газа CO_2 падает и оптимальным соотношением компонентов в тернарной огнетушащей системе при давлении во фронте УВ около 240 Па является соотношение аэрозоля – 4,8 г/м³ и CO_2 – 5,6 %. Оптимальное соотношение принимаем исходя из условия, что давление УВ в самой дальней точке защищаемого объема обеспечит огнетушащее значение, исходя из параметров тушения тернарной системой: огнетушащий аэрозоль + газ + УВ. Для бинарной системы на основе N_2 эти соотношения составляют– 6,9 г/м³ и N_2 – 8,2%. Также была определена огнетушащая эффективность бинарной смеси огнетушащего аэрозоля и азота, получено соотношение – аэрозоля – 7,8 г/м³, N_2 – 9,6%.

ISSN 1895-8443

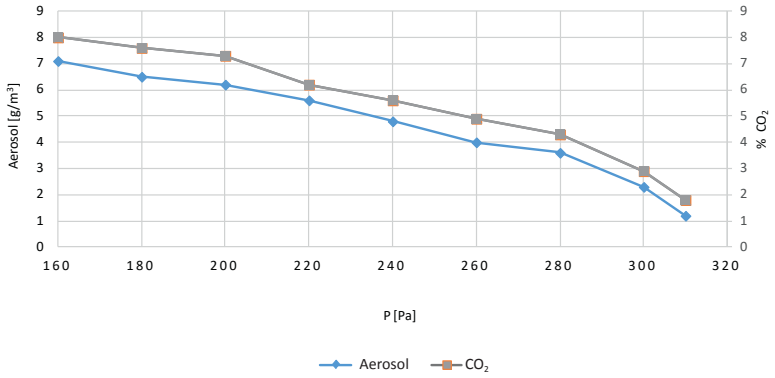


Рисунок 5. Зависимость огнетушащей эффективности бинарной смеси CO_2 и аэрозоля от мощности одинарной ударной волны
Figure 5. The dependence between the fire-extinguishing effectiveness of a binary mixture of CO_2 and aerosol and a single shock wave
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

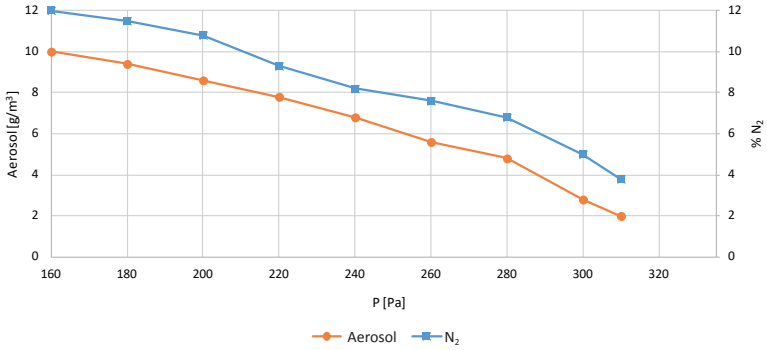


Рисунок 6. Зависимость огнетушащей эффективности бинарной смеси N_2 и аэрозоля от мощности одинарной ударной волны
Figure 6. The dependence between the fire-extinguishing efficiency of the binary mixture N_2 and the aerosol and a single shock wave
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

С целью определения времени и особенностей процесса тушения была проведена раскадровка процесса тушения (рис. 7) тернарной огнетушащей системой при следующих ее параметрах: аэрозоля – 4,8 г/м^3 и CO_2 – 5,6 % и давление в 240 Па одинарной ударной волны.

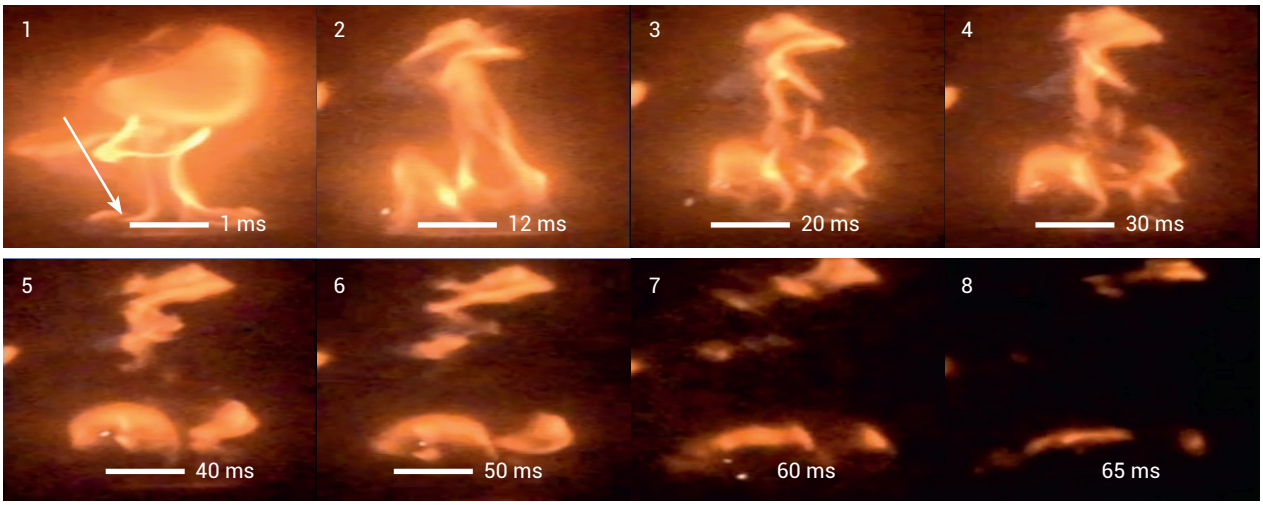


Рисунок 7. Раскадровка процесса тушения тернарной системой УВ (P ≈ 240 Па), аэрозоль – (4.8 г/м^3), CO_2 – (5.6 %). Время тушения 65 мс
Figure 7. Storyboard of the extinguishing process utilising a ternary system: SW (P ≈ 240 Pa), aerosol (4.8 g/m^3), CO_2 (5.6%). Extinguishing time: 65 ms
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Как видно из раскадровки (рис. 7), при тушении указанной системой пламя отрывается и фрагментируется на 40 мс (рис. 7, поз. 5), что значительно быстрее, чем в случае тушения самой УВ, когда время тушения составляет 350 мс. При этом, процесс отрыва происходит при минимальном давлении в 240 Па во фронте УВ. Потом пламя значительно фрагментируется и благодаря комбинированному действию УВ и газов [20] затухает на 65 мс (рис. 7, поз. 8). Уровень тигля на раскадровке (рис. 7) указан стрелкой.

Процесс тушения бинарной смесью с N_2 происходит таким же образом как и в случае с CO_2 при действии УВ с давлением в 240 Па. При этом пламя также гаснет вследствии отрыва и фрагментации из-за действия УВ. В результате тушение происходит за время несколько большее, чем при тушении CO_2, и составляет ≈ 94 мс.

Далее автор определил огнетушащую эффективность бинарной смеси аэрозоля на основе идитола с добавками газов CO_2 и N_2 при воздействии серий УВ с частотой 10 Гц на ДПГ в газоаэрозольной системе. Одно из значений повышения давления в результате действия 3-х УВ показано на графике (рис. 8). При этом были получены результаты с огнетушащей концентрацией газов CO_2 и N_2 в указанных условиях, которые показаны на графике (рис. 9), а также показана зависимость огнетушащих концентраций бинарной смеси аэрозоля и CO_2 от частоты воздействия серии 3-х ударных волн с P(УВ) ≈ 240 Па. На графике (рис. 10) показана зависимость огнетушащей эффективности бинарной смеси аэрозоля и N_2 от частоты воздействия серии из 3-х УВ ударных волн с P(УВ) ≈ 240 Па.

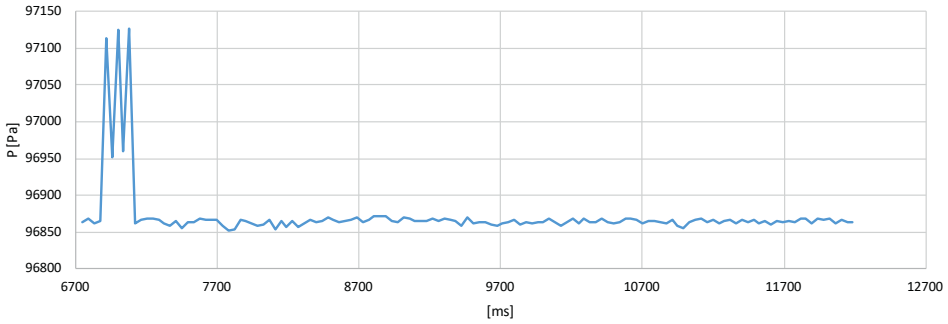


Рисунок 8. Увеличение давления при прохождении серии из 3-х УВ с частотой 10 Гц и мощностью P ≈ 240 Па
Figure 8. The increase in pressure during the passage of a series of 3 SW with a frequency of 10 Hz and force of P ≈ 240 Pa
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

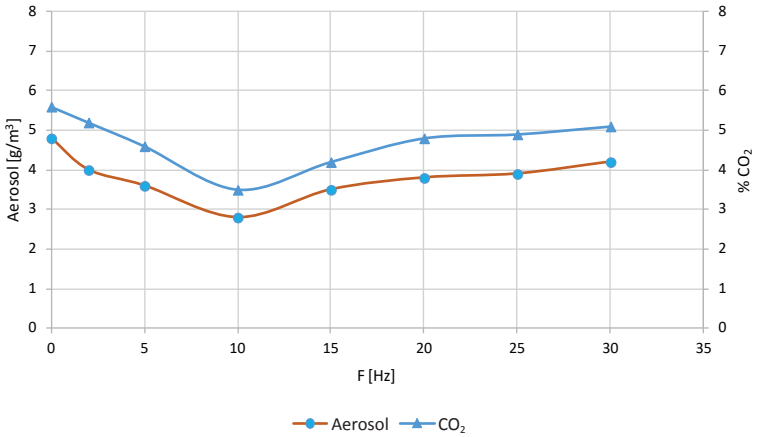


Рисунок 9. Зависимость огнетушащей эффективности бинарной смеси аэрозоля и CO_2 от частоты воздействия серии 3-х ударных волн с P ≈ 240 Па
Figure 9. The dependence between the fire-extinguishing effectiveness of a binary mixture of aerosol and CO_2 and the frequency of the impact of a series of 3 shock waves with P ≈ 240 Pa
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

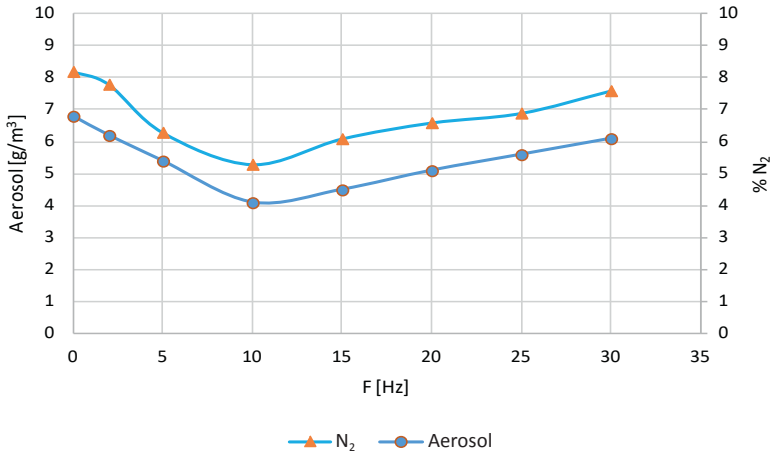


Рисунок 10. Зависимость огнетушащей эффективности бинарной смеси аэрозоля и N_2 от частоты воздействия серии 3-х ударных волн с P ≈ 240 Па
Figure 10. The dependence of the fire-extinguishing effectiveness of a binary mixture of aerosol and N_2 and the frequency of the impact of a series of 3 shock waves with P ≈ 240 Pa
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Как видно из графиков (рис. 9 и 10) при частоте воздействия серий УВ в 10 Гц огнетушащая концентрация компонентов бинарной газоаэрозольної смеси снижается до 2,8 % и 3,5 г/м³ соответственно CO_2 и аэрозоля. Для азота огнетушащие концентрации соответственно падают, для аэрозоля до 4,1 г/м³ и до 5,3 % для N_2.

Таким образом, при применении тернарной системы: огнетушащий аэрозоль + газ разбавитель + действие серий УВ, во всех случаях наблюдалось значительное уменьшение огнетушащих концентраций аэрозоля и газов при воздействии УВ с частотой 10 Гц и давлением в 240 Па. Результаты эксперимента показаны на рис. 9 и на рис. 10.

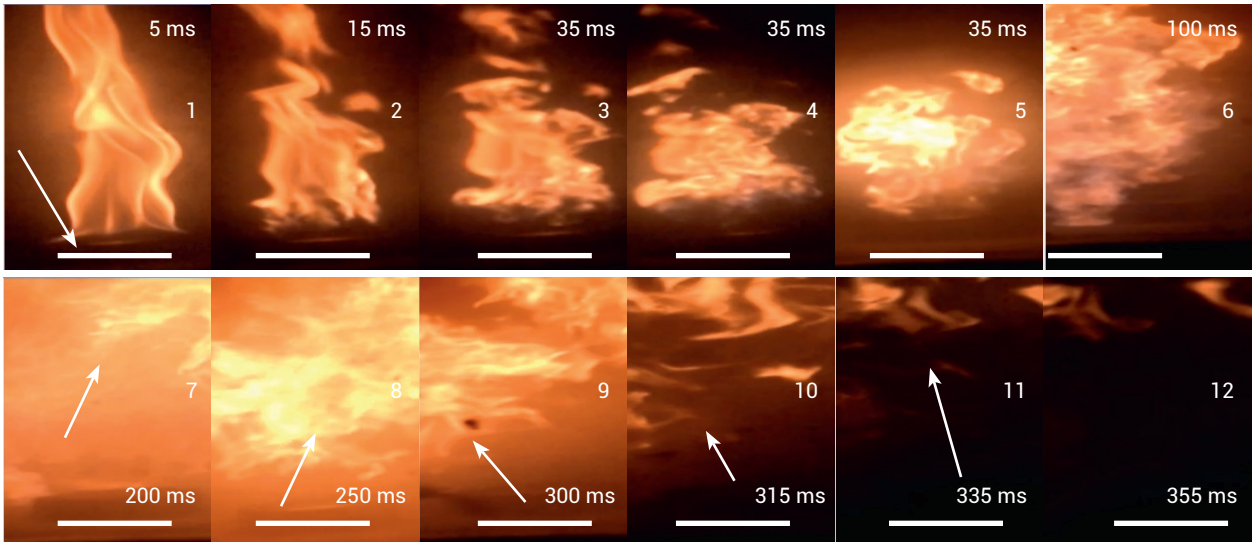


Рисунок 11. Раскадровка процесса тушения тернарной системой УВ (серия х 3-х УВ 10 Гц, P = 240 Па) Аэрозоль – 4,1 г/м³, N_2 – 5,3 %. Время тушения – 55 мск
Figure 11. Storyboard of the extinguishing process utilising a ternary SW method (a series of three 10 Hz SW, P = 240 Pa) Aerosol – 4.1 g/m³, N_2 – 5.3%. Extinguishing time is 55 ms
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Результаты раскадровки процесса тушения диффузионного пламени н-гептана тернарной системой аэрозоля, CO_2 и сериями УВ при частоте 10 Гц показаны на раскадровке на рис. 11.

Раскадровка процесса тушения указанной тернарной системой показала, что пламя при одновременном действии указанных компонентов значительно турбулизируется, отрывается и при меньшем давлении во фронте УВ, чем в случае тушения в среде самого газа или аэрозоля. При этом после первой УВ заметно значительную турбулизацию пламени начиная с 5 до 100 мс (рис. 11, поз 1–6), но тушение пламени не происходит. Пламя

находится на некотором расстоянии от тигля, как показано на рисунке 11 стрелками, до прохождения следующей ударной волны. Дальше на 200 мс (рис. 11, поз. 7) проходит следующая УВ, при этом пламя еще больше турбулизируется и отрывается от устья вытекания из тигля (тигель обозначен линией во всех позициях указан стрелкой на рис. 11, поз. 1).

При этом пламя значительно растягивается в пространстве и хаотично увеличивается в размерах в диапазоне времени между 200 и 300 мс (рис. 11, поз 7–9). Далее на 300 мс проходит 3-я УВ, которая еще больше относит пламя от тигля, после чего оно значительно фрагментируется и примерно через 55 мс гаснет (поз. 9–12).

Обсуждение результатов работы

Для подтверждения выдвинутых выше предположений про высокую огнетушащую эффективность комбинированной тернарной системы: УВ + огнетушащий газ + аэрозоль на пламя была проанализирована раскадровка процесса тушения при действии одинарной УВ с давлением в 240 Па с аэрозолем и газами CO_2 и N_2 на диффузионное пламя н-гептана. При раскадровке процесса тушения тернарной системой на основе CO_2 (рис. 10) было обнаружено, что тушение пламени серий УВ происходит при давлении в фронте УВ в 240 Па, за 35 мс после прохождения последней УВ, что по времени меньше в 10 раз, чем при тушении самой только УВ (Р ≈ 350 мс) без газоаэрозоля.

Таким образом, в результате раскадровки можно увидеть значительную разницу при тушении одинарной УВ, когда пламя сразу по прохождении фрагментируется, рассеивается и тухнет, и серией УВ, когда пламя значительно турбулизуруется, немного растягивается, но тушения при этом не происходит. При воздействии на пламя серий из 3-х УВ можно сказать, что при этом происходит снижение огнетушащих концентраций компонентов смеси в диапазоне от 33 % для газов и до 50 % для аэрозолей в сравнении с исходными значениями индивидуальных концентраций компонентов смеси взятых для одинарной УВ.

Как видно из результатов экспериментов, влияние УВ приводит к значительному снижению огнетушащей концентрации бинарной смеси аэрозоля и газов – разбавителей. Раскадровка действия огнетушащей системы на ДПГ с указанными параметрами: Р (УВ) – 240 Па, А – 4,8 г/м^3, CO_2 = 5,6 % показала значительную разницу между поведением пламени при воздействии на него серий самой только УВ, а также УВ в среде газов или аэрозоля. При этом, можно сказать, что пламя значительно легче отрывается и время отрыва уменьшается с 335 мс при действии одной только УВ до 35 мс при тушении тернарной системой с серией УВ. Высокая эффективность тернарной огнетушащей системы (УВ + ГАЗ + АЭРОЗОЛЬ) объясняется комбинированным действием огнетушащих факторов компонентов тернарной огнетушащей системы. Кроме этого, огнетушащий аэрозоль и газ-разбавитель, как известно [12] являются синергентами, что приводит к значительно более высокой эффективности огнетушащей системы, чем традиционные средства пожаротушения. Свидетельством синергизма можна назвать значительное снижение огнетушащей концентрации аэрозоля, газов разбавителей и в некоторой мере мощности УВ при тушении ДПГ в 5, и более раз, в сравнении с индивидуальной огнетушащей концентрацией отдельных компонентов смеси, которые соответственно составляют, для гептана C_7H_{16} Св (CO_2) = 23 %, Св (А) = 22,5 г/м^3 и Р (УВ) = 215 Па, (для тигля заданных параметров с тепловой излучательной способностью 4 кВт/м^2).

Соответственно, если сравнить изменение концентрации объемных средств тушения, которые показаны в табл. 2, можно проследить четкую тенденцию к уменьшению их огнетушащей концентрации при их комбинированном действии вместе с УВ. Таким образом, имеем несколько вариантов огнетушащих систем с УВ, в которых огнетушащая концентрация объемных средств пожаротушения – газа, аэрозоля и их смеси – обобщены. Экспериментальные и литературные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительная таблица огнетушащей эффективности систем с ударной волной
Table 3. Comparative table of the fire-extinguishing effectiveness of various systems with the shock wave

Влияние УВ (одинарная, серии) / The impact of SW (single, series)	Давление УВ [Па] Pressure SW [Pa]	Тепловая мощность пламени [кВт/м^2] Thermal power of the flame [kW/m^2]	CO_2, %	N_2, %	Аэрозоль [г/м^3] / Aerosol [g/m^3]
одинарная УВ / single SW	215	4	-	-	-
одинарная УВ / single SW	180	4	5,1	-	-
одинарная УВ / single SW	180	4	-	10,2	
одинарная УВ / single SW	180	4	-	-	10,3
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	172	4	-	-	-
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	172	10	4,8	-	-
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	170	10	-	10,8	-
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	170	10	-	-	8,2
одинарная УВ / single SW	240	18	4,9	-	5,6
одинарная УВ / single SW	240	18	-	8,2	6,8
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	240	18	3,5		2,8
серии УВ (10 Гц) / SW series (10 Hz)	240	18		5,3	4,1

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Исходя из анализа обобщенных данных, приведенных в таблице, при действии одинарной и серий УВ на пламя н-гептана видно, что ее воздействие на пламя приводит к значительному повышению огнетушащей эффективности и, как видно из таблицы, зависит от тепловой мощности пламени. Так при тепловой мощности излучения 4 кВт/м^2 и одинарной УВ с давлением в фронте ≈ 180 Па, как видим из таблицы, огнетушащая концентрация CO_2 уменьшается до 5,1 %. Использование серий УВ с частотой в 10 Гц приводит к дальнейшему уменьшению огнетушащей концентрации и даже при большем размере пламени (10 кВт/м^2) наблюдается уменьшение огнетушащей концентрации CO_2 до 4,8 при почти одинаковом давлении во фронте УВ в ≈ 180 Па. Дальнейшее увеличение размеров пламени (18 кВт/м^2) тянет за собой увеличение огнетушащего давления во фронте УВ до 240 Па, но огнетушащая концентрация для CO_2 и аэрозоля остаются почти на прежнем уровне. Составляет примерно 4,9 % CO_2 и 5,6 г/м^3 аэрозоля для одинарной УВ и 3,5 % CO_2 и 2,8 г/м^3 аэрозоля – для серий УВ с частотой 10 Гц. Для азота также наблюдается уменьшение до 8,2 N_2 и 6,8 г/м^3 аэрозоля для одинарной и до 5,3 % N_2 и 4,1 г/м^3 аэрозоля для серий УВ.

Таким образом, комбинированое использование огнетушащего газа, аэрозоля и серий УВ с частотой в 10 Гц приводит к значительному повышению огнетушащей эффективности такой системы, что видно на примере тушения пламени н-гептана заданных параметров.

Вывод

В работе теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность значительного повышения огнетушащей эффективности бинарной смеси огнетушащего аэрозоля и газов CO_2 или N_2 при действии на пламя н-гептана серии ударных волн с частотой 10 Гц в их среде в условиях камеры. Значительное повышение огнетушащей эффективности, заявленной тернарной огнетушащей системы, вероятно (из выводов автора) за счет синергизма между компонентами системы. При этом определено, что в бинарной смеси, огнетушащая концентрация аэрозоля уменьшается до 8 раз, а для газов до 4,6 раза, относительно их индивидуальных огнетушащих концентраций при воздействии на диффузионное пламя н-гептана серий из 3-х ударных волн с частотой 10 Гц и давлением около 240 Па. Также автором экспериментально определено, что общим результатом комбинированного действия ударной волны, огнетушащих газов и аэрозоля будет значительное уменьшение времени тушения диффузионого пламени н-гептана, в сравнении с временем тушения пламени н-гептана только ударными волнами.

Экспериментально определены особенности тушения дифузионого пламени н-гептана в условиях специальной камеры, предложенной комбинированной огнетушащей тернарной системой, которые заключаются в том, что время начала фрагментации пламени значительно уменьшается после прохождения серии ударных волн, после чего пламя отрывается и фрагментируется, при значительно меньших концентрациях огнетушащих веществ, чем их индивидуальные, а также при действии одинарных ударных волн, что приводит к более быстрому отрыву и тушению.

Таким образом, предложенная тернарная огнетушащая система в условиях экспериментальной камеры обеспечивает быстрое и эффективное тушение диффузионного пламени н-гептана и может быть основой нового способа тушения пожаров класов A, B, C, E.

Литература

[1] United Nation Environmental Program (UNEP), Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Report of the Halon Fire-extinguishing Agents Technical Options Committee, [electr. doc.] http://ozone.unep.org/en/information-material [accessed: 11.03.2017].

[2] Amin M.B., Husain T., *Kuwait oil fires - air quality monitoring*, „Atmospheric Environment" 1994, 28(13), 2261–2276, [electr. doc.] http://www.researchgate.net/publication/248341283 [accessed: 11.03.2017].

[3] Mannan M.S., *A technical analysis of the buncefield explosion and fire*, "Symposium series. Hazards XXI" 155(2009) http://www.ichemeoncampus.org/~/media/Documents/Subject%20Groups/Safety_Loss_Prevention/Hazards%20Archive/XXI/XXI-Paper-094.pdf [accessed: 11.04.2017].

[4] Pozhar na neftebaze v Vasilkovskom rayone, https://uk.wikipedia.org/wiki/Пожежа_на_нафтобазі_у_Васильківському_районі

[5] Chattaway A., Dunster R.G., Spring D.J., Way M., *Evaluation of Alternative Agents for Suppression Fuel Spray Explosions in Military Vehicle Crew Compartments*, Halon Options Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico 1999, 27–33, 45–53.

[6] Smigielski G., Dygdała R., Serejko G., Kaczorowski M., *Estimation size of aerosol droplets produced by explosion*, „Przegląd elektrotechniczny" 2016, 11, 91–94, doi:10.15199/48.2016.11.23.

[7] Korobeinichev O.P., Shmakov A.G., Chernov A.A., Bol'shova T.A., Shvartsberg V.M., Kutsenogii K.P., Makarov V.I., *Fire Suppression by Aerosols of Aqueous Solutions of Salts*, „Combustion, Explosion, and Shock Waves" 2010, 46(1), 16–20, doi:10.1007/s10573-010-0003-y.

[8] Balanyuk V.M., Grimalyuk B.T., *Doslidzhennya vplivu inertnikh gazovikh rozridzhuvachiv na efektivnist vognegasnikh ayerozoliv*, „Pozhezhna bezpeka" 2004, 5, 18–24.

[9] Balanyuk V.M., Zhurbinskiy D.A., Lin A.S., *Vliyaniye vida aerozolobrazuyushchikh soyedineniy na osnove soley kaliya i dobavok inertnykh gazov na flegmatiziruyushchuyu effektivnost aerozolya*, „Pozharnaya bezopasnost: sb. nauchn. rabot." 2013, 22, 7–11.

[10] Balanyuk V.M., Zhurbinskiy D.A., *Phlegmatisation of flammable gas mixtures by aerosol sprays*, BiTP Vol. 32 Issue 4, 2013, pp. 53–58, doi:10.12845/bitp.32.4.2013.6.

[11] Garasymyuk O.I., Balanyuk V.M., Pastukhov P.V., *Nekotoryye aspekty povysheniya effektivnosti aerozolno-poroshkovogo pozharotusheniya*, „Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo instituta" 2016, (22)2, 39–49.

[12] Lott J.L., Christian S.D., Sliepcevich C.M., Tucker E.E, *Synergism Between Chemical and Physical Fire–Suppressant Agents*, "Fire Technology" 1996, 323, 260–271, doi: 10.1007/BF01040218.

[13] Saito N., Saso Y., Ogawa Y., Otsu Y., Kikui H., *Fire Extinguishing Effect of Mixed Agents of Halon 1301 and Inert Gases*, "Fire Safety Science" 1997, 5, 901–910, doi:10.3801/IAFSS.FSS.5–901.

[14] Balanyuk V.M., Kozyar N.M., Garasymuyk O. I., *Study of fire–extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures*, „Eastern-european journal of enterprise" 2016, 3/10(71), 4–12, doi: 10.15587/1729-4061.2016.72399.

[15] Balanyuk V.M., *Specific Nature of Phlegmatizing Air-Heptan Mixture using aerosol and Nitrogen Binary Mixture*, BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 139–149, doi:10.12845/bitp.44.4.2016.11.

[16] Balanyuk V.M., Kozyar N.M., *Garasim'yuk O.I., Zastosuvannya gazo--ayerozolno-poroshkovikh vognegasnikh sumishey dlya zakhistu vid zapalyuvalnikh sumishey*, „Scientific Journal ScienceRise" 2016, 5/2(22), 10–14, doi: 10.15587/2313-8416.2016.69333.

[17] Balanyuk V.M., Kozyar N.M., Garasim'yuk O.I., Lozinskiy A.T., *Vpliv dobavok CO_2 na vognegasnu efektivnist binarnoï ayerozolno-gazovoï sumishi*, „Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. pr." 2016, 28, 6–12.

[18] Balanyuk V.M., Garasim'yuk O.I., Lin A.S., *Vpliv na flegmatizuvalnu efektivnIst aerozolyu dobavok CO_2*, 16 Vseukr. konf. ryatuvalnikIv, 23-24.09.2014, 27–29.

[19] Balanyuk V.M., *Kombinovani vognegasni sistemi na osnovi udarnoï khvili ta gazovoï ob'emnoï vognegasnoï rechovini*, „Pozhezhna bezpeka: zb. nauk. pr." 2016, 29, 6–12.

[20] Balanyuk V.M., *Extinguishment of n-heptane diffusion flames with the shock wave*, BiTP Vol. 42 Issue 2, 2016, pp. 103–111, doi: 10.12845/bitp.42.2.2016.10.

[21] Balanyuk V.M., *Pozhezhogasinnya seriyami udarnikh khvil*, „Problemy pozharnoy bezopasnosti" 2016, 40, 26–34.

[22] Balanyuk V.M., *Increasing the Effectiveness of Fire Extinguishing using a Gas Method which Applies a Shock Wave*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 81–94, doi: 10.12845/bitp.43.3.2016.8.

[23] Balanyuk V.M., Kopistinskiy Yu.O., Lavrenyuk O.I., *Viznachennya efektivnosti gasinnya vognegasnoyu ayerozolnoyu rechovinoyu v umovakh zastosuvannya gazovikh udarnikh khvil*, „Pozhezhna bezpeka : zb. nauk. pr." 2012, 21, 23–27.

[24] Kopistinskiy Yu.O., *Doslidzhennya vplivu udarnoï khvili na vognegasnu efektivnist ayerozolevoï rechovini neorganichnikh soley kaliyu*, „Naukoviy visnik UkrNDIPB» 2011. № 2 (24) – 2012. – №21. – C. 23-27.

[25] Balanyuk V.M., Kopistinskiy Yu.O., Boyko T.B., Zhurbinskiy D.A., *Vikoristannya udarnih hvil pri gasinni difuziynogo polum'ya vognegasnimi aerozolyami*, „Pozhezhna bezpeka: teorya i praktika" 2014, 18, 32–37.

[26] BMP180 Data sheet [electr. doc.] https://www.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf [accessed: 11.04.2017].

[27] Fogel'zang A.E., Vasil'ev V.V., Sinditskii V.P. et. al., *Effektivnye sistemy pozharotusheniya na osnove porokhov i spetsial'nykh tverdykh topliv (Efficient Systems for Fire-Fighting on the Basis of Powders and Special-Purpose Propellants)*, NPO "InformTEI", Moscow 1991, 30–31.

[28] Zhukov B.P., Denisyuk A.P., Shepelev Y.G. et. al., *Combustion of Fire-Extinguishing Powders Based on Potassium Nitrate*, „Doklady Physical Chemistry" 2002, 382, 35, doi:10.1023/A:1014447212689.

[29] Brooks J., Berezovsky J., O'Dwyer M., *Aerosol fire suppression for high rise structural applications via aircraft distribution using Metalstorm technologies*, [in:] NIST Special Publication 984, Halon Options Technical Working Conference, 12th Proceedings. HOTWC 2002, Albuquerque, NM, 1–8.

[30] Nakoryakov V.E., Pokusayev B.G., Shreyber I.R., *Rasprostraneniye voln v gazo- i parozhidkostnykh sredakh*, In-t teplofiziki, Novosibirsk 1983, 237.

БАЛАНЮК ВЛАДИМИР МИРЧЕВИЧ – кандидат технических наук, доцент. В 2007 году защитил диссертацию по специальности пожарная безопасность. С 2007 года работает на кафедре процессов горения и химии Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности. Область научных интересов: теоретические и экспериментальные исследования процессов горения, аэрозольные, порошковые, газовые, комбинированные средства пожаротушения, огнезащитные покрытия для древесины и металлов.

CNBOP-PIB

TWÓJ PARTNER W
BEZPIECZEŃSTWIE

jednostka notyfikowana Komisji Europejskiej w zakresie rozprządzenia 305/2011 (CPR)

laboratoria badawcze akredytowane przez PCA

jednostka upoważniona do wydawania europejskich i krajowych ocen technicznych

45 lat doświadczenia

DOPUSZCZENIA WYROBÓW
użytkowanych w ochronie przeciwpożarowej

EUROPEJSKA I KRAJOWA CERTYFIKACJA
wyrobów budowlanych

CERTYFIKACJA PODMIOTÓW ŚWIADCZĄCYCH USŁUGI
w ochronie przeciwpożarowej

EUROPEJSKIE I KRAJOWE OCENY TECHNICZNE
stałych urządzeń ppoż.
kabli zasilających, sterujących i komunikacyjnych

BADANIA
sprzętu oraz wyposażenia jednostek ochrony ppoż.
stałych urządzeń gaśniczych
chemiczne i pożarowe
procesów spalania i wybuchowości
systemów i automatyki ppoż.

CERTYFIKACJA DOBROWOLNA
wyrobów do ochrony przeciwpożarowej

TESTOWANIE WYROBÓW INNOWACYJNYCH

SZKOLENIA
z zakresu ochrony przeciwpożarowej

OPINIE I EKSPERTYZY TECHNICZNE

CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ
im. Józefa Tuliszkowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów | tel. +48 22 769 32 00 | cnbop@cnbop.pl | www.cnbop.pl

mł. bryg. dr inż. Mariusz Pecio[a)*]

[a)]*Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of Fire Service*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: mariusz.pecio@gmail.com*

Analiza wybranych aspektów bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego Starego Miasta w Warszawie

Analysis of Selected Aspects of Fire Safety and Operating Capability in Warsaw's Old Town

Анализ отдельных аспектов пожарной безопасности Старого города в Варшаве и оперативной подготовки к проведенню спасательно-гасящих действий

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest analiza aktualnego poziomu bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych na terenie historycznego centrum Warszawy. Dodatkowo w pracy określono rozwiązania techniczne, operacyjne i legislacyjne, które mogą przyczynić się do poprawy sytuacji w dwóch wyżej wymienionych obszarach.

Wprowadzenie: W artykule przedstawiono ocenę bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego do działań ratowniczo-gaśniczych terenu Starego Miasta w Warszawie. W tym celu wykorzystano analizę dostępnych materiałów źródłowych, danych statystycznych, wyników badań ankietowych oraz obowiązujących aktów prawnych. Elementem wprowadzenia do przedmiotowego zagadnienia jest również charakterystyka dzielnicy Stare Miasto w Warszawie, w której uwzględniono przynależność tego obszaru do światowego dziedzictwa narodowego UNESCO.

Metodologia: Artykuł zawiera ocenę wybranych aspektów bezpieczeństwa pożarowego Starego Miasta w Warszawie oraz przygotowania operacyjnego KM PSP w Warszawie tego obszaru. Ocena bezpieczeństwa pożarowego została przeprowadzona przy wykorzystaniu analizy materiałów zgromadzonych podczas pracy przy programie HERITPROT, danych uzyskanych od Komendy Miejskiej PSP w Warszawie oraz na podstawie wyników badań ankietowych. Badania ankietowe przeprowadzono wśród wszystkich obecnych na Starym Mieście administratorów nieruchomości mieszkalnych oraz wszystkich występujących na tym terenie administratorów budynków sakralnych. Analiza przygotowania operacyjnego do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych objęła weryfikację zgodności z wymaganiami dróg pożarowych oraz przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę. Na podstawie przeprowadzonej analizy zaproponowano metody zwiększenia bezpieczeństwa miejskich starówek. Do proponowanych działań organizacyjnych należą szkolenia jednostek ratowniczo-gaśniczych. Rozwiązania techniczne to nowoczesne urządzenia gaśnicze (mgła wodna), natomiast działania legislacyjne obejmują dostosowanie zasad opracowywania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego dla budynków zabytkowych.

Wnioski: Wykazano, że problemy związane z odpowiednim zabezpieczeniem wrażliwego, historycznego obszaru miejskiego oraz zabytkowych eksponatów można rozwiązywać z wykorzystaniem urządzeń technicznych lub uwarunkowań prawnych. Artykuł zawiera przykłady działań pozwalających poprawiać stan bezpieczeństwa pożarowego na starówkach miejskich oraz przykłady rozwiązań służących polepszeniu przygotowania tych obszarów do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. Dodatkowo kompleksowa ocena stanu dróg pożarowych i przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę może być bezpośrednio wykorzystana do działań operacyjnych Komendy Miejskiej PSP w Warszawie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pożarowe, przygotowanie operacyjne, zabezpieczenie terenu, Warszawa, Stare Miasto, UNESCO

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 06.02.2016; Zrecenzowany: 17.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 88–98, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.6;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: This article aims to analyse the current level of fire safety and operating preparation for conducting rescue and firefighting operations within the Historical Centre of Warsaw. The aim of the study is also to determine the technical, operating and legislative activities which can improve the situation in the two aforementioned areas.

Introduction: The article presents an assessment of fire safety and the preparation for fire and rescue operations in the Old Town in Warsaw. For this purpose, the paper analyses the available source materials, statistical data, survey results and existing legislation. As an introduction to the subject, the article describes the Old Town district of Warsaw, including its recognition as a world heritage site by the UNESCO.

Methodology: The article contains an assessment of selected aspects of fire safety in Warsaw's Old Town and an evaluation of the preparation of the Municipal Headquarters of the State Fire Service in Warsaw for carrying out operations in this area. The assessment of fire safety was performed using the analysis of materials collected while working with the HERITPROT project, data obtained from the Municipal Headquarters of the State Fire Service in Warsaw and on the basis of survey results. A survey was also carried out among all residential property administrators in the Old Town and all administrators of religious buildings in this area. The analysis of the preparation for rescue and firefighting operations included an assessment of compliance with the requirements of fire access roads and fire water supply. The analysis proposes ways of increasing the safety of Old Town areas in cities. Organisational activities include training for fire and rescue units; technical solutions comprise modern firefighting equipment (water fog); and legislative action involves the adaptation of Fire Safety Instructions for historic buildings.

Conclusions: The analysis showed that problems with an inadequate protection of sensitive historic urban fabric and historical exhibits can be solved by using either technical devices or legal conditions. Hence, the article includes examples of activities for improving fire safety in Old Town areas, and examples of solutions for improving the preparation of these areas for conducting rescue and firefighting operations. In addition, the contained comprehensive assessment of fire access roads and fire water supply can be directly used for operating activities of the Municipal Headquarters of the State Fire Service in Warsaw.

Keywords: fire safety, operating capability, site protection, Old Town in Warsaw, UNESCO

Type of article: review article

Received: 06.02.2016; Reviewed: 17.05.2017; Published: 30.06.2017;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 88–98, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.6;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является анализ текушего состояния пожарной безопасности и оперативной подготовки к проведению спасательно-гасяших действий на территории исторического центра Варшавы. Цель работы заключается также в определении технических, оперативных и законодательных решений, которые могут способствовать улучшению ситуации в двух вышеуказанных сферах.

Введение: В статье была представлена оценка пожарной безопасности и оперативной подготовки к спасательно-гасяшим действиям на территории Старого города в Варшаве. Для этой цели был использован анализ имеюшихся исходных материалов, статистических данных, результатов опросов и действуюшего законодательства. Частью введения к рассматриваемой теме является также характеристика района Старого города в Варшаве, в том числе в контексте его принадлежности к всемирному наследию ЮНЕСКО.

Методология: Статья содержит оценку отдельных аспектов пожарной безопасности Старого города в Варшаве, а также оценку оперативной подготовки Городской комендатуры ГПС в Варшаве в этой области. Оценка пожарной безопасности была проведена с использованием анализа материалов, собранных в ходе работы с программой HERITPROT, данных из Городской комендатуры ГПС в Варшаве и на основе результатов опроса. Опрос был проведен среди всех присутствуюших в Старом городе администраторов жилой недвижимости и всех администраторов зданий религиозного характера, находяшихся в этом районе. Анализ оперативной подготовки к проведению спасательно-гасяших действий включал оценку соответствия с требованиями об обеспечении пожарных дорог и противопожарного водоснабжения. На основе проведенного анализа были предложены способы повышения безопасности старых городских центров. Организационными мероприятиями являются тренинги спасательно-гасяших подразделений, а техническими решениями – современное противопожарное оборудование (водяной туман). В то же время законодательственные решения включают в себя адаптацию Инструкции пожарной безопасности для исторических зданий.

Выводы: Было обнаружено, что проблемы, связанные с соответствуюшей зашитой, уязвимой исторической части города и исторических экспонатов, могут быть решены с помошью технических устройств или правовых решений. В статье приводятся примеры действий, позволяюших повышать пожарную безопасность в старых городских центрах и примеры решений для улучшения подготовки этих районов для проведения спасательно-гасяших действий. Кроме того, комплексная оценка состояния противопожарных дорог и противопожарного водоснабжения может быть непосредственно использована для оперативных действий Городской комендатуры ГПС в Варшаве.

Ключевые слова: пожарная безопасность, оперативная подготовка, зашита территории, Варшава Старый город, ЮНЕСКО

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 06.02.2016; Рецензирована: 17.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 88–98, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.6;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Celem artykułu jest ocena bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej terenu Starego Miasta w Warszawie. Analizie poddano materiały zgromadzone podczas pracy przy programie HERITPROT, wyniki badań ankietowych, wizji lokalnej, dane statystyczne Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP), Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej m. st. Warszawy (KM PSP Warszawy) oraz dostępna literatura tematu. Program HERITPROT pt. „Przeciwdziałanie Ryzyku Pożarowemu i Doskonalenie Systemów Gaszenia Pożarów Starówek Miejskich uznanych za obiekty Światowego Dziedzictwa Kulturowego UNESCO" był współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu INTERREG IVC [1].

Program ten zainicjowano jako reakcję na pożar, który w 2006 roku zniszczył XVII-wieczny pałac Salazar w mieście La Laguna na Teneryfie. Miał on zapoczątkować dyskusję i pomóc w znalezieniu rozwiązań pozwalających ograniczyć ryzyko pożarowe na starówkach miejskich w Europie. Pałac Biskupi Salazar oraz akcję gaśniczą z 2006 roku pokazano na rycinach 1 i 2.

Rycina 1. Pałac Biskupi Salazar w La Laguna
Figure 1. Salazar Palace in La Laguna
Źródło: http://guias-viajar.com/espana/tenerife-fotos-la-laguna/.
Source: http://guias-viajar.com/espana/tenerife-fotos-la-laguna/.

Rycina 2. Akcja gaśnicza Pałacu Salazar
Figure 2. Firefighting at the Salazar Palace
Źródło: http://www.20minutos.es/noticia/ 84070/0/ESPANA/INCENDIO/TENERIFE/.
Source: http://www.20minutos.es/noticia/ 84070/0/ESPANA/INCENDIO/TENERIFE/.

ISSN 1895-8443

Artykuł prezentuje ogólną charakterystykę Starego Miasta w Warszawie z uwzględnieniem wpisania tego obszaru na listę światowego dziedzictwa UNESCO, ocenę bezpieczeństwa pożarowego Starego Miasta w Warszawie oraz ocenę przygotowania operacyjnego tego obszaru. W pracy zawarto również przykładowe rozwiązania (techniczne i legislacyjne), które mogą wpłynąć pozytywnie na poziom bezpieczeństwa pożarowego starówek miejskich.

Charakterystyka ogólna Starego Miasta w Warszawie

Stare Miasto w Warszawie jest najstarszym ośrodkiem miejskim Warszawy będącym zwartym zespołem architektury zabytkowej o średniowiecznym układzie zabudowy, głównie z XVII i XVIII wieku. Jest ono otoczone pierścieniem murów obronnych z XIV–XVI wieku, a jego rynek rozmieszczony jest na planie prostokąta. Stara Warszawa była miastem królewskim Korony Królestwa Polskiego. Plan Starego Miasta z lokalizacją jego najważniejszych obiektów przedstawiono na rycinie 3.

2 września 1980 roku Stare Miasto w Warszawie zostało umieszczone na liście światowego dziedzictwa UNESCO (na pozycji 30). Warszawska Starówka znalazła się na tej liście jako przykład niemal kompletnej rekonstrukcji. W tekście wyjaśniającym napisano [2]: „Ponad 85% zabytkowego centrum Warszawy zostało zniszczone przez nazistowskie oddziały okupacyjne. Po wojnie mieszkańcy Warszawy podjęli dzieło odbudowy, które doprowadziło do odtworzenia kościołów, pałaców i domów będących symbolem polskiej kultury i narodowej tożsamości. Jest to wyjątkowy przykład całkowitej rekonstrukcji zespołu historycznego".

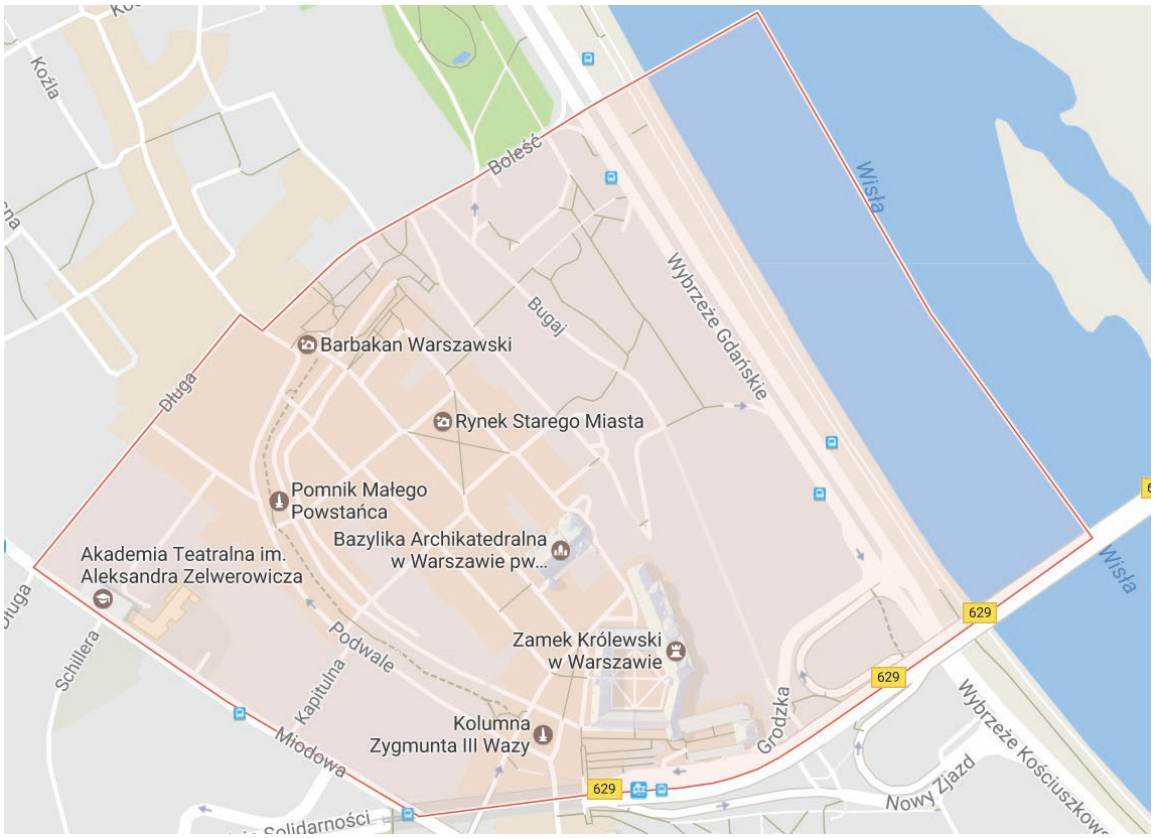
Ocena bezpieczeństwa pożarowego

Kontrole Państwowej Straży Pożarnej

Na podstawie informacji uzyskanych z Komendy Miejskiej PSP w Warszawie ustalono, że w latach 2003–2012 przeprowadzono 24 kontrole stanu bezpieczeństwa pożarowego budynków na terenie Starego Miasta. Otrzymane częściowe wyniki kontroli przedstawiono w tabeli 1.

Z przeprowadzonej analizy wynikają następujące syntetyczne wnioski:

— stwierdzono łącznie 5 niezgodności związanych z wymaganiami ewakuacyjnymi oraz składowaniem materiałów palnych,



Rycina 3. Plan Starego Miasta w Warszawie z oznaczonymi najważniejszymi zabytkami
Figure 3. Plan of the Old Town in Warsaw with the most important historic objects marked
Źródło: https://www.google.pl/maps.
Source: https://www.google.pl/maps.

– w 14 kontrolowanych budynkach nie występuje instalacja hydrantowa, nie zawarto informacji na temat instalacji hydrantowej w pozostałych obiektach,
– w 4 budynkach (co stanowi poniżej 17%) występują instalacje i urządzenia przeciwpożarowe (SSP, DSO), przy czym w 2 budynkach występuje jedna instalacja i w 2 obiektach stwierdzono po dwie instalacje.

Należy ocenić, iż stan bezpieczeństwa pożarowego, będący obrazem przeprowadzonych kontroli, nie odbiega znacząco od poziomu bezpieczeństwa pożarowego charakterystycznego dla całej Warszawy. Przypadki związane z występowaniem warunków stanowiących podstawę do uznania budynku za zagrażający życiu ludzi [4, §16, ust. 2] stwierdzono w dwóch przypadkach (zawężenie szerokości spoczników oraz przekroczenie dopuszczalnej długości dojścia ewakuacyjnego).

Większość kontroli miała na celu sprawdzenie przestrzegania przepisów przeciwpożarowych (budynki istniejące). Kontrole odbiorowe (dot. budynków nowych lub modernizowanych) miały nieznaczny udział w czynnościach kontrolnych. W przypadku kontroli przestrzegania przepisów przeciwpożarowych dopuszcza się występowanie pewnych niezgodności (oprócz przypadków zagrożenia życia) z przepisami obowiązującymi obecnie, co po części tłumaczy stosunkowo niewielką liczbę niezgodności. Taka sytuacja jest w obszarze Starego Miasta naturalna, ponieważ z uwagi na charakter obszaru, budowanie nowych obiektów oraz modernizowanie istniejących jest objęte wieloma restrykcjami.

Tabela 1. Wyniki kontroli stanu bezpieczeństwa pożarowego w budynkach na terenie Starego Miasta w latach 2003–2012
Table 1. The results of fire safety inspections in the Old Town buildings in 2003–2012

Lp. / No	Rodzaj budynku / Building type	Wysokość / Height	Nieprawidłowości / Incompatibilities	Hydranty / Hydrants	SSP / FD	SUG / EE	DSO / VS	Dojście / Routes
1.	budynek mieszkalny / residential building	X	X	X	X	X	X	X
2.	teatr / theatre	SW	X	–	–	–	–	przekroczona o 100 % – ZŻ / exceeded by 100 % – ZŻ
3.	urząd / government office	N	T	X	X	X	X	X
4.	hotel / hotel	SW	X	X	X	X	X	X
5.	archiwum / archive	N	T	–	+	–	+	X
6.	punkt przedszkolny / day care for preschool children	X	X	X	X	X	X	X
7.	hotel / hotel	X	X	X	X	X	X	X
8.	gastronomia / catering outlet	X	T	–	X	X	X	składowanie materiałów / stored materials
9.	budynek mieszkalny / residential building	X	spoczniki < 1,0 m – ZŻ / landings < 1.0 m – ZŻ	X	X	X	X	składowanie materiałów / stored materials
10.	biuro / office	X	X	–	–	–	–	X
11.	budynek mieszkalny / residential building	SW	X	–	+	–	–	X
12.	biuro / office	X	X	–	–	–	–	X
13.	gastronomia / catering outlet	SW	X	–	–	–	–	X
14.	gastronomia / catering outlet	X	X	X	X	X	X	X
15.	muzeum / museum	X	X	–	+	–	+	X
16.	muzeum / museum	X	X	–	+	–	–	X
17.	gastronomia / catering outlet	X	X	–	–	–	–	X
18.	galeria sztuki / art gallery	X	X	–	–	–	–	X
19.	budynek mieszkalny / residential building	SW	X	–	–	–	–	X
20.	hotel / hotel	SW	X	–	–	–	–	X
21.	hotel / hotel	X	X	X	X	X	X	X
22.	budynek sakralny / religious building	X	X	X	X	X	X	X
23.	gastronomia / catering outlet	X	X	X	X	X	X	X
24.	handel / retail outlet	X	X	–	–	–	–	X

Oznaczenia w tabeli: N – niski, SW – średniowysoki, „-" – nie występuje, „+" – występuje, X – brak danych.
Key: L – low-rise, M – mid-rise, „-" – not found, „+" – found, X – no data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów KM PSP w Warszawie.
Source: Own elaboration on the basis of information of the Municipal Fire Brigade in Warsaw.

ISSN 1895-8443

Badania ankietowe

Do zarządców budynków zostało skierowane zapytanie w formie krótkiej ankiety dotyczące zagadnień z zakresu ochrony przeciwpożarowej [3]. Ankieta dotyczyła kwestii związanych z użytkowaniem:

- urządzeń i instalacji elektrycznych (bez grzewczych) (857),
- grzewczych urządzeń elektrycznych (57),
- urządzeń i instalacji grzewczych na paliwo stałe (846),
- urządzeń i instalacji grzewczych na paliwo ciekłe (28),
- urządzeń i instalacji grzewczych na paliwo gazowe (58).

W nawiasach powyżej podano liczbę pożarów spowodowanych przez przyczyny związane z użytkowaniem wymienionych urządzeń i instalacji na terenie województwa mazowieckiego w 2013 roku. Na podstawie tych danych sformułowano określonego rodzaju pytania ankietowe.

Ankiety dotyczące oceny stanu bezpieczeństwa pożarowego na Starym Mieście zostały wysłane do 13 zarządców nieruchomości mieszkalnych działających na terenie historycznego centrum Warszawy. Wyniki badań ankietowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Odpowiedzi uzyskane w badaniach ankietowych (budynki mieszkalne)
Table 2. Responses to the survey (residential buildings)

Lp. / No.	Pytanie / Question \ Budynek nr / Building No.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	Kontrole techniczne instalacji / Technical installation inspections	X	T	X	T	T	T	T	T	X	T	X	X	T
2.	Książka budowlana / Building log-book	X	T	X	T	T	T	T	T	X	T	X	X	T
3.	Szkolenia przeciwpożarowe pracowników / Fire safety training for employees	X	N	X	N	N	N	N	N	X	N	X	X	N
4.	Czy są piwnice? / Are there basements?	X	T	X	T	T	T	T	T	X	T	X	X	T
5.	Czy są użytkowane? / Are they used?	X	T	X	T	N	T	T	N	X	T	X	X	T
6.	Jaki jest ich stan techniczny? / What is their technical condition?	X	Ś	X	Ś	Ni	S	Ś	Ni	X	Ś	X	X	Ś
7.	System wykrywania pożaru / Fire detection system	X	N	X	N	N	N	N	N	X	N	X	X	N
8.	Instalacja gaśnicza / Fire-extinguishing system	X	T	X	T	N	N	T	T	X	N	X	X	N
9.	Czy dla budynku jest wykonana IBP? / Is there a fire plan for the building?	X	T	X	N	N	T	N	N	X	N	X	X	N
10.	Kiedy była aktualizowana? / When was it last revised?	X	W	X	–	–	W	–	–	X	–	X	X	–

Oznaczenia w tabeli: T – tak, N – nie, B – bardzo dobry, Ś – średni, Ni – niezadowalający, 1 – w ciągu 1 roku, 2 – w ciągu 2 lat, W – wcześniej , X – brak danych.
Key: Y – yes, N – no, E – excellent, R – reasonable, U – unsatisfactory, 1 – one year ago, 2 – 2 years ago, E – earlier, X – no data.

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ostatecznie otrzymano odpowiedzi od 8 z 13 zarządców, do których skierowano zapytania, co stanowi 61,5%. Wynik ten można uznać za zadowalający w kontekście reprezentatywności wyników badania. Z uwagi na wielkość próby badawczej publikowane dane mają charakter informacyjny.

Przeprowadzone badania ankietowe wśród zarządców nieruchomości potwierdzają, iż w budynkach na terenie Starego Miasta instalacje są regularnie kontrolowane i sprawdzane. Odpowiedzi takich udzieliło 100% ankietowanych, którzy odesłali wypełnione ankiety. Z uzyskanych informacji wynika, iż w budynkach na terenie historycznego centrum Warszawy są prowadzone książki budowlane. Takie informacje uzyskano od 100% ankietowanych, którzy odesłali wypełnione ankiety. W wynikach ankiety należy zwrócić uwagę na brak szkoleń przeciwpożarowych oraz posiadanie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego jedynie w dwóch budynkach. Na podstawie przeprowadzonego badania nie ma jednak możliwości precyzyjnego zdiagnozowania tego stanu rzeczy. Kolejne pytanie dotyczyło stanu technicznego piwnic (te części budynków były przedmiotem zainteresowania w programie HERITPROT). W wyniku analizy przesłanych odpowiedzi stwierdzono, iż w 75% przypadków stan piwnic oceniany jest jako średni (drugi z trzech stopni oceny stanu technicznego), natomiast w 25% przypadków – jako niezadowalający (najniższy z trzech stopni oceny stanu technicznego). Mimo że informacje uzyskane z badania ankietowego dotyczą subiektywnych opinii anonimowych osób, w ocenie autora można na ich podstawie założyć zasadność prowadzenia prac i projektów zmierzających do poprawy stanu technicznego i bezpieczeństwa pożarowego w obrębie piwnic i podziemi na terenie Starego Miasta.

Osobno badanie przeprowadzono wśród zarządców obiektów sakralnych na terenie Starego Miasta. Zapytania wysłano do wszystkich 5 administrowanych na tym terenie obiektów sakralnych. Ostatecznie otrzymano informacje zwrotne dla 4 budynków. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3. Analizując otrzymane wyniki, należy zwrócić uwagę, iż w zakresie podstawowych obowiązków technicznych oraz dokumentacji technicznych (kontrole instalacji i książki budowlane) sytuacja jest bardzo dobra. Prowadzenie książek i kontrolę instalacji potwierdzono w 100% uzyskanych odpowiedzi. Nie są natomiast prowadzone szkolenia przeciwpożarowe wśród pracowników i obsługi w żadnym z analizowanych budynków. Instrukcje bezpieczeństwa pożarowego wykonano w 2 na 4 budynki, ale jest ona aktualna w jednym budynku. Dodatkowo otrzymano informację o zastosowaniu systemów sygnalizacji pożarowej (SSP) w dwóch przebadanych obiektach. Zastosowanie SSP w jednym z budynków wynika z obecności tego obiektu na liście GKZ. Jest to jedyny obiekt spośród przebadanych, gdzie taki obowiązek występuje. Instalacja hydrantowa znajduje się we wszystkich przebadanych budynkach, których administratorzy udzielili odpowiedzi na pytania ankietowe.

Tabela 3. Odpowiedzi uzyskane w badaniach ankietowych (budynki sakralne)
Table 3. Responses to the survey (religious buildings)

Lp. / No.	Pytanie / Question \ Budynek nr / Building No.	1.	2.	3.	4.	5.
1.	Kontrole techniczne instalacji / Technical installation inspections	T	T	T	X	T
2.	Książka budowlana / Building log-book	T	T	T	X	T
3.	Szkolenia przeciwpożarowe pracowników / Fire safety training for employees	N	N	N	X	N
4.	Czy są podziemia? / Are there any basements?	T	T	T	X	T
5.	Czy są użytkowane? / Are they used?	T	T	T	X	T
6.	Jaki jest ich stan techniczny? / What is their technical condition?	B	B	S	X	B
7.	Instalacje przeciwpożarowe / Firefighting systems	T	T	T	X	T
8.	Jakie? / What kind of systems?	H	S, H	H	X	S, G, H
9.	Czy dla budynku jest wykonana IBP? / Is there a fire plan for the building?	T	T	N	X	N
10.	Kiedy była aktualizowana? / When was it last revised?	W	1	–	X	–

Oznaczenia w tabeli: T – tak, N – nie, B – bardzo dobry, Ś – średni, Ni – niezadowalający, S – system SSP, G – system wykrywczy gazu, H – hydranty 1 – w ciągu 1 roku, 2 – w ciągu 2 lat, W – wcześniej, X – brak danych.

Key: Y – yes, N – no, E – excellent, R – reasonable, U – unsatisfactory, F – FAS system, G – gas detection system, H – hydrants 1 – one year ago, 2 – 2 years ago, E – earlier, X – no data.

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Analiza otrzymanych wyników dotyczących budynków administrowanych przez organizacje kościelne w szerszym kontekście pozwala stwierdzić, iż zabezpieczenie przeciwpożarowe w tego typu obiektach jest realizowane na poziomie wyższym niż w budynkach zarządzanych przez administratorów wspólnot mieszkaniowych. Jest prawdopodobne, iż wynika to z instytucjonalnego charakteru tego typu obiektów. Brak obecności systemu sygnalizacji pożarowej (SSP) nie musi oznaczać nieakceptowalnego poziomu zabezpieczenia budynku. System ten występuje w obiekcie, dla którego jest on wymagany listą GKZ. W pozostałych obiektach nie jest wymagany przepisami prawa bezpośrednio (rozporządzenie) lub pośrednio (lista GKZ). W każdym przypadku zastosowanie SSP poprawia bezpieczeństwo pożarowe, ale ocena zasadności jego zastosowania (pod kątem technicznym i ekonomicznym) nie jest możliwa bez przeprowadzenia analizy technicznej stanu bezpieczeństwa pożarowego.

Należy docenić fakt dbałości o piwnice i podziemia. W większości przypadków ich stan jest uznawany za „bardzo dobry" i tylko w jednym przypadku za „średni". Oznacza to prawdopodobnie, iż te części budynków zostały zaadaptowane do funkcji związanych z przeznaczeniem obiektów, w których występują i ewentualne zagrożenia są w tych przestrzeniach kontrolowane.

Negatywnie należy natomiast ocenić brak szkoleń przeciwpożarowych. Nie są one realizowane w żadnym z badanych budynków. W tego typu sytuacjach praktyczne stosowanie zasad bezpieczeństwa zawartych w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego jest bardzo nieefektywne. W związku z powyższym wskazane jest przeprowadzenie działań informacyjnych dotyczących podniesienia świadomości w zakresie zagrożeń pożarowych.

Ocena przygotowania operacyjnego

Dostęp do budynków przy wykorzystaniu dróg pożarowych

Z uwagi na układ urbanistyczny wszystkie drogi na Starym Mieście są drogami pożarowymi. Na tym terenie obowiązuje zakaz ruchu oraz ograniczony postój[1] i występuje odpowiednie oznakowanie. Straż miejska jest zobowiązana do kontroli przestrzegania tych ograniczeń.

Na postawie przeprowadzonej wizji lokalnej oraz pomiarów parametrów technicznych[2] została opracowana mapa dróg pożarowych na terenie historycznego centrum Warszawy [3]. Opracowaną mapę pokazano na rycinie 4. Kolor zielony oznacza drogi pożarowe zgodne z obecnie obowiązującymi wymaganiami [5, §12–16], gdzie nie występują utrudnienia związane z dostępem do obiektów budowlanych. Kolor pomarańczowy na mapie oznacza występujące trudności z przejazdem (drogi węższe niż wymagane przepisami 4 m lub o promieniu skrętu poniżej 11 m). Przejazd nimi jest możliwy, natomiast może trwać dłużej niż w przypadku dróg zgodnych z wymaganiami. Należy uznać, iż prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych jest możliwe we wszystkich obiektach Starego Miasta, natomiast dla budynków zlokalizowanych w obrębie ulic oznaczonych kolorem czerwonym będzie ono utrudnione, z uwagi na oddalenie stanowisk ratowniczych i gaśniczych od samochodów PSP. Najtrudniejsza sytuacja w zakresie dróg pożarowych występuje w północnej części obszaru, gdzie drogi wjazdowe na teren Starówki są zlokalizowane głównie od strony południowo-wschodniej (ul. Piekarska, Plac Zamkowy i ul. Celna). Natomiast potencjalne dojazdy od strony zachodniej i północnej

[1] Zarządzenie Nr 4143/2010 Prezydenta Miasta Stołecznego Warszawy.

[2] W wizji lokalnej uczestniczyli studenci SGSP w ramach zajęć z przedmiotu bezpieczeństwo pożarowe budynków.

ISSN 1895-8443

Rycina 4. Plan Starego Miasta w Warszawie z oznaczoną przejezdnością dróg pożarowych
Figure 4. Plan of the Old Town in Warsaw with fire access road passability marked
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

(ul. Wąski Dunaj i Nowomiejska) są nieprzejezdne. Dodatkowo w tych miejscach odległość budynków od przejezdnej ulicy Podwale jest zbyt duża, więc konieczny jest dojazd od południa lub wschodu i dojazd przez ulice otaczające Rynek Starego Miasta.

Z uwagi na uwarunkowania historyczne i techniczne nie ma możliwości przebudowy układu komunikacyjnego historycznego centrum Warszawy i należy wykorzystać inne metody w celu zwiększenia efektywności prowadzenia potencjalnych działań ratowniczo-gaśniczych:

1. Szczegółowe zapoznanie strażaków z JRG 4, której rejon działania obejmuje m.in. obszar Starego Miasta, z możliwościami prowadzenia działań na całym terenie Starówki (np. poprzez symulację zagrożenia w ramach ćwiczeń ratowniczo-gaśniczych w rejonie operacyjnym).
2. Wyposażenie JRG 4 w lekki samochód gaśniczy, który zapewni wystarczającą zwrotność na wąskich uliczkach Starego Miasta, wyposażony w długą linię tzw. „szybkiego natarcia" oraz w zwiększoną liczbę węży pożarniczych. Warto rozważyć również wyposażenie takiego samochodu w pompę wysokociśnieniową, która zwiększa efektywność procesu gaszenia przy zmniejszonym zużyciu wody.
3. Prowadzenie szkoleń specjalistycznych dla strażaków JRG 4 uwzględniających specyfikę działań gaśniczych oraz akcji ewakuacyjnych na terenie Starówki: dużą odległość obiektów od samochodów, brak możliwości wykorzystania drabin i podnośników, wąskie i drewniane klatki schodowe oraz brak wolnej przestrzeni na organizowanie stanowisk ratowniczo-gaśniczych i punktów zbiórki do ewakuacji.

Przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę

Zgodnie z informacją otrzymaną od Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji wszystkie oznaczone na mapie hydranty znajdujące się na terenie Starego Miasta (57 szt.) są sprawne i spełniają wymagania obowiązujących przepisów. Ich lokalizację przedstawiono na rycinie 5. Mapa z aktualnym rozmieszczeniem hydrantów zawiera lokalizację hydrantów sprawnych, konserwowanych i zapewniających wymagane parametry hydrauliczne.

Ich rozmieszczenie jest zgodne z wymaganiami w zakresie odległości od budynków. Ich gęstość rozmieszczenia jest nawet większa niż wynika to z przepisów przeciwpożarowych. Występują jednak drobne niezgodności w zakresie minimalnych odległości od chronionych obiektów, które są wynikiem bardzo gęstej zabudowy i małej szerokości dróg pożarowych. Niezgodności są rekompensowane dostępnością 2–3 kolejnych hydrantów w zasięgu działania.

Nierozwiązana pozostaje kwestia hydrantów nieczynnych. Z doświadczenia własnego autora wynika, iż ten problem nie dotyczy w takiej skali pozostałych dzielnic Warszawy. Mapka zawiera wyłącznie hydranty sprawne, natomiast nie umożliwia identyfikacji hydrantu sprawnego, który znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie hydrantu wycofanego z użytkowania. Jedynym możliwym rozwiązaniem tego problemu jest usunięcie niesprawnych hydrantów (usunięcie lub wymiana klap dostępowych) z ulic Starego Miasta.

Rycina 5. Plan Starego Miasta w Warszawie z oznaczoną lokalizacją hydrantów
Figure 5. Plan of the Old Town in Warsaw with fire access roads marked
Źródło: Informacja otrzymana od MPWiK w dniu 27.06.2014.
Source: Information obtained from MPWiK on the 27th of June 2014.

Działania te powinny stanowić priorytet dla MPWiK. Są one możliwe do realizacji w ramach prac bieżących, ponieważ zarówno z wizji lokalnej, jak i przestawionej mapy (hydranty projektowane) wynika, iż prace w tym zakresie prowadzone są sukcesywnie. Skutecznym działaniem doraźnym byłoby wyraźne oznakowanie nieczynnych hydrantów (np. kolorem żółtym) oraz przekazanie informacji o takim działaniu do jednostek PSP.

Propozycja poprawy bezpieczeństwa pożarowego miejskich starówek

Wyposażenie budynków w mgłowe agregaty gaśnicze

Trudność w osiągnięciu poprawy skuteczności gaszenia pożarów w budynkach Starego Miasta w Warszawie polega na konieczności osiągnięcia kompromisu pomiędzy dwoma pozornie wykluczającymi się celami:

- zapewnienia skutecznego sposobu gaszenia cennych zabytków stanowiących wyposażenie budynków bez narażenia ich na szkodliwy wpływ środka gaśniczego,
- zapewnienie bezpiecznego środowiska gazowego w trakcie ewakuacji ludzi z budynku przy wykorzystaniu pionowych dróg ewakuacyjnych.

Optymalne środowisko dla rozwoju pożaru (dostęp tlenu, brak obecności związków chemicznych) jest jednocześnie najbardziej bezpieczne w trakcie ewakuacji. Każda ingerencja ograniczająca rozwój pożaru (obniżanie stężenia tlenu, stosowanie związków chemicznych lub gazów gaśniczych) może jednocześnie stanowić zagrożenie dla ludzi w trakcie ewakuacji w tym środowisku. Najbardziej popularnym medium gaśniczym, które przy minimalnej ingerencji w elementy wyposażenia nie ogranicza bezpiecznej ewakuacji, jest woda w postaci mgły gaśniczej.

 ISSN 1895-8443

Propozycja poprawy bezpieczeństwa dotyczy wyposażenia budynków (ze szczególnie cenną tkanką zabytkową) oraz ewentualnie samochodów gaśniczych w mgłowe agregaty gaśnicze, które umożliwiają skuteczną akcję gaśniczą przy minimalnym zużyciu wody. Działanie takie znacznie ogranicza ryzyko uszkodzenia zabytków dzięki:

- szybszemu ugaszeniu źródła ognia,
- minimalizacji strat związanych z bezpośrednim oddziaływaniem wody.

Podstawą mechanizmu gaśniczego mgły wodnej jest najdrobniejsze rozproszenie wody w celu uzyskania możliwie największej powierzchni zewnętrznej, która:

- przejmuje bardzo szybko energię powstająca w wyniku spalania, dzięki czemu nie powoduje ona podtrzymywania procesu palenia,
- przez bardzo szybkie przechodzenie z fazy ciekłej w stan pary i związany z tym znaczny wzrost objętości (1 l wody = = 1720 l pary) znacznie zmniejsza zawartość tlenu wewnątrz ogniska pożaru, co wpływa istotnie na hamowanie procesu spalania.

Ustalenie szczegółów dotyczących parametrów oraz lokalizacji mgłowych agregatów gaśniczych w budynkach na analizowanym terenie powinno zostać poparte analizą dotychczasowych działań gaśniczych.

Korekta wymagań prawnych w zakresie Instrukcji Bezpieczeństwa Pożarowego

Jednym ze sposobów poprawy bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego jest szczegółowa analiza warunków ochrony przeciwpożarowej oraz organizacji ochrony przeciwpożarowej na etapie funkcjonowania budynku przed wystąpieniem zdarzenia niekorzystnego. W tym celu dla wybranej grupy obiektów przygotowuje się dokumentację w formie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego, zawierającą część opisową oraz plany graficzne z uwzględnieniem istotnych elementów ochrony przeciwpożarowej. W celu uwzględnienia specyfiki i szczególnego charakteru budynków zabytkowych możliwe jest wprowadzenie pewnej korekty obowiązujących przepisów, która rozszerzy obowiązek opracowywania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego na budynki zabytkowe oraz nieznacznie zmieni tematyczny zakres instrukcji. Aby to zrealizować, w rozporządzeniu [4] po § 6 ust. 1 powinien pojawić się ust. 2 w brzmieniu:
„2. Właściciele, zarządcy lub użytkownicy obiektów bądź ich części stanowiących odrębne strefy pożarowe, wzniesionych przed 1939 rokiem lub wskazanych przez właściwego miejscowo wojewódzkiego konserwatora zabytków, zapewniają i wdrażają instrukcję bezpieczeństwa pożarowego, zawierającą wszystkie punkty wymienione w §6 ust. 1 oraz dodatkowo:

1) podstawę wykonania Instrukcji (data wzniesienia, nakaz WKZ),
2) szczegółowe zestawienie elementów budynku i wyposażenia uznane za cenne w związku z istotnym wpływem na dziedzictwo narodowe i historyczne,
3) sposoby postępowania na wypadek pożaru i innego zagrożenia, ze szczególnym uwzględnieniem zasad ochrony i zabezpieczenia zabytkowych elementów i wyposażenia,
4) warunki i organizację ewakuacji zabytkowego wyposażenia i eksponatów oraz praktyczne sposoby ich sprawdzania,
5) wskazanie osób odpowiedzialnych za zabytkowe wyposażenie i eksponaty,
6) plany obiektów obejmujące usytuowanie tych obiektów oraz terenu przyległego, z uwzględnieniem graficznych danych dotyczących w szczególności:
   - lokalizacji i charakterystyki elementów konstrukcji, wyposażenia i eksponatów o charakterze zabytkowym,
   - warunków ewakuacji wyposażenia i eksponatów o charakterze zabytkowym, ze wskazaniem kierunków i wyjść ewakuacyjnych,
   - wskazanie zasad ochrony zabytkowego wyposażenia i eksponatów przed działaniami przestępczymi mogącymi wystąpić w trakcie nadzwyczajnego zdarzenia oraz (we wskazanych przypadkach) zawierać konieczność ich uzgodnienia z właściwą miejscowo KW Policji".

Kolejne ustępy w §6 pozostają bez zmian, z tym że każdy z nich ma numer większy o 1 w stosunku do obecnej numeracji.

Rozwiązania realizowane w innych państwach

Przykładem systemowego rozwiązania poprawy bezpieczeństwa pożarowego skupisk zabytkowych jest program realizowany w Norwegii w latach 1993–1997, dotyczący poprawy bezpieczeństwa pożarowego wyselekcjonowanych kościołów [6]. Ponad 400 kościołów wybudowanych przed 1800 rokiem otrzymało możliwość uzyskania rządowego grantu na wprowadzenie rozwiązań z zakresu ochrony przeciwpożarowej:

- instalacji piorunochronnej,
- systemu antywłamaniowego (eliminującego podpalenia jako przyczynę pożaru),
- systemu sygnalizacji pożarowej SSP,
- hydrantów zewnętrznych wyposażonych w węże mrozoodporne.

Najbardziej cenne zabytkowo kościoły otrzymały dodatkowo możliwość wyposażenia w urządzenia gaśnicze (zraszaczowe i mgłowe).

W porównaniu do warunków polskich, rozwiązania stosowane w Norwegii są zbliżone, wyłączając hydranty z wężami mrozoodpornymi (względy klimatyczne). Na szczególną uwagę zasługuje fakt zaleceń stosowania rozwiązań gaśniczych (m.in. opisanych w punkcie 5.2) z uwagi na możliwość szybkiego rozwoju pożaru w drewnianych atriach i wieżach, które są charakterystyczne dla zabytkowych budowli sakralnych.

Wnioski

Wrażliwa tkanka zabytkowa związana z obiektami budowlanymi oraz dziełami sztuki w większości europejskich miast zlokalizowana jest w miejskich starówkach. Jednocześnie sam układ zagospodarowania terenu tych obszarów jest objęty ścisłą ochroną konserwatorską. Powoduje to szereg problemów związanych z zabezpieczeniem przeciwpożarowym występujących tam obiektów i zabytków oraz przygotowaniem operacyjnym terenu do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej.

Celem artykułu była ocena bezpieczeństwa pożarowego oraz przygotowania operacyjnego Starego Miasta w Warszawie. Cel ten osiągnięto przy wykorzystaniu materiałów zgromadzonych podczas pracy przy programie HERITPROT, badań ankie-

towych, wizji lokalnej, analizy statystycznej danych KG PSP, KM PSP Warszawy oraz analizy literaturowej. Trudności związane z problematyką przedstawioną w artykule można pokonywać z wykorzystaniem rozwiązań technicznych lub uwarunkowań prawnych. Przykłady pozytywnych działań w obydwu wymienionych obszarach zawarto w ostatniej części artykułu, po dogłębnej analizie tematyki. Wykazano, iż istnieją narzędzia pozwalające poprawiać stan bezpieczeństwa pożarowego w starówkach miejskich oraz przydatne do polepszenia przygotowania tych obszarów do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. W celu wdrożenia konkretnych rozwiązań, należy ogólne wnioski i wytyczne zawarte w niniejszym artykule poprzeć analizą akcji gaśniczych prowadzonych na terenie Starego Miasta oraz dostosować je do występujących w konkretnym budynku warunków brzegowych. Dodatkowo kompleksowa ocena stanu dróg pożarowych i przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę może być bezpośrednio wykorzystana do działań operacyjnych Komendy Miejskiej PSP w Warszawie.

Literatura

[1] A Good Practice Manual For Fire Protection In World Heritage Cities, HERITPROT Project, Tenerife 2014.

[2] *Warszawa na Liście Światowego Dziedzictwa UNESCO*, Strona internetowa Biura Stołecznego Konserwatora Zabytków, http://zabytki.um.warszawa.pl/content/warszawa-na-liscie-swiatowego-dziedzictwa-unesco [dostęp: 24.05.2017].

[3] Plan Działania i Plan Wdrażania dobrych praktyk dla Historycznego Centrum Warszawy HERITPROT, Warszawa 2015.

[4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).

[5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2012 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 poz. 690).

[6] Karlsen E., *Fire protection of Norwegian cultural heritage*, [electr. doc.] http://www.arcchip.cz/w04/w04_karlsen.pdf [accessed: 24.05.2017].

MŁ. BRYG. DR INŻ. MARIUSZ PECIO – absolwent studiów II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP. W 2008 roku obronił doktorat w Akademii Finansów w Warszawie (praca na temat ryzyka pożarowego w ubezpieczeniach ogniowych). Od 2001 roku zatrudniony na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP, obecnie na stanowisku adiunkta. Autor publikacji, referatów na konferencjach naukowych, uczestnik projektów badawczych krajowych i międzynarodowych. Rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, autor ekspertyz, dokumentacji projektowych i technicznych z zakresu ochrony przeciwpożarowej w budownictwie.

ISSN 1895-8443

CNBOP-PIB

YOUR PARTNER IN
SAFETY

Notified body in the scope of Regulation (EU) No 305/2011

Research laboratories accredited by Polish Centre for Accreditation

Body entitled to issue European and national technical assessments

45 years of experience

We act to the benefit of public safety in Poland, especially in the scope of fire protection, emergency management, civil protection and civil defense

Our services

- Admittance of fire protection products
- European and national certification of construction products
- Voluntary certification of fire protection products
- Certification of entities offering fire protection services
- European and national technical opinions
- Technical opinions and expertise
- Testing of innovative products
- Test of:
  - equipment of fire protection units
  - fixed firefighting systems
  - chemicals and fires
  - combustion and explosion processes
  - firefighting systems and automatics
- Fire protection training

CNBOP-PIB SCIENTIFIC AND RESEARCH CENTRE FOR FIRE PROTECTION
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE
Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, Poland | tel. +48 22 789 11 11 | cnbop@cnbop.pl | www.cnbop.pl

mjr mgr inż. Paweł Lech[a)*]

[a)]*Akademia Sztuki Wojennej / War Studies University in Warsaw*
[*]*Autor korespondencyjny / Corresponding author: lech.pawel@yahoo.com*

Terroryzm niekonwencjonalny jako potencjalne zagrożenie dla Polski

Unconventional Terrorism as a Potential Threat to Poland

Технологический терроризм как потенциальная угроза для Польши

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie terroryzmu niekonwencjonalnego jako potencjalnego zagrożenia dla Polski. W artykule przeanalizowano możliwości pozyskania broni masowego rażenia oraz przeprowadzenie ataku z jej użyciem na terenie kraju. Analizie poddano również system przeciwdziałania zagrożeniom terrorystycznym w kraju.

Wprowadzenie: Zaangażowanie Polski w walkę z międzynarodowym terroryzmem niesie za sobą zagrożenie związane z przeprowadzeniem odwetowego ataku terrorystycznego. Polska jest adresatem wielu gróźb ze strony terrorystów i wielokrotnie była wymieniona jako miejsce potencjalnego ataku w odwecie za wspieranie interwencji w Iraku i w Afganistanie oraz koalicji walczącej z dżihadystycznym ugrupowaniem – Islamskim Państwem Iraku i Lewantu (ISIS lub ISIL) [6]. Wydarzenia z ostatnich lat udowodniły, że terroryści są nieprzewidywalni, bezwzględni i chcą za wszelką cenę osiągnąć swoje cele. Aby wyrządzić jak największe zniszczenia i wywołać niespotykaną do tej pory panikę i strach, są w stanie użyć każdej dostępnej broni, w tym broni masowego rażenia (BMR). W marcu 2016 roku podczas Szczytu Bezpieczeństwa Nuklearnego w Waszyngtonie eksperci ds. bezpieczeństwa nuklearnego ostrzegali, że każdy kraj jest zagrożony terroryzmem nuklearnym, i że nie ma barier, których terroryści nie są w stanie pokonać, aby zdobyć materiał nuklearny lub radioaktywny. W związku z powyższym warto analizować zagrożenia, jakie mogą być związane z przeprowadzeniem zamachu terrorystycznego z wykorzystaniem BMR, a także jaki jest stan systemu przeciwdziałania terroryzmowi i jego zwalczania w Polsce.

Metodologia: W artykule zastosowano teoretyczne metody badawcze, takie jak analiza i synteza, porównanie, analogia i uogólnienie oraz indukcja i dedukcja. Analizie, porównaniu i dedukcji poddana została literatura polska i międzynarodowa z zakresu terroryzmu, broni masowego rażenia oraz akty normatywne dotyczące przeciwdziałaniu zagrożeniom terrorystycznym w Polsce. Dopełnieniem były synteza, uogólnienie oraz wnioskowanie indukcyjne, które pozwoliło na przedstawienie ogólnych tez oraz szczegółowych twierdzeń omawianych w niniejszym artykule.

Wnioski: W pracy udowodniono, że pomimo istnienia zagrożeń związanych z przeprowadzeniem zamachów terrorystycznych, Polska posiada odpowiednie służby i instytucje do przeciwdziałania temu zjawisku. Wskazane byłoby jednak, aby zadania i kompetencje w tym zakresie zostały określone bardziej precyzyjnie.

Słowa kluczowe: terroryzm niekonwencjonalny, broń masowego rażenia

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 12.07.2016; Zrecenzowany: 23.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 100–113, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.7;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to present unconventional terrorism as a potential threat to Poland. The article analyses the possibilities of acquiring Weapons of Mass Destruction and conducting an attack in our country. It also analyses the country's terrorism countering system.

Introduction: Poland's involvement in the fight against international terrorism creates a threat of a counter attack by terrorist groups. Poland has received numerous threats of a potential direct attack on its territory by various terrorist groups in retaliation for our involvement in the Iraq and Afghanistan missions, as well as our support for the coalition countering the activities of the Islamic State of Iraq and the Levant (ISIS or ISIL), a jihadist group [6]. The incidents that have taken place over the last few years have demonstrated that terrorists are unpredictable and ruthless. Moreover, they will try to reach their goals by any means possible, using any weapon they can get, including Weapons of Mass Destruction. Their aim is to inflict as much damage as they can, and thus induce unprecedented panic and fear. In March, during the 2016 Nuclear Security Summit, experts warned that each country is the potential target of nuclear terrorist attack, and that there are no obstacles terrorists cannot overcome to acquire nuclear weapons or radioactive materials. That is why it is worthwhile analysing all potential threats connected with being attacked with Weapons of Mass Destruction as well as the current state of counter terrorism activity in Poland.

Methodology: The article utilises theoretical research methods such as analysis and synthesis, comparison, analogy and generalisation as well as induction and deduction. The analysis, comparison and deduction covered the Polish and foreign literature in the field of terrorism and weapons of mass destruction,

and normative acts pertinent to the countering of terrorist threats in Poland. This was supplemented by a synthesis, generalisation and inductive inference, which allowed the presentation of general theses and specific propositions discussed in the article.

Conclusions: It has been proven in the article that despite existing potential risks of terrorist attacks, Poland has all the necessary services and institutions to counteract the phenomenon. However, the need arises to define more precisely counter-terrorism tasks and competences.

Keywords: unconventional terrorism, weapon of mass destruction

Type of article: review article

Received: 12.07.2016; Reviewed: 23.05.2017; Published: 30.06.2017;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 100–113, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.7;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Цель данной статьи – представить технологический терроризм в качестве потенциальной угрозы для Польши. В статье анализируются возможности получения террористами оружия массового поражения и проведение теракта с его использованием на территории Польши. Была проанализирована также система противодействия террористическим угрозам в стране.

Введение: Участие Польши в борьбе с международным терроризмом влечет за собой угрозу связанную с проведением ответного теракта. В адрес Польши поступают многочисленные угрозы со стороны террористов и она неоднократно упоминается ими в качестве потенциального места нападения – реванша за поддержку военной операции в Ираке и Афганистане, а также коалиции, борюшейся с группировкой джихадистов – Исламским государством Ирака и Леванта (ISIS или ISIL) [6]. События последних лет показали, что террористы непредсказуемы, безжалостны и хотят любой ценой достичь своих целей. Для того, чтобы причинить наибольший вред и вызвать беспрецедентную панику и страх, они могут использовать любое имеюшееся оружие, включая оружие массового поражения (ОМП). В марте 2016 года во время Саммита по ядерной безопасности в Вашингтоне эксперты в области ядерной безопасности предупреждали, что каждая страна находится под угрозой ядерного терроризма и нет никаких барьеров, которые террористы не в состоянии преодолеть, чтобы получить ядерный или радиоактивный материал. Поэтому следует проанализировать угрозы, которые могут быть связаны с проведением террористического акта с использованием оружия массового поражения, а также состояние системы предупреждения терроризма и борьбы с ним в Польше.

Методология: В этой статье были использованы теоретические методы исследования, такие как анализ и синтез, сравнение, аналогия и обобшение, а также индукция и дедукция. Анализу, сравнению и дедукции подверглась международная и польская литература в области терроризма, оружия массового поражения, а также нормативные акты по противодействию террористическим угрозам в Польше. Дополнением являлся синтез, обобшение и индуктивные рассуждения, которые позволили также представить обшие и конкретные тезисы и утверждения, указанные в этой статье.

Выводы: Исследование показало, что хоть и сушествуют угрозы, связанные с проведением террористических атак, в Польше работают соответствуюшие службы и учреждения для противодействия этому явлению. Однако, следовало бы более точно определить задачи и компетенции в этой области.

Ключевые слова: технологический терроризм, оружие массового поражения

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 12.07.2016; Рецензирована: 23.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 100–113, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.7;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Termin terroryzm, szczególnie po zamachach z 11 września 2001 roku, wszedł na stałe do codziennego użycia na całym świecie. Mało kto zastanawia się nad jego znaczeniem. Spowodowało to, że właściwie każdy akt przemocy wymierzony w społeczeństwo określany jest tym mianem.

Akty terroru były stosowane od początku historii ludzkości. Już w antycznej Grecji w grze politycznej i wyścigu do władzy posługiwano się skrytobójstwem czy zamachem. W literaturze przedmiotu można odnaleźć, że początki terroryzmu wiążą się z powstaniem w Persji około 1090 roku tajnego zakonu Asasynów [1, s. 32].

Background

The term 'terrorism', especially following the September 11th, 2001 attacks, has been in use throughout the world. However, hardly anyone thinks about its significance. This has led to a situation when almost every act of violence against society is called 'terrorism'.

Acts of terror have happened from the beginning of human history. As early as in ancient Greece, assassinations and attacks were used in political games and in the struggle for power. The literature on the subject shows, however, that the outset of terrorism is associated with the establishing of the secret order of Assassins in Persia around 1090 [1, p. 32].

Współcześnie terroryzm nabrał nowego charakteru. Od połowy lat sześćdziesiątych zaczęła wzrastać liczba aktów terrorystycznych popełnianych przez pojedyncze osoby lub grupy (organizacje) oraz rządy (tzw. terroryzm państwowy). Terroryzm stał się ważną metodą walki politycznej wielu ugrupowań próbujących rozwiązywać różne problemy społeczno-polityczne, narodowościowe i religijne. Ataki terrorystyczne mają głównie na celu zastraszenie grupy społecznej, narodowościowej lub religijnej, większej niż ta bezpośrednio poddana atakowi [2, s. 7]. Konieczność dotarcia do opinii publicznej, a nie tylko do bezpośrednich ofiar zamachu, wymaga od terrorystów takiego zaplanowania ataku, by przyciągnąć uwagę telewizji, prasy i radia. Media stają się środkiem przekazu żądań terrorystycznych i prezentacji poglądów głoszonych przez ugrupowania terrorystyczne, a ponadto służą demonstracji (podobnie jak i ataki) siły tych ugrupowań [3, s. 16–18].

Wydarzenia z ostatnich lat udowodniły, że terroryści są nieprzewidywalni, bezwzględni i za wszelką cenę chcą osiągnąć swoje cele. Według danych Europolu tylko w 2015 roku w Europie przeprowadzonych było 211 zamachów terrorystycznych, w których zginęło 151 osób, a rannych zostało 360 [4, s. 14]. Terroryści są w stanie użyć każdej dostępnej broni, w tym BMR, celem wyrządzenia jak największych zniszczeń, a w konsekwencji wywołania niespotykanej do tej pory paniki i strachu. Zastosowanie broni masowego rażenia (BMR) w nowych aktach terroru mogłoby zagrozić bezpieczeństwu zaatakowanego państwa oraz całego regionu.

Od 11 września 2001 roku najbardziej znaną siatką terrorystyczną jest Al-Kaida, międzynarodowa organizacja finansująca i kierująca działalnością islamskich bojowników na całym świecie. Organizacja ta powstała podczas wojny afgańsko-rosyjskiej, a jej rdzeń stanowią weterani wojenni z całego świata islamskiego. Al-Kaidę założył około roku 1988 saudyjski milioner i islamski bojownik Osama bin Laden. Utworzył on w Afganistanie potężną międzynarodową sieć łączącą wszystkich muzułmańskich ekstremistów w różnych krajach. Organizacja posługuje się najnowszymi osiągnięciami techniki, komunikując się również za pomocą portali społecznościowych. Dzięki temu pozostaje w kontakcie z nieznaną liczbą swoich zwolenników we wszystkich krajach arabskich, a także w Europie, Azji i Ameryce [1, s. 4].

Od 2014 roku również bardzo aktywne stało się, wyjątkowo bezwzględne, dżihadystyczne ugrupowanie Islamskie Państwo Iraku i Lewantu (ISIS lub ISIL), które wypowiedziało lojalność Al-Kaidzie i ogłosiło przywrócenie na terytorium Syrii i Iraku kalifatu – ustroju państwowego, który powstał ponad 1,5 tys. lat temu, po śmierci proroka Mahometa. Szacuje się, że ugrupowanie zrzesza ponad 50 tys. bojowników. ISIS prowadzi aktywną kampanię rekrutacyjną wśród zwolenników dżihadu i kalifatu. W związku z tym w szeregach organizacji walczy wielu muzułmanów mieszkających na stałe w krajach Unii Europejskiej. Kolejni ochotnicy, którzy werbowani są na całym świecie, kierują się do Syrii i Iraku, aby wstąpić w szeregi ugrupowania [5]. Należy jednak podkreślić, że najpoważniejszym problemem mogą być osoby, które po odbyciu szkolenia wrócą do Europy i staną się bezpośrednim zagrożeniem dla jej obywateli. Sprzyjać takiemu zjawisku będzie ogromny wzrost masowej nielegalnej migracji. W 2015 roku do krajów Unii Europejskiej przybyło ponad milion uchodźców głównie z Afryki i Bliskiego Wschodu.

Currently, terrorism has gained a new character. Since the mid-1960s, the number of terrorist attacks by individuals, groups or organisations and governments (so-called state terrorism) has increased. Terrorism has become an important tool for numerous groups, in achieving success in the political struggle to remedy perceived socio-political, nationality and religious disparity. Terrorist attacks are mainly aimed at intimidating a specific social, nationality or religious group larger than the directly attacked group [2, p. 7]. The necessity to reach the public, and not only to the victims of an attack, requires the terrorists to plan it in such a way as to attract the attention of television, the press and the radio. The media are becoming the carrier of terrorist demands and of the views professed by terrorist groups, and is also used to demonstrate (similarly to the attacks) the strength of these groups [3, p. 16–18].

The events from the recent years have demonstrated that terrorists are unpredictable, ruthless and willing to achieve their goals at all costs. According to Europol's data, in 2015 alone, in Europe, there were 211 terrorist attacks resulting in 151 fatalities and 360 casualties [4, p. 14]. Terrorists are willing to use any available weapon, including weapons of mass destruction (WMD), in order to generate the highest possible amount of damage, and, as a consequence, to create an unprecedented level of panic and fear. The use of WMD in new acts of terror could threaten the safety of the attacked country and the entire region.

Since 11 September 2001, the best known terrorist organisation is Al-Qaeda, an international organisation funding and managing the world-wide activities of Islamic warriors. The organisation was established during the war between Afghanistan and the Soviet Union, and its core is composed of Islamic war veterans. Al-Qaeda was established around 1988 by Osama bin Laden, a Saudi Arabian millionaire and mujahedeen. He created in Afghanistan a powerful international network joining all pan-national Muslim extremists. The organisation employs the newest technological achievements, and uses up to date social media for communication, among other means. In this way it stays in contact with an unknown number of supporters in all Arabic countries, and also in Europe, Asia and America [1, p. 4].

Since 2014, the Islamic State of Iraq and the Levant (ISIS or ISIL), a particularly ruthless jihadist group has made its presence felt. ISIS has abandoned allegiance to al-Qaeda and announced the restoration of the caliphate in Syria and Iraq – i.e. the state governance system created over 1.5 thousand years ago, after the death of prophet Muhammad. It is estimated that the group has enlisted over 50 thousand recruits, and ISIS is leading a world-wide active recruitment campaign among the supporters of jihad and the caliphate. Among these are many Muslims living permanently in EU countries. Volunteers recruited around the world go to Syria and Iraq to join the group [5]. It should, however, be emphasised that the people who return to Europe after training and may become a threat to its citizens are the most important problem. This phenomenon will be facilitated by the tremendous increase in mass illegal migration. In 2015, over a million refugees from Africa and Middle East have fled to European Union countries.

 ISSN 1895-8443

Terroryzm zagrożeniem dla Polski

Kiedy po zamachach w Madrycie z 11 marca 2004 roku, śledztwo doprowadziło do Al-Kaidy, było jasne, że groźby kierowane przez Osamę bin Ladena nie są „pustymi słowami". Okazało się, że zamachy bombowe w Madrycie były odwetem za współpracę Hiszpanii ze Stanami Zjednoczonymi w Afganistanie. W Londynie 7 lipca 2005 r., w tym samym czasie, kiedy w Gleneagles w Szkocji odbywał się szczyt państw G8, doszło do zamachu terrorystycznego, do którego przyznała się nieznana do tej pory organizacja pod nazwą Tajna Grupa Dżihadu Al-Kaidy w Europie. W późniejszych latach miały miejsce kolejne zamachy terrorystyczne, do których przyznała się Al-Kaida, między innymi atak terrorystyczny w Paryżu przeprowadzony 7 stycznia 2015 roku w siedzibie magazynu satyrycznego „Charlie Hebdo", gdzie zginęło 12 osób. Zamachu dokonali bracia, obywatele francuscy z pochodzenia Algierczycy. Jeden z nich przeszedł kilkumiesięczne szkolenie w obozie Al-Kaidy w Jemenie.

Normalizacja stosunków polsko-izraelskich, poparcie pierwszej wojny w Zatoce Perskiej z 1991 r., udział Polski w koalicji antyterrorystycznej i militarne wsparcie procesu stabilizacji sytuacji w Iraku i w Afganistanie powodują, że nasz kraj jest adresatem wielu gróźb ze strony arabskich terrorystów [6]. Polska wielokrotnie była wymieniona, obok USA, Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, Australii, Japonii i Włoch, jako miejsce potencjalnego ataku terrorystów w odwecie za wspieranie interwencji w Iraku i Afganistanie.

Biorąc pod uwagę dynamikę rozwoju fundamentalizmu muzułmańskiego oraz kryzysy migracyjne w Europie, wzrasta prawdopodobieństwo przyjazdu osób związanych z tą ideologią do Polski. Mogą to być osoby, które kończyły polskie wyższe uczelnie oraz posiadają w Polsce krewnych bądź przyjaciół. W tej sytuacji nie można wykluczyć też prób przenikania aktywistów islamskich z organizacji ekstremistycznych do legalnie działających w Polsce związków społeczności arabskiej, jak również wykorzystywania działających w naszym kraju firm prowadzonych przez obywateli państw z regionu Bliskiego Wschodu [6].

Polska nie była dotychczas bezpośrednim celem ataku terrorystycznego, ale nie można wykluczyć, że jest dla organizacji terrorystycznych obiektem zainteresowania do przeprowadzenia zamachu. Aktywnie uczestnicząc w działaniach społeczności międzynarodowej, ukierunkowanych na przeciwdziałanie i zwalczanie terroryzmu, musimy liczyć się z tym, że możemy stać się celem zamachu [7, s. 4].

Na uwagę zasługuje również zagrożenie terroryzmem związanym z wykorzystaniem BMR. Wprawdzie w Polsce dotychczas nie ujawniono bezpośrednich działań związanych z próbami pozyskiwania na dużą skalę lub użycia czynników chemicznych, biologicznych, radiacyjnych i nuklearnych (CBRN) do działań terrorystycznych, należy jednak zaznaczyć, że organizacje terrorystyczne starają się uzyskać dostęp do substancji i materiałów, które użyte w zamachu zapewniłyby jak największą siłę rażenia i spowodowałyby jak najdotkliwsze straty [7, s. 9].

Terroryzm niekonwencjonalny

Wszystkie akty terrorystyczne zawierają przemoc lub groźbę jej użycia. W zależności od motywów, celu i sposobu dokonania ataku możemy wyróżnić różne rodzaje terroryzmu. Ze względu na wykorzystane środki walki – przemocy, agresji, ataku i rażenia –

Terrorism as a threat to Poland

When after the attacks in Madrid of 11 March 2004, the investigation led to Al-Qaeda, it became clear that Osama bin Laden's threats are not just empty words. It turned out that the bomb attacks in Madrid were in revenge for Spain's cooperation with the United States in Afghanistan. On 7 July 2005 in London, at the same time, when in Gleneagles, Scotland, the G8 summit was held, a terrorist attack was launched, for which the previously unknown Secret Organisation of al-Qaeda in Europe claimed responsibility. In the following years further terrorist attacks were carried out by Al-Qaeda, including the Paris attack of 7 January 2015, in the office of the "Charlie Hebdo" satirical magazine, where 12 people died. The attack was launched by brothers of Algerian origin who were French citizens. One of them had undergone a several-month training in Al-Qaeda's camp in Yemen.

The normalisation of relations between Poland and Israel, support for the First Gulf War of 1991, Poland's belonging to the anti-terrorist coalition and our military support for the stabilisation of the situation in Iraq and Afghanistan cause our country to receive many threats from Arab terrorists [6]. Poland has been repeatedly mentioned, next to the USA, the United Kingdom, Spain, Australia, Japan and Italy, as a place of potential terrorist attacks in retaliation for supporting the interventions in Iraq and Afghanistan.

With regard to the dynamic development of Muslim fundamentalism and the migration crises in Europe, the probability that individuals associated with this ideology will come to Poland is growing. These can be people who studied at Polish universities and have relatives or friends in Poland. In such circumstances, it cannot be ruled out that Islamic activists from extremist organisations will try to infiltrate Arabic communities legally operating in Poland, and that the citizens of Middle Eastern countries will try to use companies running business activities in our country [6].

Poland has not been a direct target of terrorist attacks before, but it cannot be ruled out that our country is an object of interest for terrorist organisations. By actively participating in the activities of international communities directed at counteracting and combatting terrorism, we must take into consideration that we may become the target of an attack [7, p. 4].

The threat of terrorism related to the use of WMD also requires attention. Despite the fact that in Poland, no direct attempts have been made to obtain or use chemical, biological, radiological or nuclear agents (CWMD) for acts of terrorism, it should be mentioned that terrorist organisations are trying to gain access to such substances and materials which, if used in an attack, would ensure the greatest striking power and cause vast damage [7, p. 9].

Unconventional terrorism

All terrorist acts involve violence or threats to use such. Still, depending on the motives, the purpose and the method of an attack, various types of terrorism can be distinguished. Due to the methods used by terrorist groups or individuals, – violence,

przez ugrupowania terrorystyczne lub pojedynczych terrorystów możemy wyróżnić terroryzm konwencjonalny i niekonwencjonalny. Zatem istotą terroryzmu konwencjonalnego jest wykorzystywanie w celu rażenia różnego rodzaju ładunków wybuchowych, nasobnych, pojazdów i samolotów adaptowanych, środków artyleryjskich, zestawów rakietowych itd. Natomiast w terroryzmie niekonwencjonalnym stosowanymi materiałami destrukcyjnymi są środki promieniotwórcze, chemiczne, biologiczne lub materiały rozczepiane (broń jądrowa).

Terroryzm niekonwencjonalny można podzielić, adekwatnie do broni masowego rażenia, na chemiczny, biologiczny, jądrowy i radiologiczny.

Terroryzm radiologiczny

Broń radiologiczna to środek walki, w którym czynnikiem rażącym jest rozproszony materiał promieniotwórczy. Może on być uzyskany zarówno z ośrodków realizujących cywilne i wojskowe programy jądrowe, jak i z odpadów promieniotwórczych z reaktorów badawczych bądź środków promieniotwórczych stosowanych w przemyśle lub medycynie [8, s. 8].

Zamach terrorystyczny może zostać przeprowadzony z użyciem radiologicznej brudnej bomby poprzez wykorzystanie np. takich materiałów radiologicznych jak zużyte pręty paliwowe reaktora jądrowego, które przy pomocy ładunku konwencjonalnego zostaną rozproszone w miejscu eksplozji.

Terroryzm jądrowy

Terroryzm jądrowy polega na wykorzystaniu broni jądrowej, gdzie czynnikami rażenia są: fala uderzeniowa o wielkiej sile burzącej, promieniowanie cieplne wzniecające pożary, promieniowanie jonizujące i promieniotwórcze skażenie terenu oraz impuls elektromagnetyczny. Skutki takiego wybuchu jądrowego są dużo większe od skutków działania broni konwencjonalnej. Bomba jądrowa określona jako 1-kilotonowa wyzwala taką samą ilość energii co wybuch 1000 ton TNT. W związku z powyższym niewątpliwie atak z użyciem broni jądrowej byłby najbardziej spektakularnym zamachem terrorystycznym, a co za tym idzie pożądanym przez zamachowców.

Broń jądrowa budowana na potrzeby terrorystów charakteryzowałaby się innymi cechami niż typowe konstrukcje. Przede wszystkim można byłoby ją łatwo zbudować, wykorzystując bardziej dostępne materiały. Powinna mieć możliwie jak najmniejsze rozmiary np. takie, aby można było transportować ją samochodem. Teoretycznie zbudowanie takiej bomby jest możliwe. W Stanach Zjednoczonych już ponad pół wieku temu w ramach projektu Special Atomic Demolition Munition (SADM) zbudowano niewielką głowicę W-54, którą z powodzeniem przetestowano w 1962 roku. Jej masa wynosiła około 30 kg, siła wybuchu odpowiadała 1 kt, natomiast wielkość była na tyle mała, aby mogła być użyta w roli „bomby walizkowej". Jednak głowica W-54 została zaprojektowana do pocisków Davy Crockett, które mogły być wystrzelone z wyrzutni o kalibrze 155 mm M29. Cały zestaw, głowica wraz z wyrzutnią była obsługiwana przez trzyosobową drużynę [9].

„Bomba walizkowa" wymaga przede wszystkim wysokiej jakości materiału rozszczepialnego np. silnie wzbogaconego

aggression, attack and destruction – a division can be made into conventional and unconventional terrorism. Therefore, the essence of conventional terrorism is the use, for destructive purposes, of various types of explosives, suicide vests, adapted vehicles and airplanes, artillery weapons, missile sets, etc. However, in unconventional terrorism, the destructive materials include radiological, chemical, biological or fissile materials (nuclear weapons).

Unconventional terrorism can be divided, in parallel to weapons of mass destruction, into chemical, biological, nuclear and radiological.

Radiological terrorism

Radiological weapons are weapons in which dispersed radioactive material is the destructive agent. These can be obtained both from centres implementing civil and military nuclear programmes and from radioactive waste or agents used in industry or medicine [8 p. 8].

A terrorist attack can be carried out with the use of a crude nuclear explosive device built with such radiological materials as used fuel rods from a nuclear reactor, dispersed at the place of the explosion with a conventional explosive.

Nuclear terrorism

Nuclear terrorism consists of using nuclear weapons. These have the following destructive agents: a shockwave with a massive destruction force, heat radiation causing fires, ionising radiation and radioactive terrain contamination, as well as electromagnetic impulse disruption of electronics. The effects of such a nuclear explosion are much more severe than in the case of conventional weapons. A 1-kilotonne nuclear bomb releases the same amount of energy as the explosion of 1000 tonnes of TNT. Due to the above, undoubtedly an attack involving nuclear weapons would be a most spectacular act of terrorism – one most desirable from the attackers' perspective.

Nuclear weapons built for terrorist purposes would differ from the typical bombs of such type. First of all, it must be possible to build it using the most easily available materials. It should also be relatively small, i.e. it must be transportable by a car or light van. Theoretically, it is possible to build such a bomb. In the United States, over 50 years ago, under the Special Atomic Demolition Munition (SADM) project, a small W-54 warhead was constructed, and successfully tested in 1962. Its weight was around 30 kg, and the explosion force corresponded to 1 kilotonne, while its size was small enough for it to be deemed a "suitcase bomb". Moreover, the W-54 warhead was designed for fitting to the Davy Crockett rocket (M29 launcher) system missiles, which could be launched from the 155 mm M29 launcher. The entire set of warhead with the launcher was operated by three people [9].

The suitcase bomb requires a high-quality fissile material, e.g. strongly reinforced uranium and high-class specialists to build the bomb. Designing a nuclear weapon is complicated

 ISSN 1895-8443

uranu oraz wysokiej klasy specjalistów do jej budowy. Zaprojektowanie broni jądrowej jest na tyle skomplikowane, że ataki z jej użyciem są mało prawdopodobne, ale jednak możliwe. Aby pozyskać broń jądrową, terroryści próbują różnych sposobów np. zakupu z nielegalnego źródła lub kradzieży.

Terroryzm chemiczny

Terroryzm chemiczny zakłada wykorzystanie bojowych środków trujących (BŚT) lub innych wysokotoksycznych związków chemicznych.

Bardzo duży wpływ na zachowanie się bojowych środków trujących w momencie jej użycia mają ich właściwości fizyczne i chemiczne. Środki trujące są stosowane w postaci par, aerozoli lub kropel. Skażenie powietrza lub powietrza i terenu wraz z obiektami, które się na nim znajdują, następuje w zależności od rodzaju i ilości środka trującego. Przygotowanie środka trującego do użycia w zamachu jest związane przede wszystkim z procesami dyspersji i parowania. Procesy te zależą od właściwości fizykochemicznych środka oraz od warunków atmosferycznych, ukształtowania terenu, rodzaju powierzchni itp. Zasadniczy wpływ na zachowanie się środków trujących mają: prężność pary nasyconej i lotność środka trującego, temperatura parowania, współczynnik dyfuzji, lepkość, napięcie powierzchniowe, ciężaru gazu względem powietrza i temperatura krzepnięcia [10, s. 63-64].

Związki chemiczne tzw. podwójnego przeznaczenia to różnego rodzaju toksyczne substancje chemiczne wykorzystywane we współczesnym przemyśle, produkowane lub używane w procesach technologicznych w prawie każdym dużym zakładzie przemysłowym.

Jednym z możliwych sposobów skażenia przy użyciu tej broni jest rozpylenie środka chemicznego w postaci aerozolu w miejscach publicznych, przede wszystkim w obiektach zamkniętych. Równie prawdopodobne jest rozprzestrzenienie środków chemicznych poprzez system zaopatrzenia w wodę do picia. Zamachowcy mogą wykorzystać także konwencjonalny ładunek wybuchowy i obłożyć go pojemnikami zawierającymi środki chemiczne. Skutki takiego ataku są trudne do przewidzenia ze względu na zmienność warunków meteorologicznych. Będą zależały od rodzaju użytego środka, warunków pogodowych i sposobu dyspersji.

Terroryzm biologiczny

Bioterroryzm jest to nielegalne i bezprawne „użycie czynników biologicznych w celu wywołania strat w ludziach lub zwierzętach bądź spowodowania uszkodzeń roślin" [11, s. 61]. Słownik terminów i definicji NATO określa broń biologiczną jako „środki materiałowo-techniczne, które przenoszą, rozprzestrzeniają lub rozsiewają środki biologiczne, w tym również stawonogi" [12, s. 24].

Broń biologiczna jest rodzajem broni masowego rażenia, w której ładunkiem bojowym są różnego rodzaju drobnoustroje chorobotwórcze. Z uwagi na wykorzystane czynniki chorobotwórcze można podzielić je na trzy grupy: bakterie, wirusy oraz toksyny. Zatem broń biologiczna to środek masowego zakażenia ludzi, zwierząt i pożywienia drobnoustrojami chorobotwórczymi oraz toksynami, które wytwarzane są przez bakterie i wirusy [13, s. 19].

Zastosowanie broni biologicznej w ataku terrorystycznym może nastąpić zarówno przez skażenie powietrza, wody lub gle-

enough to make it rather unlikely, but possible, for such attacks to occur. In order to obtain nuclear weapons, terrorists are trying various methods, e.g. purchasing from illegal sources or stealing.

Chemical terrorism

Chemical terrorism involves the use of chemical weapon agents (CWA) or other highly toxic chemical compounds.

The physical and chemical properties of chemical weapon agents have a very high impact on their effects. Chemical agents take the form of vapours, aerosols or drops. The contamination of air or air and terrain with objects located on them depends on the type and amount of the chemical agent. The preparation of a chemical agent to be used in an attack is mainly associated with the dispersion and evaporation processes. These processes depend on the physical and chemical properties of the agent and from atmospheric conditions, the lay of the land, the type of the area, etc. The impact on the behaviour of chemical agents depends mainly on: the saturated vapour pressure and the volatility of the chemical agent, temperature of evaporation, the diffusion coefficient, viscosity, surface tension, the weight of gas in relation to air and the coagulation temperature [10, p. 63-64].

The so-called dual-use chemical compounds are various types of toxic chemicals used in contemporary industry produced or used in technological processes in almost every large industrial plant.

One of the possible ways of causing contamination with this weapon is spraying a chemical agent in the form of aerosol in a public place, especially in a closed space. It is equally possible to spread chemicals through the drinking water supply system. Attackers may also use conventional explosives and surround them with containers with chemical agents. The effects of such an attack are difficult to predict due to the changeability of meteorological conditions. The damage depends on the type of agent used, weather conditions and dispersion methods.

Biological terrorism

Bioterrorism is the illegal and unlawful use of biological agents so as to cause the death of people or animals or to destroy plants" [11, p. 61]. The NATO glossary of terms and definitions defines a biological weapon as "an item of material which projects, disperses, or disseminates a biological agent, including arthropod vectors" [12 p. 24].

Biological weapons are a type of weapon of mass destruction involving the dispersion of various types of pathogenic microorganisms. Due to their application, pathogenic factors can be divided into three groups: bacteria, viruses and toxins. Therefore, biological weapons are agents of mass contamination consisting of pathogenic microorganisms and toxins produced by bacteria and viruses, which can be used on people, animals and food items [13, p. 19].

The employment of biological weapons in a terrorist attack can take the form of direct contamination via air, water or

by, jak i przez nosicieli choroby: zakażone insekty, gryzonie lub ludzie. Jednym z realnych sposobów ataku przez bioterrorystów jest skażenie powietrza przez rozpylenie np. aerozolu biologicznego. Wynika to z faktu, że urządzenia do wytwarzania aerozoli są łatwo dostępne oraz większość czynników biologicznych może być łatwo przenoszona drogą powietrzną. Obiektami takiego ataku będą przede wszystkim miejsca posiadające wydajne systemy klimatyzacyjne, budynki użytku publicznego i stacje metra, a także wszystkie miejsca, w których gromadzą się ludzie: dworce kolejowe, porty lotnicze, centra handlowe, obiekty sportowe i kulturalne, budynki rządowe i publiczne, miejsca koncentracji wojsk, miejsca publicznych imprez masowych.

Innym sposobem ataku może być skażenie żywności, wody lub gleby, gdzie bioterroryści mogą wykorzystać drobnoustroje. Najbardziej narażone na taki atak mogą być punkty zbiorowego żywienia lub ujęcia wody pitnej.

Przeprowadzono wiele symulacji skutków zastosowania broni biologicznej. Miedzy innymi eksperci ze Światowej Organizacji Zdrowia WHO oszacowali, że gdyby rozpylić z samolotu, z wysokości ok. 2 km i zgodnie z kierunkiem wiatru, 50 kg drobnoustrojów chorobotwórczych nad obszarem zamieszkałym przez 500 tysięcy ludzi, to można spodziewać się następujących strat przy użyciu zarodników wąglika: 95 tys. zgonów, 125 tys. zachorowań z możliwością przeżycia [13, s. 21].

Przy zastosowaniu broni biologicznej oprócz wysokich strat w ludziach trzeba spodziewać się również znacznych strat ekonomicznych. Symulacje przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych dowodzą, że gdy zachoruje 100 tys. ludzi, to koszty postępowania (diagnostyka, leczenie, rehabilitacja itd.) wyniosą:

- przy wągliku: 26,3 mld USD,
- przy tularemii: 5,5 mld USD [14].

Możliwe sposoby pozyskania przez terrorystów broni masowego rażenia

Rozważając możliwości pozyskania przez terrorystów broni masowego rażenia, wskazane jest uwydatnić, że oprócz posiadania środka bojowego konieczne jest dysponowanie odpowiednim środkiem przenoszenia.

Terroryści mogą pozyskać broń masowego rażenia z zasobów państwowych bądź wyprodukować ją samodzielnie. Niestabilności poszczególnych regionów świata (zwłaszcza na Bliskim Wschodzie) towarzyszy niebezpieczne zjawisko proliferacji broni masowego rażenia i środków jej przenoszenia. Pozyskanie BMR przez organizacje terrorystyczne jest uzależnione od możliwości dostępu do tego rodzaju broni i stosowanych systemów ochrony w danym kraju. Według Departamentu Obrony USA bronią jądrową i jej komponentami dysponuje 12 państw, bronią biologiczną 13, a chemiczną 19 państw na świecie [15, s. 65]. Według tych danych bakteriami wąglika dysponuje obecnie na całym świecie kilkaset ośrodków. W ich posiadaniu, oprócz USA i Rosji, są także Chiny, Indie, Iran, Izrael, Korea Północna, Kuba i Pakistan. Technologie produkcji i przenoszenia broni biologicznej posiada ponad 20 innych krajów, które dysponują ok. 40 rodzajami śmiercionośnych drobnoustrojów. Inaczej jest zabezpieczona BMR w krajach ustabilizowanych politycznie i ekonomicznie np. w USA, a inaczej

soil, or of indirect contamination through vectors or carriers: infected insects, rodents or people. One of the realistic methods of bioterrorist attack is air contamination by spraying, e.g. biological aerosols. This is due to the fact that aerosol producing equipment is easily available and most biological agents can be easily transferred through air. Such an attack can focus on places with efficient air-conditioning systems, as in public utility buildings and underground stations, and in all places where large numbers of people gather: railway stations, airports, shopping malls, sports and cultural facilities, government and public buildings, army stationing locations and mass event venues.

Another method of attack is food, water or soil contamination, for which bioterrorists can use microorganisms. Collective catering establishments or drinking water intakes are the most prone to such attacks.

Numerous simulations of the effects of using biological weapons have been performed. For instance, experts from the World Health Organisation estimated that if 50 kg of pathogenic microorganisms (*Bacillus anthracis*) were sprayed from a plane at a height of approx. 2 km in line with the wind direction over an area inhabited by 500 thousand people, the following losses could be expected: 95 thousand deaths, 125 thousand infections with some possibility of survival [13, p. 21].

Though bioterrorism, apart from human losses, considerable financial losses can also be expected. Simulations carried out in the United States show that with 100 thousand infected people, the costs of medical procedures (diagnostics, treatment, rehabilitation, etc.) are as follows:

- for *Bacillus anthracis*: USD 26.3 billion,
- for *Francisella tularensis*: USD 5.5 billion [14].

Possible ways of obtaining weapons of mass destruction by terrorists

Considering the possibilities of obtaining weapons of mass destruction by terrorists, it is necessary to emphasise that apart from having the weapon agent, a suitable delivery vehicle is required.

Terrorists can obtain weapons of mass destruction from national resources or produce them themselves. The instability of specific regions of the world (especially the Middle East) is accompanied by the dangerous phenomenon of the proliferation of weapons of mass destruction and their delivery vehicles. Obtaining WMDs by terrorist organisation depends on access to such weapons and the protection systems applied by a given country. According to the US Department of Defense, nuclear weapons and their components are held by 12 countries, biological weapons – by 13 countries, and chemical weapons – by 19 countries in the world [15, p. 65]. According to the above data, currently, *Bacillus anthracis* can be found in several hundred centres throughout the world. In addition to the USA and Russia, it is held by China, India, Iran, Israel, North Korea, Cuba and Pakistan. The technologies of producing and delivering biological weapons are available to over 20 other countries, who have approx. 40 types of lethal microorganisms at hand. WMDs are secured to a varying degree in politically and economically stable countries such as

 ISSN 1895-8443

w byłych republikach radzieckich. Łatwiejszy dostęp do broni jądrowej lub radiologicznej terroryści mogą mieć w Pakistanie niż np. w Wielkiej Brytanii. Ten rodzaj broni w Pakistanie jest dostępny, a wielu funkcjonariuszy służb specjalnych tego kraju popiera islamskie organizacje terrorystyczne zaangażowane w walce w Afganistanie czy Kaszmirze [16, s. 37].

Pozyskanie BMR z zasobów państwowych

Szczególne zagrożenie stanowi możliwość pozyskania broni masowego rażenia z zasobów państwowych w państwach skonfliktowanych wewnętrznie o słabej strukturze bezpieczeństwa. Takie możliwości posiadają zwłaszcza organizacje terrorystyczne wspierane w przeszłości przez państwa, które z czasem utraciły nad nimi kontrolę np. palestyński Hamas czy też organizacje powołane przez Pakistan do działań w Kaszmirze. Terroryści mogą wejść w posiadanie broni biologicznej oraz chemicznej z zasobów państwa od fanatyków religijnych zatrudnionych w laboratoriach oraz dzięki pomocy niektórych funkcjonariuszy państwowych lub też mogą ją ukraść.

Eksperci WHO nie wykluczają, że przedstawiciele organizacji terrorystycznej Al-Kaida dysponują zarodnikami laseczki wąglika. Wyprodukowane przez naukowców byłego Związku Radzieckiego laseczki wąglika zostały przetransportowane do Czeczenii oraz Korei Północnej, a byli agenci KGB sprzedali próbki laseczek Irakowi, skąd wirus trafił do organizacji terrorystycznej Al-Kaida [17, s.188–189].

Kradzież jest mniej prawdopodobnym sposobem pozyskania BMR przez organizacje terrorystyczne. Jednakże niebezpieczeństwo stanowią niektóre składnice, w których od zakończenia II wojny światowej przechowywana jest różnego rodzaju broń chemiczna. W około 400 miejscowościach na terenie Rosji magazynowana jest broń chemiczna pochodząca jeszcze z czasów drugiej wojny światowej. Pomimo zachowania odpowiednich środków ochrony, znane są przypadki kradzieży groźnych substancji. Kradzież substancji promieniotwórczej miała miejsce m.in. w styczniu 2002 roku w zakładach chemicznych w Orłowce w Kirgizji, gdzie niezidentyfikowani sprawcy wywieźli z fabryki około 460 kg tlenku europu przechowywanego w kontenerach [18, s. 33].

Wyprodukowanie BMR

Organizacje terrorystyczne mogą wyprodukować we własnym zakresie tylko proste odmiany trucizn chemicznych i patogenów biologicznych, ponieważ poziom technologiczny wymagany do produkcji środków chemicznych i biologicznych jest bardzo wysoki. W tym celu mogą zostać wykorzystane bazy przemysłu farmaceutycznego i małych laboratoriów. Wyprodukowanie BMR we własnym zakresie gwarantuje terrorystom nie tylko pełne zaskoczenie jej użycia, ale też w istotny sposób zabezpiecza terrorystów przed infiltracją ze strony służb wywiadowczych lub kontrwywiadowczych, jak może mieć to miejsce w przypadku prób pozyskania jej z zasobów państwowych.

Pomimo dużego postępu technicznego i dostępu do nowych technologii wyprodukowanie np. sarinu wymaga wysokiego poziomu wiedzy teoretycznej w dziedzinie chemii organicznej i doświadczenia technologicznego w tym zakresie. W laboratoriach mogą być produkowane chemiczne bojowe środki trujące star-

the USA and in the former Soviet republics. However, terrorists can have easier access to nuclear or radiological weapons in Pakistan than, for instance, in the United Kingdom. These weapons are available in Pakistan, and many special forces officers in this country support Islamic terrorist organisations involved in Afghanistan or Kashmir [16, p. 37].

Obtaining WMDs from state resources

A particularly serious threat is posed by the possibility of obtaining weapons of mass destruction from state resources in countries affected by internal conflicts with a weak security structure. This is possible especially for a terrorist organisation which was once supported by a state which then eventually lost its control over them. e.g. the Palestinian Hamas or organisations established by Pakistan for operations in Kashmir. Terrorists may acquire biological or chemical weapons from state resources from religious fanatics employed in laboratories and with the help of some state officers, or steal them.

WHO experts do not rule out the possibility that Al-Qaeda members have access to *Bacillus anthracis*. Produced by the scientists of the former Soviet Union, *Bacillus anthracis* was transported to Chechnya and North Korea, and former KGB agents are known to have sold samples to Iraq, from where the virus reached Al-Qaeda [17, p. 188–189].

Theft is a less probable method of obtaining WMDs by terrorist organisations. However, there are some depots where, since the end of World War II, various types of chemical weapons have been stored. In approx. 400 localities in Russia alone, chemical weapons from the times of World War II are still in storage. Despite applying suitable protection measures, there are cases of hazardous substances having been stolen. In January 2002, for example, radioactive substances were stolen from the chemical plant in Orlovka, Kyrgyzstan, where unidentified perpetrators took from the plant approximately 460 kg of europium oxide stored in containers [18, p. 33].

Producing WMDs

Currently, terrorist organisations can produce only simple varieties of chemical poisons and biological pathogens, as the technological level required to produce chemical and biological agents is very high. The pharmaceutical industry and small laboratories can be used as a basis for such production. Manufacturing WMDs independently guarantees terrorists not only the possibility of a completely unexpected use, but also secures them from infiltration by intelligence and counterintelligence services, which may be the case when attempts are made to obtain such from state resources.

Despite the considerable technological progress and ease of access to new technologies, producing, e.g., sarin requires advanced theoretical knowledge in the field of organic chemistry and technological experience in this area. Laboratories may produce chemical weapon agents of older generations,

szej generacji pod warunkiem uzyskania dostępu do składników wyjściowych objętych kontrolą i monitoringiem międzynarodowym. Po zamachu w 1995 roku w Japonii z użyciem trującego gazu – sarinu, okazało się, że użycie przez terrorystów bojowych środków trujących jest możliwe. Japońska sekta Aum Shinrikyo podjęła próby produkcji wysokiej jakości chemicznych środków trujących i efektywnych urządzeń do ich rozpylania. Jednakże pomimo doskonale wyposażonego zaplecza laboratoryjnego, wykształconego personelu naukowo-technicznego zatrudnionego w laboratorium oraz zaangażowania poważnych środków finansowych, sekta nie uzyskała zdolności umożliwiających zastosowanie sarinu na skalę masową. W zamachu przeprowadzonym w 1995 roku zginęło 12 osób [19].

Wysoka dynamika postępu technicznego może sprzyjać próbie podjęcia przez terrorystów produkcji broni biologicznej i chemicznej. Stały postęp w dziedzinie biotechnologii i inżynierii genetycznej wpływa na uproszczenie procesu pozyskiwania oraz obniżenie kosztów produkcji niektórych niebezpiecznych wirusów, bakterii i toksyn. W rezultacie w perspektywie dziesięciolecia może dojść do opanowania produkcji prostych form broni biologicznej przez niektóre organizacje terrorystyczne.

Dotychczas poza zasięgiem organizacji terrorystycznych była broń jądrowa i komponenty do broni radiologicznej. Ten rodzaj broni może znaleźć się w posiadaniu organizacji terrorystycznych jedynie w wyjątkowej sytuacji politycznej oraz militarnej na świecie np. w przypadku utraty przez państwo posiadające broń jądrową kontroli nad własnym arsenałem i nagłego załamania się struktur władzy państwowej. Wykorzystanie przez terrorystów broni jądrowej nie jest wprawdzie wykluczone, ale bardzo mało prawdopodobne.

provided that components subject to international control and monitoring are obtained. Following the attack of 1995, in Japan, – involving sarin it turned out that the use of chemical weapon agents by terrorists is possible. The Japanese Aum Shinrikyo cult made attempt to produce high-quality chemical weapon agents and effective delivery vehicles. However, despite the excellently equipped laboratories, highly educated scientific and technological personnel and substantial funds, the cult could not release sarin on a mass scale. The attack of 1995 led to the death of 12 people [19].

The high rate of technological progress can facilitate terrorists' attempts to produce biological and chemical weapons. Steady progress in the field of biotechnology and genetic engineering simplifies the process of obtaining some dangerous viruses, bacteria and toxins and lowers the costs of producing them. As a result, in ten years' time some terrorist organisations may be able to produce simple forms of biological weapons.

So far nuclear weapons and radiological weapon components have been out of the reach of terrorist organisations. These type of weapons can be acquired by terrorist organisations only in a unique political or military situations, i.e. when a country in possession of nuclear weapons loses control over its arsenal or when the state's power structure collapses suddenly. The use of nuclear weapons by terrorists cannot be ruled out but it is highly improbable.

Rycina 1. Elektrownie jądrowe zlokalizowane w odległości do 310 km od granic Polski

Figure 1. Nuclear power plants within 310 km from Polish borders

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Krajowego Planu Zarządzania Kryzysowego 2012.

Source: Own elaboration based on the National Crisis Management Plan, 2012.

ISSN 1895-8443

Uwolnienie niebezpiecznych substancji o właściwościach BMR

W wyniku działalności terrorystycznej istnieje również możliwość uwolnienia niebezpiecznych substancji, które są surowcami w procesach produkcyjnych, półproduktach, gotowych wyrobach oraz odpadach. Ze względu na swoje właściwości fizyczno-chemiczne oraz biologiczne stwarzają one zagrożenie dla ludzi i środowiska równoznaczne z użyciem BMR. Jednocześnie ze względu na swoją powszechność występowania, łatwość dostępu i różnorodność tego typu działania mogą być w dowolnym czasie obiektem lub celem działalności terrorystycznej.

Szczególnymi źródłami tego typu zagrożeń mogą być obiekty energetyki jądrowej, przemysłu chemicznego oraz środki transportu substancji niebezpiecznych.

W Polsce nie posiadamy obiektów energetyki jądrowej, jednak jesteśmy także narażeni na skutki potencjalnych katastrof radiacyjnych. Wynika to z tego, że otaczają nas państwa dysponujące elektrowniami jądrowymi.

Do lokalnych źródeł zagrożenia radiacyjnego w naszym kraju zalicza się Ośrodek Badań Jądrowych (reaktory badawcze) i Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) w Świerku, Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz zakłady przemysłowe używające źródła promieniowania jonizującego. Zgodnie z krajowym planem postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, który został przyjęty uchwałą nr 195 Rady Ministrów z dnia 16 października 2015 roku, planowane jest ostateczne zamknięcie KSOP w Różanie i budowa nowego składowiska powierzchniowego odpadów promieniotwórczych (NSPOP), składowiska głębokiego odpadów promieniotwórczych (SGOP), w tym realizacja programu Polskiego Podziemnego Laboratorium Badawczego (PURL).

Releasing hazardous substances with WMD properties

Terrorist activities can also result in releasing hazardous substances used as materials in production processes, as well as the semi-finished items and ready products and waste. Due to their physical, chemical and biological properties, they are equally hazardous for people and the environment as WMDs. However, due to the popularity, ease of access and diversity of operations, such items can be the object or target of terrorist activities.

Nuclear power and chemical industry facilities and means of transportation of hazardous substances are particularly dangerous sources of such threats.

In Poland, we have no nuclear power facilities, but we are subject to the effects of potential radiation catastrophes. This stems from the fact that we are surrounded by countries with nuclear power plants.

The local sources of radiation threats in our country include the Nuclear Research Centre (research reactors) and the Radioactive Waste Management Plant (ZUOP) in Świerk, the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan and industrial plants using ionising radiation sources. According to the National Plan of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management adopted by way of Resolution of the Council of Ministers No. 195 of 16 October 2015, it is planned to definitely close KSOP in Różan and to create the New Surface Radioactive Waste Repository (NSPOP) and the Deep Radioactive Waste Repository (SGOP), including the implementation of the Polish Underground Research Laboratory (PURL) programme.

Tabela 2. Planowane zużycie paliwa jądrowego wykorzystywanego w reaktorze badawczym MARIA
Table 2. Planned consumption of nuclear fuel used in the MARIA research reactor

Lata / Years	Zużycie 20 zestawów/rok / 20 sets/year	Zużycie 25 zestawów/rok /25 sets/year
do 2040 r. / up to 2040	540 zestawów / sets – 191 m^3	675 zestawów / sets – 238 m^3
do 2050 r. / up to 2050	740 zestawów / sets – 261 m^3	925 zestawów /sets – 327 m^3

Źródło: Krajowy plan postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym.
Source: The National Plan of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management.

Ponadto toksyczne środki przemysłowe są używane w produkcji, magazynowane oraz transportowane przez ponad 500 zakładów przemysłowych znajdujących się na terytorium kraju [20, s. 189]. Mogą one stać się potencjalnym celem ataku terrorystycznego.

Furthermore, there are over 500 industrial plants in the country using, storing and transporting the toxic industrial agents [20, p. 189] which may become a potential target of terrorist attack.

Zapobieganie zagrożeniom terrorystycznym

Terroryzm jest zjawiskiem globalnym, dlatego też stanowi poważne wyzwanie dla organizacji i instytucji państwowych oraz międzynarodowych. Kluczową kwestią w zapobieganiu terroryzmowi jest rozpoznanie i monitorowanie jednostek oraz grup, które mogą dokonać ataku terrorystycznego. Krajowe i międzynarodowe organy odpowiedzialne za analizę i wymianę informacji o zagrożeniach

Preventing terrorist threats

Terrorism is a global phenomenon, which is why it constitutes a serious threat for national and international organisations and institutions. The key issue in preventing terrorism is to recognise and monitor units and groups which may carry out a terrorist attack. National and international bodies responsible for the analysis and exchange of information on terrorist

terrorystycznych ewoluują zarówno w zakresie sposobów działania, jak i kompetencji [21, s. 64]. Zgodnie z przyjętą przez Prezydenta RP w dniu 13 listopada 2007 r. Strategią Bezpieczeństwa Narodowego RP Polska popiera rozwój prawa międzynarodowego i zapewnienie jego powszechnego poszanowania oraz będzie zabiegać o rozwój norm prawnych, które będą skutecznymi narzędziami w zwalczaniu zagrożeń związanych z proliferacją broni masowego rażenia oraz terroryzmem [22, s. 14].

Istotą przeciwdziałania terroryzmowi jest wdrażanie odpowiednich, efektywnych systemów i procedur ograniczających prawdopodobieństwo występowania zdarzeń niekorzystnych, sposobów ochrony przed ich skutkami, oraz ograniczeniem tych skutków [23, s. 25]. W związku z tym w Polsce wprowadzane są do krajowego porządku prawnego odpowiednie regulacje, których celem jest poprawa bezpieczeństwa narodowego. Ponadto jako strona konwencji międzynarodowych Polska jest związana postanowieniami tych dokumentów i od wielu lat sukcesywnie je wprowadza do krajowego systemu prawnego. W myśl art. 9 Konstytucji RP z 2 kwietnia 1997 r. „Rzeczpospolita Polska przestrzega wiążącego ją prawa międzynarodowego", zaś zgodnie z art. 87 ust. 1 ustawy zasadniczej „ratyfikowane umowy międzynarodowe są w Polsce źródłami powszechnie obowiązującego prawa".

W obszarze regulacji prawnych dotyczących przeciwdziałaniu terroryzmowi, poza normami prawa międzynarodowego, polskie prawodawstwo opiera się w zasadniczym stopniu na ustawach kompetencyjnych poszczególnych służb zaangażowanych w zwalczanie zagrożeń terrorystycznych oraz przepisów kodeksu karnego, a także przepisów ustawy o przeciwdziałaniu „praniu pieniędzy" oraz finansowaniu terroryzmu.

Zadania w zakresie szeroko pojętego zapewniania bezpieczeństwa wewnętrznego i porządku publicznego na terenie kraju są rozproszone w kilku resortach, instytucjach, organizacjach [24]:

1) administracja ogólna — Rada Ministrów, wojewoda, starosta oraz wójt;
2) cywilne służby specjalne — Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego (ABW), Agencja Wywiadu (AW);
3) resort spraw wewnętrznych — Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji (MSWiA), Policja, Straż Graniczna (SG), Państwowa Straż Pożarna (PSP), Biuro Ochrony Rządu (BOR), Prezes Urzędu ds. Repatriacji i Cudzoziemców, Szef Obrony Cywilnej Kraju;
4) resort obrony narodowej — Siły Zbrojne RP (SZ RP), Służba Wywiadu Wojskowego (SWW) i Służba Kontrwywiadu Wojskowego (SKW), Żandarmeria Wojskowa (ŻW), Jednostka Wojskowa 2305 (GROM);
5) organy finansowe — Generalny Inspektor Informacji Finansowej (GIIF), Służba Celna.

Złożoność w zakresie odpowiedzialności za realizację poszczególnych zadań w obszarze zarządzania kryzysowego spowodowanego terroryzmem widoczna jest również w Krajowym Planie Zarządzania Kryzysowego. Zgodnie z tym dokumentem, istnieją cztery fazy działania służb w tym obszarze: zapobieganie, przygotowanie, reagowanie oraz odbudowa. Za realizację każdego z tych zadań odpowiadają inne służby.

Do koordynacji działań związanych z przeciwdziałaniem terroryzmowi został powołany Międzyresortowy Zespół do spraw Zagrożeń Terrorystycznych jako organ pomocniczy Rady Mini-

threats evolve both in terms of methods and responsibilities [21, p. 64]. In accordance with the National Security Strategy of the Republic of Poland, adopted by the President on 13 November 2007, Poland supports the development of international law and ensuring its universal observance, and aims at developing legal standards as effective tools in combatting the threats associated with the proliferation of weapons of mass destruction and terrorism [22, p. 14].

The essence of counteracting terrorism lies in implementing suitable and effective systems and procedures limiting the probability of adverse events, methods of protecting against their effects and limiting these effects [23, p. 25]. Therefore, suitable regulations are being introduced in Poland's legal order with the aim to enhancing national security. Furthermore, as a party to international conventions, Poland is bound by the provisions of these documents, and has been integrating these into the national legal system for many years. Pursuant to Article 9 of the Constitution of the Republic of Poland of 2 April 1997, "The Republic of Poland shall respect international law binding upon it.", and in accordance with Article 87 (1) thereof, "The sources of universally binding law of the Republic of Poland shall be: (...) ratified international agreements (...)."

In terms of legal regulations for counteracting terrorism, in addition to international law, Polish legislation is largely based on competence acts of the respective services involved in counteracting terrorist threats, and the provisions of the Criminal Code as well as the Act on counteracting money laundering and the financing of terrorism.

The tasks in the area of ensuring domestic security and public order in Poland are divided among several ministries, institutions and organisations [24]:

1) general administration – the Council of Ministers, the Voivodeship, District and Commune Governor;
2) civil special services – the Internal Security Agency (ABW), the Foreign Intelligence Agency (AW);
3) the Ministry of the Interior – the Minister of the Interior and Administration (MSWiA), the Police, the Border Guard (SG), the State Fire Service (PSP), the Government Protection Bureau (BOR), President of the Office for Foreigners, Head of the National Civil Defence of Poland;
4) the Ministry of National Defence – the Armed Forces of the Republic of Poland (SZ RP), the Military Intelligence Service (SWW) and the Military Counterintelligence Service (SKW), the Military Gendarmerie (ŻW), Military Unit 2305 (GROM);
5) financial authorities – the General Inspector of Financial Information (GIIF), the Customs Service.

The complexity of particular responsibilities in terms of terrorism-related crisis management is also reflected in the National Crisis Management Plan. Based on this document, there are four phases of the services' operations in this area: prevention, preparation, response and restoration. Each of these is the task of a different service.

To coordinate terrorism counteracting operations, the Inter-ministerial Team for Terrorist Threats acts as an auxiliary body of the Council of Ministers. In line with Ordinance No. 162 of the President of the Council of Ministers of 25 October 2006, as amended, the primary tasks of the team include: monitoring terrorist threats; presenting assessments and conclusions

strów. Zgodnie z zarządzeniem nr 162 Prezesa Rady Ministrów z 25 października 2006 r. (wraz z późniejszymi zmianami) do podstawowych zadań Zespołu należy m.in.: monitorowanie zagrożeń o charakterze terrorystycznym, a także przedstawianie opinii i wniosków dla Rady Ministrów, opracowywanie propozycji zmierzających do usprawnienia metod i form zwalczania terroryzmu oraz występowanie z wnioskiem do właściwych organów o podjęcie w tym zakresie prac legislacyjnych, inicjowanie i koordynowanie działań podejmowanych przez właściwe organy administracji rządowej, organizowanie współpracy z innymi państwami w zakresie zwalczania terroryzmu [25].

W dniu 25 grudnia 2014 r. weszła w życie uchwała nr 252 Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie ustanowienia „Narodowego Programu Antyterrorystycznego na lata 2015–2019". Program został opracowany w Ministerstwie Spraw Wewnętrznych we współpracy z innymi służbami, organami i instytucjami wchodzących w skład Międzyresortowego Zespołu ds. Zagrożeń Terrorystycznych. Założeniem Programu jest określenie niezbędnych działań państwa służących wzmocnieniu systemu antyterrorystycznego RP, a tym samym podniesieniu stanu przygotowania w przypadku wystąpienia ewentualnych zagrożeń o charakterze terrorystycznym [26].

Jedną z głównych ról w systemie antyterrorystycznym RP odgrywa Centrum Antyterrorystyczne (CAT) ABW, które w tym zakresie jest jednostką koordynacyjno-analityczną. CAT ABW koordynuje proces wymiany informacji między podmiotami systemu ochrony antyterrorystycznej [21, s. 65]. Szef ABW może udzielać zaleceń organom i podmiotom zagrożonym działaniami o charakterze terrorystycznym oraz przekazywać im niezbędne informacje służące przeciwdziałaniu takim zagrożeniom.

ABW jest instytucją właściwą do przeciwdziałania proliferacji BMR. Pod pojęciem proliferacja należy rozumieć zarówno rozprzestrzenianie BMR oraz środków jej przenoszenia, jak również materiały, surowce i urządzenia, które mogą mieć podwójne zastosowanie – w sektorze prywatnym i wojskowym. Polska uczestniczy swobodnie w handlu światowym i wymianie naukowo-technicznej, co jednak w pewien sposób implikuje zagrożenia związane z terroryzmem niekonwencjonalnym. W kompetencjach ABW jest opiniowanie wniosków o wydanie zezwolenia na międzynarodowy obrót towarami podwójnego zastosowania oraz zainicjowanie wszczęcia kontroli u przedsiębiorcy. Może także wystąpić o cofnięcie lub zmianę zakresu zezwolenia na obrót. Agencja jest jedyną w Polsce służbą specjalną o uprawnieniach śledczych, która ma ustawowy obowiązek rozpoznawania, przeciwdziałania i zwalczania przestępstw związanych z proliferacją. W realizacji tych zadań współpracuje przede wszystkim ze Służbą Celną i Strażą Graniczną oraz innymi służbami specjalnymi RP [27].

Ważną rolę w systemie bezpieczeństwa antyterrorystycznego pełni również Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB) realizujące zadania z zakresu przeciwdziałania, zapobiegania i likwidacji skutków zdarzeń o charakterze terrorystycznym we współpracy z organami rządowymi właściwymi w tych sprawach. Do podstawowych zadań RCB należy pełna analiza zagrożeń, dokonywana w oparciu o dane uzyskiwane od instytucji funkcjonujących w ramach administracji publicznej oraz partnerów międzynarodowych. Na ich podstawie RCB opracowuje optymalne rozwiązania pojawiających się sytuacji kryzysowych, a także koordynuje przepływ informacji o zagrożeniach.

to the Council of Ministers; drawing up proposals aimed at streamlining the methods and forms of combatting terrorism, and submitting motions to the responsible bodies for launching legislative work; initiating and coordinating actions taken by the competent authorities of the governmental administration; organising cooperation with other countries in the area of combatting terrorism [25].

On 25 December 2014, Resolution No. 252 of the Council of Ministers of 9 December 2014 on establishing the National Anti-Terrorism Programme for the years 2015-2019 came into force". The programme was prepared by the Ministry of the Interior in cooperation with other services, authorities and institutions belonging to the Inter-ministerial Team for Terrorist Threats. The assumption of the Programme is to specify the essential measures of the state needed to strengthen the antiterrorism system of the Republic of Poland and to raise the preparedness level for countering potential terrorist threats [26].

One of the major roles in the antiterrorism system of the Republic of Poland is performed by the Counter-Terrorist Centre (CAT) of ABW, which is a coordination and analytical unit. CAT of ABW coordinates the information exchange process between units of the antiterrorism protection system [21, p. 65]. The Head of ABW can issue guidelines for bodies and entities under the threat of terrorist activities and provide them with the necessary information to counteract such threats.

ABW is an agency responsible for preventing the proliferation of WMDs. Proliferation should be understood as both the spreading of WMDs and their delivery vehicles and also materials, resources and equipment which can have a dual application – in the private and military sector. Poland freely participates in global trade and scientific and technological exchange, which, however, to some extent implies threats associated with unconventional terrorism. ABW's responsibilities include issuing assessment of applications for authorisations for international trade of dual-use items and initiating entrepreneur inspections. It also can apply for the withdrawal or change of scope of the authorisation. The Agency is the only special service in Poland with such investigative powers, and it is entrusted with a statutory duty to recognise, counteract and combat proliferation crimes. It cooperates primarily with the Customs Service and the Border Guard, as well as with other special services of the Republic of Poland [27].

An important role in the antiterrorism security system is also performed by the Government Security Centre (RCB), which carries out tasks involving counteracting, preventing and dealing with the consequences of terrorist events, in collaboration with the other responsible government bodies. The primary tasks of RCB include the comprehensive analysis of threats based on data obtained from institutions functioning within public administration, and from international partners. On their basis, RCB prepares optimum solutions of the encountered crisis situations and coordinates the flow of information on threats. Based on the relevant legal Act, RCB also develops the National Crisis Management Plan (KPZK).

Zgodnie z ustawą RCB opracowuje Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego (KPZK).

W kwestii przeciwdziałania i zwalczania finansowania działalności terrorystycznej odpowiedzialne są przede wszystkim takie organy finansowe jak Generalny Inspektor Informacji Finansowej i Służba Celna.

W Polsce jest kilkanaście instytucji, które realizują zadania związane z zapobieganiem zagrożeniom terrorystycznym i nie ma jednego aktu prawnego, który kompleksowo regulowałby tę problematykę. Nieprecyzyjne określenie zadań i kompetencji poszczególnych podmiotów systemu bezpieczeństwa, odpowiadających za przeciwdziałanie terroryzmowi przy jednoczesnym braku właściwego poziomu koordynacji podejmowanych działań, stanowią istotne utrudnienie w zakresie współdziałania i współpracy w wymiarze krajowym i międzynarodowym [21, s. 64].

Podsumowanie

Polska nie stanowi priorytetowego celu dla organizacji terrorystycznych, niemniej jednak jako uczestnik koalicji antyterrorystycznej oraz członek UE i NATO znajduje się w kręgu zainteresowania jako potencjalny obszar ataku terrorystycznego.

Otwartość granic oraz jak podaje Międzynarodowe Centrum Antyterroryzmu (ICCT) to, że około cztery tysiące osób zamieszkujących nasz kontynent wstąpiło w szeregi tak zwanego Państwa Islamskiego wskazuje, że wielu europejczyków nie potrafi odnaleźć się w dotychczasowym otoczeniu, a to z kolei ma negatywny wpływ na poziom bezpieczeństwa w Europie.

Wielkim zagrożeniem, a zarazem wyzwaniem dla organizacji i instytucji międzynarodowych i krajowych odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, jest fala migracji z rejonów zapalnych. Zaledwie w ciągu 2015 roku do Europy przybyło około miliona uchodźców. Przy tak masowym napływie ludności istnieje duże prawdopodobieństwa, że w ich szeregach znajdują się potencjalni terroryści. Należy jednak uwypuklić, że Polska jako jedno z nielicznych państw w Europie potrafi ograniczyć napływ ludności z zewnątrz, co minimalizuje ryzyko zagrożenia terrorystycznego.

Użycie BMR przez terrorystów mogłoby skutkować ogromnymi konsekwencjami, nie tylko ze względu na niewyobrażalną skalę ofiar i zniszczeń, lecz również z uwagi na bezprecedensowe efekty o charakterze politycznym, jak i społecznym oraz ekonomicznym. Szczególnie niebezpieczna jest broń biologiczna, która jest względnie mało kosztowna i łatwa w produkcji, ukryciu i przenoszeniu. Jednakże mimo dynamicznego rozwoju technicznego, zorganizowanie i przeprowadzenie zamachu terrorystycznego w szczególności tego z użyciem BMR, jest przedsięwzięciem bardzo skomplikowanym, lecz możliwym.

Zapobieganie zagrożeniom związanym z terroryzmem niekonwencjonalnym powinno być jednym z głównych zadań bezpieczeństwa narodowego. Działania w tym zakresie powinny być realizowane przez kontr-proliferację – ograniczenie rozprzestrzeniania BMR, kontrolę dostępu do technologii i materiałów – nieproliferację oraz efektywne opanowywanie i minimalizowanie skutków użycia tego rodzaju broni.

Należy podkreślić, że Polska posiada niezbędne siły i środki do przeciwdziałania terroryzmowi. Problem natomiast stanowi to, że odpowiedzialność w zakresie zapobiegania terroryzmu jest rozproszona w wielu resortach, instytucjach i organizacjach, co wpływa negatywnie na zapewnienie właściwego skutecznego

In terms of counteracting and combatting the financing of terrorist activities, the competent financial authorities are the General Inspector of Financial Information and the Customs Service.

There are over a dozen institutions in Poland which implement tasks associated with preventing terrorist threats, and there is no single legal act which regulates this issue in a comprehensive manner. The imprecise specification of tasks and responsibilities of particular security system entities responsible for counteracting terrorism, combined with the simultaneous lack of a sufficient coordination level of the measures undertaken, constitutes a significant obstacle to cooperation at both the national and international level [21, p. 64].

Summary

Poland does not constitute a priority target for terrorist organisations; however, as a member of the antiterrorist coalition, the EU and the NATO, it is within the scope of interest as a potential target of a terrorist attack.

Open borders, and, as stated by the International Centre for Counter-Terrorism (ICCT), the fact that approx. 4 thousand people living on our continent has joined the so-called 'Islamic State' indicate that many Europeans are unable to find their place in their society. This may have a negative impact on the security level in Europe.

A substantial threat and challenge for international and national organisations and institutions responsible for security, is the wave of migration from conflicted areas. In 2015 alone, approx. a million refugees came to Europe. With such a massive inflow of people, there is a strong possibility that potential terrorists will be among them. However, it should be emphasised that Poland as one of the few countries in Europe, is able to limit the inflow of foreign population, which minimises the threat of terrorism.

The use of MDWs by terrorists could have very serious consequences, not only due to the unimaginable scale of victims and destruction, but also due to the unprecedented effects that are of a political, social and economic nature. Biological weapons, which are relatively inexpensive, easy to produce, hide and transport, are particularly dangerous. However, despite the dynamic technological development, organising and carrying out a terrorist attack, especially with the use of MDWs, is a very complex, yet possible, undertaking.

Preventing threats related to unconventional terrorism should be one of the major responsibilities of national security. Measures in this respect should include: counter-proliferation – limitation of the acquisition of MDWs; nonproliferation – controlling access to technology and materials; and effective managing and minimising the effects of using such weapons.

It should be emphasised that Poland has the required forces and measures to counteract terrorism. The problem lies in the fact that responsibility for preventing terrorism is dispersed among many ministries, institutions and organisations, which negatively influences the capability of ensuring an effective level of coordination with regard to any undertaken measure. It is, therefore, recommended that we adopt

 ISSN 1895-8443

poziomu koordynacji podejmowanych działań. Wskazane jest przyjęcie kompleksowych rozwiązań w zakresie zapobiegania zagrożeniom terrorystycznym, a przede wszystkim wprowadzenie regulacji prawnych dotyczących administrowania i zarządzania działaniami wszystkich służb odpowiedzialnych za przeciwdziałanie terroryzmowi. Ponadto w dalszym ciągu należy współpracować z innymi państwami oraz organizacjami międzynarodowymi celem umacniania bezpieczeństwa narodowego.

comprehensive solutions for preventing terrorist threats, in particular, to introduce legal regulations on administering and managing the activities of all services responsible for counteracting terrorism. Furthermore, cooperation with other countries and international organisation should be continued to further strengthen our national security.

Literatura / Literature

[1] Barnas R., *Od Asasynów do Osamy bin Ladena*, Wyd. Kirke, Wrocław 2001.

[2] Alexander Y., Swetnam M., *Siewcy śmierci – Osama bin Laden i inni szefowie Al- Qaidy*, Wyd. Bellona, Warszawa 2001.

[3] Madej M., *Międzynarodowy terroryzm polityczny*, Wyd. MSZ, Warszawa 2001.

[4] European Union Terrorism Situation And Trend Report 2016.

[5] Al Jazeera and agencies, *Islamic State has 50,000 fighters in Syria*, http://www.aljazeera.com/news /middleeast/2014/08/islamic-state-50000-fighters-syria-201481918425842139 2.html [dostęp: 15.03.2016].

[6] Obrona Cywilna – Dział Spraw Obronnych i Ochrony, *Aktualny stan zagrożeń terrorystycznych*, http://www.us.edu.pl/uniwersytet/obrona/ter5.php [dostęp: 29.03.2016].

[7] Narodowy Program Antyterrorystyczny na lata 2015-2019, załącznik do uchwały nr 252 Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2014 r. (MP poz. 1218), Warszawa 2014.

[8] Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych (DD/3.8), MON, Warszawa 2004.

[9] *Weapons of Mass Destruction*, http://www.globalsecurity.org/wmd/systems/w54.htm, [dostęp: 26.05.2017].

[10] Adamski J., *Ewolucja form działalności terrorystycznej na tle postępu technologicznego, rozprawa doktorska*, Wyd. AON, Warszawa 2004.

[11] Departments of the Army, the Navy and the Air Force, *NATO Handbook on the medical aspects of NBC defensive operation*, part 2 Biological, NATO AMedP-6 (B) Anonymous, 1996.

[12] Agencja standaryzacyjna NATO, *AAP-6 Słownik terminów i definicji NATO zawierający wojskowe terminy i ich definicje stosowane w NATO*, 2014.

[13] Michailiuk B., *Broń biologiczna i bioterroryzm*, „Zeszyty Naukowe AON" 2016, 1(102).

[14] Osiński R., *Bioterroryzm, Wąglik – postępowanie*, Bydgoszcz 2003.

[15] Żuber M., *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne zagrożenia cywilizacyjne początku XXI wieku, Obrona przed bronią masowego rażenia w aspekcie zagrożenia superterroryzmem*, Wyd. WSOWL, Wrocław 2007.

[16] Machnikowski R., Michalak J., Płaczek A., Rękawek K., Dziuba M., *Zagrożenie atakami terrorystycznymi w Polsce*, raport, Wyd. Wyższa Szkoła Studiów Międzynarodowych, Łódź 2006.

[17] Williams P.L., *Al-Kaida. Bractwo terroru*, Studio EMKA, Warszawa 2002.

[18] Towpik A., *Terroryzm a broń masowego rażenia. Diagnoza, poglądy, wnioski*, „Zeszyty Naukowe AON"2003, 1(50)A.

[19] The National Center for Biotechnology Information, *Terrorism in Japan*, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15074491[dostęp: 29.05.2016].

[20] Żuber M., *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Terroryzm współczesny. Aspekty polityczne, społeczne i ekonomiczne*, Wyd. WSOWL, Wrocław 2006.

[21] Biała Księga Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej, Wyd. BBN, Warszawa 2013.

[22] Strategia Bezpieczeństwa Narodowego RP, Warszawa 2007.

[23] Sulowski S., Brzeziński M., *Bezpieczeństwo wewnętrzne państwa. Wybrane zagadnienia*, Wyd. Dom Wydawniczy ELIPSA, Warszawa 2009.

[24] Centrum Badań nad Terroryzmem, *Zmiany w systemie przeciwdziałania terroryzmowi w Polsce*, http://www.cbnt.collegium.edu.pl/index.php?option=com_content&view= article&id=49:zmiany--w-systemie-przeciwdziaania-terroryzmowi-w-polsce&catid=34:analizy-i-raporty [dostęp: 29.03.2016].

[25] Zarządzenie nr 162 Prezesa Rady Ministrów z dnia 25 października 2006 r. w sprawie utworzenia Międzyresortowego Zespołu do Spraw Zagrożeń Terrorystycznych wraz z późniejszymi zmianami: zarządzeniem nr 95 Prezesa Rady Ministrów z dnia 4 września 2008 r., zarządzeniem nr 74 Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 września 2009 r., zarządzeniem nr 18 Prezesa Rady Ministrów z dnia 3 kwietnia 2014 r., zarządzeniem nr 84 Prezesa Rady Ministrów z dnia 18 września 2015 r. oraz zarządzeniem nr 86 Prezesa Rady Ministrów z dnia 5 lipca 2016 r.

[26] Narodowy Program Antyterrorystyczny na lata 2015-2019, załącznik do uchwały nr 252 Rady Ministrów z dnia 9 grudnia 2014 r. (MP poz. 1218), Warszawa 2014.

[27] Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego, *Przeciwdziałanie proliferacji BMR*, https://www.abw.gov.pl/pl/zadania/przeciwdzialanie-proli/8,Przeciwdzialanie-proliferacji -BMR.html [dostęp: 25.03.2016].

[28] Michailiuk B., *Terroryzm bronią masowego rażenia jako zagrożenie bezpieczeństwa*, [w:] *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia i wyzwania dla bezpieczeństwa*, Żuber M. (red.), tom 2, WSOWL, Wrocław 2009.

MJR MGR INŻ. PAWEŁ LECH – zastępca dowódcy, szef sztabu 1 batalionu logistycznego. Absolwent Wyższej Szkoły Oficerskiej we Wrocławiu, Akademii Obrony Narodowej w Warszawie oraz podyplomowych studiów na kierunku ochrona ludności i zarządzania kryzysowego Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Obecnie student studiów doktoranckich na Wydziale Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie.

PAWEŁ LECH, MAJOR M.Eng. – Deputy Commander, Chief of Staff of the 1st Logistics Battalion. Graduate of the Military Academy of Armed Forces in Wrocław, the National Defence University in Warsaw and of the Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz (post-graduate studies in the field of "Civil protection and crisis management"). Currently a PhD student at the Faculty of National Security of the War Studies University in Warsaw.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

mł. bryg. dr inż. Tomasz Drzymała[a)*], st. bryg. w st. spocz. dr inż. Sylwester Kieliszek[a)], kpt. mgr inż. Joanna Binio[a)]

[a)]*Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of Fire Service*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: tdrzymala@sgsp.edu.pl*

Analiza doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w świetle obowiązujących przepisów

An Analysis of the Selection of Riser Diameters in Firefighting Water-Supply Systems in High-Rise Buildings

Анализ подбора диаметров стояков в системах пожарного водоснабжения в высотных зданиях в соответствии с действующими законами

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest analiza zasadności doboru średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych w budynkach wysokich w oparciu o obowiązujące przepisy. Szczególną uwagę poświęcono analizie własności przepływowych pionów, uwzględniając wymiary i rozwiązania materiałowe.

Wprowadzenie: Artykuł przedstawia kwestię wymagań oraz doboru średnic pionów w instalacji wodociągowej przeciwpożarowej w budynkach wysokich. Obowiązujące przepisy obligują do stosowania w instalacji pionów o określonych średnicach, traktowanych jako minimalne. W celu przedstawienia, czy wymagane w przepisach wartości średnic nominalnych pionów (DN) są uzasadnione ich własnościami przepływowymi, oraz czy zastosowanie pionów o mniejszych średnicach spowoduje istotne zwiększenie strat ciśnienia, wykonano obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy sformułowano wnioski oraz uzasadniono propozycję zmian w przepisach dotyczących minimalnych średnic pionów w budynkach wysokich.

Metody: Artykuł opracowano w oparciu o obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Porównano wyniki obliczeń dla różnych średnic pionów wykonanych z rur stalowych ocynkowanych i z rur gładkich (miedzianych). Obliczenia przeprowadzono dwoma metodami: z wykorzystaniem wzoru Darcy-Weisbacha oraz wzoru Hazena-Williamsa.

Wyniki: Porównanie strat ciśnienia obliczonych dla pionów DN 65 i DN 80 prowadzi do wniosku, że otrzymane różnice przy wymaganych przepływach są pomijalne. Wyniki otrzymane przy zastosowaniu obu metod obliczeniowych potwierdzają tę tezę.

Wnioski: Obliczenia potwierdzają, że w budynkach wysokich, zamiast pionów DN 80 z powodzeniem mogą być stosowane średnice DN 65. Różnica strat ciśnienia na długości 100 m, przy przepływie 5 dm^3/s, wynosi ok. 0,3 bar. Stosowanie średnicy DN 80 niepotrzebnie powoduje zwiększenie kosztów materiałowych, ciężaru instalacji i kosztów jej wykonania. W odniesieniu do niektórych budynków, np. mieszkalnych, należy rozważyć obniżenie wymagań w zakresie wydajności instalacji (jak dla instalacji wyposażonych w hydranty Ø33). Pozwoliłoby to na stosowanie w tych budynkach pionów DN 50, bez zmniejszania poziomu bezpieczeństwa. Wprowadzenie proponowanych zmian wymaga nowelizacji przepisów, w szczególności Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 07 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r., nr 109, poz. 719) w części dotyczącej instalacji wodociągowych w budynkach wysokich.

Słowa kluczowe: wymagania dla instalacji wodociągowych, budynki mieszkalne, gaszenie pożarów, systemy gaśnicze, ochrona przeciwpożarowa

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 23.03.2017; Zrecenzowany: 24.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: This article is aimed at analysing the validity of the selection of diameters for risers in the water-supply systems of high-rise buildings, on the basis of the regulations in force. Central focus was placed on the analysis of the throughput characteristics, accounting for their dimensions and material-related solutions.

Introduction: The article addresses the problems of requirements and the selection of diameters for risers in the water-supply systems of high-rise buildings. The regulations impose the use of risers with specific diameters, considered to meet the minimum requirements. In order to elaborate on whether

the nominal diameters (DN) can be justified by their throughput properties and whether the use of smaller-diameter risers will contribute to substantial pressure losses, pressure drops in water-supply pipes were calculated. On the basis of the analysis, conclusions were formulated and grounds were presented for the amendment of regulations governing minimum riser diameters in high-rise buildings.

Methodology: The article was prepared on the basis of the calculations of pressure drops in water-supply conduits. The results of the calculations were compared for various diameters of risers made of galvanised steel pipes and smooth (copper) pipes. Two calculating methods were applied: utilising (1) the Darcy-Weisbach equation and (2) the Hazen-Williams equation.

Results: A conclusion to be derived from the comparison between the pressure losses calculated for the DN 65 and DN 80 risers is that differences in the prescribed throughput values, if any, are negligible. This thesis seems to be confirmed by the results obtained in both calculation methods.

Conclusions: The calculations corroborated the thesis that the DN 80 risers in high-rise buildings can effectively be replaced by risers utilising DN 65 diameters. At a flow of 5 dm^3/s, the difference between pressure losses along a 100 m section is approx. 0.3 bar. The DN 80 diameter unnecessarily increases the costs of materials and manufacturing and the burden of installation. It is advisable in respect of certain (e.g. residential) buildings that the installation-efficiency requirements be relaxed (this also applies to systems fitted with Ø33 hydrants). This would allow the use of DN 50 risers in these buildings, without compromising the safety level. In order to be introduced, the proposed changes would require the amending of the regulations in force, in particular, the Regulation of the Minister of the Interior and Administration on the fire protection of buildings, other civil structures and areas (Journal of Laws No. 109, item 719) in the part relating to water-supply systems in high-rise buildings.

Keywords: requirements for water-supply systems, residential buildings, firefighting, firefighting systems, fire protection

Type of the article: review article

Received: 23.03.2017; Reviewed: 24.05.2017; Published: 30.06.2017;

Percentage contribution: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является анализ обоснованности выбора диаметров стояков в системах пожарного водоснабжения в высотных зданиях в соответствии с действуюшим законодательством. В частности был проведен анализ пропускной способности стояков с учетом размера и применяемых материалов.

Введение: В статье представлена проблема требований и выбора диаметров стояков для систем пожарного водоснабжения в высотных зданиях. Действуюшие законы требуют использование в таких системах стояков определенного диаметра, который считается минимальным. Для определения того, обоснованы ли указанные в правилах значения номинального диаметра (DN) их пропускной способностью, а также приводит ли использование стояков меньшего диаметра к значительному увеличению потерь давления, были проведены расчеты падений давления в водопроводных трубах. На основе проведенного анализа были сформулированы выводы, а также обоснованы предложения внесения поправок в правила, касаюшиеся минимальных диаметров стояков в высотных зданиях.

Методы: Статья была разработана на основе расчета падения давления в трубах водоснабжения. Авторы сравнили результаты расчетов для различных диаметров стояков из стальных оцинкованных труб и гладких (медных). Расчеты проводились с помошью двух методов: с использованием формулы Дарси-Вейсбаха и формулы Хазена-Вильямса.

Результаты: Сравнение потерь давления рассчитанных для стояков DN 65 и DN 80 приводит к выводу, что различия при требуемой пропускной способности малы. Результаты, полученные с использованием двух методов расчета, подтверждают эти тезисы.

Выводы: Расчеты подтверждают тезис, что в высотных зданиях, вместо стояков диаметром DN 80 с успехом могут быть использованы диаметры DN 65. Различие в потерях давления по длине 100 м при скорости потока 5 $дм^3$/сек. составляет около 0,3 бара. Использование диаметра DN 80 только увеличивает материальные затраты, вес установки и стоимость работ. Для некоторых зданий, например, жилых, следует рассмотреть снижение требований относительно производительности системы (как для систем оборудованных гидрантами Ø 33). Это позволит использовать в данных зданиях стояки DN 50 без ушерба для уровня безопасности. Для внедрения предложенных изменений следует ввести изменения в требования, в частности, Распоряжение министра внутренних дел и администрации от 07 июня 2010 г. относительно противопожарной зашиты зданий, других строительных объектов и территорий (Дневник Законов от 2010 года, номер 109, поз. 719), частично касаюшегося водоснабжения в высотных зданиях.

Ключевые слова: требования к системам водоснабжения, жилые здания, пожаротушение, системы пожаротушения, противопожарная зашита

Вид стати: обзорная статья

Принята: 23.03.2017; Рецензирована: 24.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Процентное соотношение участия в подготовке статьи: T. Drzymała – 40%, S. Kieliszek – 40%, J. Binio – 20%;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 114–123, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.8;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

W budynkach wysokich stosowane są instalacje wodociągowe przeciwpożarowe wyposażone w zawory hydrantowe 52 i hydranty wewnętrzne 25 z wężem półsztywnym. Powinny one być projektowane tak, aby umożliwiały pobór wody z czterech zaworów hydrantowych 52, położonych najniekorzystniej pod względem hydraulicznym (4 x 2,5 dm^3/s). Wyjątek stanowią budynki wysokie z jedną klatką schodową (tzn. o powierzchni rzutu co najwyżej 750 m^2) [4], [12]. Powszechnie przyjęto, że instalowane w budynkach wysokich hydranty 25 są przeznaczone dla użytkowników budynku, zaś zawory hydrantowe 52 do użytku przez straż pożarną [1], [12]. Oznacza to, że wymagane wyposażenie w zawory hydrantowe 52 ma na celu ułatwienie prowadzenia działań gaśniczych. Wniosek ten wynika również ze sposobu zasilania instalacji tzn. bez użycia pomp będących na wyposażeniu straży pożarnej [2], [4].

Obowiązujące przepisy wymagają, aby stosowane w instalacjach piony miały określone średnice, traktowane jako minimalne [10-12]. W związku z tym instalacja, w której zastosowano piony o średnicach mniejszych niż wymagane, może nie zostać odebrana przez Państwową Straż Pożarną, mimo zapewnienia wymaganych wydajności hydrantów i zaworów hydrantowych [6, 8]. Powstają zatem pytania: Czy wymagane w przepisach średnice nominalne pionów (DN) są uzasadnione ich własnościami przepływowymi? Czy zastosowanie pionów o mniejszych średnicach spowoduje istotne zwiększenie strat ciśnienia? Aby udzielić odpowiedzi na te pytania, wykonano obliczenia spadków ciśnienia w przewodach wodociągowych. Następnie porównano wyniki otrzymanych obliczeń dla różnych średnic pionów wykonanych z rur stalowych ocynkowanych i z rur gładkich (miedzianych). Obliczenia zostały przeprowadzone dwoma metodami: z wykorzystaniem wzoru Darcy-Weisbacha oraz wzoru Hazena-Williamsa.

Wymagania dotyczące średnic pionów w instalacjach wodociągowych przeciwpożarowych przedstawiono w porządku chronologicznym w tabeli 1. Wymagania odnośnie średnic pionów zawarte w PN-B-02865:1997 [10] zostały przeniesione do rozporządzenia z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [12].

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w budynkach wysokich mieszkalnych oraz administracyjnych, zarówno suche, jak i nawodnione piony oscylują w zakresie średnic nominalnych DN 65-80-100 (powyższe generuje tworzenie stosunkowo dużych instalacji przeciwpożarowych). Należy podkreślić, że obecnie polskie normy nie są przeznaczone do obowiązkowego stosowania. Minimalne średnice pionów nawodnionej instalacji wodociągowej przeciwpożarowej są określone w rozporządzeniu [12]. Z kolei suche piony nie są na dzień dzisiejszy przewidziane do stosowania.

Introduction

As a rule, high-rise buildings receive fire-protection water-supply systems fitted with 52-type hydrant valves and internal 25-type hydrants with semi-rigid hoses. Water-supply systems should be designed in such a way as to facilitate the intake of water from four 52-type hydrant valves positioned least favourably in terms of hydraulic conditions (4 x 2.5 dm^3/s). An exception to this are high-rise buildings with one staircase (max. 750 m^2 of plain view area) [4], [12]. A commonly accepted model has been that, in high-rise buildings, 25-type hydrants are there for use by the building residents, whereas 52-type hydrant valves are reserved for the fire service [1], [12]. Consequently, the obligatory presence of 52-type hydrant valves in buildings is intended as a support for firefighting operations. This conclusion is also grounded in the manner in which water is fed to the system, i.e. without the pumps used by firefighting squads [2]. [4].

The regulations in force require that the risers in water-supply systems have specific diameters, the sizes of which are considered as minimum [10-12]. Therefore, a system which utilises risers with diameters below the mandatory size limit may not be accepted by the State Fire Service, despite meeting the flow-rate requirements for hydrants [6, 8] Accordingly, the following questions can be posed: Are the nominal riser diameters (DN), mandatory under the regulations in force, justified by the flow-rate properties of risers? Will the use of smaller diameter risers substantially increase pressure losses? With a view to answering these questions, calculations of pressure drops in water-supply conduits were carried out. The results of the calculations were then compared for various risers made of galvanised steel pipes and smooth (copper) pipes. Two calculating methods were used: the Darcy-Weisbach equation and the Hazen-Williams equation.

Requirements pertaining to the riser diameters in fire-protection water-supply systems are presented chronologically in Table 1. Requirements applicable to riser diameters, as per PN-B-02865:1997 [10], were transposed from the Regulation of 7 June 2010 on the fire protection of buildings, other civil structures and areas [12].

According to the data shown in Table 1, over the last several decades, both dry and hydrated risers in high-rise buildings used for residential and administrative purposes, have fallen within the nominal diameter range, as per DN 65-80-100 (being conducive, however, to the deployment of fairly extensive fire-protection systems). A fact worth stressing here is that, as of date, the Polish standards have not been designated for mandatory use. The minimum riser diameters for hydrated water-supply systems are specified in the Regulation [12]. As regards dry risers, at present these are generally excluded from use.

ISSN 1895-8443

Tabela 1. Wymagane minimalne średnice pionów instalacji wodociągowych przeciwpożarowych [7–10]
Table 1. The minimum required diameters of risers in water-supply systems [7–10]

Lp. / No.	Podstawa prawna / Legal basis	Rodzaj pionu / Type of riser	DN_{min} / Nominal diameter	Zakres stosowania / Scope of application
1.	PN-69/B-02861	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
			100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 metres
2.	PN-76/B-02861	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
			100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 metres
3.	PN-B-02861:1994	suchy / dry riser	65	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
4.	PN-72/B-02865	suchy / dry riser	80	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 meters
		suchy / dry riser	100	Budynki administracyjne o wysokości 15–25 m / Administrative buildings with a height of 15–25 meters
		nawodniony / hydrated riser	80	Budynki wysokie / High-rise buildings
5.	PN-B-02865:1997	suchy / dry riser	65	Budynki mieszkalne o wysokości 15–55 m / Residential buildings with a height of 15–55 metres
		nawodniony / hydrated riser	80	Budynki wysokie / High-rise buildings

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Metody analizy

Do określenia strat ciśnienia w pionach instalacji wodociągowej przeciwpożarowej w budynkach wysokich wykorzystano metody obliczeniowe. Rozpatrywano odcinki przewodów o średnicach DN 50, DN 65, DN 80 i DN 100 i długości 100 m, wykonanych z rur stalowych ocynkowanych (odmiana średnia) oraz z rur miedzianych. Dla każdego z analizowanych przewodów określono spadki ciśnienia przy przepływach odpowiadających normatywnym wydatkom jednego, dwóch i czterech zaworów hydrantowych 52, tzn. 2,5 dm^3/s, 5,0 dm^3/s i 10 dm^3/s [12]. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch wzorów: Darcy-Weisbacha i Hazena-Williamsa.

Wzór Darcy-Weisbacha [5]

$$\Delta p = \lambda \, x \frac{L}{d} \, x \, \frac{\rho \, x \, v^2}{2} \quad (1)$$

gdzie:
Δp – strata ciśnienia w przewodzie [Pa],
v – średnia prędkość przepływu cieczy w przewodzie [m/s],
L – długość przewodu [m],
d – średnica wewnętrzna przewodu [m],
ρ – gęstość wody [kg/m^3],
λ – współczynnik strat liniowych [-] (zależny od chropowatości przewodu i liczby Reynoldsa Re).

Methods of analysis

In order to determine pressure losses in the risers of the fire-protection water-supply systems of high-rise buildings, certain calculation methods were applied. The analysis included conduit sections with DN 50, DN 65, DN 80 and DN 100 diameters and a length of 100 m, made of galvanised steel pipes (the medium class) and copper pipes. For each of the analysed conduits, pressure drops were determined at flows corresponding to the standard throughputs of one, two and four 52-type hydrant valves, i.e. 2.5 dm^3/s, 5.0 dm^3/s i 10 dm^3/s [12]. The calculations utilised the Darcy-Weisbach equation and the Hazen-Williams equation.

The Darcy-Weisbach equation [5]

$$\Delta p = \lambda \, x \frac{L}{d} \, x \, \frac{\rho \, x \, v^2}{2} \quad (1)$$

where:
Δp – the loss of pressure in the conduit [Pa],
v – the average speed of liquid in the conduit [m/s],
L – the length of the conduit [m],
d – the internal diameter of the conduit [m],
ρ – the density of water [kg/m^3],
λ – line loss coefficient [-] (depending on the roughness of the conduit and the Reynolds number Re)

Wzór Hazena-Williamsa [5]

$$\Delta p = \frac{6{,}05\ x\ 10^5}{C^{1{,}85}\ x\ d^{4{,}87}}\ x\ L\ x\ Q^{1{,}85} \quad (2)$$

gdzie:
Δp – strata ciśnienia w przewodzie [bar],
Q – natężenie przepływu [dm³/min],
d – średnica wewnętrzna przewodu [mm],
C – stała charakterystyczna dla rodzaju i stanu przewodu [-], (tabela 2),
L – długość przewodu [m].

The Hazen-Williams equation [5]

$$\Delta p = \frac{6{,}05\ x\ 10^5}{C^{1{,}85}\ x\ d^{4{,}87}}\ x\ L\ x\ Q^{1{,}85} \quad (2)$$

where:
Δp – the loss of pressure in the conduit [bar],
Q – the flow rate [dm³/min],
d – the internal diameter of the conduit [mm],
C – a constant matching the type and condition of the conduit [-], (Table 2),
L – the length of the conduit [m].

Tabela 2. Wartości współczynnika C we wzorze Hazena-Williamsa
Table 2. The values of the C coefficient in the Hazen-Williams equation

Materiał przewodu / Conduit material	Współczynnik C / C Coefficient – characteristic of the type and condition of the conduit
Przewód stalowy ocynkowany / Galvanised steel conduit	120
Przewód miedziany / Copper conduit	140

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wyniki obliczeń

Przyjęte do obliczeń średnice przewodów wodociągowych i ich masy podano w tabelach 3 i 4. Z kolei pola przekrojów wewnętrznych zostały wskazane w tabeli 5. Dane dotyczące przewodów miedzianych, traktowanych dalej jako rury gładkie, podano informacyjnie – ze względu na cenę przewody powyżej DN 50 są stosowane bardzo rzadko.

Calculation results

The diameters and weights of water conduits used in the calculations are provided in Tables 3 and 4. The areas of internal sections are listed in Table 5. The data on copper conduits, further considered as smooth pipes, are provided for information purposes – due to their pricing, conduits above the DN 50 standard find limited application.

Tabela 3. Średnice wewnętrzne rur wodociągowych (stalowe ocynkowane – wg PN-B-02861:1994) [9]
Table 3. The internal diameters of water pipes (galvanised steel – as per PN-B-02861:1994) [9]

Średnica nominalna / Nominal diameter	Średnica zewnętrzna / wewnętrzna / grubość ścianki [mm] External diameter / internal diameter / thickness of the wall / [mm]	
[mm]	Przewód stalowy ocynkowany / Galvanised steel conduit	Przewód miedziany / Copper conduit
50	60,3 / 53 / 3,65	54 / 51 / 1,5
65	76,1,8 / 68,8 / 3,65	76,1 / 72,1 / 2
80	88,9 / 80,8 / 4,05	88,9 / 84,9 / 2
100	114,3 / 105,3 / 4,50	108 / 104 / 2

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Zaprezentowane w tabeli 4 zestawienie wskazuje, że wraz ze zwiększaniem się średnicy nominalnej DN, zwiększa się także masa instalacji. Jednoznacznie można stwierdzić, że instalacja wykonana z przewodów miedzianych jest zdecydowanie lżejsza, ale jednocześnie dużo droższa, a co za tym idzie bardzo rzadko stosowana.

The list in Table 4 suggests that along with the increase in the DN nominal diameter, the weight of the system goes up as well. One can unambiguously conclude that a system comprised of copper conduits, while much lighter, is also more expensive and, therefore, very rarely used.

ISSN 1895-8443

Tabela 4. Masa 1 [mb] wybranych przewodów wodociągowych
Table 4. Weight of 1 [mb] of selected water conduits

Średnica nominalna / Nominal diameter	Masa / Weight [kg/mb]	
[mm]	Przewód stalowy ocynkowany, odmiana średnia / Galvanised steel conduit, medium variety	Przewód miedziany / Copper conduit
50	5,12	1,98
65	6,52	3,72
80	8,47	4,36
100	12,19	5,33

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 5. Pola przekroju przewodów wodociągowych
Table 5. Cross-sectional area of water pipes

Średnica nominalna / Nominal diameter	Pole przekroju / Cross-sectional area			
	Rury stalowe średnie / Medium steel pipes		Rury miedziane / Copper pipes	
[mm]	[mm]	[m²]	[mm]	[m²]
50	53	$0{,}22 \times 10^{-2}$	51	$0{,}20 \times 10^{-2}$
65	68,8	$0{,}37 \times 10^{-2}$	72,1	$0{,}41 \times 10^{-2}$
80	80,8	$0{,}51 \times 10^{-2}$	84,9	$0{,}57 \times 10^{-2}$
100	105,3	$0{,}87 \times 10^{-2}$	104	$0{,}85 \times 10^{-2}$

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Dla wybranych przewodów określono prędkości przepływu w zależności od wydatku. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 6.

For selected conduits, flow rates were specified depending on the throughput. The results of the calculations are presented in Table 6.

Tabela 6. Prędkości przepływu w zależności od wydatku
Table 6. Flow rates depending on the throughput

Średnica nominalna / Nominal diameter	Natężenie przepływu / Flow rate	Prędkość przepływu v [m/s] / Speed of liquid	
[mm]	[dm³/s]	Rury stalowe / Steel pipes	Rury miedziane / Copper pipes
50	2,5	1,13	1,22
	5,0	2,27	2,45
	10,0	4,55	4,90
65	2,5	0,67	0,60
	5,0	1,35	1,21
	10,0	2,42	2,70
80	2,5	0,49	0,45
	5,0	0,98	0,88
	10,0	1,96	1,77
100	2,5	0,28	0,29
	5,0	0,57	0,59
	10,0	1,14	1,18

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w tabeli 6 można stwierdzić, że wraz ze zmianą średnicy nominalnej DN na większą, prędkość przepływu v przy tych samych wydajnościach Q maleje (powyższa zależność dotyczy zarówno przewodów stalowych, jak i miedzianych). Co ciekawe przy średnicach nominalnych DN 50 oraz DN 100 to w przewodach miedzianych uzyskuje się większe prędkości przepływu v dla tych samych wydatków Q, natomiast przy DN 65 oraz DN 80 sytuacja jest odwrotna i to przewody stalowe charakteryzują się większymi przepływami v przy tych samych wydajnościach Q.

Wyniki obliczeń liniowych strat ciśnienia według wzoru Darcy-Weisbacha w rurach stalowych i w rurach miedzianych przedstawiono w tabelach 7 i 8.

The analysis of the results in Table 6 suggests that along with the increase in the DN nominal diameter, the flow rate (*v*) at the same efficiencies (Q) decreases (a correlation observed in both steel and copper conduits). Interestingly, at the nominal DN 50 and DN 100 diameters, copper conduits deliver higher flow rates (*v*) at the same throughputs (Q); for DN 65 and DN 80 this is quite the opposite, with steel conduits characterised by higher flow rates (*v*) at the same throughputs (Q).

The results of the linear calculations of pressure losses made with the Darcy-Weisbach equation for steel and copper pipes are shown in Tables 7 and 8.

Tabela 7. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach stalowych wg wzoru Darcy-Weisbacha
Table 7. Pressure losses over a length of 100 m in steel pipes as per the Darcy-Weisbach equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	s/d	Q Natężenie przepływu / Flow rate	v Prędkość przepływu wody / Speed of water	Re Liczba Reynoldsa / Reynolds number	λ Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient	Δp Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient
[mm]	[-]	[dm³/s]	[m/s]	[-]	[-]	[kPa/100 m]
50	0,03	2,5	1,13	59500	0,029	37
		5,0	2,27	119000	0,0275	142
		10,0	4,55	238000	0,027	559
65	0,023	2,5	0,67	45800	0,0265	9,15
		5,0	1,35	91600	0,026	36,5
		10,0	2,70	183200	0,025	140,2
80	0,018	2,5	0,49	39400	0,024	3,6
		5,0	0,98	78700	0,022	12,2
		10,0	1,96	157400	0,021	50,4
100	0,015	2,5	0,28	30300	0,023	1,03
		5,0	0,57	60700	0,022	3,6
		10,0	1,14	121400	0,0185	12,0

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 8. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach miedzianych wg wzoru Darcy-Weisbacha
Table 8. Pressure losses over a length of 100 m in copper pipes as per the Darcy-Weisbach equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	Q Natężenie przepływu / Flow rate	v Prędkość przepływu wody / Speed of water	Re Liczba Reynoldsa / Reynolds number	λ Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient	Δp Współczynnik strat liniowych / Line loss coefficient
[mm]	[dm³/s]	[m/s]	[-]	[-]	[kPa/100 m]
50	2,5	1,22	54 500	0,0207	30,20
	5,0	2,45	109 000	0,0174	102,40
	10,0	4,90	219 000	0,0146	344,30
65	2,5	0,60	37 900	0,0226	5,64
	5,0	1,21	75 800	0,0191	21,50
	10,0	2,42	151 500	0,016	65,00
80	2,5	0,45	33 450	0,0234	2,79
	5,0	0,88	66 900	0,0196	8,97
	10,0	1,77	133 800	0,0165	30,50
100	2,5	0,29	26 400	0,0248	1,00
	5,0	0,59	52 800	0,0209	3,50
	10,0	1,18	105 600	0,0175	11,80

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Przewody miedziane mogą być traktowane jako przewody gładkie. W zakresie liczb Reynoldsa dotyczących rozpatrywanych przepływów współczynnik strat liniowy może być obliczany ze wzoru Blasiusa [5].

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3)$$

Liczbę Re obliczono, przyjmując lepkość kinematyczną v wody dla temperatury 15°C równą:

$$v = 1{,}142 \times 10^{-6}\ m^2/s \quad (4)$$

Wyniki obliczeń liniowych strat ciśnienia obliczone wg wzoru Hazena-Williamsa przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Copper conduits may be considered as being smooth-walled. With regard to the Reynolds numbers for the analysed flow rates, the linear loss coefficient can be calculated with the Blasius equation.

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3)$$

The Re number was calculated assuming the kinematic viscosity of water v (for a temperature of 15°C):

$$v = 1{,}142 \times 10^{-6}\ m^2/s \quad (4)$$

The results of the linear pressure loss calculations calculated according to the Hazen-Williams formula are shown in Tables 9 and 10.

Tabela 9. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach stalowych wg wzoru Hazena-Williamsa
Table 9. Pressure losses over a length of 100 m in steel pipes as per the Hazen-Williams equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	$C^{1,85}$ Współczynnik C / C Coefficient	d_w Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	$d_w^{4,87}$ Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	Q Natężenie przepływu / Flow rate	$Q^{1,85}$ Natężenie przepływu / Flow rate	Δp Strata ciśnienia w przewodzie / The loss of pressure in the conduit
[mm]	[-]	[mm]	[-]	[dm³/min]	[-]	[bar]
50	7022,4	53	249587875,9	150	10611,3	0,366
				300	38253,8	1,32
				600	137904,9	4,76
65		68,8	889315156,9	150	10611,3	0,10
				300	38253,8	0,37
				600	137904,9	1,34
80		80,8	1945778171	150	10611,3	0,45
				300	38253,8	0,169
				600	137904,9	0,61
100		105,3	7066854793	150	10611,3	0,013
				300	38253,8	0,046
				600	137904,9	0,168

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 10. Straty ciśnienia na długości 100 m w przewodach miedzianych według wzoru
Table 10. Pressure losses over a length of 100 m in copper conduits as per the Hazen-Williams equation

DN Średnica nominalna / Nominal diameter	$C^{1,85}$ Współczynnik C / C Coefficient	d_w Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	$d_w^{4,87}$ Wewnętrzna średnica przewodu / Internal diameter of the conduit)	Q Natężenie przepływu / Flow rate	$Q^{1,85}$ Natężenie przepływu / Flow rate	Δp Strata ciśnienia w przewodzie / The loss of pressure in the conduit
[mm]	[-]	[mm]	[-]	[dm³/min]	[-]	[bar]
50	9339,9	51	206950632,3	150	10611,3	0,332
				300	38253,8	1,197
				600	137904,9	4,316
65		72,1	1117235532	150	10611,3	0,061
				300	38253,8	0,222
				600	137904,9	0,799
80		84,9	2476169965	150	10611,3	0,028
				300	38253,8	0,100
				600	137904,9	0,361
100		104	6652001866	150	10611,3	0,010
				300	38253,8	0,037
				600	137904,9	0,134

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń oraz analizy zgromadzonych materiałów wykazano, że różnica strat liniowych na długości 100 m w przewodach DN 65 i DN 80 przy przepływie 2,5 dm^3/s (pobór wody z jednego zaworu) jest nieznaczna. Różnica strat liniowych na długości 100 m w przewodach DN 65 i DN 80 przy przepływie 5,0 dm^3/s (pobór wody z dwóch zaworów), czyli w warunkach maksymalnego obciążenia jednego pionu sprawnej instalacji, nie przekracza ok. 30 kPa, co odpowiada w przybliżeniu wysokości jednej kondygnacji. Straty liniowe na długości 100 m na pionie DN 100 są pomijalne, niezależnie od rozpatrywanych wydatków [10]. W budynkach wysokich piony DN 80 mogą być zastąpione przez piony DN 65 – nie wpłynie to istotnie na wzrost strat liniowych. W odniesieniu do budynków mieszkalnych należy rozważyć obniżenie wymagań w zakresie wydajności instalacji – stosowanie zaworów Ø33 dałoby możliwość wykorzystania pionów DN 50.

Zamiana DN 80 na DN 65 w budynkach wysokich pozwoli na obniżenie masy pionu o ok. 200 kg/100 mb. Z kolei w budynkach mieszkalnych stosowanie DN 50 zamiast DN 80 wpłynie na obniżenie masy pionu o ok. 330 kg. Obniżenie masy pionów przełoży się dodatkowo na zmniejszenie kosztów materiału, a tym samym kosztów robocizny i transportu. W związku z powyższym obniżenie masy pionów ma bezpośredni wpływ na środowisko naturalne m.in. w związku ze zmniejszeniem zużycia energii oraz materiałów.

Przeprowadzona analiza potwierdza zasadność wprowadzenia zmian w przepisach dotyczących minimalnych średnic pionów w budynkach wysokich. Przedmiotowe zmiany nie mają istotnego wpływu na pogorszenie parametrów pracy podczas operowania prądami wodnymi. Zmiana nie ogranicza możliwości prowadzenia w budynkach mieszkalnych skutecznych działań ratowniczych [2-3]. Ponadto proponowane zamiany przyczynią się do znaczących oszczędności związanych z redukcją zużycia materiału (co ma bezpośrednie przełożenie na obniżenie masy pionów), robocizny i transportu oraz będą miały pozytywny wpływ na środowisko naturalne. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że dla każdej projektowanej instalacji wymagane jest wykonanie obliczeń hydraulicznych z uwzględnieniem założonych wydatków, wymiarów rurociągów i miejscowych strat ciśnienia. Autorzy artykułu wyrażają przekonanie, że przeprowadzone w fazie projektowania instalacji obliczenia potwierdzą zawarte w artykule tezy w zakresie doboru średnic.

Conclusions

The results of the calculations and the analysis of the collected materials indicate that there is only a marginal difference in linear losses at a length of 100 m in DN 65 and DN 80 conduits at a flow rate of 2.5 dm^3/s (water intake from one valve). The difference between linear losses at a length of 100 m in DN 65 and DN 80 conduits at a flow rate of 5.0 dm^3/s (intake of water from two valves), i.e. under the maximum load of one riser in a system in good working order, does not exceed approx. 30 kPa, which roughly corresponds to the height of one storey. Linear losses at a length of 100 m in a DN 100 riser are negligible, regardless of the assumed throughputs [10]. In high-rise buildings, DN 80 risers can be replaced by their DN 65 counterparts, and such a change will not lead to any substantial increases in linear losses. As regards residential buildings, an option worth considering would be to reduce the required efficiency targets for water-supply systems – the introduction of Ø33 valves should open the way for using DN 50 risers.

Replacing DN 80 risers with DN 65 risers in high-rise buildings should result in a reduction of the riser weight by around 200 kg/100 linear metre. With DN 80 risers replaced by their DN 50 counterparts in residential buildings, the resulting weight of the risers should drop by around 330 kg. The lower weight of the risers will also contribute to reduced costs of materials and, at the same time, the costs of labour and transport. Consequently, the reduced weight of risers exerts a direct impact on the environment, e.g. through the reduced consumption of energy, materials, etc.

The analysis carried out in this respect seems to confirm the validity of changes to the regulations on the minimum riser diameters in high-rise buildings. These changes would not contribute to a marked deterioration in the operating parameters of water currents, nor would they compromise the possibility of delivering effective rescue and emergency response [2-3]. Furthermore, the proposed changes should generate major savings from the reduced consumption of materials (thus directly translating into lower riser weights), labour and transport, as well as have a favourable impact on the environment. It is also important to note that for each of the designed systems, hydraulic calculations must be carried out with the inclusion of the assumed throughput, pipeline sizes, and local pressure losses. The authors believe that the calculations performed at the design stage will confirm the theses on the selection of diameters, as presented in the article.

Literatura / Literature

[1] Denczew S., *Przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę*, Wyd. SGSP, Warszawa 2012.

[2] Drzymała T., Kieliszek S., Szutkowski M., *Analiza wymagań dla instalacji wodociągowych przeciwpożarowych w wysokich budynkach mieszkalnych*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 275–284.

[3] Gałaj J., Drzymała T., Tabaka D., *Analiza wpływu wydajności na rozkład średnic kropel w strumieniu rozpylonym wytwarzanym przez prądownicę Turbo Master 52*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 51–62.

[4] Kieliszek S., Drzymała T., *Wybrane problemy zasilania w wodę instalacji wodociągowych przeciwpożarowych w wysokich budynkach mieszkalnych*, BiTP Vol. 43 Issue 3, 2016, pp. 195–198.

[5] Osuch-Pajdzińska E., Roman M., *Sieci i obiekty wodociągowe*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.

 ISSN 1895-8443

[6] PN-71/B-02-861. Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Suche piony. Wymagania i badania.
[7] PN-72/B-02865 Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Przeciwpożarowe zaopatrzenie wodne. Instalacja wodociągowa wewnętrzna przeciwpożarowa.
[8] PN-76/B-02861 Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Suche piony. Wymagania i badania.
[9] PN-B-02861:1994 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Suche piony.
[10] PN-B-02865:1997 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwpożarowe zaopatrzenie wodne. Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa.
[11] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380 z późn. zm.).
[12] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109, poz. 719).

MŁ. BRYG. DR INŻ. TOMASZ DRZYMAŁA – jest absolwentem dziennych studiów magisterskich Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, którą ukończył w 2004 roku na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Pracę zawodową rozpoczął w 2004 roku na stanowisku asystenta w Zakładzie Hydromechaniki i Przeciwpożarowego Zaopatrzenia w Wodę. Od 2011 roku zajmuje stanowisko kierownika Zakładu Podstaw Budownictwa i Materiałów Budowlanych w Katedrze Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń. W ramach rozwoju naukowego uczestniczy z referatami w konferencjach krajowych i zagranicznych, publikuje w czasopismach fachowych. Jest autorem oraz współautorem kilkudziesięciu artykułów i publikacji naukowych o tematyce dotyczącej ochrony przeciwpożarowej oraz budownictwa. Jego główne zainteresowanie skupia się obecnie na komputerowym modelowaniu procesów gaszenia oraz badaniu wpływu wysokich temperatur na zmianę właściwości materiałów kompozytowych.

TOMASZ DRZYMAŁA, Ph.D. – In 2004 he completed his full-time Master's degree studies at the Faculty of Fire Safety Engineering of the Main School of Fire Service in Warsaw. He started his professional career in 2004 as an assistant at the Institute of Hydromechanics and Firefighting Water Supply. Since 2011 he has been the head of the Institute of Construction Fundamentals and Building Materials at the Construction Safety Department. In his academic path, he presents his papers at domestic and foreign conferences and publishes in professional magazines. He s the author and co-author of several dozen articles and science publications on fire protection and construction. His main interests currently include computer-aided extinguishing processes modelling and research into the influence of high temperatures on the properties of composite materials.

ST. BRYG. W ST. SPOCZ. DR INŻ. SYLWESTER KIELISZEK – ukończył dzienne studia na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Posiada uprawnienia rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych. Od ukończenia studiów jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym WOSP, a następnie SGSP. W latach 1988–1999 oraz 2002–2016 zajmował stanowisko kierownika Katedry Techniki Pożarniczej. Prowadzi zajęcia z przedmiotów: hydromechanika i przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę, termodynamika. W pracy naukowej zajmuje się głównie badaniem własności przepływowych sprzętu pożarniczego. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów oraz wielu ekspertyz z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

SYLWESTER KIELISZEK, Ph.D. Eng. – a graduate of full-time studies from the Faculty of Power and Aeronautical Engineering of the Warsaw University of Technology. He is a certified fire-risk surveyor. Since majoring, he has been an academic at the Higher School for Fire-Service Officers and then at the Main School of the Fire Service. In the years 1988–1999 and 2002–2016, he held the position of the Head of the Firefighting Technical Science Department. He holds classes in Hydromechanics, Fire-water supply and Thermodynamics. His scientific activities mainly include researching the flow properties of fire-fighting equipment. He has authored and co-authored a number of papers and expert reports in the field of fire protection.

KPT. MGR INŻ. JOANNA BINIO – jest absolwentką Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, którą ukończyła w 2012 roku na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Pracę zawodową rozpoczęła w 2012 roku na stanowisku dowódcy sekcji w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej SGSP, następnie na stanowisku asystenta w Zakładzie Hydromechaniki i Przeciwpożarowego Zaopatrzenia w Wodę. Od 2016 roku pełni funkcję Kierownika Pracowni – Laboratorium Hydromechaniki. Swoje badania oraz kierunek zainteresowań wiąże bezpośrednio z mechaniką płynów, badaniem właściwości przepływowych przewodów oraz przeciwpożarowym zaopatrzeniem w wodę. W ramach rozwoju naukowego uczestniczy w konferencjach krajowych i zagranicznych. Jest współautorką artykułów z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

JOANNA BINIO, M.Sc.Eng. – in 2012, she graduated from the Faculty of Fire Safety Engineering at the Main School of Fire Service in Warsaw. She started her career in 2012 as a Section Commander at the MSFS Rescue & Firefighting Unit, and then as assistant at the Department of Hydromechanics and Fire-Water Supply. In 2016, she became Head of the Hydromechanics Workshop–Laboratory. Her research and academic interests are directly related to the mechanics of liquids, analyses of the flow-related properties of conduits, and fire-water supply. As part of her academic development, Joanna Binio attends conferences in Poland and abroad. She has co-authored several papers on fire protection.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

bryg. mgr inż. Wiesław Drosio[a)], st. kpt. mgr inż. Rafał Podlasiński[b)], mgr inż. Łukasz Pastuszka[c)*]

[a)] *Komenda Powiatowa Państwowej Straży Pożarnej w Wołominie / District Headquarters of the State Fire Service in Wołomin*
[b)] *Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej m. st. Warszawy / Municipal Headquarters of the State Fire Service in Warsaw*
[c)] *Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. J. Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: lpastuszka@cnbop.pl*

Analiza wyposażenia stosowanego przez grupy poszukiwawczo-ratownicze podczas działań w kraju i za granicą

An Analysis of the Equipment Used by Search and Rescue Groups at Home and Abroad

Анализ оборудования, используемого спасательно-поисковыми группами во время действий в стране и за рубежом

ABSTRAKT

Cel: Głównym celem artykułu jest przedstawienie oraz przeanalizowanie aktualnego podziału wyposażenia grup poszukiwawczo-ratowniczych.

Wprowadzenie: Najbardziej dynamiczny rozwój standardów sprzętowych w Polsce miał miejsce po akcjach przeprowadzanych poza granicami kraju. Doświadczenie praktyczne zdobyte za granicą pozwoliło na wprowadzenie w życie zmian mających na celu poprawę bezpieczeństwa oraz jakości działań ratowniczych. W związku z tym, że na jakość działań w dużym stopniu wpływają warunki wypoczynku ratowników, szczególne środki poświęcono rozbudowie sprzętu logistyki. Baza operacji to skomplikowana strefa, która powinna zapewniać ratownikom możliwość wypoczynku, konserwacji sprzętu oraz udzielania pomocy medycznej w najwyższych standardach higieny.

Materiał i metoda: Przeprowadzono analizę normatywów sprzętowych dla różnych poziomów gotowości. Do tego celu wykorzystano dokument pod nazwą *Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w KSRG*. Materiał źródłowy do analizy nie jest rozbudowany, ponieważ do tej pory nie powstały odpowiednie publikacje nawiązujące do akcji poszukiwawczych. To ratownicy od samego początku mają wpływ na rozwój standardów. W artykule przedłożono kategoryzację sprzętu na stosowany do działań poszukiwawczych (sprzęt elektroniczny) oraz do działań technicznych (ratownictwa wysokościowego, chemicznego, medycznego itp.). Nowym wyposażeniem grup jest sprzęt logistyczny (kwatermistrzowski). Wyszczególniono, w jakiej ilości wykorzystywany jest on w kraju, a w jakiej za granicą. Różnice potwierdzają odmienną charakterystykę działań grup poszukiwawczo-ratowniczych na terenie kraju i za granicą.

Wnioski: Doświadczenie praktyczne autorów zdobyte podczas działań międzynarodowych oraz otrzymane wyniki analizy dokumentów źródłowych pozwoliły na sformułowanie głównych wniosków:

1. Normatywy sprzętowe muszą być stale akutalizowane ze względu na ciągły rozwój taktyki i technologii.
2. Ważną gałęzią działań poza granicami kraju jest logistyka. Pozwala ona na ergonomiczne, samowystarczalne działania specjalistycznych grup poszukiwawczo-ratowniczych (SGPR). Odpowiedni wypoczynek bezpośrednio przekłada się na możliwość prowadzenia długotrwałych działań przy jednoczesnym zachowaniu najwyższego stopnia zaangażowania.
3. Rozwój normatywów sprzętowych musi iść dziś dwutorowo – do działań w kraju i za granicą.

Słowa kluczowe: wyposażenie, specjalistyczna grupa poszukiwawczo-ratownicza, normatyw sprzętowy, USAR, logistyka, gotowość, baza operacji

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 21.11.2016; Zrecenzowany: 14.02.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 124–139, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.9;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Objective: The main objective of the article is to present and analyse the current division of the equipment of search and rescue groups.

Background: The most dynamic development of equipment standards in Poland has been observed after actions carried out outside the country borders. The experience gained abroad has enabled changes to improve the safety and quality of rescue operations. Due to the fact the quality of operations is considerably influenced by the leisure conditions provided for rescuers, special measures have been taken to expand the logistics equipment. An operations base is a complex area which should enable the rescuers to rest, to carry out equipment maintenance works and to provide medical aid with the highest hygienic standards.

Material and method: Equipment standards for various capability levels was conducted using the document "The organisation rules of search and rescue operations in the National Firefighting and Rescue System". The source material for the analysis is not extensive, as, so far, no relevant publications on search operations have been created. Still, rescuers have had impact on the development of standards from the start. The article presents the categories of equipment in use during search operations (electronic equipment), and technical measures (high-altitude, chemical and medical rescue, etc.). Logistics (quartermaster's) equipment is a new element within the groups' equipment, and the quantities in which it is used in Poland and abroad are specified. The differences confirm the varying characteristics of the operations of search and rescue groups inside the country and abroad.

Conclusions: The practical experience of the authors resulting from their participation in international operations and the obtained results of the analysis of source documents made it possible to formulate the main conclusions.

1. Equipment standards should be updated on an ongoing basis due to the continuous development of tactics and technology.
2. Logistics is an important aspect of operations abroad. It enables the ergonomic, self-sufficient operations of specialised search and rescue groups (SGPR). Optimum leisure conditions are directly related to the possibility of the conducting of long-term operations, while simultaneously maintaining the highest rate of involvement.
3. Equipment standards must be based on a two-way approach, for inside Poland and abroad.

Keywords: equipment, specialised search and rescue group, equipment standard, USAR, logistics, capability, operations base

Type of article: review article

Received: 21.11.2016; Reviewed: 14.02.2017; Published: 30.06.2017;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 124–139, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.9;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Основная цель статьи заключается в представлении и анализе актуальной классификации оборудования спасательно-поисковых групп.

Введение: Наиболее динамичное развитие стандартов оборудования в Польше наблюдалось после действий, проводимых за границей. Практический опыт, накопленный за рубежом, позволил внедрить изменения, направленные на повышение безопасности и качества спасательной деятельности. В связи с тем, что качество работы спасателей в значительной степени зависит от условий их отдыха, особые средства были предназначены на расширение материально-технического оборудования. Оперативная база является сложной областью, которая должна обеспечить возможность отдыха спасателей, обслуживания оборудования и предоставления медицинской помощи с соблюдением самих высоких стандартов гигиены.

Материалы и методы: Был проведен анализ стандартов оборудования для различных уровней готовности. С этой целью был использован документ под названием *Принципы организации поисково-спасательных работ в KSRG*. Исходный материал для анализа не является обширным, потому что до сих пор не были разработаны соответствующие публикации на тему поисковых действий. Первоначально именно спасатели влияют на разработку стандартов. В статье представлена классификация оборудования, которое используют в поисковых (электронное оборудование) и в технических (высотного, химического, медицинского спасения и т.д.) работах. Новым оснащением групп является логистическое оборудование (квартирмейстерское). Было перечислено, в каком количестве оно используется в стране, и в каком за рубежом. Эти различия подтверждают отличающуюся друг от друга характеристики деятельности поисково-спасательных групп в стране и за рубежом.

Выводы: Практический опыт авторов полученный в результате участия в международной спасательной деятельности а также результаты анализа исходных документов позволили сформулировать основные выводы:

1. Стандарты оборудования должны постоянно обновляться в связи с непрерывным развитием тактики и технологии.
2. Важной частью действий за пределами страны является логистика. Она позволяет специализированным поисково-спасательных группам (SGPR) проводить эргономическую и самодостаточную деятельность. Соответствующий отдых непосредственно отражается на способности проводить долгосрочные действия, сохраняя при этом высокую степень участия.
3. Разработка стандартов оборудования должна осуществляться двумя путями – для действий в стране и за рубежом.

Ключевые слова: оснащение, специализированная поисково-спасательная группа, стандарт для оборудования, USAR, логистика, готовность, оперативная база

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 21.11.2016; Рецензирована: 14.02.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 124–139, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.9;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Obecnie w Polsce wszystkie grupy poszukiwawczo-ratownicze dysponują nowoczesnym wyposażeniem do działań ratowniczych podczas awarii lub katastrof budowlanych. Łatwo można zaobserwować dwie prawidłowości. Pierwsza to taka, że sprzęt stanowiący wyposażenie poszczególnych grup jest identyczny lub przynajmniej kompatybilny. Dzięki temu taktyka działań ratowniczych w grupach jest bardzo podobna i ratownicy z różnych grup mogą wspólnie tworzyć zespoły mieszane, w szczególności poza granicami kraju. Kolejnym, nietrudnym do wyśledzenia faktem jest to, że nie wszystkie grupy poszukiwawczo-ratownicze dysponują taką samą ilością i każdym rodzajem sprzętu. Skąd wynika to zróżnicowanie? Do zrozumienia tego stanu rzeczy potrzebna jest wiedza i znajomość *Zasad organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym* zatwierdzonych przez komendanta głównego PSP. Na ich podstawie zdefiniowana jest gradacja standardów gotowości operacyjnej grup poszukiwawczo-ratowniczych. Wiąże się z tym bezpośrednio zakres działań poszczególnych SGPR oraz standard minimalnego wyposażenia na danym poziomie gotowości operacyjnej.

Zakres działań poszukiwawczo-ratowniczych [1]

Ze względu na posiadany sprzęt, wyszkolenie i możliwości realizacji zadań wprowadzono pewien podział zobowiązań i kompetencji w działaniach poszukiwawczo-ratowniczych. Wyróżnia się trzy zakresy działań:

- podstawowy,
- specjalistyczny,
- specjalistyczny do działań międzynarodowych.

Zakres podstawowy obejmuje czynności ratownicze wykonywane przez wszystkie jednostki ratowniczo-gaśnicze Państwowej Straży Pożarnej, a także przez inne jednostki ochrony przeciwpożarowej lub inne podmioty deklarujące w gotowości operacyjnej zdolność do realizacji zadań według posiadanych możliwości organizacyjno-sprzętowych i wyszkolenia, w systemie całodobowym i całorocznym. Zakres specjalistyczny realizowany jest tylko przez specjalistyczne grupy poszukiwawczo-ratownicze (SGPR) organizowane przez Państwową Straż Pożarną i inne podmioty, których wyposażenie i wyszkolenie ratowników pozwala realizować w systemie całodobowym i całorocznym podstawowe i specjalistyczne czynności ratownicze na terenie kraju. Definiuje się dodatkowo zakres specjalistyczny w pomocy międzynarodowej realizowany przez specjalistyczną grupę poszukiwawczo-ratowniczą (USAR Poland) poza granicami kraju.

Standard gotowości operacyjnej do działań poszukiwawczo-ratowniczych w zakresie specjalistycznym [1]

W zależności od możliwości realizowania zadań ratowniczych, liczebności ratowników i ich kwalifikacji oraz wyposażenia technicznego, poszczególne grupy poszukiwawczo-ratownicze utrzymują gotowość operacyjną poziomu **A, B, C oraz**

Background

Currently, all search and rescue groups in Poland have state-of-the-art equipment for rescue operations during failures or construction disasters. Two observations can be made in this regard – first, the equipment at the disposal of the respective groups is identical or at least compatible. For this reason, the tactics of rescue operations in groups is very similar and rescuers from different groups may create mixed groups, especially abroad. Another fact which can be easily noticed is that not all search and rescue groups have an identical number and each type of equipment. What do these differences stem from? A prerequisite for understanding this issue is the knowledge of "The organisation rules of search and rescue operations in the National Firefighting and Rescue System" approved by the Chief Commandant of the State Fire Service. These form the basis for grading operating capability standards for search and rescue groups. Moreover, these are directly associated with the range of operations of particular Specialised Search and Rescue Groups and the minimum equipment standard at a specific level of operating capability.

Range of search and rescue operations [1]

Due to the equipment, training and task performance capabilities, a division of responsibilities and authorisations for search and rescue operations was introduced. Three ranges of operations are distinguished:

- basic,
- specialised,
- specialised in international operations.

The basic range covers rescue operations performed by all firefighting and rescue units of the State Fire Service and by other fire protection units or other entities declaring operating capability to perform tasks based on their organisational and equipment potential, as well as training, in a 24-hour and all-year arrangement. The specialised range is supplied only by Specialised Search and Rescue Groups (SGPR) organised by the State Fire Service and other entities whose equipment and training enables the provision of 24-hour and all-year basic and specialised rescue operations in Poland. In addition, specialised range in international assistance is defined, implemented by a specialised search and rescue group (USAR Poland) operating abroad.

Operating capability standards of specialised search and rescue operations [1]

Depending on the capability to implement rescue tasks, the number of rescuers and their qualifications, and also the available technical equipment, particular search and rescue groups maintain operating capability at levels **A, B, C and the USAR Poland level**. Maintaining capability at a specific level

ISSN 1895-8443

poziomu gotowości USAR Poland. Utrzymywanie gotowości określonego poziomu wymaga spełnienia wszystkich standardów wymaganych dla danego poziomu w zakresie realizowanych zadań ratowniczych, liczebności ratowników i ich kwalifikacji oraz wyposażenia technicznego. W przypadku pojedynczych braków w wyposażeniu technicznym decyzję o zadeklarowaniu odpowiedniego poziomu gotowości podejmuje dowódca grupy, mając na względzie możliwość bezpiecznego wykonywania zadań dla określonego poziomu gotowości.

Standard gotowości operacyjnej dla poszczególnych poziomów [1]

Poziom gotowości A

Gotowość operacyjną poziomu A określa się jako zdolność do podjęcia działań polegających na realizacji określonych zadań przez co najmniej 2 strażaków-ratowników o minimalnych wymaganych kwalifikacjach, wyposażonych w sprzęt o określonym standardzie, przy zachowaniu niezwłocznego czasu alarmowania.

Poziom gotowości B

Gotowość operacyjną poziomu B określa się jako zdolność do podjęcia działań polegających na realizacji określonych zadań przez co najmniej 2 strażaków-ratowników z dwoma psami poszukiwawczymi z ważną specjalnością gruzowiskową oraz wyposażonych w sprzęt o określonym standardzie. Maksymalny czas alarmowania dla tego poziomu wynosi nie więcej niż 90 minut.

Poziom gotowości C

Gotowość operacyjną poziomu C określa się jako zdolność do podjęcia działań polegających na realizacji zadań przez sekcję składającą się z co najmniej 8 strażaków-ratowników o określonych minimalnych kwalifikacjach, z dwoma psami poszukiwawczymi z ważną specjalnością gruzowiskową, wyposażonych w sprzęt o określonym standardzie. Maksymalny czas alarmowania dla tej sekcji wynosi do 90 minut. Dopuszcza się zgłoszenie gotowości operacyjnej poziomu C w sytuacji, gdy w danym dniu grupa nie dysponuje zespołami z psami ratowniczymi, pod warunkiem zachowania niezwłocznego czasu alarmowania.

Poziom gotowości USAR POLAND

Gotowość operacyjną poziomu USAR POLAND określa się jako gotowość do wyjazdu z jednostki macierzystej w rejon koncentracji sił i środków wchodzących w skład USAR POLAND przy zachowaniu maksymalnego czasu alarmowania do 360 minut.

Zakres specjalistycznych działań poszukiwawczo-ratowniczych [1]

Dla **poziomu gotowości A** zakres działań obejmuje:
- lokalizację osób z zastosowaniem urządzeń nasłuchowych (geofonu), technicznego sprzętu lokacyjnego – kamery wziernikowej, termowizyjnej,
- udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy.

Dla **poziomu gotowości B** zakres działań obejmuje:

requires compliance with all the standards for the implemented rescue tasks, the number of rescuers, their qualifications and technical equipment specified for a given level. In the case of single missing items in the technical equipment, a decision to declare a specific capability level is made by the group commander, taking into consideration the possibility of a safe performance of tasks within the specified capability level.

Operating capability standard for selected levels [1]

A level capability

Operating capability level A is defined as an ability to perform operations involving specified tasks by at least 2 rescue firefighters with the minimum specified qualifications, with equipment of a specified standard, maintaining an immediate alert time.

B level capability

The B level capability is defined as an ability to perform operations involving specified tasks by at least 2 rescue firefighters with two search dogs holding a valid authorisation for dogs to work in rubble, with equipment of a specified standard, maintaining an alert time of 90 minutes.

C level capability

The C level capability is defined as an ability to perform operations involving specified tasks by a unit consisting of at least 8 rescue firefighters having specified minimum qualifications, with two search dogs holding a valid authorisation for dogs working in rubble, with equipment of a specified standard, maintaining an alert time of 90 minutes. It is acceptable to report a C level operating capability in a situation when on a given date, the group does not have rescue dogs at its disposal, while still maintaining the immediate alert time.

USAR Poland capability level

The USAR POLAND level capability is defined as an ability to depart from the home unit to the area of concentration of forces and resources constituting USAR POLAND, while maintaining the maximum alert time up to 360 minutes.

The range of specialised search and rescue operations [1]

For the **A capability level**, the range of operations includes:
- locating people with the use of geophone listening devices and technical location devices – probes and thermal imaging cameras,
- providing specialist first aid.

For the **B capability level**, the range of operations encompasses:

— poszukiwanie osób zaginionych z wykorzystywaniem psów ratowniczych,
— udzielenie kwalifikowanej pierwszej pomocy.

Dla **poziomu gotowości C** zakres działań obejmuje:

— zadania określone dla działań poszukiwawczo-ratowniczych w zakresie podstawowym,
— zadania określone dla poziomu gotowości A i B,
— działania techniczne: cięcie, kruszenie, przebijanie się przez gruzy, ściany betonowe, podłogi, kolumny i słupy, stal strukturalną, belki zbrojone i drewno, o następujących parametrach:
  • betonowe ściany i podłogi – min. 300 mm,
  • betonowe kolumny i słupy – min. 450 mm,
  • stal strukturalna – min. 6 mm,
  • wzmocnione sztaby – min. 20 mm,
  • drewno – min. 600 mm;
— wykonywanie przebić pionowych do góry i w dół do pustej przestrzeni,
— wykonywanie przebić poziomych do pustej przestrzeni,
— wykonywanie olinowania oraz unoszenie i przemieszczanie betonowych elementów strukturalnych i konstrukcyjnych o masie 2,5 tony, przy zastosowaniu następujących metod i sprzętu (sprzęt hydrauliczny, pneumatyczny, urządzenia ręczne, wciągarki),
— wykonanie stabilizacji elementów konstrukcji budowlanych,
— stosowanie technik alpinistycznych,
— kontrolowanie bezpieczeństwa działań i statyki zniszczonych konstrukcji budowlanych,
— udzielanie kwalifikowanej pierwszej pomocy w ograniczonych, małych przestrzeniach w strefie zagrożenia.

Dla **poziomu gotowości USAR POLAND** zakres działań obejmuje zadania w ramach działań poszukiwawczo-ratowniczych poza granicami kraju.

Zasady organizacji i gotowości operacyjnej USAR Poland

Do działań poza granicami kraju tworzy się grupę poszukiwawczo-ratowniczą, zwaną dalej USAR Poland, w dwóch wariantach organizacyjnych:

— średnim**: 39**-osobowym (MUSAR – Medium USAR),
— ciężkim: **76**-osobowym (HUSAR – Heavy USAR).

Stany osobowe mogą w najbliższym czasie ulec zmianie.

Normatyw wyposażenia w sprzęt i środki techniczne dla działań poszukiwawczo-ratowniczych w zakresie specjalistycznych czynności ratowniczych

Po przeanalizowaniu wymogów wynikających bezpośrednio z gotowości operacyjnej oraz zakresu podejmowanych działań przez SGPR opracowano normatyw wyposażenia w sprzęt i środki techniczne do działań poszukiwawczo-ratowniczych w zakresie specjalistycznych czynności ratowniczych. W jego treści wyraźnie zdefiniowano grupy sprzętowe oraz ich wymaganą minimalną ilość dla każdego z zakresów. Jest to tzw. Załącznik nr 7 do *Zasad organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w KSRG*.

— searching for missing people with the participation of rescue dogs,
— providing specialist first aid.

For the **C capability level**, the range of operations includes:

— tasks specified for basic-level search and rescue operations,
— the tasks included under the A and B capability levels,
— technical operations: cutting, breaking, digging through rubble, concrete walls, floors, columns and pillars, structural steel, reinforced beams and wood with the following parameters:
  • concrete walls and floors – at least 300 mm,
  • concrete columns and pillars – at least 450 mm,
  • structural steel – at least 6 mm,
  • reinforced bars – at least 20 mm,
  • wood – at least 600 mm,
— performing vertical cuts-through upwards or downwards to reach empty space,
— performing horizontal cuts-through to reach empty space,
— preparing lines and lifting and moving structural and construction concrete elements with a weight of 2.5 tonnes, using the following methods and equipment (hydraulic, pneumatic and manual devices, winches),
— stabilising elements of building structures,
— using climbing techniques,
— controlling the safety of operations and the stability of damaged building structures,
— providing specialist first aid in small, confined spaces in the hazard zone.

The USAR POLAND capability level includes tasks within search and rescue operations outside Poland.

The rules of organisation and operating capability for USAR Poland

For operations outside Polish borders, a search and rescue group has been created, hereinafter referred to as USAR Poland, in two organisational variants:

— medium: **39**-people (MUSAR – Medium USAR),
— heavy: **76**-people (HUSAR – Heavy USAR),

These numbers can change in the near future.

The standard for equipment and technical supply for specialised search and rescue operations

After analysing the requirements related directly to operating capability and the range of operations undertaken by SGPR, a standard for equipment and technical supply for search and rescue operations was developed in the area of specialised rescue operations. It clearly defines equipment groups and the required minimum quantity for each range, specified in Appendix No. 7 to "The organisation rules of search and rescue operations in the National Firefighting and Rescue System".

ISSN 1895-8443

Tabela 1. Normatyw wyposażenia [1]
Table 1. Equipment standards [1]

Lp./ No.	Wyposażenie indywidualne ratownika GPR / Individual equipment of SRT rescuers	Grupa poziomu gotowości / Capability level group			
		A	B	C	USAR
1.	Kask ochronny z wyposażeniem / Protective helmet with equipment	12	6	44	39
2.	Kombinezon roboczy jednoczęściowy / Overalls	12	6	44	-
3.	Kombinezon roboczy jednoczęściowy Ratownicy USAR POLAND / Overalls for USAR POLAND rescuers	-	-	-	39
4.	Ubranie zimowe (Ratownicy USAR POLAND) / Winter clothing (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
5.	Ubranie letnie (Ratownicy USAR POLAND) / Summer clothing (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
6.	Bielizna antypotna / Anti-perspirant underwear	-	-	-	78
7.	Bielizna bawełniana / Cotton underwear	-	-	-	117
8.	Koszulka typu „t-shirt" / T-shirt	-	-	-	156
9.	Koszulka typu „polo"(Ratownicy USAR POLAND) / Polo shirt (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	78
10.	Czapka letnia typu „bejsbol" (Ratownicy USAR POLAND) / Baseball cap (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
11.	Kapelusz (Ratownicy USAR POLAND) / Hat (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
12.	Czapka zimowa typu polar (Ratownicy USAR POLAND) / Polar-fleece winter hat (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
13.	Kurtka i spodnie typu polar (Ratownicy USAR POLAND) / Polar-fleece jacket and trousers (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
14.	Kombinezon jednoczęściowy typu polar / Polar-fleece overalls	12	6	44	39
15.	Ubranie ochronne wiatrochronne membranowe dwuczęściowe (Ratownicy USAR POLAND) / Two-piece windproof protective clothing with a membrane (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
16.	Obuwie specjalne / Special footwear	12	6	44	39
17.	Obuwie specjalne 2 / Special-purpose footwear 2	-	-	-	39
18.	Kominiarka specjalna / Special-purpose balaclava	-	-	-	39
19.	Rękawice specjalne / Special-purpose gloves	12	6	44	39
20.	Pas specjalny z pojemnikami na elementy wyposażenia / Special-purpose belt with compartments for equipment elements	-	-	-	39
21.	Kamizelka taktyczna (Ratownicy USAR POLAND) / Tactical vest (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
22.	Apteczka osobista z wyposażeniem / Personal first-aid kit with equipment	-	-	-	39
23.	Nóż wielofunkcyjny / Multifunctional knife	-	-	-	39
24.	Gogle / Goggles	12	6	44	39
25.	Okulary ochronne przeciwsłoneczne (Ratownicy USAR POLAND) / Protective sunglasses (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
26.	Plecak podręczny (Ratownicy USAR POLAND) / Compact backpack (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
27.	Plecak transportowy lub plecako-torba (Ratownicy USAR POLAND) / Carrying backpack or combined bag and backpack (USAR POLAND rescuers)	-	-	-	39
28.	Worek transportowy / Carrying bag	-	-	-	39
29.	Karabinek HMS / HMS carabiner	-	-	-	39
30.	Śpiwór / Sleeping bag	-	-	-	39
31.	Karimata samopompująca / Self-inflating mat	-	-	-	39
	SPRZĘT KWATERMISTRZOWSKI / QUARTERMASTER'S EQUIPMENT				
1.	Namioty osobiste / Personal tents	-	-	-	39
2.	Skrzynie transportowe / Transport boxes	-	-	-	8
3.	Polowy zestaw kuchenny / Field cooking set	-	-	-	1
	WYPOSAŻENIE PSA RATOWNICZEGO / EQUIPMENT FOR RESCUE DOGS				
1.	Obroża zwykła / Regular collar	-	1	1	1
2.	Oznakowanie świetlne świecące własnym światłem i odbitym / Reflective and self-luminescent lighting	-	1	1	1
3.	Smycz / Leash	-	1	1	1
4.	Kaganiec / Muzzle	-	1	1	1

5.	Miska / Bowl	-	1	1	1
6.	Szorki identyfikacyjne / Identification harness	-	1	1	1
7.	Aport – zabawka / Fetch toy	-	1	1	1
8.	Kotwa do mocowania psa / Anchor post for dogs	-	1	1	1
9.	Pojemnik na wodę / Water container	-	1	1	1
10.	Kenel transportowy z legowiskiem / Transport kennel with a sleeping bed	-	1	1	1
11.	Kenel składany / Collapsible kennel	-	1	1	1
	WYPOSAŻENIE W SPRZĘT, POJAZDY I ŚRODKI TECHNICZNE / EQUIPMENT, VEHICLES AND TECHNICAL SUPPLY				
1.	Samochód do transportu zespołu ratowniczego i wyposażenia / Vehicle for transporting the rescue group and equipment	1	-	1	-
2.	Samochód ratownictwa SOP terenowy / Off-road SOP operating vehicle	-	-	1	-
3.	Quad + przyczepa / Quad with a trailer	-	1	1	-
4.	Samochód podzespołu poszukiwawczo-ratowniczego / Vehicle of the search and rescue subgroup	-	1	1	-
5.	Samochód podzespołu ratowniczego i wsparcia technicznego / Vehicle of the rescue and technical support subgroup	-	-	1	-
	SPRZĘT LOKALIZACYJNY / LOCATION EQUIPMENT				
1.	Urządzenie nasłuchowe – geofon / Geophone listening device	1	-	1	1
2.	Kamera wziernikowa na lancy teleskopowej do 5 m / Probe camera on a telescopic lance up to 5 m long	1	-	1	1
3.	Kamera wziernikowa na lancy teleskopowej do 1,5 m / Probe camera on a telescopic lance up to 1.5 m long	-	-	1	1
4.	Kamera termowizyjna pracująca w paśmie niskich temperatur / Thermal imaging camera for a low temperature range	-	-	1	1
5.	Wykrywacz urządzeń GSM / GSM device detector	-	-	1	1
6.	Lornetka z funkcja dalmierza / Binoculars with a rangefinder function	-	-	1	1
	SPRZĘT Z NAPĘDEM HYDRAULICZNYM / HYDRAULIC DRIVE EQUIPMENT				
1.	Stacja mocy / Power station	-	-	1	1
2.	Młot udarowy lekki / Light rotary hammer	-	-	1	1
3.	Młot udarowy średni / Medium rotary hammer	-	-	1	1
4.	Wiertnica rdzeniowa / Core drill rig	-	-	1	1
5.	Piła tarczowa / Circular saw	-	-	1	1
6.	Piła łańcuchowa do betonu / Chainsaw for concrete	-	-	1	1
7.	Pompa szlamowa / Sludge pump	-	-	1	1
	SPRZĘT Z NAPĘDEM SPALINOWYM / DIESEL DRIVE EQUIPMENT				
1.	Piła łańcuchowa do drewna / Chainsaw for wood	-	-	1	1
2.	Piła łańcuchowa do drewna / Chainsaw for wood	-	-	1	1
3.	Łańcuchy zapasowe / Spare chains	-	-	2	2
4.	Prowadnice zapasowe / Spare guides	-	-	2	2
5.	Piła tarczowa / Circular saw	-	-	1	1
6.	Piła tarczowa / Circular saw	-	-	1	1
7.	Tarcze diamentowe do betonu / Diamond discs for concrete	-	-	3	5
8.	Tarcze diamentowe do stali i żeliwa / Diamond discs for steel and cast-iron	-	-	3	5
9.	Tarcze korundowe do stali / Corundum discs for steel	-	-	3	5
10.	Zbiornik ciśnieniowy na wodę / Water pressure tank	-	-	1	1
11.	Piła łańcuchowa do betonu / Chainsaw for concrete cutting	-	-	1	2
12.	Pompa wodna do piły do betonu / Water pump for the chainsaw	-	-	1	2
13.	Łańcuch do żelbetonu / Chain for reinforced concrete	-	-	1	1
14.	Łańcuch do materiałów abrazyjnych / Chain for abrasive materials	-	-	1	1
15.	Prowadnica zapasowa / Spare guide	-	-	1	1
16.	Młot wyburzeniowy / Demolition hammer	-	-	1	1

ISSN 1895-8443

17.	Osprzęt młota udarowo obrotowego / Roto-drill accessories	-	-	1	1
18.	Wyciągarka linowa / Line winch	-	-	1	1
	SPRZĘT DO CIĘCIA TERMICZNEGO (wymagany jedne z proponowanych) / **THERMAL CUTTING EQUIPMENT** (one of the recommended types required)				
1.	Palnik gazowy – benzynowo-tlenowy / Oxy-fuel burner	-	-	1	11
2.	Palnik gazowy – acetylenowy / Acetylene-gas burner	-	-		
3.	Lanca tlenowa / Oxygen lance	-	-		
4.	Palnik elektryczno-gazowy / Electric-gas burner	-	-	-	1
5.	Zapas gazu roboczego butle 10 l / Operating gas supply – 10 l bottles	-	-	1	1
6.	Zapas gazu roboczego butle 30 l / Operating gas supply – 30 l bottles	-	-	1	1
	ELEKTRONARZĘDZIA / POWER TOOLS				
1.	Piła łańcuchowa do drewna / Chainsaw for wood	-	-	1	1
2.	Piła szablasta / Reciprocating saw	-	-	1	1
3.	Brzeszczot do drewna / Wood jigsaw blade	-	-	5	5
4.	Brzeszczot do metalu / Metal jigsaw blade	-	-	5	5
5.	Szlifierka kątowa / Metal jigsaw blade	-	-	1	1
6.	Szlifierka kątowa / Angle grinder	-	-	1	1
7.	Tracze korundowe do szlifierek / Corundum discs for grinders	-	-	5	10
8.	Tracze diamentowe do szlifierek / Diamond discs for grinders	-	-	5	5
9.	Wiertarka akumulatorowa z udarem / Battery-powered hammer drill	-	-	-	1
10.	Wiertarka z udarem sieciowa / Network-powered hammer drill	-	-	1	1
11.	Komplet wierteł do betonu i stali / Set of bits for concrete and steel	-	-	1	1
12.	Wkrętarka akumulatorowa / Battery-powered screwdriver	-	-	-	1
13.	Młot udarowo obrotowy / Roto-drill	-	-	1	2
14.	Wiertła do młota udarowo obrotowego / Bits for the roto-drill	-	-	1	3
15.	Osprzęt do młota udarowo obrotowego / Roto-drill accessories	-	-	1	4
16.	Młot udarowy / Rotary hammer	-	-	1	1
17.	Osprzęt do młota udarowego / Rotary hammer accessories	-	-	1	2
18.	Wiertnica rdzeniowa / Core drill rig	1	-	1	1
19.	Wiertła do wiertnicy / Bits for the rig	1	-	1	1
20.	Zbiornik ciśnieniowy na wodę 10 l / Water pressure tank for 10 l	1	-	1	1
	ZESTAW STABILIZACJI AKTYWNEJ / ACTIVE STABILISATION SET				
1.	Rozpornica hydrauliczna / Hydraulic strut	-	-	3	6
2.	Pompa hydrauliczna ręczna / Manual hydraulic pump	-	-	3	6
3.	Rozpornice mechaniczne / Mechanical struts	-	-	3	6
4.	Przedłużki dla rozpornic / Strut extensions	-	-	3	6
5.	Końcówki przegubowe / Articulated bits	-	-	6	12
6.	Końcówki kątowe / Angular bits	-	-	6	12
7.	Końcówki krzyżowe / Cross-cut bits	-	-	3	12
8.	Końcówki do belek drewnianych / Bits for wooden beams	-	-	6	12
9.	Podstawy pod rozpornice / Strut bases	-	-	3	12
	SPRZĘT PNEUMATYCZNY / PNEUMATIC EQUIPMENT				
1.	Poduszki wysokociśnieniowe 40 ton / High-pressure cushions 40 tonnes	-	-	-	2
2.	Poduszki wysokociśnieniowe 20 ton / High-pressure cushions 20 tonnes	-	-	2	2
3.	Sterownik / Controller	-	-	2	2
4.	Zawory odcinające / Stop valves	-	-	2	2
5.	Przewody / Wires	-	-	2	2
6.	Przewody / Wires	-	-	2	2

7.	Reduktor ciśnienia / Pressure reducer	-	-	2	2
8.	Butle powietrzne / Air bottles	-	-	2	2
9.	Łącznik butli / Tank connector	-	-	1	1
10.	Zestaw klocków stabilizacyjnych / Set of stabilisation blocks	-	-	1	1
	SPRZĘT HYDRAULICZNY / HYDRAULIC EQUIPMENT				
1.	Agregat hydrauliczny / Hydraulic aggregate	-	-	1	1
2.	Rozpieracz szczękowy / Spreader	-	-	1	1
3.	Rozpieracz kolumnowy / Hydraulic ram	-	-	1	1
4.	Nożyce / Cutter	-	-	1	1
5.	Mini nożyce / Mini cutter	-	-	1	1
6.	Klin hydrauliczny / Hydraulic wedge	-	-	1	1
7.	Pompa ręczna / Manual pump	-	-	1	1
8.	Podnośniki hydrauliczne / Hydraulic jacks	-	-	4	4
9.	Pompa ręczna podnośników / Manual jack pump	-	-	4	4
10.	Podnośniki hydrauliczne ręczne / Manual hydraulic jacks	-	-	4	4
11.	Wciągarka ręczna hydrauliczna / Hydraulic manual winch	-	-	-	1
	SPRZĘT OŚWIETLENIOWY / LIGHTING EQUIPMENT				
1.	Najaśnice przenośne / Mobile remote area lighting systems	-	-	1	1
2.	Statyw do najaśnic / Tripod for remote area lighting systems	-	-		
3.	Zestaw oświetleniowy typu: Powermoon / Lighting system, type: Powermoon	-	-		
4.	Przedłużacz / Extension cord	-	-		
5.	Latarka ręczna / Flashlight	3	3	8	15
6.	Reflektor ręczny / Handheld headlight	-	-	1	2
7.	Chemiczne źródło światła / Chemical light device	-	-	100	100
	SPRZĘT CIESIELSKI / CARPENTER'S EQUIPMENT				
1.	Piła ukośnica / Mitre saw	-	-	1	1
2.	Stół przenośny do piły / Portable saw table	-	-	1	1
3.	Piła stołowa / Table saw	-	-	1	1
4.	Piła ręczna płatnica dł. 30 cm / Toolbox saw, length: 30 cm	-	-	5	5
5.	Dalmierz laserowy / Laser distance measurer	-	-	2	2
6.	Przymiar stolarski 1 m / Adjustable drywall T-Square 1 m	-	-	3	3
7.	Taśma miernicza 8–10 m / Measuring tape 8–10 m	-	-	3	4
8.	Kątomierz nastawny / Adjustable angle finder	-	-	1	2
9.	Poziomica / Level	-	-	4	4
10.	Kątomierz elektroniczno-laserowy / Electronic and laser angle finder	-	-	1	1
11.	Gwoździarka pneumatyczna z zapasem gwoździ / Pneumatic nail gun with nails	-	-	2	2
12.	Młotek stolarski / Claw hammer	-	-	5	5
13.	Pas ciesielski / Tool belt	-	-	5	5
14.	Gwoździe 5 kg / Nails 5 kg	-	-	1	1
15.	Gwoździe 5 kg / Nails 5 kg	-	-	1	1
16.	Gwoździe szalunkowe 5 kg / Shuttering nails 5 kg	-	-	1	1
17.	Gwoździe szalunkowe 5 kg / Shuttering nails 5 kg	-	-	1	1
18.	Przyrząd do wyciągania gwoździ / Nail extraction tool	-	-	3	3
19.	Ołówek stolarski / Carpenter pencil	-	-	30	30
20.	Siekiera / Axe	-	-	2	2
21.	Łopatka – saperka / Entrenching tool	-	-	2	2

ISSN 1895-8443

	PODRĘCZNY SPRZĘT BURZĄCY / HANDHELD DEMOLITION EQUIPMENT				
1.	Uniwersalne narzędzie ratownicze / Universal rescue tool	-	-	1	2
2.	Uniwersalne narzędzie ratownicze / Universal rescue tool	-	-	1	2
3.	Urządzenie do wbijania prętów / Rod driver	-	-	1	2
4.	Łom prosty / Straight crowbar	-	-	1	2
5.	Młot ręczny / Handheld hammer	-	-	1	2
6.	Szpadel / Spade	-	-	1	2
7.	Kilof / Pickaxe	-	-	1	2
8.	Przecinak ręczny / Hand chisel	-	-	1	2
9.	Przebijak ręczny / Hand punch tool	-	-	1	2
10.	Nożyce do prętów i drutu / Wire cutter	-	-	1	2
11.	Piłka do metalu / Hacksaw	-	-	1	2
12.	Brzeszczoty zapasowe / Replacement blades	-	-	1	2
13.	Łopata – szufla / Shovel	-	-	1	2
14.	Pojemnik do wyciągania gruzu – węglarka / Rubble container – coal basket	-	-	1	2
	SPRZĘT EWAKUACYJNY / EVACUATION EQUIPMENT				
1.	Lina statyczna 100 m / Static rope 100 m	-	-	1	1
2.	Lina statyczna 50 m / Static rope 50 m	-	-	1	1
3.	Lina statyczna 25 m / Static rope 25 m	-	-	1	1
4.	Lina dynamiczna pojedyncza 60 m / Dynamic rope single 60 m	-	-	2	2
5.	Rolki krawędziowe / Edge rollers	-	-	2	2
6.	Osłona na liny / Rope shield	-	-	10	10
7.	Pętle z taśmy / Webbing loops	-	-	20	20
8.	Pętle stanowiskowe z liny / Rope slings	-	-	10	10
9.	Karabinki stalowe asymetryczne / Asymmetrical steel carabiners	-	-	20	20
10.	Karabinki asymetryczne / Asymmetrical carabiners	-	-	20	20
11.	Karabinki HMS / HMS carabiners	-	-	5	5
12.	Karabinki owalne / Oval carabiners	-	-	10	10
13.	Karabinki MGO z lonżami / MGO carabiners with lanyards	-	-	1	1
14.	Przyrząd zjazdowy / Descending device	-	-	2	2
15.	Przyrząd zjazdowy z autoasekuracją / Descending device with self-protection	-	-	2	2
16.	Przyrząd zaciskowy / Buck-up device	-	-	4	4
17.	Bloczek podwójny / Twin pulley	-	-	2	2
18.	Bloczek podwójny / Twin pulley	-	-	2	2
19.	Bloczki ratownicze / Rescue pulleys	-	-	5	5
20.	Płytka stanowiskowa / Rigging plate	-	-	1	1
21.	Wyciągarka ratownicza ręczna / Manual retrieval winch	-	-	1	1
22.	Trójnóg ratowniczy / Rescue tripod	-	-	1	1
23.	Uprząż ewakuacyjna / Rescue harness	-	-	2	2
24.	Uprząż transportowa dla psa / Dog transport harness	-	-	3	3
25.	Nosze wannowe z zawiesiami / Basket stretcher with slings	-	-	1	1
26.	Nosze typu półSKED / Half-Sked patient drag	-	-	1	1
27.	Kamizelka ewakuacyjna KED / Kendrick Extrication Device (K.E.D.)	-	-	1	1
28.	Drabina słupkowa / Single ladder	-	-	1	1
29.	Drabina nasadkowa / Sectional ladder	-	-	2	2
30.	Drabinka pomostowa – 4-członowa / Podium ladder - 4-sectional	-	-	1	1
31.	Drabinka składana teleskopowa / Foldable telescopic ladder	-	-	1	1
32.	Linka pomocnicza 20 m / Support line 20 m	-	-	1	1

33.	Wór transportowy / Transport vehicle	-	-	1	1
34.	Przyrząd asekuracyjny / Belay device	-	-	1	1
35.	Wyrzutnia liny / Rope launcher	-	-	1	1
	SPRZĘT MEDYCZNY / MEDICAL EQUIPMENT				
1.	Zestaw pierwszej pomocy / First aid kit	1	1	1	3
2.	Defibrylator AED / Automated External Defibrillator AED	-	-	1	1
3.	Opatrunki przeciwoprzeniowe – żelowe / Burn dressings – gel	-	-	1	1
4.	Deska ortopedyczna dziecięca / Spinal board for children	-	-	1	1
5.	Combi zbierak / Combi stretcher	-	-	1	1
6.	Zestaw segregacyjny / Triage set	-	-	1	1
7.	Zapas materiałów opatrunkowych / Dressing materials and supplies	-	-	1	1
8.	Rękawiczki lateksowe-nitrylowe / Latex and nitryle gloves	-	-	100	300
9.	Butle z tlenem medycznym 10 l / Medical oxygen tanks, 10 l	-	-	1	-
10.	Respirator / Medical ventilator	-	-	-	1
11.	Worki na odpady medyczne / Bags for medical waste	-	-	10	20
12.	Skrzynie do transportu i przechowywania leków / Drug transport and storage containers	-	-	-	3
13.	Plecak medyczny lekarza / Physician backpack	-	-	-	1
14.	Plecak medyczny ratownika medycznego / Medical rescue worker backpack	-	-	-	1
	SPRZĘT BEZPIECZEŃSTWA DZIAŁAŃ / SAFETY EQUIPMENT				
1.	Tachimetr elektroniczny / Electronic total station	-	-	2	2
2.	Aparat powietrzny nadciśnieniowy / Positive pressure air supply respirator	-	-	4	4
3.	Aparat powietrzny przewodowy / Wired air supply respirator	-	-	1	1
4.	Wentylator elektryczny nawiewno-wywiewny / Electrical supply-exhaust ventilator	-	-	2	2
5.	Maska dla osób ewakuowanych / Evacuee mask	-	-	4	4
6.	Maska pyłochronna / Dust mask	20	20	100	100
7.	Zatyczki do uszu / Earplugs	-	-	100	100
8.	Słuchawki do ochrony słuchu / Safety headphones	-	-	4	4
9.	Rękawice robocze, zapasowe / Work gloves, spare	-	-	30	88
10.	Ubranie ochrony przeciwchemicznej / Chemical protective clothing	-	-	-	4
11.	Buty chemoodporne / Chemical-resistant footwear	-	-	-	4
12.	Rękawice chemoodporne / Chemical-resistant gloves	-	-	-	4
13.	Tuba akustyczna / Loudspeaker	1	1	1	2
14.	Detektor bezruchu / Motion sensor	-	-	8	8
15.	Farba w aerozolu / Motion sensor	2	2	5	10
16.	Taśma ostrzegawcza / Hazard warning tape	-	-	5	20
17.	Sygnalizator akustyczny / Sound signaller	1	1	2	4
18.	Detektor wielogazowy / Gas detector	-	-	1	1
19.	Wykrywacz metalu / Metal detector	1	-	1	1
20.	Detektor przewodów pod napięciem / Live wire detector	1	-	1	1
21.	Detektor promieniowania joniozujacego / Ionising radiation detector	-	-	1	1
22.	Gaśnice proszkowe 6 kg / Dry powder extinguishers 6 kg	-	-	3	3
23.	Zestaw do czyszczenia i dezynfekcji obuwia / Footwear cleaning and disinfection set	-	-	-	1
	AGREGATY PRĄDOTWÓRCZE / GENERATOR UNITS				
1.	Agregat prądotwórczy trójfazowy / Three-phase generator unit	-	-	1	1
2.	Agregat prądotwórczy przenośny / Portable generator unit	-	-		
3.	Agregat prądotwórczy cichobieżny / Silent-running generator unit	-	-	1	

ISSN 1895-8443

SPRZĘT ŁĄCZNOŚCI I INFORMATYCZNY / COMMUNICATION AND INFORMATION TECHNOLOGY EQUIPMENT					
1.	Radiostacje przenośne / Portable radio stations	3	3	16	16
2.	Radiostacja przewoźna / Mobile radio station	-	-	-	1
3.	Urządzenie przenośne do nawigacji satelitarnej / Portable GPS device	-	3	3	10
4.	Komputer przenośny / Portable computer	-	1	1	1
5.	Drukarka przenośna / Portable printer	-	1	1	1
6.	Oprogramowanie nawigacji satelitarnej / GPS software	-	-	1	1
7.	Oprogramowanie do radiostacji z okablowaniem / Software for the radio station with wiring	-	-	-	1
SPRZĘT POMOCNICZY / AUXILIARY EQUIPMENT					
1.	Zbiornik na wodę / Water tank	-	-	-	2
2.	Pojemnik na wodę / Water container	-	-	-	2
3.	Pojemnik na wodę / Water container	-	-	-	2
4.	Prostownik z możliwością rozruchu / Rectifier with start-up capability	-	-	-	1
5.	Pompa elektryczna do wody / Electric water pump	-	-	-	2
6.	Pompa elektryczna do wody / Electric water pump	-	-	-	2
7.	Wąż tłoczny W-52 / W-52 pressure hose	-	-	-	2
STABILIZACJA DREWNIANA / WOODEN STABILISATION					
1.	Krawędziak 10x 10 cm / Balk 10x10 cm	-	-	10	-
2.	Krawędziak 15x15 cm / Balk 15x15 cm	-	-	10	-
3.	Deska szer. 10 cm / Board, width: 10 cm	-	-	10	-
4.	Deska szer. 15 cm / Board, width: 15 cm	-	-	10	-
5.	Sklejka / Plywood	-	-	14	-
6.	Pręt stalowy / Steel rod	-	-	24	-
7.	Płyty stabilizacji wykopów / Support panels for excavations	-	-	10	-

W tabeli przedstawiono normatyw, w którym podane są ilości minimalne wymaganego sprzętu, który powinien znaleźć się obowiązkowo na wyposażeniu poszczególnych SGPR (w zależności od ich poziomu gotowości). Aby jednak zwiększyć możliwości podejmowania skutecznych działań przez daną SGPR, wskazane jest doposażanie jej w inny sprzęt, który nie został jeszcze uwzględniony w normatywie.

Sprzęt logistyczny

Od 2010 roku, bezpośrednio po akcji ratowniczej na Haiti, widać wyraźny rozwój sprzętu logistycznego, który służy specjalistycznym grupom poszukiwawczo-ratowniczym podczas działań poza granicami kraju. Dalszy postęp modernizacyjny tej grupy sprzętowej nastąpił po akcji ratowniczej w Nepalu. Doświadczenie wynikające bezpośrednio z akcji ratowniczych pozwoliło na zweryfikowanie zabezpieczenia logistycznego SGPR i jego unowocześniania. W ostatnim czasie powstały i cały czas ulegają ulepszeniom plany pakowania sprzętu logistycznego, jego wykorzystania oraz sposoby bezpiecznej, a zarazem ergonomicznej budowy socjalnego zaplecza SGPR podczas długotrwałych akcji za granicą. Zmiany oraz podnoszenie standardów związane są również z wymaganiami INSARAG, który certyfikuje grupy biorące udział w akcjach zagranicznych. Zakup pełnego zaplecza logistycznego i planowany kierunek rozwoju poprzedzony był głęboką analizą potrzeb i zagrożeń (wynikających m.in. z działań poza granica-

The table presents the standard with the specification of minimum quantities. The required equipment should obligatorily be at the disposal of SGPRs (depending on their capability level). However, in order to increase the effectiveness of a given SGPR, it is recommended to supply other types of equipment not yet included in the standard.

Logistics equipment

Since 2010, following the rescue operations in Haiti, the logistics equipment used by search and rescue groups during their activities abroad has had considerable development. Further modernisations of this equipment group directly followed rescue operations in Nepal. The experience gained during rescue operations has made it possible to verify and upgrade the logistics apparatus of SGPRs. Recently, logistics equipment packing and use plans have been developed and improved upon on an ongoing basis, as has the methods of creating safe and ergonomic rest and refreshment facilities for SGPRs during long-term operations abroad. The changes and the raising of standards is also associated with the requirements of INSARAG, which is a certification body for groups involved in operations abroad. The purchasing of a full set of logistics equipment and the planned development direction was preceded by an in-depth analysis of needs and threats (resulting from,

mi kraju, zagrożeń biologicznych, potrzeby dekontaminacji ludzi i sprzętu, potrzeb socjalnych do zapewnienia ciągłości działań, możliwości odpoczynku, higieny ratowników). W chwili obecnej krajowe grupy poszukiwawczo-ratownicze przewidziane do działań międzynarodowych dysponują możliwością budowy kompleksowej bazy operacji w dowolnym miejscu na świecie, która zapewnia wszelkie wymogi ergonomii, bezpieczeństwa i higieny. Do głównych elementów bazy należy zaliczyć węzeł sanitarny wraz z szatniami ubraniowymi. Zestaw węzła sanitarnego jest swojego rodzaju ciągiem technologicznym, który zapewnia możliwość dekontaminacji sprzętu i ludzi, pozostawienie środków ochrony indywidualnej wykorzystywanej podczas działań ratowniczych w tzw. „szatni brudnej", umycia ratowników i przebrania ich w czyste ubrania, w których przebywają jedynie w obozowisku. Dzięki ciągowi sanitarnemu w obozowisku znajdują się wyłącznie ratownicy zdekontaminowani, a teren obozowiska pozostaje cały czas strefą czystą. Takie rozwiązanie zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa oraz higienę. Stanowi także duże udogodnienie wpływające na jakość regeneracji ratowników. Integralną częścią bazy operacji są również duże namioty, w które wchodzą:

- jadalnia i magazyn żywności[1] (wraz z wyposażeniem, takim jak: lodówki, kuchenki, czajniki, warniki, stoły, krzesła itd.),
- namioty sztabowe (wraz ze środkami informatyki i łączności),
- ambulatorium z oddzielnym namiotem – izolatką (z zapasem leków i sprzętu medycznego),
- namioty magazynowe (sprzętu ratowniczego i logistycznego)[2],
- toalety i umywalnie,
- indywidualne namioty ratowników.

Cała baza operacji wraz z oświetleniem zasilana jest systemem agregatów prądotwórczych. W skład oświetlenia wchodzi m.in. oświetlenie obozowiskowe centralne i oświetlenie przenośne. Część oświetlenia jest wielogłowicowa oraz zasilana akumulatorowo. Cała baza operacji pozwala na stacjonowanie ratowników w danym kraju przez wiele dni oraz zapewnia samowystarczalność, wygodę i wysoki poziom bezpieczeństwa.

Analiza i wnioski

1. Załącznik nr 7 do *Zasad organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w KSRG* w przejrzysty sposób określa wymagania odnośnie wyposażenia w sprzęt i środki techniczne poszczególnych poziomów gotowości operacyjnych SGPR. Wymagana jest taka ilość każdego sprzętu, która w pełni umożliwi właściwą realizację działań poszukiwawczo-ratowniczych w ramach określonego zakresu gotowości operacyjnej. Wielowariantowość sprzętu lub posiadanie jego egzemplarzy zapasowych pozwala na prowadzenie działań ratowniczych nawet w przypadku uszkodzenia części sprzętu lub podziału zespołu na podgrupy prowadzące działania w kilku miejscach w tym samym czasie.

[1] Pokarm jest również zabierany z kraju, dzięki czemu ratownicy nie są narażeni na choroby, które mogłyby być spowodowane spożyciem produktów pozyskanych na miejscu.

[2] Jest to również miejsce do prac warsztatowych i przywracania sprawności sprzętu po działaniach na gruzowisku (np. czyszczenie, tankowanie, uzupełnianie innych płynów eksploatacyjnych, ostrzenie lub wymiana elementów tnących narzędzi).

i.a., operations abroad, biological hazards, the necessity of decontaminating individuals and equipment, social needs to ensure the continuity of operations, and leisure and personal care facilities for rescuers). Currently, the search and rescue groups of Poland that have been designated for international operations can build a comprehensive operations base in any location in the world, meeting all ergonomics, safety and hygiene requirements. The main elements of the base include bathroom and toilet facilities with changing rooms. The bathroom and toilet facilities form a process line allowing the decontaminating of equipment and individuals, and enabling the keeping of personal protective equipment used during rescue operations in a so-called contaminated change room. This also enables rescuers to wash and to wear clean clothes that are worn only during their stay inside the camp. Moreover, bathroom and toilet facilities are arranged in such a way than only decontaminated rescuers can stay in the camp, which is a clean zone. This ensures a high level of safety and hygiene, and also contributes to the quality of regeneration of the rescuers. Tents form an integral part of the operations base. These consist of:

- a dining and a food storage area[1] (including refrigerators, stoves, kettles, boilers, tables, chairs, etc.),
- staff tents (including IT and communications devices),
- infirmary with a separate (isolation) tent, with supplies of medications and medical devices).
- storage tents (for rescue and logistics equipment)[2].
- toilets and washing areas,
- the tents of individual rescuers.

Power for the entire operations base, including lighting, is provided through power generators. The lighting includes, among others, central and mobile camp lighting. Part of the lighting consists of battery-powered multi-head units. The entire operations base enables the stationing of rescuers in a given country for many days, and it ensures their self-sufficiency, comfort and high-level of safety.

Analysis and conclusions

1. Appendix No. 7 to "The organisation rules of search and rescue operations in the National Firefighting and Rescue System" clearly specifies the requirements related to equipment and technical supplies for specific SGPR operating capability levels. The amounts of equipment should enable the proper implementation of search and rescue operations for a given operating capability level. Multiple equipment variants and spare units enable the performance of rescue operations also in cases of equipment damage or when groups are divided into subgroups so as to operate in several locations at the same time.

[1] Food is transported from Poland to avoid diseases caused by consuming local products.

[2] It is also a place for workshop repairs and for restoring equipment efficiency after operations in rubble (e.g. cleaning, refuelling, adding other operating fuels, sharpening or replacing the cutting elements of tools).

ISSN 1895-8443

2. Załącznik nr 7 powinien być stale uaktualniany. Rynek oferuje rok rocznie coraz nowszy sprzęt, który może poprawić jakość działań grup poszukiwawczo-ratowniczych. Taki sprzęt należy sukcesywnie wdrażać do standardowego wyposażenia. Pozwoli to na ciągły rozwój grup oraz wpłynie korzystnie na skuteczność oraz bezpieczeństwo akcji poszukiwawczo-ratowniczych. Doskonałym przykładem są nowoczesne urządzenia laserowe do kontroli bezpieczeństwa budynków lub rozwijający się w dynamiczny sposób sprzęt elektroniczny do poszukiwań osób zasypanych (kamery, geofony).
3. Normatyw, bez względu na poziom gotowości operacyjnej, wymaga zachowania spójności grup specjalistycznych. Każdy rodzaj sprzętu poszczególnych grup jest tożsamy lub kompatybilny. Dzięki temu możliwe jest wypracowanie jednakowej taktyki działań lub sposobów postępowania wśród SGPR na terenie całego kraju oraz za granicą. W przypadku dużych akcji oraz działań poza granicami kraju różne grupy mogą bez przeszkód współdziałać bez ryzyka niezgodności sprzętowej.
4. Ze względu na to, że Polska dysponuje grupami zdolnymi podjąć działania ratownicze za granicą, stale powinna rozwijać się logistyka i wyposażenie tych grup. W tej chwili normatyw wymienia w tym zakresie sprzęt pomocniczy oraz kwatermistrzowski, niemniej jednak jest już on niewystarczający do zapewnienia ratownikom komfortowego prowadzenia działań za granicą Polski. Mimo to w ostatnich latach wyposażenie specjalistycznych grup poszukiwawczo-ratowniczych przeznaczone do działań międzynarodowych zostało znacznie unowocześnione. Wykracza ono daleko poza minimalne standardy wprowadzane przez normatyw.
5. Poza standardowym wyposażeniem do działań poza granicami kraju potrzebne są również specjalne skrzynie do przewozu sprzętu. Skrzynie te powinny być dostosowane do transportu lotniczego.
6. Do prowadzenia działań za granicą konieczne jest spełnienie normatywu sprzętowego dla danego poziomu gotowości operacyjnej oraz dodatkowo stworzenie planów pakowania sprzętu do działań oraz jego konfiguracji w zależności od potrzeb akcji ratowniczej oraz w stosunku do dostępnego środka transportu lotniczego.
7. Rozwój grup poszukiwawczo-ratowniczych (i co za tym idzie rozwój sprzętowy) powinien iść dwutorowo. Część sprzętu doskonale sprawdza się w kraju, jednak zabranie go poza granice państwa może stać się wysoce problematyczne. Dzieje się tak z kilku powodów – między innymi ze względu na przepisy lotnicze i/lub możliwości przewozu określonej masy przez poszczególne statki powietrzne. Doskonały przykład stanowi sprzęt do cięcia termicznego. Powinien być kupowany w dużych ilościach do działań w kraju. W rodzimym budownictwie istnieje znaczna liczba budynków o konstrukcji lub elementach stalowych. W przypadku awarii lub katastrof budowlanych o takim charakterze konstrukcji narzędzia do cięcia termicznego sprawdzają się bezsprzecznie. Jednak ze względu na duże obostrzenia przewozowe (dot. np. gazów technicznych i paliwa) sprzęt ten nie jest przystosowany do przewozu lotniczego. Innym przykładem jest sprzęt do stabilizacji aktywnej. Możliwości jego wykorzystania są niezwykle szerokie. Można go użyć

2. Appendix No. 7 should be updated on an ongoing basis. Each year, new equipment appears on the market which can improve the quality of operations of search and rescue groups. Such items should be gradually added to the standard equipment. This will facilitate the continuous development of groups and will positively impact upon the effectiveness and safety of search and rescue operations. Examples include state-of-the-art laser devices to control the safety of buildings and the dynamically developing electronic equipment intended for the searching of buried people (cameras, geophones).
3. The standard, regardless of the operating capability level, requires the coherence of specialised groups. The equipment of various groups is identical or compatible, which enables the development of uniform tactics or procedures among SGPR in the whole of Poland and abroad. In the event of large-scale operations or activities taking place abroad, various groups can cooperate effectively and without the risk of equipment incompatibility.
4. Due to the fact that Poland has groups able to undertake rescue operations abroad, their logistics and equipment should be within continuous development. Currently, the standard specifies auxiliary and quartermaster's equipment. This is already insufficient for ensuring the comfort of rescuers during their operations abroad. However, of late, the equipment of specialised search and rescue groups for international operations has been considerably upgraded. It now largely exceeds the minimum levels included in the standard.
5. Operations abroad require not only the standard equipment, but also special boxes for transporting it. Such boxes should be suitable for air transport.
6. To carry out operations abroad, it is necessary to meet the equipment standard for a given capability level and to create plans for equipment packing and configuration depending on the rescue operations requirements. These must be adjusted to the available air transport vehicles.
7. The development of search and rescue groups (including the development of equipment) should be two-pronged. Some equipment is very effective in domestic operations, but very difficult to transport abroad. There are several reasons for this, including flight regulations and/or the limited capacity of aircraft. Thermal cutting equipment is an excellent example of this. It should be purchased in large quantities for domestic operations, as a significant proportion of Polish buildings involves steel structural elements. When a structural failure or construction disaster occurs, thermal cutting equipment provide excellent operational tools. However, this kind of equipment is unsuitable for air transport due to stringent transport regulations (i.a. for industrial gas and fuel). Another example is active stabilisation equipment. It offers an impressive range of applications, and can be used both in this country and abroad. However, it is extremely heavy. A plane with a limited capacity to

wać zarówno w kraju, jak i za granicą. Ze względu na jego dużą masę nie może być on jednak transportowany w dużych ilościach przez samoloty o ograniczonych możliwościach przewozu ciężkich ładunków. Taka sytuacja może prowadzić do zabrania w miejsce tego sprzętu zupełnie innego wyposażenia. To samo dotyczy elementów drewnianych do wykonywania konstrukcji podporowych (stabilizacji właściwej). Drewna w ogóle nie uwzględnia się do działań poza granicami kraju. W Polsce jest jednak podstawą bezpieczeństwa działań, dlatego jego zakup i magazynowanie na terenie całego kraju jest tak niezwykle ważne.

8. Należałoby rozważyć nieznaczne zwiększenie wymogów poziomu A do bardziej wyspecjalizowanych działań takich jak stabilizacja naruszonych konstrukcji budowlanych. Wykorzystanie sprzętu elektronicznego wiąże się z koniecznością równoczesnego spełnienia warunków bezpieczeństwa pracy i ochrony osobistej ratowników (między innymi przez zabezpieczenie konstrukcji). Skoro ratownicy poziomu A mają operować kamerami wziernikowymi oraz geofonami w strefie niebezpiecznej, powinni najpierw zabezpieczać naruszoną konstrukcję. Wymagania wobec poziomu A nie zakładają stabilizacji konstrukcji nawet w zakresie podstawowym. Jak dotąd grupy poziomu A nie są sprzętowo i szkoleniowo na to przygotowane, a według oceny autorów powinny. Wskazane jest, aby ich działania specjalistyczne obejmowały szerszy zakres. Zwiększyłoby to poziom bezpieczeństwa ogólnego działań, przy niewielkim, dodatkowym nakładzie finansowym (zakup sprzętu ciesielskiego i szkolenia specjalistyczne w tym zakresie). Bez tego działania poziomu A ze względów bezpieczeństwa mogą nie dojść do skutku (mimo posiadania drogiego i wysoce wyspecjalizowanego sprzętu elektronicznego), co przełoży się w praktyce na znaczne opóźnienie właściwych działań specjalistycznych.
9. Sprzęt i wyposażenie techniczne mają bardzo wszechstronne zastosowanie. Wymagają od ratowników dużej wiedzy i umiejętności w zakresie wielu specjalizacji (ratownictwo poszukiwawczo-ratownicze, techniczne, wysokościowe, chemiczne, medyczne). Z drugiej strony oferują one szerokie spektrum możliwości. Podczas działań grup poszukiwawczo-ratowniczych w kraju nie ma konieczności dysponowania wielu innych grup specjalistycznych na miejsce działań, gdyż SGPR większość działań spełnia we własnym zakresie. Te umiejętności, szerokie spektrum sprzętu i samowystarczalność są nieocenione podczas działań poza granicami kraju, gdzie nie można liczyć na wsparcie lokalnych sił ratowniczych (ze względu na ich aktualne możliwości szkoleniowe i sprzętowe, umiejętności i wyszkolenie oraz dostępność grup specjalistycznych zaangażowanych już w prowadzone działania).
10. Specjalistyczne grupy poszukiwawczo-ratownicze powinny przeprowadzać ciągłe, cykliczne ćwiczenia – zarówno w obrębie własnej grupy, jak i ćwiczenia zgrywające pomiędzy grupami. Pozwala to na coraz lepsze wykorzystanie sprzętu, z uwzględnieniem praktycznie wszystkich jego parametrów. Dodatkowo ćwiczenia zbliżone do działań rzeczywistych pozwalają wyrabiać w ratownikach pewność co do podejmowanych przez nich decyzji oraz zmniejszają stres podczas realnych działań.

transport heavy loads could take only a small amount of this equipment or the situation would necessitate taking completely different equipment. This also applies to wooden elements for support structures (proper stabilisation). Wood is not suitable for any operations undertaken abroad, in Poland, however, it is the foundation of operational safety, which is why the purchase and storage of wood throughout the country is extremely important.

8. A slight increase in the requirements of level A for more specialised operations, such as the stabilisation of damaged civil engineering structures, should be considered. The use of electronic equipment necessitates compliance with OHS and rescuer personal protection requirements (i.a. by securing the structure). If level A rescuers are to operate with probe cameras and geophones in the danger area, they should first shore-up the structure. However, the requirements of level A do not involve even basic structural stabilisation. Currently, level A groups are not prepared for such in terms of equipment and training, although, according to the authors, they should be. The range of their specialised operations should, hence, be wider. This would increase the general safety level of operations with only slight additional financial outlays (the purchase of carpenter's equipment and specialised training in this respect). Without this, level A operations can be hindered due to safety considerations (despite having expensive and highly-specialised electronic equipment), which would greatly delay the proper specialised operations.
9. The technical equipage is of great versatility. It requires the rescuers to have extensive knowledge and skills in many specialisations (search and rescue, technical, climbing, chemical and medical skills), but it also provides a lot of options. In Poland, during the operations of search and rescue groups, there is no need to dispatch several specialised groups to the scene, as Specialised Search and Rescue Groups are able to perform most actions independently. This set of skills, the wide range of equipment at hand, and operational independence are invaluable during operations abroad, where there are no reinforcements from local rescue services (due to their current training and equipment capabilities, skills and training, and the availability of specialised groups already engaged in operations).
10. Specialised Search and Rescue Groups should conduct regular training sessions, both within the group and as an exercise of combined action with other groups. This leads to the improved use of equipment and serves as excellent practical application of nearly all of its parameters. In addition, the training sessions using real-life scenarios increase rescuer confidence and help manage their stress during actual operations.

ISSN 1895-8443

Wykaz skrótów

SGPR – specjalistyczna grupa poszukiwawczo-ratownicza
KSRG – krajowy system ratowniczo-gaśniczy
PSP – Państwowa Straż Pożarna
USAR – specjalistyczna grupa poszukiwawczo ratownicza przeznaczona do działań międzynarodowych
INSARAG – Międzynarodowa Grupa Doradcza Poszukiwania i Ratownictwa

List of abbreviations

SGPR – Specialised Search and Rescue Group
KSRG – National Firefighting and Rescue System
PSP – State Fire Service
USAR – Urban Search and Rescue (a specialised search and rescue group for international operations)
INSARAG – International Search and Rescue Advisory Group

Literatura / Literature

[1] Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym, KG PSP, Warszawa 2016.

BRYG. MGR INŻ. WIESŁAW DROSIO – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej z tytułem inżyniera pożarnictwa. Uzyskał tytuł magistra w Wyższej Szkole Ubezpieczeń i Bankowości z ekonomiki i organizacji ratownictwa. W 2005 r. ukończył studia podyplomowe w zakresie zarządzania kryzysowego w Akademii Obrony Narodowej, a następnie w 2008 r. studia podyplomowe z zakresu bezpieczeństwa i ochrony człowieka w środowisku pracy w Centralnym Instytucie Pracy, Państwowym Instytucie Badawczym. Odznaczony Brązowym krzyżem zasługi oraz Złotym medalem za zasługi dla pożarnictwa, Złotą odznaką zasłużony dla ochrony przeciwpożarowej, Medalem srebrnym za długoletnią służbę. Uczestnik oraz instruktor wielu kursów specjalistycznych. Dowódca i twórca warszawskiej specjalistycznej grupy poszukiwawczo-ratowniczej. Uczestnik akcji ratowniczej na Haiti i w Nepalu.

ST. KPT. MGR INŻ. RAFAŁ PODLASIŃSKI – od 2009 r. absolwent mundurowy Szkoły Głównej Służby Pożarniczej z tytułem inżyniera pożarnictwa. W 2012 r. na tym samym wydziale uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera pożarnictwa. W 2014 r. ukończył studia podyplomowe w zakresie ratownictwa chemicznego – identyfikacja zagrożeń i likwidacja skażeń. Odznaczony Brązowym medalem za zasługi dla pożarnictwa. Uczestnik oraz instruktor wielu kursów specjalistycznych. Od 2009 roku czynny ratownik warszawskiej specjalistycznej grupy poszukiwawczo-ratowniczej. Uczestnik akcji ratowniczej w Nepalu. Autor wielu artykułów o tematyce ratowniczej.

MGR INŻ. ŁUKASZ PASTUSZKA – absolwent Wydziału Transportu Politechniki Radomskiej. Pracownik Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych CNBOP-PIB, kierownik i wykonawca projektów związanych z techniką pożarniczą.

WIESŁAW DROSIO, M.Sc.Eng. – a graduate of the Main School of Fire Service in Fire Safety Engineering. He received a Master's degree at the Higher School of Insurance and Banking in economics and rescue organisation. In 2005, he completed postgraduate studies in crisis management at the National Defence University, and, later, in 2008, postgraduate studies in human safety and protection in a working environment at the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute. He has been awarded the Bronze Cross of Merit and the Gold Medal for Merit in Fire Protection, the Golden Badge of Honour for Fire Protection and a Silver Medal for long-term service. He is both a participant in, and an instructor for a number of specialised courses. Moreover, he is both the commander and creator of the Warsaw specialist search and rescue group. He participated in the rescue operations in Haiti and Nepal.

RAFAŁ PODLASIŃSKI, M.Sc.Eng. – in 2009, he graduated from the Main School of Fire Service as a Bachelor in Fire Safety Engineering. In 2012, he received the title of Master in Fire Safety Engineering. In 2014, he completed postgraduate studies in chemical rescue – threat identification and elimination of contaminations. He has received the Bronze Medal for merit in fire protection. A participant and instructor in a number of specialised courses. Since 2009, he has been an active rescuer in Warsaw's Specialised Search and Rescue Group. He participated in rescue operations in Nepal. He has written numerous articles on the subject of rescue operations.

ŁUKASZ PASTUSZKA, M.Sc.Eng. – a graduate of the Faculty of Transport of the Radom University of Technology. For several years, he has worked in the Laboratory of Technical Equipment of Fire Protection Units at the Scientific and Research Centre for Fire Protection - National Research Institute. He has been the manager and contractor of a number of projects in fire protection technology.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania: Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" – typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Jan Kielin[a)], mgr Beata Wojtasiak[a)*]

[a)] *Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Reserach Centre for Fire Protection – National Research Institute*
[*] *Autor korespondencyjny / Corresponding author: bwojtasiak@cnbop.pl*

Zygmunt Jarosz – pionier pożarnictwa polskiego

Zygmunt Jarosz – The Pioneer of Polish Firefighting

Зигмунт Ярош – пионер пожарной охраны в Польше

ABSTRAKT

Czytelnikom czasopisma „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" w rozdziale „Postacie Pożarnictwa" od 2015 roku przedstawiane są biografie wybranych postaci zasłużonych dla polskiego pożarnictwa. W bieżącym numerze przybliżona zostanie niezwykła osoba, która zajęła wyjątkowe miejsce w historii ochrony przeciwpożarowej w Polsce. Mowa o pierwszym generale polskiego pożarnictwa Zygmuncie Jaroszu (1920-2007). Generał Jarosz jako pierwszy polski strażak przeszedł drogę od szeregowego zawodowego strażaka przez podoficera do oficera i generała pożarnictwa. Pod jego kierownictwem polskie pożarnictwo ulegało znacznemu rozwojowi. Cechowała go pasja pracy i nieprzeciętny talent organizatorski. Generał Jarosz był kreatorem wielu zmian, nowych inicjatyw i działań. Generałowi zawdzięczamy rewolucję systemu szkolnictwa oraz powstanie pierwszej w historii pożarnictwa uczelni oraz dwóch szkół chorążych. Przez dwie kadencje w latach 1974–1983 pełnił z wyboru funkcję wiceprezydenta ds. zapobiegania pożarom w międzynarodowej organizacji pożarniczej CTIF. W tym czasie przyczynił się do umocnienia polskiego pożarnictwa na forum europejskim i podniesienia prestiżu Polski za granicą. W ciągu kolejnych lat służby generał konsekwentnie realizował wizję rozwoju pożarnictwa polskiego w niełatwych politycznie czasach. Należy wspomnieć, że był to okres wielu bardzo trudnych akcji ratowniczych, w tym tragicznych w skutkach, jak na przykład pożar rafinerii w Czechowicach-Dziedzicach z 1971 roku, który spowodował śmierć 37 osób. Z wieloletniego teoretycznego i praktycznego dorobku generała korzystamy do dziś. Generał Jarosz uosabiał wzorowe cechy strażaka, profesjonalizm zawodowy i wysokie walory osobiste. Osiągnięcia, wartości i cele prezentowane przez generała zasługują na przedstawienie jego sylwetki czytelnikom kwartalnika naukowego BiTP.

Słowa kluczowe: postacie pożarnictwa, pożarnictwo polskie, ochrona przeciwpożarowa, Państwowa Straż Pożarna

Przyjęty: 12.05.2017; Zrecenzowany: 12.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;
Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;
Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 140–145, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.10;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Many of the most significant figures in Polish firefighting are described in "BiTP. Safety and Fire Technique" magazine, in the chapter "People Involved in Firefighting", which since 2015 has portrayed individuals distinguished for their work for the benefit of Polish firefighting. This issue of the magazine presents the General of Polish Firefighting, Zygmunt Jarosz (1920–2007). He was the first to be promoted from Junior Fireman, Captain and Brigadier to the highest rank of General. Polish firefighting made great progress under his leadership. He showed passion for his work and outstanding organisation skills. He was also a promoter of innovations and new activities. These were associated with a revolution in the education system, which resulted in the founding of the first university of firefighting, and two colleges for warrant officers. During his two terms (1974–1983) he was also Vice-President for fire prevention of the international organisation CITF, and he strengthened Poland's position in Europe. During next few years he was boldly reaching his targets connected with firefighting, despite the very difficult political situation in Europe. These were also the times of numerous challenging rescue operations, with many calamities, such as the big fire at the refinery in Czechowice-Dziedzice in 1971, in which 37 people died. His achievements in the firefighting theory and practice are used up to this day. As a General he presented excellent fireman's traits, a highly professional attitude, and strong personal skills. General's achievements, values and objectives make him eminently worthy of being presented to the readers of BiTP.

Keywords: firefighters, Polish firefighting, firefighting safety, State Fire Service

Received: 12.05.2017; Reviewed: 12.05.2017; Published: 30.06.2017;
The authors contributed equally to this article;
Please cite as: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 140–145, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.10;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Вниманию читателей журнала „BiTP. Безопасность и Пожарная Техника" в разделе „Лица пожарной охраны" представлены биографии избранных заслуженных героев польской пожарной охраны. В текушем номере можно будет поближе узнать необычного человека, который занял особое место в истории пожарной охраны в Польше. Речь идет о первом генерале пожарной охраны в Польше Зигмунте Ярошe (1920-2007). Генерал Ярош был первым польским пожарным, который прошёл путь от рядового профессионального пожарного, унтер-офицера, до офицера и генерала пожарной службы. Под его руководством пожарная охрана в Польше значительно развилась. Он отличался страстью к работе и необыкновенным организаторским талантом. Генерал Ярош был автором многих изменений, инициатив и мероприятий. Именно благодаря ему произошла революция в системе образования, а также было создано первое в истории высшее учебное заведение пожарной охраны и две школы для пожарных. За два срока (1974-1983) выполняемых ним добровольно полномочий вице-президента по предотвращению пожаров в международной пожарной организации CTIF, он способствовал укреплению польской пожарной охраны на европейском уровне и повышению престижа Польши за рубежом. В течении следуюших лет службы генерал последовательно реализовал развитие пожарной охраны в Польше в политически сложные времена.

Следует отметить, что это было время, когда пожарные проводили многие сложные спасательные действия, в том числе, имеюшие траигические последствия, как, например, пожар нефтеперерабатываюшего завода в Чеховицах (1971 г.), где погибло 37 человек. Многолетними теоретическими и практическими достижениями генерала мы пользуемся по сегодняшней день. Он воплошал в себе наилучшие качества пожарного, профессиональное отношение и высокую личную культуру. Достижения, ценности и цели, которым следовал генерал заслуженно представляют его читателям научного квартального журнала BiTP.

Ключевые слова: лица пожарной охраны, пожарная охрана в Польше, пожарная охрана, Государственная противопожарная служба

Принята: 12.05.2017; Рецензирована: 12.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;
Авторы внесли одинаковый вклад в создание статьи;
Просим ссылаться на статью следуюшим образом: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 140–145, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.10;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Do grona osób zasłużonych dla polskiego pożarnictwa należą między innymi inż. Józef Tuliszkowski [1], płk poż. w st. spocz. Władysław Pilawski [2], gen. brygadier w st. spocz. Feliks Dela [3]. Sylwetki tych wybitnych postaci zostały już zaprezentowane czytelnikom „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza". Niniejszy artykuł poświęcono kolejnej wybitnej postaci – generałowi pożarnictwa Zygmuntowi Jaroszowi.

Radom 1920–1944

Zygmunt Jarosz urodził się 24 stycznia 1920 roku w Radomiu w robotniczej, wielodzietnej rodzinie. Dom rodzinny przepełniony był atmosferą ciepła i wzajemnego szacunku. W roku 1927 rozpoczął naukę w szkole powszechnej im. Stanisława Jachowicza w Radomiu, którą ukończył w roku 1934 z wynikiem bardzo dobrym. Ojciec młodego Zygmunta, z zawodu hutnik, w wyniku wieloletniej i ciężkiej pracy w hucie szkła w wieku 61 lat nie był już zdolny do dalszej pracy zawodowej. Sytuacja materialna rodziny Jaroszów zmusiła młodego Zygmunta do podjęcia pracy zarobkowej w fabryce broni w Radomiu. Najpierw jako praktykanta, później lakiernika. Mimo wyczerpującej pracy w fabryce w roku 1935 podjął naukę w wieczorowej szkole zawodowej, którą ukończył w 1937 roku. W trakcie jego edukacji, w wyniku tragicznego wypadku w roku 1937 w wieku 55 lat zginęła jego matka. Po jej śmierci ciężar opieki nad schorowanym ojcem i najmłodszym bratem spadł na Zygmunta. Będąc w tej trudnej sytuacji rodzinnej, zdecydował się jednak na kontynuację nauki. Rozpoczął kurs gimnazjalny dla dorosłych przy kole kulturalno-oświatowym fabryki broni w Radomiu, uzyskując w 1939 roku wykształcenie w zakresie 6 klasy gimnazjum ogólnokształcącego. W wieku 20 lat, 12 maja 1940 roku Zygmunt zawarł związek małżeński z Anną Suwałą. Małżonkom urodziła się córka. Wkrótce jednak dziecko zmarło w wieku trzech miesięcy. Utrata córki i bolesne przeżycia z tym związane spowodowały, że Zygmunt musiał otoczyć małżonkę szczególną opieką, w niełatwych czasach okupacyjnych.

W 1941 roku siedzibą niemieckich władz dystrykcyjnych i służb specjalnych był Radom. Miejscowa ludność przeżywała koszmar terroru, aresztowań, głodu, wywózek do obozów koncentracyjnych i na roboty do Niemiec, a także publicznych egzekucji. W walce z okupantem niemieckim w ramach ru-

chu oporu „Skała"[1] aktywnie działali strażacy z zawodowych i ochotniczych straży pożarnych, jak również nastawiona patriotycznie młodzież. W tym trudnym czasie Annie i Zygmuntowi Jaroszom urodziła się w dniu 9 maja 1943 roku córka.

Zygmunt Jarosz nie należał do organizacji podziemnych, nie walczył również w oddziałach partyzanckich. W lipcu 1944 roku z obawy przed aresztowaniem porzucił pracę w fabryce broni i ukrywał się przed łapankami organizowanymi przez okupanta, które w tym czasie bardzo się nasiliły.

Radom 1945–1952

Służbę na rzecz ochrony przeciwpożarowej Zygmunt Jarosz rozpoczął 1 marca 1945 roku w Miejskiej Zawodowej Straży Pożarnej w Radomiu (tj. po wyzwoleniu Radomia w 1945 roku). Przez okres 7 lat swojej służby w radomskiej straży pożarnej przeszedł najważniejsze szkolenia pożarnicze. Pierwsze szkolenie pożarnicze, które zakończyło się 2 lutego 1947 roku ćwiczeniami aplikacyjnymi i zdanym egzaminem kwalifikacyjnym przed Komisją Kieleckiego Okręgu Wojewódzkiego Związku Straży Pożarnych Rzeczypospolitej Polskiej, wpłynęło na pierwsze awanse zawodowe Zygmunta Jarosza. Powierzono mu funkcję kierownika kancelarii Miejskiej Zawodowej Straży Pożarnej w Radomiu, którą pełnił w latach 1947–1948. Kolejny kurs dla podoficerów zawodowych pożarnictwa w Szkole Pożarniczej Województwa Śląsko-Dąbrowskiego w Chorzowie Zygmunt Jarosz odbył w 1948 roku. Po zdaniu egzaminu otrzymał nominację do stopnia kaprala pożarnictwa.

Z dniem 1 stycznia 1949 został zastępcą dowódcy plutonu oraz objął prowadzenie spraw szkolenia załogi. 29 stycznia 1949 roku dekretem nominacyjnym Wojewódzkiego Inspektora Pożarnictwa w Kielcach został mianowany do stopnia plutonowego ze starszeństwem w stopniu od 1 lutego 1949 roku.

Bardzo dobre wyniki uzyskane w dotychczasowych szkoleniach sprawiły, że Zygmunt Jarosz został przyjęty na kolejny, czteromiesięczny kurs oficerski, który rozpoczął 16 sierpnia 1949 roku w Centralnym Ośrodku Wyszkolenia Pożarniczego w Łodzi. Podobnie jak wcześniejsze, ukończył to szkolenie z wynikiem bardzo dobrym. Uchwałą Zarządu Związku Straży Pożarnych Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 grudnia 1949 roku został podporucznikiem pożarnictwa. Po powrocie z kursu w Łodzi z oficerską nominacją Zygmunt Jarosz został mianowany na zastępcę komendanta Miejskiej Zawodowej Straży Pożarnej w Radomiu, aby w dniu 19 stycznia 1951 roku objąć stanowisko komendanta tej straży pożarnej. Zygmunt Jarosz od pierwszych dni swojej działalności na stanowisku komendanta miejskiego Straży Pożarnej w Radomiu koncentrował swoje wysiłki wokół odbudowy ze zniszczeń wojennych podczas okupacji, wyposażenia technicznego radomskiej straży pożarnej. Organizował fachowe kursy i udzielał pomocy odbudowującym się ochotniczym strażom pożarnym. Intensywnie pracował nad rozwojem szkolenia pożarniczego strażaków zawodowych oraz systemu doskonalenia zawodowego. W ośrodku szkolenia w Radomiu prowadzono kursy dowódców plutonu. Przywrócono organizację ćwiczeń, manewrów oraz zawodów pożarniczych dla jednostek ochotniczych straży pożarnych. Jego ciężka praca na rzecz poprawy stanu ochrony przeciwpożarowej została doceniona. Prezydium Wojewódzkiej Rady Narodowej w Kielcach w grudniu 1952 roku skierowało do Komendy Głównej Straży Pożarnych wniosek o powołanie Zygmunta Jarosza na stanowisko komendanta wojewódzkiego straży pożarnych w Kielcach. Z uwagi jednak na niepełne kwalifikacje komendant główny podjął decyzję o oddelegowaniu Jarosza na kurs uzupełniający.

Warszawa 1953–2007

Po odbytym w okresie od 1 marca do 16 lipca 1953 roku kursie uzupełniającym dla oficerów pożarnictwa w Centralnej Oficerskiej Szkole Pożarniczej w Warszawie Zygmunt Jarosz 24 sierpnia 1953 roku awansował i został służbowo przeniesiony do Warszawskiej Komendy Straży Pożarnych – początkowo na stanowisko zastępcy, a następnie komendanta wojewódzkiego do spraw technicznych. W czasie swojej działalności na tych stanowiskach skupiał głównie uwagę na organizowaniu wyposażenia dla jednostek straży. Zniszczenia wojenne i okupacyjne sprawiły, że w dalszym ciągu brakowało niemal wszystkiego: ubrań, sprzętu i samochodów gaśniczych. Dochodziły do tego niedobory zaopatrzeniowe i brak funduszy na zakupy. Rozwiązaniem tego problemu miała być rozpoczęta przez Jarosza rozbudowa zaplecza technicznego, w której upatrywał rozwiązanie tych kłopotów. Zaczęła obowiązywać zasada: „jeśli nie można czegoś kupić, to trzeba to zrobić" [4].

Kolejny awans do stopnia starszego kapitana pożarnictwa Zygmunt Jarosz otrzymał 7 listopada 1953 roku. Zygmunt Jarosz nie osiadał na laurach – konsekwentnie realizował przyjęty przez siebie plan. Nieoczekiwanie w lutym 1955 roku w Warszawie wybuchł pożar baraku mieszkalnego, w którym przebywały dzieci. Nauczycielka, której udało się ocalić z pożaru czwórkę podopiecznych zmarła w wyniku doznanych poparzeń. Skutki tragedii uzmysłowiły władzom miasta bardzo zły stan zabezpieczenia przeciwpożarowego. Wkrótce po tym wydarzeniu z dniem 22 kwietnia 1955 roku powierzono Zygmuntowi Jaroszowi pełnienie obowiązków komendanta Warszawskiej Straży Pożarnej. Następna nominacja na kapitana szefa przyszła 16 lipca 1956 roku. Z dniem 1 stycznia 1958 kpt. szef poż. Zygmunt Jarosz, dotychczas pełniący obowiązki komendanta, został mianowany komendantem Warszawskiej Straży Pożarnej. Prowadząc systematyczne działania, umacniał swoją pozycje szefa nie tylko w Komendzie, ale w również w innych jednostkach. Jego działania koncentrowały się wokół problemów związanych z zabezpieczeniem mieszkańców Warszawy i obiektów przed pożarami. Dodatkowych problemów przysparzała słabo rozwinięta sieć telefoniczna, której stan wpływał na wydłużenie czasu alarmowania straży pożarnej w przypadku powstania pożaru. Zygmunt Jarosz podjął więc decyzję o instalowaniu urządzeń publicznej automatycznej sygnalizacji alarmowej

[1] Konspiracyjna komórka działająca w strukturach Armii Krajowej.

ISSN 1895-8443

firmy Ericson. W połowie lat 50. podjął decyzję o budowie nowych strażnic między innymi na Żoliborzu, Jelonkach, w Wilanowie, Henrykowie i w Rembertowie. Kilka innych rozbudowano. Niezależnie rozpoczęto prace nad rozwijaniem systemu szkolenia pożarniczego strażaków. Dzięki powstaniu Ośrodka Szkolenia Pożarniczego na Grochowie podjęto systematyczne przygotowania młodych kadr strażaków i podoficerów. W celu analizy aktualnego stanu ochrony przeciwpożarowej w styczniu 1962 roku komendant Zygmunt Jarosz powołał zespoły, w skład których wchodzili młodzi oficerowie. Przygotowany przez Komendę materiał poprzedzony konsultacjami pod nazwą *Plan ochrony przeciwpożarowej Warszawy na lata 1963–1980* został zatwierdzony w dniu 20 grudnia 1962 przez Radę Narodową m. st. Warszawy. Jednym z ważnych elementów warszawskiego planu ochrony przeciwpożarowej było wyznaczenie obszarów operacyjnych i lokalizacji jednostek na bazie koncepcji rozbudowy Warszawy. W sumie zaplanowano powstanie 16 obszarów operacyjnych. Jak trafne to były plany, może świadczyć fakt, że dzisiaj, po przeszło 50 latach, mamy tych obszarów 17. Swoje miejsce w tym dokumencie znalazły także problemy związane z zaopatrzeniem wodnym do celów gaśniczych opartych na opracowanym wykazie potrzeb dotyczących budowy i konserwacji zbiorników wodnych i studni przeciwpożarowych. Ważnym wydarzeniem w życiu osobistym komendanta był ślub córki Anny z kapitanem, inżynierem pożarnictwa Henrykiem Jaworskim, późniejszym Dyrektorem Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie (01.11.1987–14.06.1992), który odbył się 10 kwietnia 1963 roku.

W natłoku wielu różnorodnych problemów i podjętych działań operacyjnych Komendant musiał znaleźć jeszcze czas na uzupełnienie wykształcenia, zgodnie z wprowadzonym zarządzeniem nr 17/58 MSW z dnia 31 stycznia 1958 r. w sprawie ustanowienia kwalifikacji pożarniczych dla oficerów pożarnictwa. Specjalizację zawodową w zakresie organizacyjnym potwierdzoną dyplomem wystawionym przez Komendę Główną Straży Pożarnych Zygmunt Jarosz uzyskał w dniu 21 maja 1963 roku. Kolejnym ważnym osiągnięciem szefa Warszawskiej Straży Pożarnej było zaprojektowanie, wykonanie i oddanie do użytku w kwietniu 1964 roku nowoczesnego punktu alarmowo-dyspozycyjnego (PAD)[2]. Nowe rozwiązanie poprawiające znacznie sprawność operacyjną straży pożarnej (w tym szybsze alarmowanie i dysponowanie jednostek) zostało wysoko ocenione przez inne komendy w kraju i za granicą. 1 lipca 1966 r. Zygmunt Jarosz został powołany na stanowisko zastępcy komendanta głównego Straży Pożarnych. W tym czasie wobec licznych zaproszeń uczestniczył aktywnie w wielu spotkaniach poświęconych problemom ochrony przeciwpożarowej, w tym z osobistościami państwowymi. Niezależnie brał udział także w naradach, zawodach, otwarciach obiektów czy konferencjach.

Podczas kursokonferencji szkoleniowej w zakładach włókien sztucznych „Elana" w Toruniu w czerwcu 1967, w swoim wystąpieniu komendant Jarosz stwierdził między innymi: „(…) W Polsce istnieje jedno pożarnictwo. Dokonywanie podziału na straże terenowe i zakładowe jest niesłuszne i szkodliwe dla sprawy…" [4]. 30 grudnia 1967 roku Prezes Rady Ministrów na wniosek Ministra Spraw Wewnętrznych powołał pułkownika pożarnictwa Zygmunta Jarosza na stanowisko komendanta głównego Straży Pożarnych. Urzędowanie na tym stanowisku rozpoczął od 2 stycznia 1968 roku. Realizując konsekwentnie swój kalendarz, wizytował kolejne jednostki. Ważnym dla Komendanta wydarzeniem była promocja absolwentów Szkoły Oficerów Pożarnictwa, która miała miejsce pod pomnikiem Bohaterów Warszawy Nike, na placu Teatralnym w dniu 7 września 1968 roku. Po raz pierwszy młodzi oficerowie zostali przez komendanta promowani szablą, a nie jak dotychczas toporkiem. Tradycja ta kontynuowana była przez niego w kolejnych latach i obowiązuje do dziś.

Jednym z ważniejszych zadań w tym czasie dla Komendanta było podjęcie prac związanych z utworzeniem Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince[3], którego pierwszym dyrektorem w okresie 31.08.1972–31.12.1974 był mgr inż. Zygmunt Stanowski[4]. W 1968 zakończono opracowanie planów i projektów techniczno-roboczych dla nowej jednostki organizacyjnej Komendy Głównej Straży Pożarnych. Oddanie całości prac budowlanych zaplanowano na 1970 rok.

26 czerwca 1971 roku miał miejsce tragiczny w skutkach pożar rafinerii nafty w Czechowicach-Dziedzicach. Do katastrofy doszło w wyniku uderzenia pioruna w kominek wentylacyjny jednego ze zbiorników na ropę. Wśród ofiar byli także strażacy zawodowi i ochotnicy. Tragedia ta uświadomiła ówczesnym władzom, że aktualne możliwości straży pożarnych nie nadążają za rozwojem przemysłu i stosowanymi w nim technologiami. Między innymi to wydarzenie wpłynęło na podjęcie decyzji o uzupełnieniu wyposażenia technicznego oraz podniesienia na wyższy poziom szkolenia pożarniczego. Następstwem tej katastrofy była decyzja dotycząca uruchomienia produkcji, importu sprzętu i środków gaśniczych oraz powołania szkół pożarniczych.

W dniu 30 czerwca 1971 roku na mocy rozporządzenia Rady Ministrów powołano Wyższą Oficerską Szkołę Pożarniczą (WOSP) w Warszawie[5], kształcącą inżynierów pożarnictwa. Wstępny projekt szkoły został już wcześniej opracowany przez inżyniera Józefa Tuliszkowskiego w 1921 roku [6]. Wkrótce zapadła również decyzja o utworzeniu kolejnych szkół: 2 sierpnia 1971 otwarto Szkołę Chorążych Pożarnictwa w Poznaniu i w 1973 roku w Krakowie. Przyczyniło się to do podniesienia poziomu przygotowania kadr pożarniczych oficerskich i chorążych.

15 maja 1976 roku Minister Spraw Wewnętrznych wręczył pułkownikowi pożarnictwa Zygmuntowi Jaroszowi akt nadania stopnia generała pożarnictwa, co stanowiło wyraz uznania dla jego osiągnięć służbowych. Jarosz nie ustawał w staraniach o zainteresowanie władz politycznych i admi-

[2] Konspiracyjna komórka działająca w strukturach Armii Krajowej.

[3] Nazwę w późniejszym czasie zmieniono na „stanowisko kierowania".

[4] Utworzono na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. (Dz.Urz. MSW Nr 7, poz. 24).

[5] http://www.cnbop.pl/pl/o-centrum/historia-cnbop [dostęp: 15.03.2017].

nistracyjnych poprawą warunków funkcjonowania ochrony przeciwpożarowej w Polsce. Pierwszą zapowiedzią o odejściu generała ze służby był artykuł opublikowany w „Przeglądzie Pożarniczym" pod tytułem *Dziękujemy Komendancie*. Z dniem 31 sierpnia 1981 roku po 37 latach służby generał pożarnictwa przeszedł w stan spoczynku. Na decyzję o pożegnaniu się ze służbą niewątpliwie wpływ miała ówczesna sytuacja polityczna w Polsce. Odejście ze służby sprawiło, że generał Jarosz aktywnie włączył się w nurt pracy w międzynarodowej organizacji pożarniczej CTIF[6], w której do roku 1983 pełnił funkcję wiceprezydenta. Pierwszy generał pożarnictwa Zygmunt Jarosz w sprawy ochrony przeciwpożarowej angażował się do ostatnich dni życia. Zmarł nieoczekiwanie w wieku 87 lat, 18 lipca 2007 roku. Został pochowany na Cmentarzu Wojskowym na Powązkach w Warszawie.

Najważniejsze osiągnięcia

Pierwszy w historii Polski generał pożarnictwa Zygmunt Jarosz był niekwestionowanym inicjatorem wielu ważnych dla pożarnictwa przedsięwzięć. Pod jego kierownictwem miały miejsce wydarzenia, które zmieniły radykalnie oblicze straży pożarnej w Polsce. Do najważniejszych, poza wyżej wymienionymi, należy zaliczyć:

- utworzenie w 1972 roku Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie– Dębince. W ośrodku podjęto prace naukowo-techniczne i konstrukcyjne oraz badania niezbędne do rozwiązywania problemów ochrony przeciwpożarowej w Polsce;
- utworzenie w 1972 roku Muzeum Pożarnictwa w Mysłowicach przekształconego w lutym 1993 roku w Centralne Muzeum Pożarnictwa;
- opracowanie w 1974 roku i doprowadzenie do wydania z dniem 27 grudnia 1974 r. w Dz.U. z 1974 r. Nr 50, poz. 321 przez Radę Państwa Dekretu o służbie funkcjonariuszy pożarnictwa. Dekret wprowadził zasadę nawiązywania stosunku służbowego w oparciu o mianowanie, a nie jak dotychczas umowy o pracę. Zgodnie z art. 5. ustanowiono następujące kolejne stopnie pożarnicze:
  1) szeregowcy pożarnictwa:
     a) strażak,
     b) starszy strażak;
  2) podoficerowie pożarnictwa:
     a) kapral pożarnictwa,
     b) starszy kapral pożarnictwa,
     c) plutonowy pożarnictwa,
     d) ogniomistrz pożarnictwa,
     e) starszy ogniomistrz pożarnictwa;
  3) chorążowie pożarnictwa:
     a) młodszy chorąży pożarnictwa,
     b) chorąży pożarnictwa,
     c) starszy chorąży pożarnictwa;
  4) oficerowie pożarnictwa:
     a) oficerowie młodsi:
        — podporucznik pożarnictwa,
        — porucznik pożarnictwa,
        — kapitan pożarnictwa;
     b) oficerowie starsi:
        — major pożarnictwa,
        — podpułkownik pożarnictwa,
        — pułkownik pożarnictwa;
     c) generał pożarnictwa.
- doprowadzenie w 1975 roku do uchwalenia przez sejm ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Ustawa z dnia 12 czerwca 1975 r. o ochronie przeciwpożarowej Dz.U. z 1975 r. Nr 20, poz. 106);
- pełnienie w latach 1974–1983 przez Zygmunta Jarosza z wyboru funkcji Wiceprezydenta Komitetu Zapobiegania Pożarom CTIF. Przyczynił się w ten sposób do umocnienia polskiego pożarnictwa na forum europejskim i podniesienia prestiżu Polski za granicą.

Najważniejsze odznaczenia

Generał Zygmunt Jarosz był wyróżniony wieloma orderami, odznaczeniami resortowymi i korporacyjnymi krajowymi i zagranicznymi. Wśród najważniejszych z nich wymienić należy:

- Srebrny Krzyż Zasługi (28 sierpnia 1952 r.),
- Złoty Krzyż Zasługi (22 lipca 1956 r.),
- Srebrna Odznaka „Za zasługi dla ochrony przeciwpożarowej" oraz Medal 40-lecia Polski (21 czerwca 1985 r.)
- Medal Honorowy im. Józefa Tuliszkowskiego (12 listopada 1993 r.),
- Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski (29 maja 2002 r.).

Rycina 1. Medal Honorowy im. Józefa Tuliszkowskiego [14]
Figure 1. The Józef Tuliszkowski Honourable Medal [14]

Medalem Honorowym im. Józefa Tuliszkowskiego, ustanowionym 11 października 1993 r. [5], komendant główny Państwowej Straży Pożarnej nagradza osoby za wybitne osiągnięcia w pracy zawodowej i działalności społecznej w dziedzinie ochrony przeciwpożarowej oraz za szczególne zaangażowanie podczas akcji ratowniczych. Medal wraz z dyplomem nadawany jest na wniosek kapituły w sposób

[6] CTIF – międzynarodowa organizacja pożarnicza ds. zapobiegania pożarom.

ISSN 1895-8443

bardzo uroczysty z okazji Dnia Strażaka lub Święta Niepodległości. Pierwszy generał pożarnictwa Zygmunt Jarosz był wśród pierwszych, którym został nadany medal honorowy. Wszedł tym samym do jego kapituły i został wybrany jej kanclerzem. Uroczystość wręczenia pierwszych medali odbyła się 12 listopada 1993 roku w Centralnym Muzeum Pożarnictwa w Mysłowicach, podczas pożarniczych obchodów 75-lecia odzyskania przez Polskę niepodległości.

Podsumowanie

Pierwszy generał pożarnictwa Zygmunt Jarosz konsekwentnie działał w kierunku poprawiania stanu bezpieczeństwa pożarowego w kraju i rozwoju techniki pożarniczej. Swoją postawą uosabiał wzorowe cechy strażaka – profesjonalnego dowódcy i organizatora. Postać ta jest wzorem dla współczesnych i przyszłych pokoleń oficerów. Cechy i walory osobiste, jakie wyróżniały generała to przede wszystkim wielkie zamiłowanie do służby pożarniczej i dbałość o wysoki jej autorytet w społeczeństwie oraz życzliwość dla współtowarzyszy służby. Pełniąc odpowiedzialne funkcje zawodowe, przyczynił się znacząco do umocnienia polskiego pożarnictwa na forum europejskim i podniesienia prestiżu Polski za granicą. Nieustająca troska o poprawę stanu ochrony przeciwpożarowej w Polsce była ideą, której generał Zygmunt Jarosz podporządkował całe swoje życie.

W dowód uznania zasług gen. poż. Zygmunta Jarosza w dniu 31 maja 2008 roku w Radomiu – rodzinnym mieście Zygmunta Jarosza, w nowej siedzibie Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej dokonano uroczystego otwarcia Sali Tradycji poświęconej gen. poż. Zygmuntowi Jaroszowi.

Rycina 2. Sala Tradycji im. gen. poż. Zygmunta Jarosza w Radomiu [17]
Figure 2. The Heritage Room of General Zygmunt Jarosz, Radom [17]

Literatura

[1] Wojtasiak B., Bąk D., *Józef Tuliszkowski – niestrudzony działacz w pracy dla polskiego pożarnictwa i piśmiennictwa pożarniczego*, BiTP Vol. 42 Issue 2, 2016 pp. 15–20.

[2] Bielicki P., Kielin J., *Władysław Pilawski*, BiTP Vol. 37 Issue 1, 2015, pp. 15–22.

[3] Kielin J., *Generał brygadier Feliks Dela – wizjoner i twórca obrony cywilnej i ochrony przeciwpożarowej*, BiTP Vol. 33 Issue 1, 2014, pp. 15–20.

[4] Gutkowski J, Mazan L, Zygmunt Jarosz, *Pierwszy Generał Polskiego Pożarnictwa*, Oficyna Wydawnicza Anabaris s.c., Warszawa 2013, 69.

[5] Decyzja Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej nadbryg. Feliksa Deli z dnia 11 października 1993 r. w sprawie ustanowienia Medalu Honorowego im. Józefa Tuliszkowskiego.

[6] Bielawska T., *Szkoła Józefa Tuliszkowskiego*, „Przegląd Pożarniczy" 1981, 6.

[7] Dekret o służbie funkcjonariuszy pożarnictwa z dnia 27 grudnia 1974 r. (Dz.U. z 1974 r. Nr 50, poz. 321).

[8] Dekret z dnia 27 grudnia 1974 r. o służbie funkcjonariuszy pożarnictwa (Dz.U. z 1974 r. Nr 50, poz. 321).

[9] Strona internetowa KG PSP, zakładka Historia, http://www.straz.gov.pl/panstwowa_straz_pozarna/zygmunt_jarosz [dostęp: 01.05.2017].

[10] Strona internetowa CNBOP-PIB, zakładka: Targi, Konkursy, http://www.cnbop.pl/pl/nagrody/targi-konkursy/honorowy-medal-im-jzefa-tuliszkowskiego_482 [dostęp: 01.05.2017].

[11] Postanowienie Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 29 maja 2002 r. o nadaniu orderów (Monitor Polski z 2002 r. Nr 37, poz. 585).

[12] Obwieszczenie Ministra Oświaty i Szkolnictwa Wyższego z dnia 17 stycznia 1969 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy z dnia 5 listopada 1958 r. o szkolnictwie wyższym (Dz.U. z 1969 r. Nr 4, poz. 31).

[13] Strona internetowa CNBOP-PIB, zakładka Historia, http://www.cnbop.pl/pl/o-centrum/historia-cnbop [dostęp: 15.03.2017].

[14] Strona internetowa CNBOP-PIB, zakładka Nagrody http://www.cnbop.pl/pl/nagrody/targi-konkursy/honorowy-medal-im-jzefa-tuliszkowskiego_482 [dostęp: 25.04.2017].

[15] Ustawa z dnia 12 czerwca 1975 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. z 1975 r. Nr 20, poz. 106).

[16] Zarządzenie Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. w sprawie utworzenia Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie-Dębince (Dz.Urz. MSW z 1972 r. Nr 7).

[17] Archiwum KM PSP w Radomiu.

ST. BRYG. W ST. SPOCZ. MGR INŻ. JAN KIELIN – absolwent Szkoły Oficerów Pożarnictwa w Warszawie oraz Wyższej Oficerskiej Szkoły Pożarniczej w Warszawie. W roku 1975 uzyskał uprawnienia rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Autor wielu publikacji oraz tłumaczeń z zakresu ochrony przeciwpożarowej. Wybrane publikacje: *Poradnik dla Specjalisty Ochrony Przeciwpożarowej*, *Materiały szkoleniowe dla pracowników zakładów pracy*.

MGR BEATA WOJTASIAK – absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 roku ukończyła studia podyplomowe menedżer innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Aktualnie pracownik Zakładu Ocen Technicznych Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego na stanowisku mł. specjalista inżynieryjno-techniczny.

Relacje z konferencji, sympozjów, szkoleń, targów oraz innych wydarzeń dotyczących bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej. Zapraszamy do lektury!

KONFERENCJA NAUKOWA

INTEX – innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych

W dniu 6 czerwca 2017 roku w CNBOP-PIB odbyła się konferencja naukowa zorganizowana przez konsorcjum naukowo-przemysłowe realizujące projekt pt. „Innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych", nr DOBR-BIO4/052/13073/2013, finansowany ze środków NCBR.

Podczas konferencji zaprezentowane zostały wyniki badań naukowych w połączeniu z praktycznymi pokazami nowych stanowisk badawczych oraz demonstratorów technologii. Konferencja umożliwiła ekspertom i specjalistom wymianę poglądów dotyczących kierunków prowadzonych badań oraz dalszego rozwoju opracowanych w ramach projektu „INTEX" innowacyjnych demonstratorów technologii systemów pasywnego oraz aktywnego tłumienia wybuchów. W konferencji wzięli udział przedstawiciele jednostek organizacyjnych PSP, jednostek naukowych, NCBR oraz instytucji zaangażowanych bezpośrednio w proces identyfikacji zakładów stwarzających ryzyko wybuchów deflagracyjnych i detonacyjnych.

KONFERENCJA NAUKOWA

Współczesne uwarunkowania badań bezpieczeństwa

30 czerwca 2017 r. w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie odbyła się ogólnopolska konferencja naukowa zorganizowana w ramach projektu pt. „Opracowanie innowacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych w zurbanizowanych centrach miast".

Głównym celem konferencji było przedstawienie wyników prac badawczych w obszarze metodologii badań w ujęciu nauk społecznych i nauk technicznych oraz przeprowadzenie interdyscyplinarnego dyskursu o możliwości stosowania wybranych metod, technik i narzędzi badawczych w badaniu bezpieczeństwa.

Przedmiotem rozważań i dyskusji była między innymi możliwość oraz zasadność stosowania określonych metod badawczych w pracach i badaniach prowadzonych w ramach projektu nr DOB-BIO7/08/01/2015 „Opracowanie innowacyjnego systemu zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych w zurbanizowanych centrach miast". Przeprowadzono dyskusję nad zaprezentowanymi wynikami badań prowadzonych przez CNBOP-PIB w ramach II etapu realizacji ww. projektu.

Konferencję zainaugurował bryg. dr inż. Jacek Zboina, zastępca dyrektora CNBOP-PIB, kierownik projektu ze strony CNBOP-PIB.

Pierwszą sesję, której przewodniczył bryg. dr inż. Jacek Zboina, poświęcono tematyce interdyscyplinarności badań bezpieczeństwa. Druga sesja, moderowana przez dr. hab. Andrzeja Czupryńskiego, dotyczyła wybranych metod badania bezpieczeństwa. Sesja trzecia, poprowadzona przez prof. dr. hab. Bernarda Wiśniewskiego, poświęcona została badaniom operacyjnym bezpieczeństwa.

Dyskusje o bezpieczeństwie

W trakcie konferencji przedstawiciele różnych środowisk naukowych, w tym zarówno praktycy, jak i teoretycy, dzielili się swoimi doświadczeniami oraz opiniami dotyczącymi omawianej problematyki, przedstawili wyniki prowadzonych badań i prac oraz dokonali próby zidentyfikowania obszarów wymagających doskonalenia.

W oparciu o wyniki badań naukowych, doświadczenia i praktykę dyskutowano o tym, jakie metody, techniki oraz narzędzia badawcze należy stosować w naukach o bezpieczeństwie oraz w naukach pokrewnych, aby zwiększyć wiarygodność wyników w aspekcie poznania i projektowania bezpieczeństwa.

Wystąpienia prelegentów w każdej z sesji stanowiły podstawę do wymiany poglądów wśród uczestników konferencji i aktywnej dyskusji dotyczącej poruszanej problematyki. W dyskusjach głos zabierali m.in.: dr hab. Barbara Bojewska ze Szkoły Głównej Handlowej, dr hab. Andrzej Czupryński z Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, prof. dr hab. Bernard Wiśniewski z Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie.

W wystąpieniach skupiono się przede wszystkim na propozycjach dotyczących potrzeby podejmowania systematycznych działań integrujących poszukiwania badawcze, które służyłyby wymianie wiedzy oraz doświadczeń.

Z uwagi na różnorodność perspektyw postrzegania bezpieczeństwa celowe jest kontynuowanie prac i badań w tym zakresie.

INTARG

TARGI WYNALAZCZOŚCI

CNBOP-PIB nagrodzone na Międzynarodowych Targach Wynalazków i Innowacji „INTARG 2017"

Tegoroczne Międzynarodowe Targi Wynalazków i Innowacji „INTARG 2017" poświęcone prorynkowej promocji innowacyjnych produktów, technologii i usług o poziomie gotowości technicznej TRL od 4 do 9, odbyły się w dniach 22-23 czerwca br. w Międzynarodowym Centrum Kongresowym w Katowicach.

Dzięki swojej formule i specjalistycznemu charakterowi wydarzenie zgromadziło krajowych oraz zagranicznych przedstawicieli nauki, innowacyjnych przedsiębiorstw, przemysłu i otoczenia biznesu oraz podmiotów wspomagających i finansujących badania i rozwój. Dla uczestników wydarzenia zorganizowane zostały panele dyskusyjne, prezentacje oraz debaty eksperckie, podczas których poruszane były tematy związane z nowymi technologiami i prezentowanymi wynalazkami. W ramach X jubileuszowej edycji targów, oprócz debat i spotkań eksperckich odbyła się również wystawa wynalazków, której towarzyszyły konkursy „INTARG 2017" oraz „Lider Innowacji 2017". Wydarzenie patronatem honorowym objął Wiceprezes Rady Ministrów, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego Jarosław Gowin.

Podczas X edycji Międzynarodowych Targów Wynalazków i Innowacji „INTARG 2017" CNBOP-PIB

zaprezentowało efekty projektów realizowanych w konsorcjach naukowo-przemysłowych w kategorii bezpieczeństwo i ochrona, wydawnictwa, a także w Strefie Konferencyjnej „INTARG 2017" wystąpienie nt. „Systemu gaśniczego HRD". Działalność Instytutu została doceniona przez Kapitułę Konkursową „INTARG 2017".

Nagrody dla CNBOP-PIB

Nagrodę Platynową otrzymało stanowisko badawcze pn. „Kanał detonacyjny 20 m o średnicy 350 mm z tłumikiem wybuchów".
Złotym medalem nagrodzono stanowisko badawcze pn. „Kula 1 m^3 do badania parametrów wybuchu pyłów oraz testowania aktywnego systemu tłumienia wybuchów". Stanowiska zbudowane zostały w ramach projektu badawczo-rozwojowego „Innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych" finansowanego przez NCBR, realizowanego w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: CNBOP-PIB, ANKO TRADING Sp. z o.o., Politechnika Warszawska oraz Szkoła Główna Służby Pożarniczej.
Srebrnymi medalami nagrodzono następujące wynalazki:

- „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy" – projekt finansowany przez NCBR, realizowany w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej – lider konsorcjum, CNBOP-PIB, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii oraz JAS technologie Sp. z o.o.
- „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem „RAT-if" – oprogramowanie to efekt projektu badawczo-rozwojowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem – EVARIS" finansowanego przez NCBR, realizowanego w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: CNBOP-PIB, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Politechnika Warszawska oraz BERA Systems Sp. z o.o.

Brązowym medalem wyróżniono wydawnictwo CNBOP-PIB pt. *Koncepcja systemu ratowniczego w perspektywie długookresowej* [publikacja do pobrania ze strony www.cnbop.pl].

Zdjęcia: starline, ibrandify, rocketpixel/Freepik.com, CNBOP-PIB, materiały prasowe EUROBUSINESS-HALLER

Adrian Ridder, Ulrich Cimolino, Martin Fuchs, Jan Südmersen, Guido Volkmar

GASZENIE POŻARÓW WEWNĘTRZNYCH

Rozgorzenie i spalanie gazów pożarowych, metody gaśnicze, taktyka działań, szkolenie w warunkach rzeczywistych

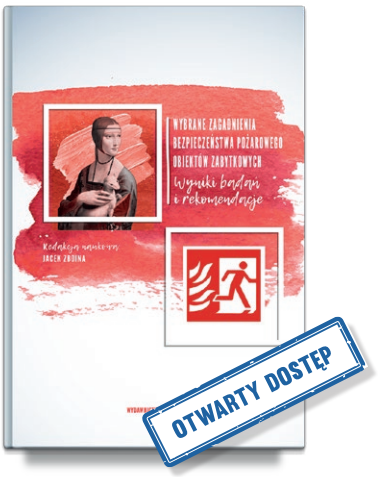
Tłumaczenie i redakcja: Jan Kielin
Liczba stron: 306
ISBN: 978-83-61520-91-7
Cena: 50 PLN

To pierwsza taka pozycja na rynku publikacji specjalistycznych w Polsce

Gaszenie pożarów wewnętrznych to polski przekład niemieckiej książki *Brandbekämpfung im Innenangriff: Flashover und Backdraft, Löschmethoden, Einsatztaktik, Realbrandausbildung* wydawnictwa Ecomed-Storck GmbH. Publikacja przedstawia rzeczywisty stan nauki i techniki w zakresie gaszenia pożarów wewnętrznych, a także w kompleksowy sposób prezentuje zagadnienia dynamiki pożaru, metod i technik gaszenia pożarów wewnętrznych, technik wentylacji taktycznej oraz kwestie szkolenia strażaków w warunkach realnego pożaru. Ponadto znaleźć w niej można podstawy dotyczące procesów chemiczno-fizycznych zachodzących podczas spalania, a także dokładne definicje zjawisk pożarowych, które nigdzie wcześniej nie zostały opisane.

Publikacja została oparta na realiach systemu ratowniczego w Niemczech, jednak posiada odniesienie do systemu ratowniczo-gaśniczego funkcjonującego w Polsce. Ma ona zachęcić straże pożarne do analizy dotychczasowych rozwiązań w zakresie gaszenia pożarów wewnętrznych oraz poszukiwania nowych możliwości, aby prowadzone natarcia wewnętrzne były skuteczne, ale przede wszystkim bezpieczne.

Formularz zamówienia dostępny na stronie www.cnbop.pl, zakładka WYDAWNICTWA/KSIĄŻKI



Redakcja naukowa: Jacek Zboina

WYBRANE ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH

Wyniki badań i rekomendacje

Liczba stron: 194
ISBN: 978-83-61520-95-5
Pełne wydanie do pobrania ze strony www.cnbop.pl, zakładka WYDAWNICTWA/KSIĄŻKI

Ochrona przeciwpożarowa zabytków, czyli jak chronić polskie dziedzictwo kulturowe

Publikacja przedstawia wyniki prowadzonych badań dotyczących uwarunkowań bezpieczeństwa pożarowego obiektów zabytkowych i muzealnych. Dziedzictwo kulturowe i kultura własnego narodu jako przedmiot bezpieczeństwa posiada specyficzne cechy wymagające szczególnych procedur i środków. Obiekty zabytkowe i muzealne są z jednej strony otaczane szczególną troską, co wymaga dużych nakładów finansowych, z drugiej strony ze względu na cechy historyczne obiektu nie zawsze jest możliwe zastosowanie wszystkich wymagań ochrony przeciwpożarowej. Specyfika obiektów zabytkowych i muzealnych, ich szczególne cechy stwarzają konieczność zastosowania szczególnych, dedykowanych rozwiązań organizacyjnych i technicznych ochrony przeciwpożarowej. Prowadzenie badań naukowych w tym zakresie jest uzasadnione poszukiwaniem wiedzy dotyczącej przyczyn, zagrożeń oraz skutków pożarów w tych obiektach, co pozwoli na wdrażanie skuteczniejszych rozwiązań w zakresie technicznym i organizacyjnym ochrony przeciwpożarowej. Zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego w tych obiektach jest problemem złożonym wymagającym nie tylko właściwego przygotowania administratorów do zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych, ale również właściwego przygotowania procedur, zamierzeń profilaktycznych i służb uczestniczących w działaniach ratowniczych. **[fragment książki]**

ISSN 1895-8443

Bitp.cnbop.pl