

**badania i rozwój**  
**research & development**

## **Metodologia skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru**

**s.80**

**Methodology  
for Reducing the Duration  
of the Free Development  
of Fire**

**p.80**



Zmiany strukturalne  
w stali konstrukcyjnej  
wywołane epizodami jej  
nagrzewania i stygnięcia  
podczas pożaru **s.34**

Changes in Structural Steel  
Microstructures Following  
Heating and Cooling **p.34**

Analiza ryzyka  
dla transportu drogowego  
towarów niebezpiecznych  
stwarzających zagrożenie  
wybuchem **s.54**

Risk Analysis for Road  
Transport of Explosive  
Dangerous Goods **p.54**

Kilka słów  
o rozmowie  
duszpasterskiej  
**s.88**

Pastoral Conversation  
– A Brief Outline  
**p.88**





## Szanowni Czytelnicy,

Nowe wyzwania pojawiające się w środowisku bezpieczeństwa wymagają szerokiego, często interdyscyplinarnego, spojrzenia na problematykę radzenia sobie z zagrożeniami. W ten właśnie obszar doskonale wpisuje się kwartalnik naukowy „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, którego tematyka obejmuje szerokie spektrum zagadnień z zakresu zarządzania, nauk o bezpieczeństwie, techniki i technologii oraz szeregu innych. Wartością dodaną tego czasopisma jest udana próba łączenia teorii z praktyką, co – w mojej opinii – bardzo poszerza krąg czytelników.

Wysoki poziom naukowy, od lat potwierdzany wysoką punktacją na liście „B” czasopism, ogłaszanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, jest niewątpliwą zasługą nie tylko autorów, ale także zespołu redakcyjnego tworzącego Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowego Instytutu Badawczego.

Osobiście z dużym zainteresowaniem sięgam po kolejne numery tego kwartalnika. Wysoka wartość merytoryczna zamieszczonych artykułów, połączona z doskonałym opracowaniem edytorskim – powoduje, że czasopismo to zajmuje czołowe miejsce wśród literatury, wykorzystywanej przeze mnie w procesie zgłębiania wiedzy o bezpieczeństwie, niezbędnej w działalności naukowej i dydaktycznej.

Gorąco polecam lekturę czasopisma „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”. Każdy, kto poszukuje innowacyjnych rozwiązań z obszaru zarządzania kryzysowego, ratownictwa ludności, inżynierii bezpieczeństwa albo chciałby skorzystać z doświadczeń specjalistów najwyższej klasy, powinien sięgnąć po to prestiżowe czasopismo.

REKTOR – KOMENDANT  
WOJSKOWEJ AKADEMII TECHNICZNEJ  
płk dr hab. inż. Tadeusz SZCZUREK

**KOMITET REDAKCYJNY / EDITORIAL COMMITTEE**

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

st. bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup  
dr inż. Dorota Brzezińska  
bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski  
st. bryg. dr inż. Grzegorz Stankiewicz  
mł. bryg. dr n. med. Mariusz Chomonicik  
kpt. dr Tomasz Węsierski  
prof. dr hab. Bernard Wiśniewski  
dr n. med. Beata Janas  
dr n. med. Magdalena Witt  
st. bryg. dr inż. Robert Wolański  
bryg. dr inż. Jacek Zboina  
dr Agnieszka Siłuszyk  
mgr Julia Pinkiewicz – **Sekretarz Redakcji / Editorial Secretary**  
Elżbieta Muszyńska – **Sekretarz Redakcji / Editorial Secretary**

**Redakcja językowa / Language editing:**

mgr inż. Julia Mazur  
mgr Julia Pinkiewicz  
mgr Lidia Jakubiec  
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 Przeciwożarowej  
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 Przeciwożarowej  
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.



Skład/Typesetting: Kamil Tomaszewski, BEL Studio Sp. z o.o.

Druk i oprawa/Print and binding: 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. Andriy Kuzyk  
Lviv State University of Life Safety, Ukraine

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

dr Shamsutdin Sharabutdinovich Dagirow  
State Fire Academy of EMERCOM of 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

dr Ai Sekizawa  
prof. Tokyo University of Science, Japan

**INDEKSACJA W BAZACH / INDEXING IN DATABASES**  
Punkty MNISW: 13  
Index Copernicus International: ICV 2016: 77.08  
EBSCO Publishing  
BazTech  
RINC  
J-Gate  
VINITI  
Referativnyj Zhurnal  
Ulrich's Periodicals Directory

**PLATFORMY KSIĘGARSKIE I BIBLIOTEKI /  
BOOKSTORE PLATFORMS & LIBRARIES**

Google Play  
Electronical 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).

**Wytyczne dla Autorów dostępne na stronie**

**[Bitp.cnbop.pl](http://Bitp.cnbop.pl)**

czasopismo  
indeksowane  
w krajowych  
i międzynarodowych  
bazach naukowych

EBSCO  
Open J-Gate  
Index Copernicus  
RINC  
VINITI  
BazTech  
Referativnyj Zhurnal  
Ulrich's Periodicals  
Directory

nieodpłatna  
publikacja  
w otwartym  
dostępie

13 pkt na liście  
MNiSW

promocja artykułów  
w portalach dla  
naukowców

szerokie grono  
odbiorców



# REDAKTORZY BITP



bryg. dr hab. inż. Dariusz Wróblewski

**REDAKTOR NACZELNY**

**EDITOR-IN-CHIEF**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej  
im. Józefa Tuliszowskiego Państwowy Instytut Badawczy  
CNBOP-PIB Scientific and Research Centre for Fire Protection  
National Research Institute



st. bryg. dr inż. Robert Wolański

**BADANIA I ROZWÓJ**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT**

Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej  
w Krakowie

The Fire Service College of the State Fire Service  
in Krakow



prof. dr hab. Bernard Wiśniewski

**NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE  
NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA**

**HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES  
FOR SAFETY**

Szkoła Główna Służby Pożarniczej,  
Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie

The Main School of Fire Service,  
Police Academy in Szczytno



dr inż. Dorota Brzezińska

**INŻYNIERIA POŻAROWA**

**FIRE ENGINEERING**

Politechnika Łódzka

Lodz University of Technology



kpt. dr Tomasz Węsierski

**TECHNIKA I TECHNOLOGIA**

**TECHNIQUE AND TECHNOLOGY**

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

The Main School of Fire Service



dr n. med. Magdalena Witt

**RATOWNICTWO I MEDYCYNA KATASTROF**

**RESCUE AND DISASTER MEDICINE**

Uniwersytet Medyczny

im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Poznan University of Medical Sciences



dr n. med. Beata Janas

**OCHRONA ZDROWIA**

**HEALTH PROTECTION**

Centrum Onkologii – Instytut

im. Marii Skłodowskiej-Curie

The Maria Skłodowska-Curie  
Institute of Oncology



bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski

**STUDIUM PRZYPADKU –  
ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH**

**CASE STUDY – ANALYSIS  
OF THE ACTUAL EVENTS**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony  
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

CNBOP-PIB Scientific and Research Centre  
for Fire Protection National Research Institute



bryg. dr inż. Jacek Zboina

**CERTYFIKATY, OCENY TECHNICZNE  
I REKOMENDACJE**

**CERTIFICATES, TECHNICAL ASSESSMENTS  
AND RECOMMENDATIONS**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony  
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

CNBOP-PIB Scientific and Research Centre  
for Fire Protection National Research Institute



st. bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup

**PARTNERSTWO DLA INNOWACYJNOŚCI  
NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA**

**PARTNERSHIP FOR SAFETY INNOVATION**

Komenda Główna  
Państwowej Straży Pożarnej

The National Headquarters  
of the State Fire Service of Poland



st. bryg. w st. spocz. dr inż. Grzegorz Stankiewicz

**SZKOLENIA  
I PROPAGOWANIE WIEDZY  
TRAINING AND KNOWLEDGE  
PROMOTION**



mł. bryg. dr n. med. Mariusz Chomonicz

**Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI  
THE BEST PRACTICE IN ACTION**

Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej  
w Krakowie

The Fire Service College of the State Fire Service  
in Krakow



dr Agnieszka Siłuszyk

**REDAKTOR STATYSTYCZNY  
STATISTICAL EDITOR**

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny  
w Siedlcach

Siedlce University of Natural Sciences  
and Humanities



mgr Julia Pinkiewicz

**SEKRETARZ REDAKCJI,  
REDAKTOR JĘZ. POLSKIEGO  
EDITORIAL SECRETARY,  
POLISH LANGUAGE EDITOR**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony  
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

CNBOP-PIB Scientific and Research Centre  
for Fire Protection National Research Institute



Elżbieta Muszyńska

**SEKRETARZ REDAKCJI  
EDITORIAL SECRETARY**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony  
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

CNBOP-PIB Scientific and Research Centre  
for Fire Protection National Research Institute



mgr inż. Julia Mazur

**REDAKTOR JĘZ. ROSYJSKIEGO  
RUSSIAN LANGUAGE EDITOR**

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony  
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

CNBOP-PIB Scientific and Research Centre  
for Fire Protection National Research Institute

# SZANOWNI CZYTELNICY,

Przekazujemy Państwu 48. numer kwartalnika naukowego „BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”. Bieżące wydanie zamyka rok 2017, który przyniósł w naszym wydawnictwie wiele zmian i sukcesów. Chcielibyśmy podzielić się z Państwem podsumowaniem minionych wydarzeń oraz zaprosić do lektury zamieszczonych w najnowszym numerze artykułów.

Rok 2017 rozpoczął się od zmiany wizerunkowej czasopisma. BITP zyskało nową szatę graficzną, na miarę prestiżowych międzynarodowych wydawnictw. Radę Naukową zasilił wybitny naukowiec, prof. Ai Sekizawa z Japonii, a do grona Komitetu Redakcyjnego przystąpili nowi specjaliści. W efekcie zainicjowanych zostało wiele nowych projektów, w tym dział tematyczny „Ochrona Zdrowia” prowadzony przez panią dr m. med. Beatę Janas. W gronie redakcyjnym mamy także zaszczyt gościć panią dr Agnieszkę Siłuszyk z Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, która objęła funkcję redaktora statystycznego.

Od początku 2017 roku na każdej okładce BITP sygnalizujemy istotny problem, którego dotyczy jedna z opublikowanych w danym numerze prac. W bieżącym wydaniu jest nim czas, który dla straży pożarnej jest determinantem powodzenia każdej akcji gaśniczej. Wraz z upływającymi sekundami i minutami poświęconymi na dojazd do pożaru maleje szansa na udzielenie poszkodowanym skutecznej pomocy. W artykule pt. *Metodologia skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru* autorzy z Lwowskiego Uniwersytetu Bezpieczeństw Życia podjęli się próby opisanie metodologii pozwalającej na skrócenie czasu swobodnego rozwoju pożaru dzięki optymalizacji tras jednostek ratowniczo-gaśniczych między remizą a miejscem zdarzenia. To niezwykle ważny temat dla straży pożarnych w każdym miejscu na świecie. Zapraszamy Państwa do lektury tej pracy.

W bieżącym wydaniu – oprócz wspomnianej pracy – znajdą Państwo 9 innych artykułów związanych z bezpieczeństwem, przypisanych do działów tematycznych. Mamy nadzieję, że wszystkie okażą się dla Państwa interesujące.

Rok 2017 można uznać za pomyślny dla czasopisma BITP. Dążymy do tego, aby nowy rok także przyniósł pozytywne zmiany. Wśród planowanych nowości można wymienić wdrożenie nowego elektronicznego systemu wydawniczego kwartalnika BITP oraz ekspansję czasopisma za granicą. Życzymy Czytelnikom interesującej lektury, a wszystkich zainteresowanych publikacją wyników badań naukowych zapraszamy do podjęcia współpracy z naszą redakcją. Jesteśmy otwarci na nowe tematy i wyzwania. Serdecznie zapraszamy!

*Komitet Redakcyjny*



# DEAR READERS,

We present you the 48th issue of the "BITP. Safety & Fire Technique" scientific journal. The current issue of the Journal closes 2017 which was a year full of changes and successes for our Editorial Office. We would like to share with you a summary of past events and invite you to read the articles published in the latest BITP issue.

2017 started with a visual change to the Journal. BITP gained a new graphic design, comparable with those of prestigious international titles. A prominent scientist, Prof. Ai Sekizawa from Japan, joined the Editorial Advisory Board. The Editorial Committee was the inclusion of new specialists. As a result, we launched numerous projects, including the thematic "Health Protection" section, led by Beata Janas, Ph.D. We were also proud to admit Agnieszka Siluszyk (Ph.D.) from the Siedlce University of Natural Sciences and Humanities to the Editorial Committee. She took over the role of a statistical editor in our Journal.

Since the beginning of 2017, each front page of BITP has signalled an important problem raised in the one of the articles published in the issue. In the current number it is the time, which determines the success of each firefighting action. Along with the seconds and minutes, which pass as fire brigades are driving to the site of fire, the possibility of providing effective aid to the injured becomes lower and lower. In the article entitled *Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire* the authors from the Lviv State University of Life Safety made their attempt at describing a methodology of reducing the duration of the free development of fire on the basis of the optimisation of the fire and rescue vehicle route from the fire department to the place of emergency. It is a very important topic for fire service departments around the world. Please feel encouraged to read this paper.

In the current issue – apart from the above-mentioned paper – you will find 9 other articles related to safety and published in their thematic sections. We hope that all the articles will attract your attention.

2017 was a successful year for the BITP Journal. We are aiming for the new year to be full of positive changes as well. Among the planned modernisations there is a new electronic editorial system for the BITP Quarterly and the expansion of the Journal abroad. We wish our readers an interesting read, and we invite all individuals interested in publishing your research results, to cooperate with our Editorial Office. We are open to new topics and challenges. Please feel cordially invited!

*Editorial Committee*

# УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ,

Представляем Вашему вниманию 48-й номер ежеквартального журнала „ВІТР. Безопасность и пожарная техника“. Этот номер закрывает 2017 год, который принес нашему издательству много изменений и успехов. Мы хотели бы поделиться с Вами сводкой этих событий и предложить Вам прочитать статьи, опубликованные в актуальном номере.

2017 год начался с изменения визуального образа журнала. ВІТР получил новый графический дизайн, характерный для престижных международных издательств. К Научному Совету присоединился выдающийся ученый, проф. Аи Секизава из Японии. Также в Редакционном Совете появились новые специалисты. В результате мы начали много новых проектов, в том числе создали тематический раздел «Здравоохранение», которым занимается кандидат медицинских наук Беката Янас. Так же мы имеем честь пригласить в редакционную группу г-жу Агнешку Силушик из Университета Естественных и Гуманитарных Наук в г. Седльце, которая заняла должность статистического редактора.

С начала 2017 года на каждой обложке ВІТР мы сообщаем о важной проблеме, о которой идет речь в одной из опубликованных в данном номере работ. В данном номере этой проблемой является время, которое для пожарной службы является определяющим фактором успеха каждого действия по пожаротушению. Вместе с истекающими секундами и минутами, затраченными на приезд в место пожара, вероятность оказания эффективной помощи жертвам уменьшается. В статье под заголовком: *Методология сокращения времени свободного развития пожара* авторы Львовского университета безопасности жизнедеятельности предприняли попытку описать методологию, позволяющую сократить время свободного развития пожаров путем оптимизации маршрута движения пожарно-спасательной техники от пожарного депо до места происшествия. Это чрезвычайно важная тема для пожарных в любой точке мира. Мы приглашаем Вас прочитать эту работу.

В текущем выпуске – в дополнение к вышеупомянутой работе – вы найдете 9 других статей, связанных с безопасностью, опубликованных в тематических разделах. Мы надеемся, что все они покажутся Вам интересными.

2017 год можно считать успешным для журнала ВІТР. Мы стремимся к тому, чтобы новый год также принёс позитивные изменения. Среди запланированных обновлений можно упомянуть о внедрении новой электронной издательской системы для ВІТР и расширении круга читателей за рубежом. Желаем Читателям интересного чтения, а всем заинтересованным в публикации результатов научных исследований предлагаем сотрудничать с нашей редакцией. Мы открыты для новых тем и задач. Сердечно Вас приглашаем!

*Редакционный Совет*

# 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, Ulrich's Periodicals Directory, RINC



Promotion of articles in portals for research communities



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

# SPIS TREŚCI

---

## BADANIA I ROZWÓJ

- 14**      Koncepcja rozwiązań technicznych systemu powietrznego wykrywania skażeń wykorzystującego statki bezzałogowe  
Władysław Harmata, Marek Witczak, Grzegorz Pietrzak
- 34**      Zmiany strukturalne w stali konstrukcyjnej wywołane epizodami jej nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru  
Mariusz Maślak, Grzegorz Żwirski
- 54**      Analiza ryzyka dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem  
Michał Pająk, Monika Madej, Dariusz Ozimina
- 70**      Wybuch zbiornika ze sprężonym gazem palnym jako czynnik ryzyka zawodowego strażaka  
Marek Woliński, Marzena Półka, Bożena Kukfisz
- 80**      Metodologia skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru  
Hulida E.M., Pasnak I.V., Vasilyeva E.E.

---

## NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

- 88**      Kilka słów o rozmowie duszpasterskiej  
Adam Glajcar

---

## RATOWNICTWO I MEDYCYNA KATASTROF

- 96**      Ratownik medyczny w Państwowej Straży Pożarnej – od teorii do praktyki  
Mariusz Chomonic, Jacek Nitecki, Urszula Cisoń-Apanasewicz, Leszek Smolarczyk

---

## OCHRONA ZDROWIA

- 110**      Wymiary ciała i otłuszczenie zawodowych strażaków  
Andrzej Wiśniewski, Wojciech Jarosz, Anna Mróz, Marcin Smolarczyk, Anna Czajkowska, Andrzej Magiera, Przemysław Kowalczyk, Dagmara Zimmerman-Rysz, Marek Kowalczyk

---

## SZKOLENIA I PROPAGOWANIE WIEDZY

- 124**      Krytyczna ocena wymagań przeciwpożarowych dotyczących sieci wodociągowych  
Grzegorz Ścieranka

---

## POSTACIE POŻARNICTWA

- 138**      Zbigniew Jacorzyński  
Krzysztof Sobkowicz

---

## WYDARZENIA

- 152**      Awarie przemysłowe – zapobieganie i zwalczanie  
KONFERENCJA TECHNICZNA



# CONTENT/СОДЕРЖАНИЕ

---

## RESEARCH AND DEVELOPMENT/ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

- 14** The Concept of Technical Solutions for an Air Contamination Detection System Using Unmanned Vessels/Концепция технических решений для воздушной системы обнаружения загрязнений, использующей беспилотные летательные аппараты  
Władysław Harmata, Marek Witczak, Grzegorz Pietrzak
- 34** Changes in Structural Steel Microstructures Following Heating and Cooling Episodes in Fires/Структурные изменения в строительной стали, вызванные эпизодами ее нагревания и охлаждения во время пожара  
Mariusz Maślak, Grzegorz Żwirski
- 54** Risk Analysis for Road Transport of Explosive Dangerous Goods/Анализ риска автомобильного транспорта взрывоопасных грузов  
Michał Pająk, Monika Madej, Dariusz Ozimina
- 70** The Explosion of Tanks Containing Compressed Flammable Gas as a Risk for Firefighters at Work/Взрыв резервуара со сжатым горючим газом как фактор профессионального риска для пожарного  
Marek Woliński, Marzena Półka, Bożena Kukfisz
- 80** Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire/Методология уменьшения продолжительности свободного развития пожара  
Hulida E.M., Pasnak I.V., Vasilyeva E.E.

---

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

- 88** Pastoral Conversation – A Brief Outline/Несколько слов о пастырской беседе  
Adam Glajcar

---

## RESCUE AND DISASTER MEDICINE/СЛУЖБА СПАСЕНИЯ И МЕДИЦИНА КАТАСТРОФ

- 96** Paramedics in the State Fire Service – from Theory to Practice/Парамедик в Государственной Пожарной Службе – от теории к практике  
Mariusz Chomonicik, Jacek Nitecki, Urszula Cisoń-Apanasewicz, Leszek Smolarczyk

---

## HEALTH CARE/ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

- 110** Body Measurements and Body Fat in Professional Firefighters/Размеры тела и ожирение среди профессиональных пожарных  
Andrzej Wiśniewski, Wojciech Jarosz, Anna Mróz, Marcin Smolarczyk, Anna Czajkowska, Andrzej Magiera, Przemysław Kowalczyk, Dagmara Zimmerman-Rysz, Marek Kowalczyk

---

## TRAINING AND KNOWLEDGE PROMOTION/ОБУЧЕНИЕ И ПРОПАГАНДИРОВАНИЕ ЗНАНИЙ

- 124** Firefighting Water-supply System Requirements – a Critical Assessment/Критическая оценка требований пожарной защиты для сетей водоснабжения  
Grzegorz Ścieranka

---

## PEOPLE INVOLVED IN FIREFIGHTING/ЛИЦА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

- 138** Zbigniew Jacorzyński/Збигнев Яцожински  
Krzysztof Sobkowicz

dr hab. inż. Władysław Harmata, prof. WAT<sup>a)</sup>\*, gen. bryg. rez. Marek Witczak, prof. wizyt. WAT<sup>a)</sup>,  
ppor. mgr inż. Grzegorz Pietrzak<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Wojskowa Akademia Techniczna / Military University of Technology

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: wladyslaw.harmata@wat.edu.pl

## Koncepcja rozwiązań technicznych systemu powietrznego wykrywania skażeń wykorzystującego statki bezzałogowe

The Concept of Technical Solutions for an Air Contamination Detection System Using Unmanned Vessels

Концепция технических решений для воздушной системы обнаружения загрязнений, использующей беспилотные летательные аппараты

### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest przedstawienie koncepcji rozwiązań technicznych systemu rozpoznawania skażeń wykorzystujących platformy bezpilotowe.

**Wprowadzenie:** Obecnie rozpoznawaniem skażeń w strefie skażenia najczęściej zajmują się patrole piesze, które są zaopatrzone w odpowiednie przyrządy i postępują zgodnie z określonymi procedurami. Ich działania wymagają odpowiedniego wyposażenia w środki ochrony indywidualnej i likwidacji skażeń<sup>1</sup>. Głównymi czynnikami pośrednio lub bezpośrednio powodującymi uwolnienie materiałów niebezpiecznych i powstanie skażeń na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej (RP) mogą być: działania militarne, katastrofy, awarie techniczne zakładów przemysłowych oraz terroryzm. *Strategia bezpieczeństwa narodowego Rzeczypospolitej Polskiej* [1], zbieżna z *Europejską strategią bezpieczeństwa* [2], jako główne zagrożenia dla bezpieczeństwa RP w XXI wieku wymienia m.in.: terroryzm, proliferację broni masowego rażenia (BMR), przestępczość zorganizowaną, awarie przemysłowe, klęski żywiołowe i katastrofy. Zagrożenia te uwzględniono na powyższej liście m.in. dlatego, że pod ich wpływem (pośrednio lub bezpośrednio) może dojść do chemicznego, biologicznego lub promieniotwórczego skażenia ludzi i środowiska. Współcześnie rozpoznawanie skażeń powinno przebiegać automatycznie, obejmować duże odległości i odbywać się najlepiej bez udziału ludzi – tak jak to preferuje się w systemach rozpoznania skażeń np. w siłach zbrojnych USA. W Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (SZ RP) system rozpoznawania skażeń oparty jest na procedurach i wyposażeniu technicznym pochodzących z połowy ubiegłego wieku. Jedną z możliwości praktycznego rozwiązania tego problemu jest zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych (BSP). W niniejszym artykule skupiono się na koncepcji rozwiązań technicznych wykorzystujących mini-BSP.

**Wnioski:** Zagrożenie skażeniami na terytorium RP nadal istnieje i ma tendencję zwyżkową. System wykrywania skażeń w SZ RP jest technicznie przestarzały i nie spełnia współczesnych wymagań. Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych podczas powietrznego rozpoznania i wstępnej identyfikacji skażeń w znacznym stopniu mogłoby zwiększyć efektywność działania podsystemu rozpoznawania skażeń w SZ RP, który funkcjonalnie wchodzi w skład Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KSWSiA). Do głównych zalet wykorzystania BSP w systemie rozpoznawania powietrznego można zaliczyć m.in. brak konieczności narażania personelu na skażenie, ich dużą mobilność i manewrowość, a także możliwość prowadzenia działań w trudnych warunkach terenowych i nad zbiornikami. W skład BSP przeznaczonych do rozpoznawania skażeń powinny wchodzić pododdziały rozpoznawania skażeń Wojsk Chemicznych i Centralnego Ośrodka Analizy Skażeń.

**Słowa kluczowe:** rozpoznanie skażeń, bezzałogowe statki powietrzne

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

Przyjęty: 02.03.2017; Zrecenzowany: 03.10.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 14–32, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.1;

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 paper is to present the concept of technical solutions for contamination reconnaissance based on pilotless devices.

**Introduction:** Nowadays, contamination detection in contaminated zones is mostly performed by foot patrols, which are equipped with devices and follow specific procedures. They need appropriate personal protective equipment as well as decontamination devices<sup>2</sup>. The main factors which can

<sup>1</sup> Rozpoznanie skażeń, identyfikacja skażeń i monitoring – przedsięwzięcia niezbędne do wykrycia uderzeń BMR i zdarzeń typu ROTA (*release other than attack* – uwolnienie inne niż atak) oraz do oceny ich skutków poprzez rozpoznanie i identyfikację występujących skażeń, określenie stopnia skażenia, wyznaczenie granic rejonów skażonych, pobranie próbek oraz monitorowanie zmian w sytuacji skażeń [doktryna DD-3.8(A), sygn. Szkol. 869/2013].

<sup>2</sup> Contamination detection, identification and monitoring – are the measures necessary to detect WMD and ROTA events (*release other than attack*) and to assess their effects by way of detecting and identifying contamination, their degree, the boundaries of contaminated areas, taking samples and monitoring the changes in the contaminated environment [doctrine DD-3.8 (A), no. Szkol. 869/2013].

directly or indirectly cause the release of hazardous materials and lead to the contamination at the territory of the Republic of Poland (RP) are military actions, disasters, plant failures as well as terrorism. The *National Security Strategy of the Republic of Poland* [1], convergent with the *European Security Strategy* [2], lists the following among the main threats for Poland's security in the second half of the 21<sup>st</sup> century: terrorism, proliferation of weapons of mass destruction, organized crime, industrial failures, natural tragedies and disasters. One of the reasons why these threats are present in this list is the possibility of their leading, directly or indirectly, to the chemical, biological and radioactive contamination of people and environment. Nowadays, contamination detection should be performed automatically, at large distances, if possible without the involvement of people, e.g. such as in the contamination detection systems of the US Armed Forces. In the Armed Forces of the Republic of Poland, the contamination detection system is based on procedures and technical equipment dating back to the 1950s. One practical solution to this problem is the application of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). In this article, the main focus is on the technical solutions incorporating mini-UAVs.

**Conclusions:** The threat of contamination of the territory of Poland still exists and its risk is increasing. The contamination detection system of the Polish Armed Forces is obsolete and does not meet contemporary requirements. The use of Unmanned Aerial Vehicles for the aerial reconnaissance and initial identification of contaminants can significantly increase the efficiency of the operation of the Polish Armed Forces contamination detection sub-system which is functionally included in the National System for Contaminants Detection and Alerting. The main advantages of the UAV use in aerial reconnaissance are: no need for human presence, high mobility and maneuverability and the possibility of operation in difficult terrain conditions as well as over water bodies. UAVs in their contamination detection versions should be incorporated into contamination detection subdivisions of the Chemical Forces and the Central Station of Contamination Analysis.

**Keywords:** contamination reconnaissance, unmanned aircraft

**Type of article:** review article

Received: 02.03.2017; Reviewed: 03.10.2017; Published: 30.12.2017;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 14–32, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.1;

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:** Цель статьи – представить концепцию технических решений для системы обнаружения загрязнений, использующих беспилотные платформы.

**Введение:** В настоящее время обнаружение загрязнений в зоне загрязнения чаще всего осуществляется пешими патрулями, которые оснащены соответствующими приборами и действуют в соответствии с определенными процедурами. Их деятельность требует соответствующего оснащения для индивидуальной защиты и ликвидации загрязнений<sup>3</sup>. Основными факторами, которые непосредственно или посредственно вызывают выброс опасных материалов и загрязнения на территории Республики Польша, могут быть: военные действия, катастрофы, технические аварии промышленных заводов, а также терроризм. Стратегия народной безопасности Республики Польша [1], совпадающая с Европейской стратегией безопасности [2], в качестве главных угроз для безопасности Польши в XXI веке перечисляет в частности: терроризм, распространение ядерного оружия, организованную преступность, промышленные аварии, стихийные бедствия и катастрофы. Эти угрозы были учтены в вышеуказанном списке между прочем потому, что под их влиянием (посредственно или непосредственно) может произойти химическое, биологическое или радиационное загрязнение людей и окружающей среды. В настоящее время обнаружение загрязнений должно происходить автоматически, охватывать большие территории и не требовать участия людей – так, как это предпочтительно для систем обнаружения загрязнений в вооруженных силах США. В вооруженных силах Республики Польша система обнаружения загрязнений основана на процедурах и техническом оборудовании с середины прошлого века. Одной из возможностей практического решения этой проблемы является применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА). В настоящей статье основное внимание было посвящено концепции технических решений, использующих мини-БЛА.

**Выводы:** Угроза загрязнений на территории Польши все еще существует и имеет растущую тенденцию. Система обнаружения загрязнений в вооруженных силах Польши технически устарела и не соответствует современным требованиям. Использование беспилотных летательных аппаратов во время воздушной разведки и вступительной идентификации загрязнений в значительной степени могло бы улучшить эффективность действия подсистемы обнаружения загрязнений в вооруженных силах Польши, которая функционально входит в состав Национальной Системы Обнаружения Загрязнений и Тревоги. К основным преимуществам использования БЛА в системе воздушной разведки можно причислить в частности: отсутствие необходимости подвергнуть персонал угрозе заражения, высокую мобильность и маневренность БЛА, а также возможность проводить действия в сложных полевых условиях и над водоемами. В состав БЛА, предназначенных для обнаружения загрязнений, должны входить подразделения обнаружения загрязнений Химических войск и Центрального Центра Анализа Загрязнений.

**Ключевые слова:** обнаружение загрязнений, беспилотные летательные аппараты

**Вид статьи:** обзорная статья

Принята: 02.03.2017; Рецензирована: 03.10.2017; Опубликована: 30.12.2017;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

Просим ссылаться на статью следующим образом: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 14–32, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.1;

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/>).

<sup>3</sup> Обнаружение загрязнений, идентификация загрязнений и мониторинг – мероприятия необходимые для обнаружения ударов орудия массового уничтожения и выбросов, не связанных со взрывом/атакой, а также для оценки их последствий посредством разведки и идентификации имеющихся загрязнений, определения уровня загрязнения, определения границ загрязненных районов, отбора образцов и мониторинг изменений в ситуации загрязнения [доктрина DD-3.8(A), сигн. Szkol. 869/2013].

## Analiza zagrożenia skażeniami na terytorium RP

Wielowymiarowość zagrożeń sprawia, że w literaturze możemy znaleźć szereg kryteriów, według których autorzy starają się te zagrożenia usystematyzować. Wśród nich są kryteria: podmiotowe, przedmiotowe, zasięgu, skali. Najczęściej stosowane jest kryterium podmiotowe, które pozwala wyróżnić 5 rodzajów zagrożeń: polityczne, militarne, gospodarcze, społeczne (społeczno-kulturowe) i ekologiczne [3].

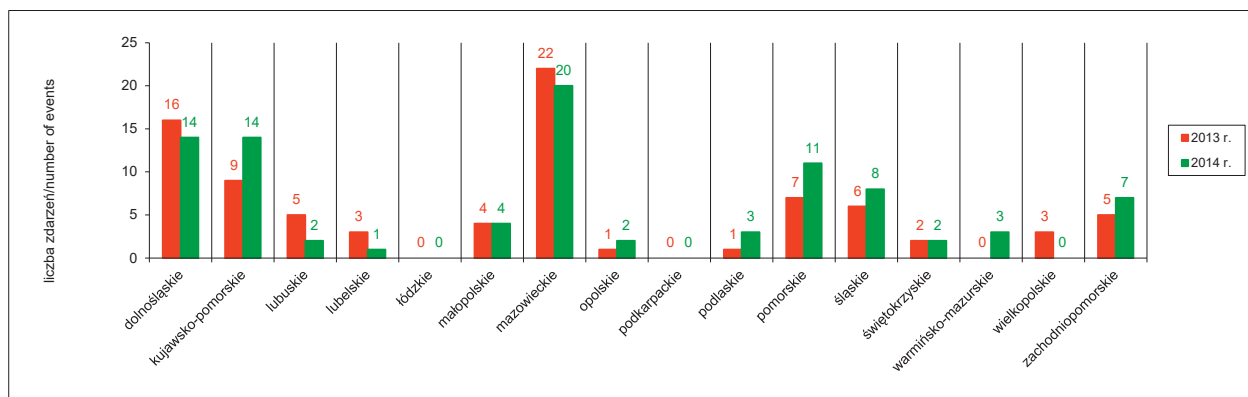
Niebezpieczeństwo uwolnienia substancji niebezpiecznych (np. TSP<sup>4</sup>) powodujących skażenie terenu może wystąpić nie tylko podczas procesów ich produkcji czy magazynowania, ale także w trakcie ich transportu. Wypadki i katastrofy komunikacyjne stanowią największy odsetek wydarzeń, w wyniku których dochodzi do skażenia środowiska substancją niebezpieczną. Największe zagrożenie to uwolnienie transportowanej substancji niebezpiecznej na obszarze miejskim. Ze względu na duże zaludnienie takiego obszaru zdarzenie to może skutkować dużą liczbą ofiar.

W Polsce substancje niebezpieczne stanowią 10% (około 180 mln ton w 2014 r.) [4] wszystkich towarów przewożonych transportem lądowym. Pierwsze miejsce zajmuje transport samochodowy. W 2013 roku na naszych drogach rejestrowano codziennie średnio 2 tys. ciężarówek przewożących łącznie około 42 tys. ton chemikaliów [5]. Szacuje się także, że w ciągu doby przez polskie miasta przejeżdża średnio 40 ładunków z materiałami niebezpiecznymi o masie od 5 do 20 ton. Brak wyznaczonych tras przewozu, zły stan techniczny pojazdów oraz nawierzchni dróg sprawiają, że samochody przewożące materiały niebezpieczne są w RP najbardziej ryzykownym środkiem transportu lądowego. Drugie miejsce

zajmuje transport kolejowy. Według Głównego Urzędu Statystycznego w 2010 roku koleją przewieziono około 22,1 mln ton chemikaliów, z czego około 70,6% stanowiły benzyna i olej napędowy; 12,2% – gazy techniczne, a 7,6% – substancje żrące [6]. Należy jednak zauważyć, że masy jednostkowe materiałów niebezpiecznych transportowane wagonami są dużo większe niż masy jednostkowe materiałów niebezpiecznych przewożone transportem drogowym, co sprawia, że ich uwolnienie może doprowadzić do skażenia znacznie większego obszaru środowiska.

W 2013 roku Główny Inspektor Ochrony Środowiska (GIOS) zarejestrował 84 zdarzenia z udziałem substancji niebezpiecznych. Spośród tych zdarzeń 55 miało miejsce w zakładach przemysłowych, a 21 – w transporcie. Z kolei 12 zdarzeń GIOS zakwalifikował jako poważne awarie przemysłowe (ryc. 1).

Warto zwrócić uwagę na to, że na obszarze RP oprócz ryzyka wystąpienia skażeń chemicznych istnieje także ryzyko wystąpienia skażeń radiacyjnych związanych z awariami obiektów energetyki jądrowej. Katastrofa w Czarnobylu w 1986 roku oraz katastrofa w Fukushima w roku 2011 pokazały, że uwolnione w wyniku awarii szkodliwe izotopy promieniotwórcze, po dostaniu się do atmosfery oraz wód powierzchniowych, mogą być przenoszone na bardzo duże odległości od miejsca katastrofy. Polska nie ma elektrowni jądrowej. Główne zagrożenie dla niej stwarzają jednak elektrownie znajdujące się na terytoriach państw sąsiednich. Obecnie w promieniu 300 km od granic RP jest 9 elektrowni wytwarzających łącznie 15 GWe (Gigawatt – Electric) mocy energetycznej, w których pracują 24 reaktory jądrowe. Ich awaria może nastąpić m.in. w wyniku skutków klęski żywiołowej oraz działań terrorystycznych (ryc. 2).



Rycina 1. Liczba zdarzeń z udziałem substancji niebezpiecznych w poszczególnych województwach w latach 2013 i 2014 [7]

Figure 1. The number of events involving dangerous substances in individual voivodships in 2013 and 2014 [7]

<sup>4</sup> TSP (toksyczne środki przemysłowe) – substancje promieniotwórcze lub toksyczne w postaci stałej, ciekłej, gazowej lub aerozolowej, które mogą być używane albo stanowić zapas niezbędny do celów przemysłowych, handlowych, medycznych, wojskowych lub do użytku domowego. Toksyczne środki przemysłowe mogą być substancjami biologicznymi, chemicznymi oraz promieniotwórczymi i wtedy są opisywane jako toksyczne środki biologiczne, toksyczne środki chemiczne lub toksyczne środki promieniotwórcze (NO-01-A006:2011. Obrona przed bronią masowego rażenia. Terminologia).





a)



b)

**Rycina 2a.** Czynne elektrownie jądrowe w odległości do 300 km od granic RP [8, 9]

**Rycin 2b.** Prognozowane zasięgi skażeń w przypadku awarii reaktorów jądrowych [8, 9]

**Figure 2a.** Active nuclear power plants located up to 300 km from Polish borders [8, 9]

**Figure 2b.** Forecast contamination ranges in the case of nuclear reactor failures [8, 9]

Bogata działalność wytwórcza człowieka sprzyja powstawaniu mniejszych lub większych zagrożeń dla środowiska. Trzeba jednak podkreślić, że problem ten jest bardzo trudny do rozwiązania, co wynika choćby z internacjonalizacji wielu dziedzin życia społecznego. Do niedawna niedoceniane kwestie zanieczyszczeń potęgują się i urastają do rangi problemu globalnego. W dzisiejszym uprzemysłowionym świecie paradoksem jest

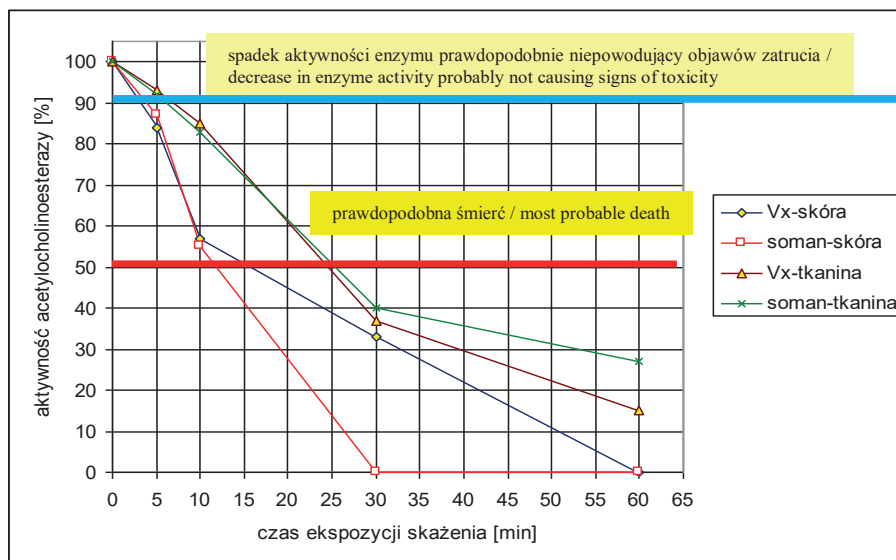
to, że skażenie powietrza i wód o wiele wyprzedza takie niebezpieczeństwa, jak skażenie żywności czy zagrożenie skutkami użycia broni masowego rażenia.

Zbyt późne wykrycie skażenia i podjęcie skutecznych działań zmierzających do jego likwidacji bardzo często powodują masowe straty – zarówno w ludziach, jak i w środowisku naturalnym (na ryc. 3 przedstawiono oddziaływanie związku

## RESEARCH AND DEVELOPMENT

somanu i Vx na człowieka w wyniku kontaktu z odkrytą skórą oraz odzieżą wierzchnią). Należy zatem prowadzić dokładną i systematyczną analizę realnych oraz możliwych przyczyn powstania skażeń, która pozwoli na szybkie wszczęcie działań umożliwiających uchronienie ludności przed skażeniami lub zminimalizowanie skutków tych skażeń. Jest to dość

trudne zagadnienie ze względu na dużą złożoność przyczyn powstawania skażeń, których źródłem może być działalność człowieka lub niszczycielska siła natury. Obie te przyczyny są w pewnych aspektach ze sobą skorelowane, a wzajemnie na siebie wpływając, dodatkowo komplikują analizę zagrożenia skażeniami.



Czas ekspozycji skażenia – Time of exposure to contamination

Aktywność acetylocholinoesterazy – Activity of acetylcholinesterase

**Rycina 3.** Spadek aktywności enzymu acetylocholinoesterazy u szczurów po skażeniu skóry i tkaniny bawełnianej somanem lub Vx (gęstość skażenia: ok. 1 g/m<sup>3</sup>) [10]

**Figure 3.** A decrease in the activity of acetylcholinesterase enzyme in rats after the contamination of the skin and cotton fabric with somane or Vx (density of contamination: ca. 1 g/m<sup>3</sup>) [10]

Wizja skażonego czy też silnie zatrutego środowiska budzi wiele obaw, tym bardziej że oprócz możliwych skażeń spowodowanych przez broń masowego rażenia w większości będą to skażenia wywołane przez toksyczne środki przemysłowe (TSP) uwolnione po awariach, uszkodzeniach albo zniszczeniach zakładów przemysłowych na terytorium danego kraju i na jego terenach przygranicznych.

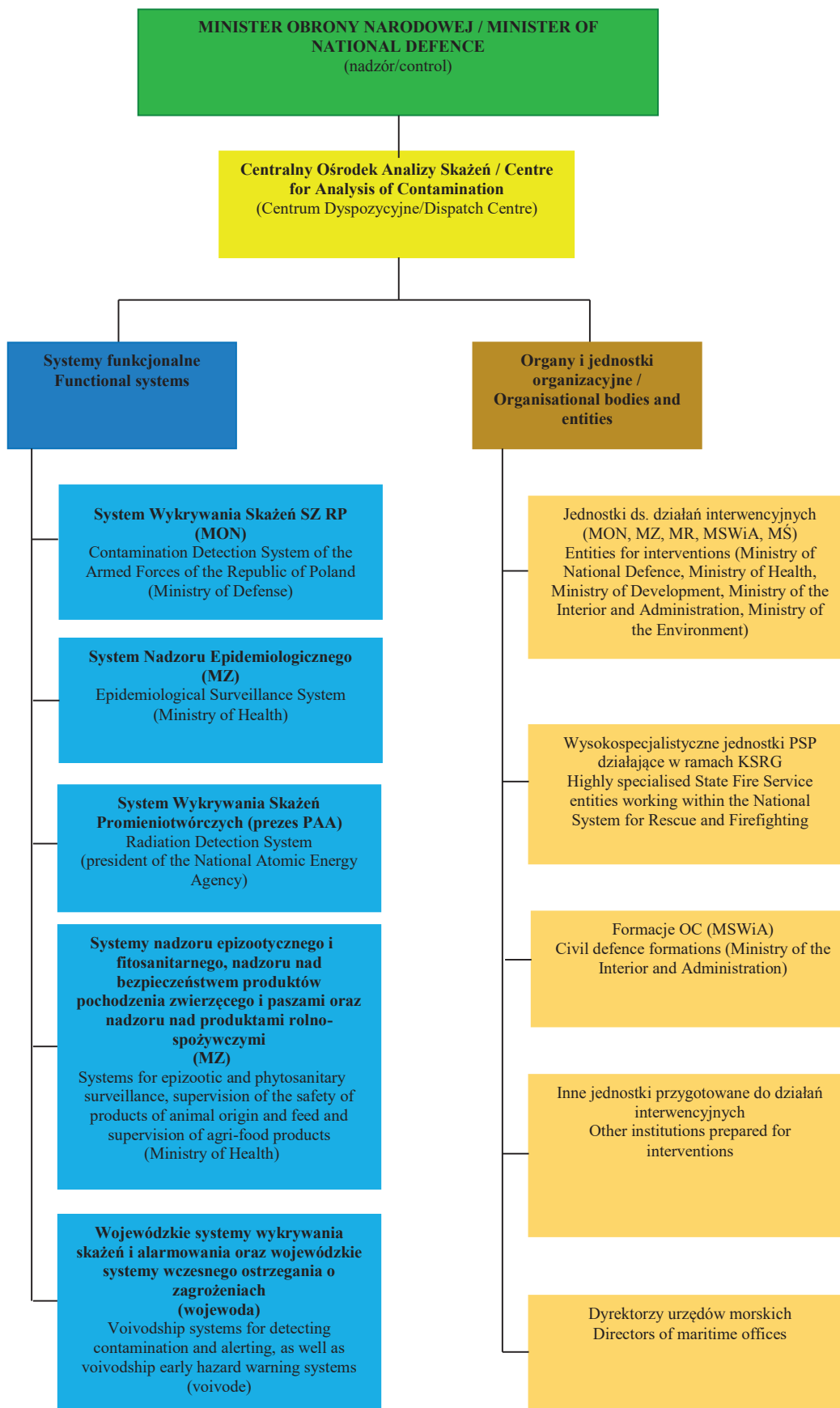
Współcześnie, jak wspomniano wcześniej, zagrożenie może mieć źródło głównie w aktach terrorystycznych będących elementem działań asymetrycznych (w obecnym piśmiennictwie można spotkać określenie „działania hybrydowe”).

### System wykrywania skażeń

Wzrost zagrożenia, m.in. wymienionymi wcześniej czynnikami, sprawił, że w 2006 roku w RP utworzono Krajowy System Wykrywania i Analizowania Skażeń. System ten powstał z potrzeby skoordynowania działań różnych resortów administracyjnych własnymi systemami wykrywania skażeń. W jego ramach skoordynowane oraz interoperacyjne działania są prowadzone przez podsystemy funkcjonalne oraz jednostki organizacyjne układu militarnego i pozamilitarnego, wydzielane w ramach tzw. reagowania kryzysowego [11].

Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania tworzą: Centrum Dyspozycyjne (CD) oraz wspomniane już podsystemy funkcjonalne i jednostki organizacyjne (ryc. 4). Zadaniem podsystemów jest wykrywanie skażeń i alarmowanie o nich. Z kolei jednostki organizacyjne zajmują się analizą skażeń i oceną sytuacji skażeń, na podstawie czego opracowują, ogłaszają i wszczynają działania interwencyjne. Wszystkimi działaniami w ramach systemu koordynuje Minister Obrony Narodowej przy pomocy Centrum Dyspozycyjnego.

Rdzeń KSWSiA tworzą systemy funkcjonalne, do których zalicza się m.in. System Wykrywania Skażeń SZ RP (nadzorowany przez Ministra Obrony Narodowej), systemy nadzoru epidemiologicznego (nadzorowane przez Ministra Zdrowia) oraz System Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych (nadzorowany przez prezesa Państwowej Agencji Atomistyki – PAA). W skład KSWSiA wchodzi ponadto: organy i jednostki organizacyjne (ryc. 4) podejmujące działania interwencyjne w przypadku wystąpienia skażeń, nadzorowane przez właściwych ministrów oraz przez wojewodów; formacje OC (obrony cywilnej) zajmujące się monitoringiem, wykrywaniem i rozpoznaniem skażeń oraz alarmowaniem o nich; dyrektorzy urzędów morskich w zakresie swoich kompetencji dotyczących skażeń; inne organy i jednostki organizacyjne, które prowadzą obserwacje i pomiary skażeń, powiadają o skażeniach występujących na terenie kraju albo są włączone do systemów na podstawie umów i porozumień.



Rycina 4. Struktura Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania [12]

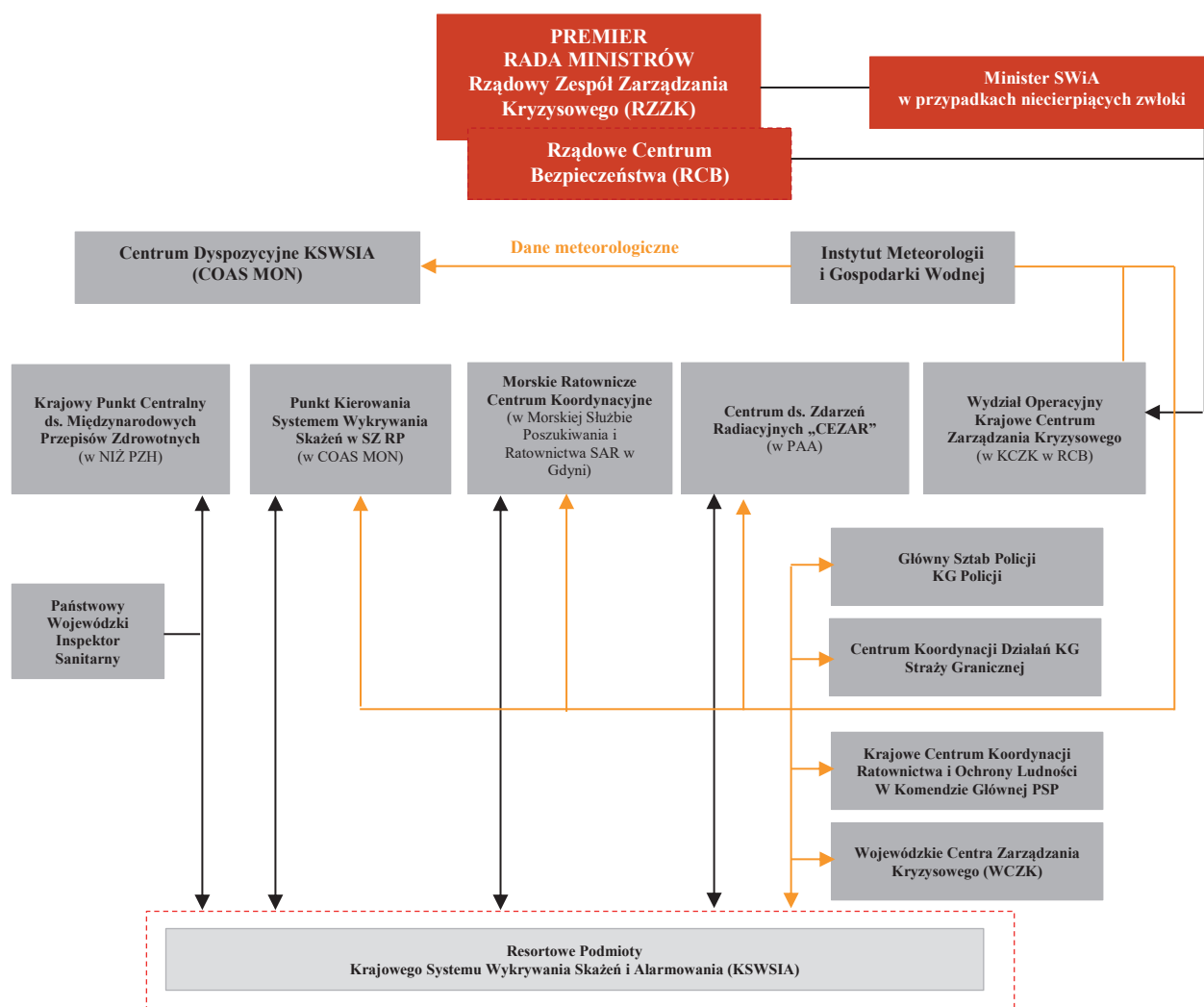
Figure 4. The structure of the National System for Contaminants Detection and Alerting [12]

## BADANIA I ROZWÓJ

Na ryc. 5 przedstawiono obieg informacji w KWSiA podczas zarządzania kryzysowego. Oprócz wyżej wymienionych systemów, organów i jednostek organizacyjnych bardzo ważnym elementem krajowego systemu jest Centrum Dyspozycyjne, które funkcjonuje w ramach Centralnego Ośrodka Analizy Skażeń (COAS) w Warszawie. Odpowiada ono za proces wymiany informacji pomiędzy wszystkimi elementami systemu, koordynację ich działań oraz opracowanie ocen i analiz eksperckich dotyczących stanu zagrożenia skażeniami. Oceny i analizy te są następnie przedstawiane organom decyzyjnym i służą za podstawę do podjęcia działań interwencyjnych. Dodatkowo COAS, jako CD, bierze udział w doskonaleniu KWSiA m.in. poprzez przygotowywanie przedsięwzięć szkoleniowych oraz opracowywanie nowych rozwiązań proceduralnych i formalnoprawnych.

W 2013 roku, na podstawie doświadczeń wynikających z sześciu lat funkcjonowania KWSiA, zaktualizowano podstawowy akt prawny regulujący jego działanie – rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 roku w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich

wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach [12]. Akt ten wprowadził wiele zmian w składzie omawianego systemu. Z KWSiA wyłączono system wykrywania i alarmowania określony w *Krajowym planie zwalczania zagrożeń i zanieczyszczeń środowiska morskiego*. Podmiotami odpowiedzialnymi za problematykę dotyczącą skażeń na morzu uczyniono organy administracji morskiej, tj. urzędy morskie. W związku z regularnie pojawiającymi się zagrożeniami chorobami odzwierzęcymi (ptasia grypa, świńska grypa, pryszczycza itp.) do KWSiA włączono systemy nadzoru epizootycznego i fitosanitarnego, nadzoru nad bezpieczeństwem produktów pochodzenia zwierzęcego i paszami oraz nadzoru nad produktami rolno-spożywczymi. Określono, że systemy te będą podlegać ministrom właściwym do spraw rolnictwa i rynków rolnych oraz zdrowia. Nowelizacja pozwoliła także dostosować zapisy rozporządzenia oraz KWSiA do obowiązującej ustawy o zarządzaniu kryzysowym [13]. Nadała także Ministrowi Obrony Narodowej szczególne uprawnienia, którymi są nadzór nad KWSiA oraz koordynacja jego działań przy pomocy CD COAS.



Rycina 5. KWSiA w systemie zarządzania kryzysowego – obieg informacji [13]



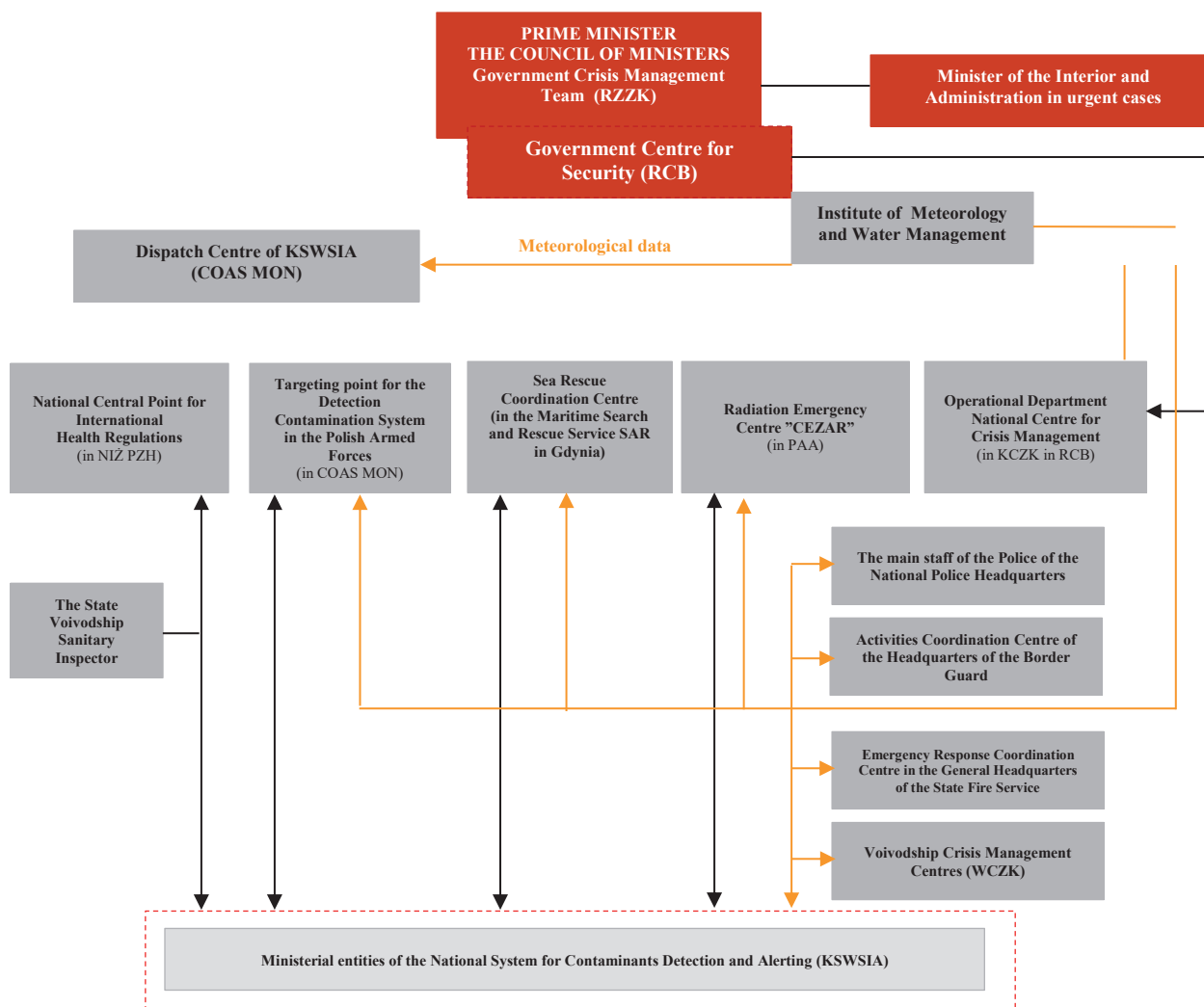


Figure 5. National System for Contaminants Detection and Alerting in crisis management – information flow [13]

Do głównych zadań KSWSiA należą [12]:

- realizacja zadań sojuszniczych oraz zobowiązań wynikających z ratyfikowanych porozumień międzynarodowych w zakresie obserwacji, pomiarów, analiz, prognozowania i powiadamiania o skażeniach na terytorium RP;
- monitorowanie wykrywanie i rozpoznanie skażeń umożliwiające natychmiastowe stwierdzenie wzrostu poziomu skażeń na podstawie standardów i norm krajowych;
- ostrzeganie i alarmowanie ludności lub SZ RP o skażeniach;
- opracowywanie ocen eksperckich stanu zagrożenia skażeniami i przygotowywanie zaleceń postępowania ochronnego;
- doradztwo specjalistyczne w zakresie metodyki ograniczania zasięgu i skutków oddziaływania skażeń;
- uruchamianie systemów wykrywania skażeń i systemów alarmowania o nich ludności lub SZ RP oraz inicjowanie działań interwencyjnych.

W państwach NATO system wykrywania skażeń opiera się głównie na zautomatyzowanych systemach wykorzystujących

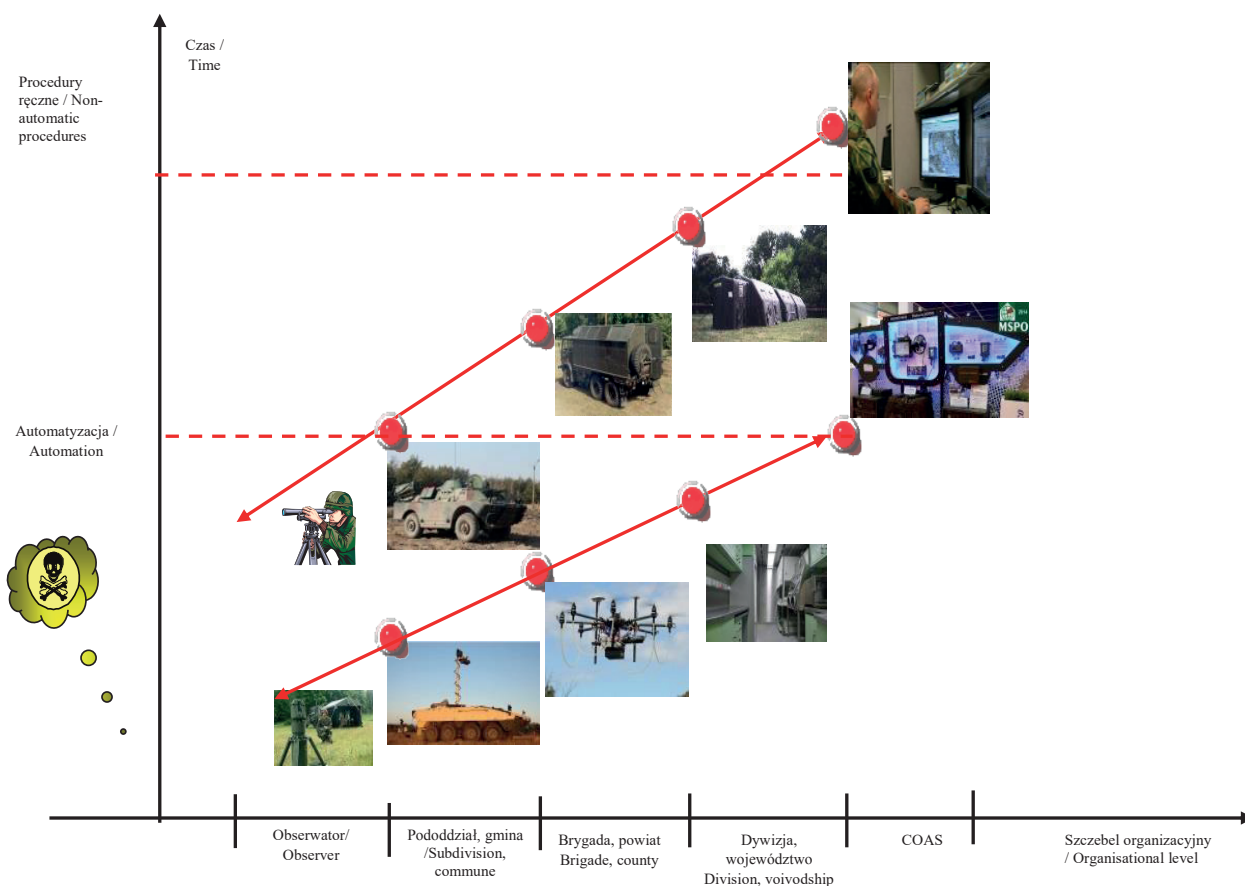
najnowsze technologie, w RP zaś – na patrolach pieszych i transporterach rozpoznania skażeń (BRDM-2rs). W Polsce w większości przypadków wyposażenie techniczne do wykrywania skażeń uwzględnia rozwiązania techniczne z połowy XX wieku. Nowe rozwiązania, dorównujące rozwiązaniom światowym, a często nawet je przewyższające, są dostępne, ale brakuje woli oraz funduszy, by je wdrożyć.

Do początku XXI wieku system powietrznego rozpoznania skażeń opierał się na etatowych pododdziałach powietrznego rozpoznania skażeń SZ RP. Tworzyły go załogi kluczy śmigłowców Mi-2rs „Padalec” wydzielane w ramach związków operacyjnych sił powietrznych, wojsk lądowych i marynarki. Od wycofania z użytkowania śmigłowców Mi-2rs (w ćwiczeniach wykorzystywano śmigłowce Mi-2Ch „Chekla”, pierwotnie przeznaczone do stawiania zasłon dymnych i dodatkowo wyposażone w środki do rozpoznania skażeń promieniotwórczych) [15] SZ RP nie mają odpowiednich środków na prowadzenie powietrznego rozpoznania skażeń. To sprawia, że mimo wielu swoich zalet system powietrznego rozpoznawania skażeń w RP praktycznie nie istnieje, a obowiązujący system rozpoznania i identyfikacji skażeń opiera się głównie na siłach i środkach naziemnych [16].

Istotną zaletą powietrznego rozpoznania skażeń jest możliwość prowadzenia rozpoznania w miejscach o dużej mocy dawki (wysokim stężeniu), trudno dostępnych (nieprzejezdnym dla pojazdów naziemnego rozpoznania skażeń). Dodatkowymi zaletami są możliwość dostosowania się do warunków działania oraz niewielka zależność od warunków pogodowych i terenowych.

Powietrzne rozpoznanie skażeń jest wykorzystywane głównie w celu określenia sytuacji skażeń promieniotwórczych (granic skażonych terenów, mocy dawek promieniowania w ustalonych punktach oraz wysokości, szerokości

i kierunku przemieszczania się obłoku promieniotwórczego) w rejonach działań militarnych (obecnych lub planowanych). Jest to możliwe dzięki temu, że podczas rozpoznania powietrznego ekspozycja załóg na promieniowanie jest znacznie bardziej ograniczona niż podczas rozpoznania naziemnego. Osiąga się to m.in. dzięki dużo większej manewrowości oraz szybkości prowadzenia rozpoznania powietrznego. Wykorzystując środki powietrzne, można dotrzeć do miejsc niedostępnych dla naziemnych pododdziałów rozpoznawczych i zbadać znacznie większy obszar, przy zachowaniu odległości od źródła skażenia (ryc. 6).



Rycina 6. Graficzna wizualizacja czasu uzyskania informacji z systemu [17]  
 Figure 6. Graphic visualisation of the time of information acquisition from the system [17]

W armii amerykańskiej powietrzne rozpoznanie skażeń promieniotwórczych prowadzi się za pomocą śmigłowców m.in. OH-6A (ryc. 7a) lub UH-60M Black Hawk (ryc. 7b). Pojedynczy śmigłowiec w zależności od zadanej szczegółowości rozpoznania może w ciągu godziny rozpoznać pod względem skażeń promieniotwórczych strefę o powierzchni 130–450 km<sup>2</sup>. Załoga śmigłowca składa się z pilota oraz obserwatora lub obserwatorów (zależnie od wymagań prowadzonej operacji). Na

obserwatorów wyznacza się m.in. żołnierzy z pododdziałów wojsk chemicznych, żołnierzy innych rodzajów wojsk, którzy zostali w tym celu przeszkoleni, oraz żołnierzy mających doświadczenie i wykonujących regularnie loty rozpoznawcze. Podstawą planowania powietrznego rozpoznania jest naniesienie na mapę rozpoznawanego obszaru charakterystycznych punktów terenowych, które będą mogły być łatwo zidentyfikowane przez załogę podczas lotu śmigłowca.



**Rycina 7.** Śmigłowce wykorzystywane w armii USA podczas rozpoznania skażeń:

a) OH-6A, b) UH-60M Black Hawk [18]

**Figure 7.** Helicopters used in US Army for contamination detection:

a) OH-6A, b) UH-60M Black Hawk [18]

## Bezzałogowe statki powietrzne

Początek XXI wieku to implementowanie w bezzałogowych statkach powietrznych coraz to nowszych technologii związanych z miniaturyzacją, ulepszaniem systemów komputerowych, informatycznych oraz z lepszym odbiorem sygnału GPS. W BSP wyposażają się praktycznie wszystkie armie na świecie, w tym SZ RP, które od 2005 mają bezzałogowy system powietrzny Orbiter firmy Aeronautics Defense Systems (ryc. 8). Jest on tworzony przez kilka sztuk mini-BSP, wyrzutnie oraz środki sterowania. W kolejnych latach (2007–2008 oraz 2013) SZ RP zakupiły w sumie dodatkowo 20 systemów opartych na mini-BSP (Orbiter

oraz – polskiej produkcji – FlyFly firmy WB Electronics). Wykorzystywano je podczas misji w Iraku i Afganistanie. W obu przypadkach zadania rozpoznawcze na rzecz polskiego kontyngentu wykonywały także amerykańskie BSP RQ-1 Predator.

XXI wiek to także gwałtowny wzrost liczby posiadanych BSP. Przykładem są m.in. wojska lądowe USA, które po atakach z 11 września 2001 r. w ciągu dziesięciu lat zwiększyły liczbę bezzałogowych statków powietrznych z 30 do 2000 [19]. Oprócz zastosowań militarnych bezzałogowe systemy powietrzne zaczęły mieć duże zastosowanie w środowiskach cywilnych (m.in. w badaniach naukowych, zarządzaniu kryzysowym i zapobieganiu katastrofom, w ochronie infrastruktury krytycznej i środowiska).



**Rycina 8.** Bezzałogowy statek powietrzny mini-BSP Orbiter wykorzystywany w SZ RP [20]

**Figure 8.** Unmanned Aerial Vehicle Mini-BSP Orbiter used in Polish Armed Forces [20]

Zróznicowane możliwości taktyczno-techniczne nowych oraz starych bezzałogowych systemów powietrznych sprawiają, że systemy te mogą być klasyfikowane według wielu kryteriów.

W tym celu bardzo często bierze się pod uwagę takie parametry, jak: wysokość lotu, wysokość operowania, długotrwałość lotu oraz maksymalna masa startowa.

## RESEARCH AND DEVELOPMENT

Jedną z bardzo często wykorzystywanych klasyfikacji jest ta obowiązująca w NATO, zgodnie z którą bezzałogowe systemy powietrzne w kontekście prowadzenia wspólnych operacji przez kraje członkowskie dzielą się na 3 klasy różniące się masami startowymi:

- **Klasa I** obejmuje BSP o masie poniżej 150 kg, które nie wymagają tworzenia standardów certyfikacji w sojuszu. Większość z nich stanowią BSP „wyrzucane z ręki” (*hand-launched*), które zalicza się do kategorii: mikro, mini lub małe. Są one wykorzystywane głównie przez niewielkie pododdziały do bliskiego rozpoznania (w tym do ochrony baz) i z reguły wyposażone w detektory optoelektroniczne i detektory podczerwieni. Charakteryzują się małymi wymaganiami logistycznymi, niskimi wysokościami operowania (< 1600 m), a także ograniczonym zasięgiem i długotrwałością lotów.
- **Klasa II** skupia taktyczne BSP (TUAV) średniej wielkości (o masie startowej 150–600 kg). Te BSP często startują z katapulty, przy czym mogą wykonywać zadania z nieprzygotowanych logistycznie lądowisk. Przeznaczone są do wspierania działań brygady oraz niższych szczebli taktycznych w zakresie rozpoznania, monitoringu oraz

identyfikacji i wskazywania celów. Dlatego wyposażone są w detektory optoelektroniczne, detektory podczerwieni oraz dalmierze laserowe. Podobnie jak bezzałogowce klasy I nie wymagają dużego zabezpieczenia logistycznego. Prowadzą misję na wysokości do 3000 m.

- **Klasa III** obejmuje BSP o największej masie startowej (> 600 kg), zasięgach i czasach operowania w powietrzu. Zalicza się je do 3 kategorii: MALE (Medium Altitude Long Endurance), HALE (High Altitude Long Endurance) oraz uderzeniowych (bojowych) bezzałogowych statków powietrznych. Aby mogły być one wykorzystywane w działaniach, z reguły wymagają odpowiednio przygotowanych lotnisk (lądowisk), a także odpowiedniego zabezpieczenia logistycznego. Wyposaża się je w najnowocześniejsze systemy nawigacji i rozpoznania (w tym radary, lasery i kamery o wysokiej rozdzielczości), a także w uzbrojenie (w tym przeciwpancerne).

Najważniejszymi kryteriami obowiązującego podziału są promień działania i typowa (operacyjna) wysokość lotu. W poszczególnych klasach wyodrębniono ponadto dodatkowe kategorie BSP, które odpowiadają poszczególnym szczeblom dowodzenia.

Tabela 1. Klasy BSP [21]

Table 1. BSP classes [21]

Klasa/Class	Kategoria/Category	Szczebel dowodzenia/Echelon	Promień działania/Radius of action [km]	Pułap operacyjny/Service ceiling [m]
I	mikro (do 2 kg)/micro	drużyna, pluton/team, platoon	5	61
I	mini (2–20 kg)	kompania/company	25	304
I	małe/small (20–150 kg)	batalion/battalion	50	366
II	tactical	brygada/brigade	200	914
III	Medium Altitude Long Endurance	operacyjny/operational	nieograniczony (retranslacja)/unlimited (retranslation)	12192
III	stike	operacyjny/operational	nieograniczony (retranslacja)/unlimited (retranslation)	19812
III	High Altitude Long Endurance	strategiczny/strategic	nieograniczony (retranslacja)/unlimited (retranslation)	19812

W przypadku niestandardowych parametrów BSP, np. płatowca o masie 20 kg i pułapie ponad 2000 m lub promieniu działania ponad 200 km, rozstrzygającym kryterium jest masa w locie. Dla podanego przykładu BSP będzie umieszczony w klasie I – do 150 kg.

### Koncepcja rozwiązań technicznych [22]

W skład opracowywanego systemu będzie wchodził pojedynczy BSP należący do kategorii mini (mini-BSP), który będzie mógł wykonywać start i lądowanie pionowe w dowolnym miejscu. W dalszej fazie rozwijania projektu przewiduje się możliwość zwiększenia liczby BSP w danym systemie lub ich połączenia w jeden większy. Podczas wyboru odpowiedniego mini-BSP za parametry krytyczne uznano te, które pozwalają na wykorzystanie go na polu walki, a którymi są m.in.: pułap lotu, prędkość podczas przelotu i rozpoznania, długotrwałość lotu oraz promień działania. Mini-BSP będzie zbudowany z materiałów

odpornych na warunki atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne. Będzie ponadto mógł być poddawany procesom likwidacji skażeń (bez negatywnych skutków dla jego elementów) przy wykorzystaniu obecnie dostępnych metod i środków, które będą wchodziły w skład systemu.

Zakłada się, że projekt będzie stale rozwijany poprzez wyposażanie go w coraz to nowsze, doskonalsze systemy mające zwiększyć jego efektywność podczas realizacji zadań. Doświadczenia zdobyte podczas jego użytkowania w czasie testów i szkoleń, a następnie podczas działań bojowych będą systematycznie analizowane. Celem tych analiz będzie rozwijanie nowych technologii w dziedzinie robotyzacji pola walki. Jednym z krytycznych elementów zapewniających powodzenie opracowywanej koncepcji systemu powietrznego rozpoznania skażeń będzie wykonanie projektu bezzałogowego statku powietrznego spełniającego wiele specyficznych wymagań i wyposażenie tego statku w odpowiedni system detekcji skażeń. Przewiduje się wykonanie konstrukcji mini-BSP, które podda się testom wytrzymałościowym oraz odpornościowym (w tym na



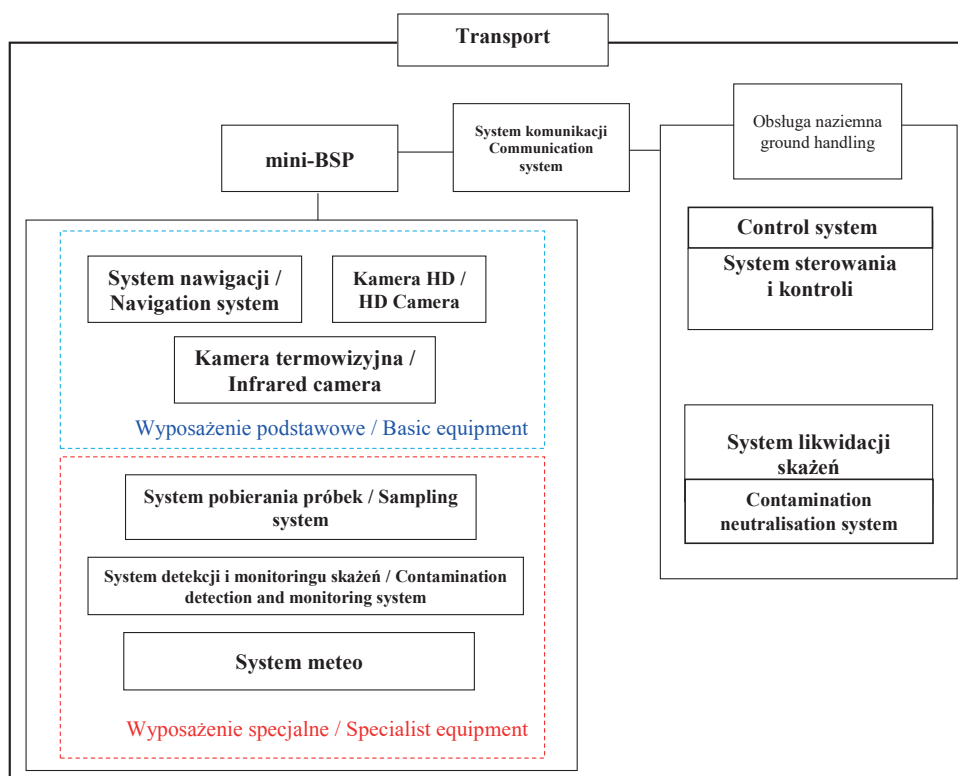
dekontaminację i narażenia elektromagnetyczne), co umożliwi wybranie wersji najbardziej optymalnej, zdolnej do prowadzenia rozpoznania i monitoringu skażeń w niesprzyjających warunkach pola walki. Podczas opracowywania konstrukcji mini-BSP powinno się zadbać o:

- maksymalne zmniejszenie jego masy przy zachowaniu wymagań dotyczących długotrwałości lotu, promienia działania oraz przenoszonego wyposażenia pokładowego (podstawowego i specjalnego);
- prostotę jego użytkowania (w tym łatwość startu, lotu i lądowania) oraz o możliwość sterowania manualnego i automatycznego (po wcześniej zaprogramowanej trasie);
- dużą odporność na wykrycie przez przeciwnika;
- niskie koszty eksploatacji.

### Elementy systemu [22]

Obecnie funkcjonujący obraz bezzałogowego statku powietrznego jest często ograniczany do samolotu sterowanego

za pomocą odpowiednich systemów skomunikowanych z operatorem znajdującym się na ziemi. W rzeczywistości jest to element bezzałogowego systemu powietrznego, który jest bardziej skomplikowany, niż się przypuszcza. Projektowanie tego systemu od samego początku musi uwzględniać wszystkie elementy wchodzące w jego skład. Rozważany system powietrznego rozpoznania skażeń będzie się składał z mini-BSP mającego wyposażenie podstawowe: system nawigacji, kamerę cyfrową HD, kamerę termowizyjną, oraz wyposażenie specjalne: system pobierania próbek, system detekcji oraz monitoringu skażeń, system pomiarów warunków meteorologicznych (ryc. 9). Mini-BSP za pomocą bezprzewodowej łączności radiowej będzie komunikował się ze stacją kontroli i sterowania, która wraz z systemem likwidacji skażeń będzie wchodzić w skład obsługi naziemnej mini-BSP. Wszystkie elementy systemu powietrznego rozpoznania skażeń, dzięki minimalnej masie i wielkości, będą mogły być transportowane przez dwóch żołnierzy.



Rycina 9. Skład systemu powietrznego rozpoznania skażeń

Figure 9. The composition of the aerial system for contamination detection

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

### Bezzałogowy statek powietrzny

Głównym zadaniem mini-BSP będzie przemieszczenie detektorów oraz systemów (będących elementem wyposażenia podstawowego oraz specjalnego) umożliwiających funkcjonowanie omawianego systemu powietrznego rozpoznania skażeń w miejsce prowadzenia misji – rejon skażony. W skład mini-BSP będą wchodzić: system komunikacji (łączności), system

stabilizujący lot, system kontroli, źródło zasilania oraz elementy umożliwiające start, lot i późniejsze odzyskiwanie mini-BSP. Mini-BSP będzie miał napęd elektryczny zasilany np. bateriami litowo-jonowymi umożliwiającymi godzinne patrolowanie oraz półtoragodzinny lot (50 km tam i z powrotem) bez konieczności ich ładowania. Mini-BSP będzie charakteryzował się także dużą manewrowością, w tym możliwością prowadzenia

## BADANIA I ROZWÓJ

rozpoznania, monitoringu skażeń oraz pomiaru warunków meteorologicznych tuż nad powierzchnią ziemi, nawet w trudnych warunkach terenowych. W tym celu zastosowana konstrukcja mini-BSP będzie pozwalać na wykonywanie pionowego startu i lądowania, a także zawisu w powietrzu w celu pobrania próbek lub prowadzenia monitoringu skażeń w danym punkcie. Maksymalna prędkość mini-BSP podczas obserwacji i przelotu wyniesie 20–40 m/s. Lot będzie odbywał się po trajektorii

Lo-Hi-Lo (nisko – wysoko – nisko). Pułap lotu wysokiego będzie znajdował się poza zasięgiem skutecznym broni strzeleckiej (500–600 m), a pułap lotu niskiego – uzależniony od rodzaju misji – będzie mógł znajdować się nawet tuż nad powierzchnią ziemi. Masa całkowita mini-BSP nie przekroczy 15 kg, przy czym masa przenoszonego wyposażenia wyniesie około 30% jej wartości (przykładowe rozwiązania techniczne przedstawiono na ryc. 10 i 11).



**Rycina 10.** Bezzałogowy statek powietrzny (mini-BSP) Atrax

(masa startowa: 7–22 kg; udźwig: 15 kg; promień działania: 5 km; loty prostoliniowe: <35 km; pułap lotu: <1000 m; długość lotu: 45–60 min) [23]

**Figure 10.** Unmanned Aerial Vehicle (mini-UAV) Atrax

(starting mass: 7–22 kg; maximum load: 15 kg; range radius: 5 km; straight flights: <35 km; maximum altitude: <1000 m; flight time: 45–60 min) [23]



**Rycina 11.** Bezzałogowy statek powietrzny ILX-27

(masa startowa: 1100 kg; udźwig: 300 kg; prędkość maksymalna: 215 km/h; pułap lotu: 4000 m; zasięg lotu: 450 km) [24]

**Figure 11.** Unmanned Aerial Vehicle ILX-27

(starting mass: 1100 kg; maximum load: 300 kg; maximum speed: 215 km/h; maximum altitude: 4000 m; range: 450 km) [24]

### Obsługa naziemna

Obsługa naziemna będzie tworzona przez stację sterowania i kontroli oraz system likwidacji skażeń. W skład stacji będą wchodzić: laptop z monitorem, manipulator, zestaw antenowy oraz akumulatory. Jeśli chodzi o system likwidacji skażeń, to ze względu na to, że zgodnie z proponowaną koncepcją będzie on odkrytym układem elektryczno-mechanicznym (z elementami optoelektrycznymi), metody „mokre” stosowane w SZ RP

staną się nieprzydatne. Koncepcyjnie system likwidacji skażeń będzie oparty na komorze (np. w postaci namiotu) oraz układzie do generowania czynników aktywnych. System może bazować na metodzie likwidacji skażeń przy wykorzystaniu gazowego (waporyzowanego) nadtlenuku wodoru (GNW). Wstępne badania wskazują na dużą kompatybilność GNW z materiałami konstrukcyjnymi, powłokami lakierniczymi, układami i aparaturą elektryczną [25].



### Wyposażenie podstawowe

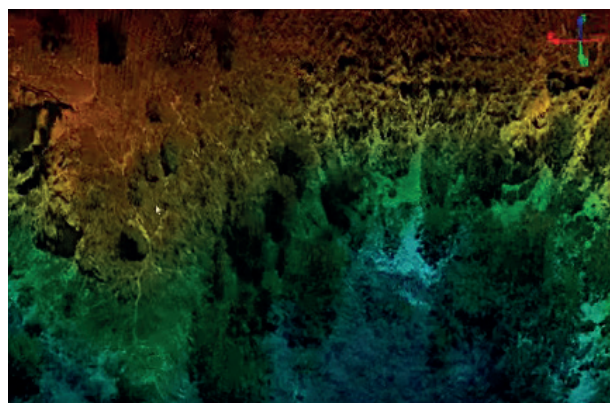
W początkowej fazie rozwijania projektu mini-BSP będzie miał dwie kamery wyposażone w systemy stabilizacji obrazu – telewizyjną HD (o wysokiej rozdzielczości nagrywanych filmów) oraz termowizyjną. Kamery umożliwią prowadzenie obserwacji w jak największym polu widzenia oraz sterowanie mini-BSP zarówno w dzień, jak i w nocy. Oprócz kamer mini-BSP będzie zawierał system nawigacji, który pozwoli na określenie jego położenia w dowolnym czasie, a tym samym na sterowanie



**Rycina 12.** Phoenix Aerial AL3-16 Velodyne VLP-16 RTK UAV LiDAR system (parametry lidar: masa – 1,8 kg; zasięg – 120 m; do 6 tys. pomiarów/s w polu widzenia do 30° w pionie i 240° w poziomie; zobrazowanie fotogrametryczne wielospektralne oraz termalne) [26]

**Figure 12.** Phoenix Aerial AL3-16 Velodyne VLP-16 RTK UAV LiDAR system (lidar parameters: mass – 1,8 kg; range – 120 m; up to 6 thous. measurements/s in the view area up to 30° vertically and 240° horizontally; photogrametric multi-spectral and thermal display [26]

lotem oraz wykonanie samodzielnego lotu do zaprogramowanego miejsca w przypadku utraty łączności z naziemną stacją kontroli i sterowania. W kolejnych fazach rozwijania projektu mini-BSP powinno się wyposażyć także w: kamery wielospektralne, dalmierz laserowy (do wskazywania celów) oraz niewielki LiDAR umożliwiający zobrazowanie terenu wokół mini-BSP w promieniu kilkudziesięciu metrów (ryc. 12). Nowe detektory i wyposażenie mini-BSP będą dobierane lub projektowane tak, żeby nie została przekroczona jego dopuszczalna masa.



### Wyposażenie specjalne (ryc. 13)

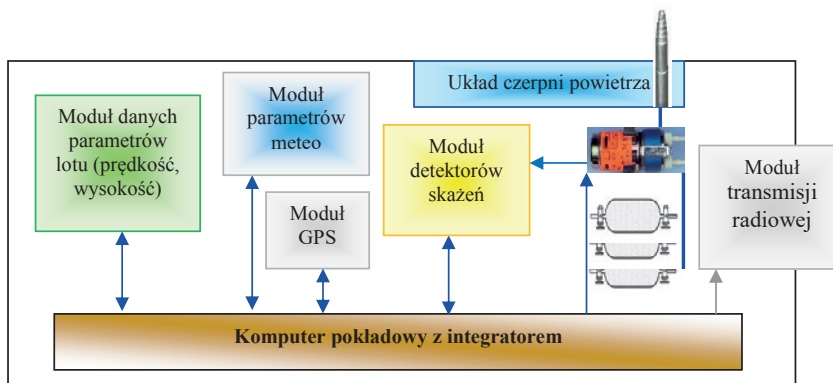
Wykonywanie zadań specjalistycznych w ramach opracowywanej koncepcji będzie oparte na czterech systemach: monitoringu i detekcji skażeń, pomiaru parametrów meteorologicznych, pobierania próbek gazowych oraz integracji zbieranych danych.

- **System monitoringu i detekcji skażeń** będzie się składał z: detektora skażeń chemicznych, detektora TSC i detektora skażeń promieniotwórczych. Mają to być układy (elektroniczne, optoelektroniczne) gwarantujące szybkie wykrycie, identyfikację (z założonym prawdopodobieństwem) oraz określenie stężenia substancji niebezpiecznej lub mocy dawki promieniowania. Powinny być one sterowane i kontrolowane przez system pokładowy oraz połączone z układem czepni do pobierania próbek skażonego powietrza. Układ czepni ma się składać z układu sterowania (np. do podgrzania układu dolotowego); automatycznie wysuwanej, teleskopowej rurki o długości 50 cm oraz układu wytwarzającego podciśnienie. Zastosowany układ detektorów będzie pozwalał także na monitorowanie skażeń w danym obszarze.
- **System pomiaru parametrów meteorologicznych** umożliwi dostarczanie w czasie rzeczywistym danych na

temat: temperatury powietrza (na zadanych wysokościach), prędkości i kierunku wiatru oraz wilgotności względnej powietrza. Część czujników wchodzących w skład systemu zostanie umieszczona na przystawce do pobierania próbek.

- **System pobierania próbek gazowych** będzie pobierał i gromadził określonej objętości trzy różne próbki gazowe zassane z czepni do hermetycznych pojemników. Zgromadzone próbki będzie można poddać dokładnej analizie w specjalistycznych laboratoriach stacjonarnych. W dalszej fazie rozwijania systemu powinno się zwiększyć możliwości systemu pobierania próbek, uzupełniając go o pobieranie próbek gleby i wody.
- **Integrator z komputerem** z oprogramowaniem umożliwi zautomatyzowaną integrację zbieranych danych ze specjalistycznego sprzętu pomiarowego, tworzenie meldunków i ich transmisję drogą radiową.

Wszystkie systemy wchodzące w skład wyposażenia specjalnego, podobnie jak te wchodzące w skład wyposażenia podstawowego, będą dobierane i rozwijane tak, żeby były proste w obsłudze i nie spowodowały przekroczenia dopuszczanej masy całkowitej mini-BSP.



Rycina 13. Schemat blokowy wyposażenia mini-BSP dla systemu powietrznego rozpoznania skażeń

Źródło: Opracowanie własne.

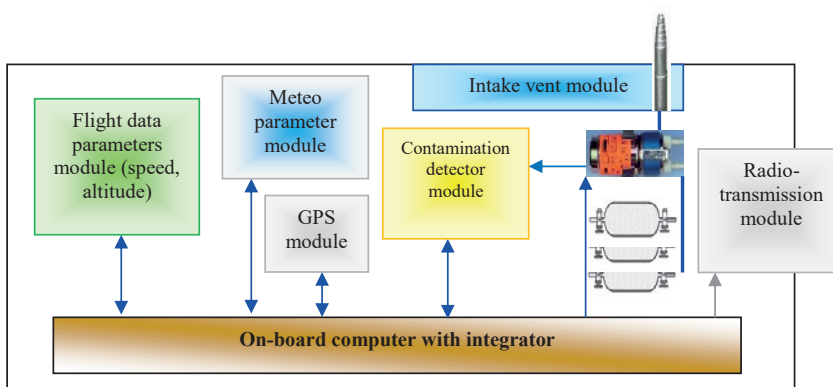


Figure 13. Block scheme of the mini-UAV equipment for the aerial contamination detection system

Source: Own elaboration.

### Sposób użycia oraz przeznaczenie systemu

Pokładowy, centralny system kontroli i sterowania mini-BSP będzie komunikował się z operatorem obsługującym stację naziemną za pośrednictwem systemu łączności radiowej w promieniu około 25 km. Operator, wykorzystując odpowiedni interfejs, będzie mógł ustalać jeden w dwóch trybów pracy bezzałogowego systemu – automatyczny lub manualny. W trybie automatycznym przed rozpoczęciem wykonywania zadania będzie musiał z góry określić parametry lotu (profil, prędkość i trasę przemieszczania się mini-BSP oraz miejsce wylądowania w przypadku utraty łączności), a także sposób i parametry pracy przenoszonych urządzeń i systemów specjalnych w czasie rozpoznania i monitoringu skażeń. Operator będzie miał możliwość szybkiej i łatwej zmiany parametrów pracy nawet w trakcie wykonywania wcześniej zaprogramowanego zadania, w tym całkowitej jego zmiany na nowe. Wraz z dalszym rozwojem i wdrażaniem automatycznego systemu zakłada się ulepszenie jego układów automatycznej kontroli i sterowania, dzięki czemu będzie on mógł coraz bardziej autonomicznie wykonywać zadania przy coraz mniejszej ingerencji człowieka. Zakłada się jednak, że na początkowym etapie użytkowania systemu wykorzystywany będzie głównie tryb manualny. W wersji wyjściowej trasa przelotu oraz pozycjonowanie mini-BSP na podstawie danych z GPS za pomocą odpowiedniego interfejsu oraz na podstawie informacji uzyskanych z detektorów i systemów

przenoszonych przez mini-BSP operator będzie mógł w czasie rzeczywistym ustalać trasę oraz parametry lotu oraz parametry pracy urządzeń pokładowych. Rozważa się także wprowadzenie trybu półautomatycznego, w którym lot mini-BSP będzie odbywał się automatycznie po zaplanowanej trasie, a praca urządzeń pokładowych będzie sterowana manualnie.

Operator mini-BSP zostanie wyposażony w przenośny, spełniający wojskowe wymagania komputer z wgraną cyfrową mapę terenu i wyświetlającymi się informacjami niezbędnymi do tego, by kontrolować lot mini-BSP i działanie urządzeń pokładowych oraz by nimi sterować. Podstawowymi danymi dostępnymi na ekranie laptopa będą:

- mapa terenu;
- pozycja mini-BSP w danej chwili;
- trasa przelotu mini-BSP;
- obraz z kamery dziennej/nocnej przekazywany *online*;
- zaznaczone punkty do szczegółowego rozpoznania przez mini-BSP;
- informacje o stanie mini-BSP (np. stan naładowania baterii, prędkość, wysokość lotu);
- informacje z systemu detekcji i monitoringu skażeń o aktualnym trybie pracy, stanie oraz bieżących wynikach pomiarów;
- informacje z systemu pomiaru parametrów meteorologicznych;

- wykryte rejony skażeń oraz ich współrzędne wraz z określonym rodzajem i określoną wartością stężenia (mocą dawki);
  - położenia innych obiektów w rejonie misji prowadzonej przez mini-BSP;
  - inne dane o terenie, takie jak: przeszkody terenowe, warstwie, odległość mini-BSP od punktów kontrolnych.
- prowadzenia obserwacji;
  - wykrywania, identyfikacji i monitoringu skażeń;
  - wyznaczania dróg obejścia rejonów skażonych i dróg przejścia przez te rejony;
  - pomiaru parametrów meteorologicznych w przyziemnej warstwie atmosfery;
  - pobierania skażonych próbek (praktyczne rozwiązanie ilustruje ryc. 14).

W początkowej fazie rozwoju i implementacji rozważany projekt będzie jednak głównie dostosowywany i rozwijany pod względem wymagań i potrzeb SZ RP oraz jednostek reagowania kryzysowego. Zakłada się, że drużyny rozpoznania skażeń zostaną wyposażone w pojedyncze systemy powietrznego rozpoznania skażeń uzupełniające działania drużyn w zakresie m.in.:

Przyjmuje się też, że w dalszej fazie realizacji projektu sprzęt i urządzenia dotychczas wykorzystywane przez drużyny rozpoznania skażeń (pojazdy rozpoznania skażeń wraz z wyposażeniem) zostaną całkowicie zastąpione bezałogowymi systemami powietrznego rozpoznania skażeń.



**Rycina 14.** Dron z detektorem skażeń

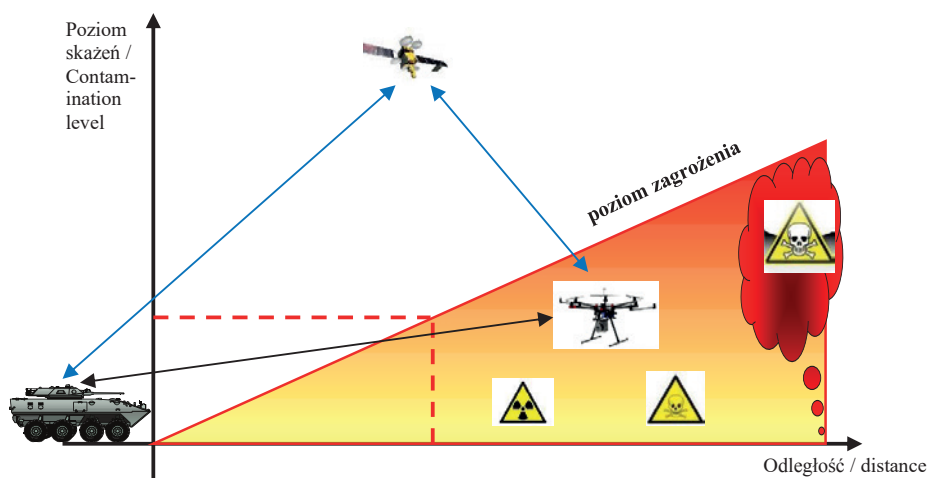
(powierzchnia obszaru obserwacji: 450 km<sup>2</sup>; czas pełnego skanowania: regulowany od 10 s; generowanie sygnału o skażeniach: w czasie rzeczywistym; generowanie współrzędnych obłoku: w czasie rzeczywistym; kąty pomiaru: w poziomie – 360°, w pionie – 30° + 90°; prędkość kątowna skanowania: regulowana; błąd pomiaru [odległości i głębokości obłoku]: ±2 m; obsługa: 1 osoba) [17]

**Figure 14.** Drone with contamination detector

(observation area: 450 km<sup>2</sup>; full scanning time – adjusted from 10 s, generation of contamination signal: real time; generation of cloud coordinates: real time; measurement angles: horizontally – 360°; vertically – 30° + 90°; angular scanning speed: adjusted; measurement error [distance and cloud depth]: ±2 m; service: 1 person) [17]

Na ryc. 15 przedstawiono (w sposób poglądowy) korzyści, jakie w zakresie bezpieczeństwa wynikają z wykorzystania statków bezałogowych w systemie rozpoznania skażeń, na ryc. 16

– sposób prowadzenia rozpoznania skażeń stref przez środki powietrzne, a na ryc. 17 – praktyczne wykorzystanie „dronów” do wykrywania zanieczyszczeń powietrza w miastach.

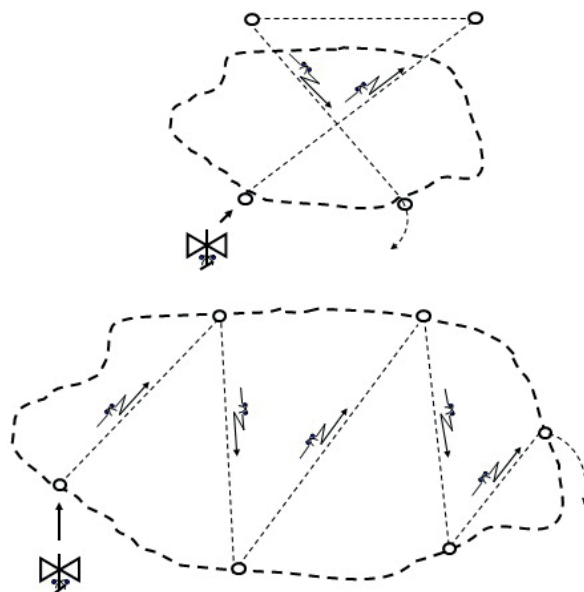


**Rycina 15.** Możliwości systemu według koncepcji: rozpoznać, nie wchodząc w rejon skażony

**Figure 15.** System capacity according to the concept: to detect without entering the contaminated area

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



**Rycina 16.** Powietrzne rozpoznania skażeń: a) małych stref, b) dużych stref [27]

**Figure 16.** Aerial contamination detection: a) small zones, b) large zones [27]



**Rycina 17.** Testy naukowców z Akademii Górniczo-Hutniczej z wykorzystaniem dronów do monitoringu emisji szkodliwych substancji z lokalnych palenisk nad bytomskim rynkiem [28]

**Figure 17.** Tests made by scientists from AGH University of Technology using drones for the monitoring of the emission of harmful substances from local furnaces over the Bytom Market Square [28]

## Podsumowanie

Wśród wielu współczesnych zagrożeń największy strach i obawy społeczeństwa budzą zagrożenia skażeniami. Mogą one powstać w wyniku niszczycielskich sił natury lub nieodpowiedzialnej działalności człowieka. Obie te przyczyny są ze sobą powiązane, a wzajemnie na siebie wpływając, dodatkowo utrudniają analizę zagrożeń skażeniami.

W RP za główne źródła skażeń można uznać: działania militarne, katastrofy i awarie techniczne oraz terroryzm.

Ogólnie za mało prawdopodobne uważa się to, by przeciwko RP, która jest członkiem UE i NATO, jakieś państwo wystąpiło zbrojnie z wykorzystaniem BMR. Zagrożenia tego nie można jednak całkowicie zlekceważyć, zwłaszcza że tuż obok wschodnich granic RP stacjonują znaczące siły i środki militarne (w tym

BMR). Od kilku lat obserwuje się gwałtowny wzrost zagrożenia konfliktem militarnym w Europie (na największą skalę od czasu upadku Związku Radzieckiego), który jest związany m.in. z sytuacją na Ukrainie. Niepokojąca jest także agresywna polityka Rosji oraz prowokacyjne działania militarne tego kraju wobec państw Europy Środkowo-Wschodniej. Dodatkowo niebezpieczeństwo to zwiększa brak jedności w postrzeganiu obecnych zagrożeń militarnych przez państwa członkowskie NATO i UE. W pewnym momencie może dojść do regionalizacji obu sojuszy, przez co mogą one stracić wiarygodności na arenie międzynarodowej, pokazując swoją słabość potencjalnym przeciwnikom.

Oprócz konfliktów zbrojnych możliwym źródłem skażeń w Polsce są znajdujące się na jej obszarze zakłady przemysłowe wykorzystujące w swojej działalności substancje niebezpieczne. Chodzi tu o ponad 1200 zakładów przemysłowych mogących być



źródłem poważnych awarii, z których ponad 180 należy do grupy zakładów o dużym ryzyku wystąpienia awarii przemysłowej. Substancje niebezpieczne mogą zostać uwolnione nie tylko podczas ich przetwarzania i przechowywania, ale także w trakcie ich transportu. W RP największe ilości substancji niebezpiecznych przewozi się transportem samochodowym (kilkaset milionów ton rocznie), który jest jednym z najbardziej niebezpiecznych środków transportu ze względu na brak wyznaczonych tras przewozu, zły stan techniczny pojazdów-cystern oraz nawierzchni polskich dróg. Doświadczenia z przeszłości pokazują, że źródłem skażeń na obszarze danego państwa mogą być także zakłady przemysłowe znajdujące się na terytoriach państw sąsiadujących. Chodzi tu o elektrownie jądrowe, w których może dojść do awarii, jak to było w Czarnobylu czy Fukushima. Obecnie w promieniu 300 km od granic RP znajduje się 9 elektrowni atomowych, w których pracują 24 reaktory jądrowe mogące – w wyniku awarii – spowodować skażenia znacznych obszarów.

Człowiek może uwolnić substancje niebezpieczne do środowiska nieświadomie (np. w wyniku nieszczęśliwego wypadku lub niesprawności technicznej) lub świadomie (akty terroryzmu). Mimo że terytorium RP dotychczas nie było bezpośrednim celem ataku terrorystów, globalność tego zjawiska pokazała, że żadne państwo na świecie nie może czuć się w pełni bezpiecznie. Udział SZ RP w wielu misjach pokojowych i stabilizacyjnych na obszarach objętych konfliktami zbrojnymi mającymi charakter wojen religijnych wymierzonych przeciwko muzułmanom, a także bliski sojusz z USA w „wojnie z terroryzmem” powodują, że główne zagrożenie atakami występuje ze strony terrorystów islamskich. Polska uważa się za możliwy cel ich ataków odwetowych (w przypadku niepowodzeń ataków na państwa zachodnie i USA) oraz dogodny zaplecze logistyczne do ataków na inne państwa.

Aby państwa mogły efektywnie ochronić ludność przed skażeniami, muszą mieć odpowiednią ilość sił i środków, które pozwolą m.in. szybko wykryć, zidentyfikować i monitorować te skażenia oraz szybko o nich zaalarmować. Ważne jest także, żeby współpracowały ze sobą i nawzajem się uzupełniały. W RP osiągnięto to na mocy rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 16 października 2006 roku, które powołało Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania. Jego utworzenie pozwoliło na współpracę oraz interoperacyjność działania w ramach jednego systemu dotychczas oddzielnie funkcjonujących organów oraz jednostek układu militarnego i pozamilitarnego wydzielonych w zakresie ochrony przed skażeniami. Było to możliwe głównie dzięki ujednoczeniu ich metodyk i procedur działania, w tym m.in. dzięki zastosowaniu identycznych formatów meldunków i informacji o skażeniach oraz procedur ich przekazywania, a także jednolitego obiegu i jednolitej wymiany informacji o skażeniach. Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania jest tworzony przez Centrum Dyspozycyjne, podsystemy funkcjonalne (do których należy m.in. System Wykrywania Skażeń SZ RP) oraz jednostki organizacyjne. Zadaniem podsystemów jest wykrywanie skażeń i alarmowanie o nich. Z kolei jednostki organizacyjne zajmują się analizą skażeń i oceną sytuacji skażeń, na podstawie czego opracowują, ogłaszają i inicjują działania interwencyjne. Wszystkie działania realizowane w ramach systemu koordynuje Minister Obrony Narodowej przy pomocy Centrum Dyspozycyjnego.

Podobnie jak w innych armiach NATO, tak i w SZ RP rozpoznanie skażeń może być prowadzone dzięki etatowym lub nieetatowym siłom i środkom naziemnego lub powietrznego rozpoznania skażeń. Etatowe pododdziały powietrznego rozpoznania skażeń SZ RP były tworzone przez załogi kluczy śmigłowców Mi-2rs „Padalec”. W wyniku wycofania śmigłowców Mi-2 z użytkowania i niewprowadzenia innych rozwiązań SZ RP nie mają możliwości prowadzenia powietrznego rozpoznania skażeń. Dodatkowo zadania w ramach powietrznego rozpoznania skażeń mogą wykonywać nieetatowe pododdziały śmigłowców innych typów oraz samoloty wyposażone w odpowiednie przyrządy pomiarowe (np. śmigłowiec transportowy Mi-8 lub W3 „Sokół”). Wykorzystując w systemie rozpoznania skażeń środki powietrzne, można znacznie ograniczyć ekspozycję załóg na skażenie (w tym na promieniowanie). Osiąga się to m.in. dzięki możliwości dużo szybszego prowadzenia rozpoznania skażeń. Środki powietrzne charakteryzują się e także dużą mobilnością i manewrowością, przez co mogą dotrzeć do miejsc niedostępnych lub trudno dostępnych dla naziemnych pododdziałów rozpoznawczych. Etatowy klucz śmigłowców rozpoznania skażeń składający się z trzech Mi-2rs w ciągu godziny mógł rozpoznać 540 km dróg, 3 rejonów ześrodkowania związków taktycznych oraz 2–3 ślady obłoków promieniotwórczych. Do głównych wad powietrznego rozpoznania skażeń zalicza się ograniczone możliwości wykonywania zadań w trudnych warunkach pogodowych, a także mniejszą niż w przypadku rozpoznania naziemnego dokładność uzyskanych wyników.

W armiach NATO do naziemnego rozpoznania skażeń wykorzystuje się głównie systemy automatyczne oparte na stacjonarnych i przewoźnych lidarach, a gdy sytuacja wymaga wysłania patrolu, w miejsce ludzi jest kierowany jest samobieżny robot. Do powietrznego rozpoznania skażeń wykorzystywane są zaś pilotowe i bezpilotowe środki techniczne wyposażone w systemy detektorów, przetworników, środków łączności itp.

Należy nadmienić, że w RP znajdują się wszystkie elementy techniczne i technologiczne niezbędne do odbudowy systemu powietrznego rozpoznania skażeń.

## Wnioski

1. Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w systemie powietrznego rozpoznania i identyfikacji skażeń znacznie zwiększy efektywność działania nie tylko SWS SZ RP, ale także innych podsystemów KSWSiA. BSP w znacznym zakresie wzmocnią pododdziały naziemnego rozpoznania skażeń, a w dalszej perspektywie mogą nawet je zastąpić w wykonywaniu większości zadań.
2. Do głównych zalet wykorzystania BSP w systemie powietrznego rozpoznania skażeń można zaliczyć: brak konieczności narażania personelu na skażenie oraz oddziaływanie przeciwnika, względnie mała wykrywalność BSP przez radary, minimalne efekty wizualne oraz akustyczne podczas prowadzenia rozpoznania (co zmniejsza prawdopodobieństwo wykrycia BSP przez przeciwnika), duża mobilność i manewrowość oraz możliwość prowadzenia działań w trudnych warunkach terenowych.

## Literatura

- [1] *Strategia bezpieczeństwa narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa 2014.
- [2] *Europejska strategia bezpieczeństwa. Bezpieczna Europa w lepszym świecie*, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg 2009.
- [3] Czaputowicz J., *System czy nieład? Bezpieczeństwo europejskie u progu XXI wieku*, PWN, Warszawa 1998, 23.
- [4] *Informacja o wynikach kontroli „Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych”*, Najwyższa Izba Kontroli, Departament Infrastruktury, Warszawa 2012.
- [5] [www.chemiaindustria.com.pl/aktualnosc/rynek-transportu-substancji-chemicznych-wykazuje-istotny-potencjal-wzrostu](http://www.chemiaindustria.com.pl/aktualnosc/rynek-transportu-substancji-chemicznych-wykazuje-istotny-potencjal-wzrostu) [dostęp: 01.06.2016].
- [6] *Transport. Wyniki działalności w 2010 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2011.
- [7] [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/powazne\\_awarie-raport](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/powazne_awarie-raport) [dostęp: 1.02.2017].
- [8] Harmata W., *Ochrona przed skażeniami. Cz. I. Współczesne zagrożenia. Podstawy teoretyczne indywidualnej ochrony przed skażeniami*, Wydawnictwo WAT, Warszawa 2013.
- [9] <https://www.darlowo.pl/pl/?page=wiadomosci&wiadomosc=2897> [dostęp: 1.02.2017].
- [10] Harmata W., *Problemy indywidualnego odkażania umundurowania*, „Biuletyn Informacyjny WICHiR” 1988, 1(15)/88.
- [11] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 października 2006 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. Nr 191, poz.1415).
- [12] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz. U., poz. 96).
- [13] <http://rcb.gov.pl/wp-content/uploads/2011/02/kswsia.pdf> [dostęp: 01.06.2017].
- [14] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym Dz.U. 2007 nr 89 poz. 590
- [15] <http://lotniczapolska.pl/Mi-2-i-Mi-8-w-cwiczeniu-BLYSK-11,22080> [dostęp: 1.06.2017].
- [16] Latoszewski P., *Powietrzne rozpoznanie skażeń – przyszłość czy relikty?*, „Przegląd Wojsk Lądowych” 2009, 1, 37–39.
- [17] Witczak M., *Systemy rozpoznania skażeń oparte na zaawansowanych systemach detekcyjnych i bezzałogowych platformach. Zdalna detekcja*, Nałęczów 2016.
- [18] [www.military-today.com/helicopters/oh6\\_cayuse.htm](http://www.military-today.com/helicopters/oh6_cayuse.htm); [www.sikorsky.com/Pages/Products/Military/BlackHawk/UH60M.aspx](http://www.sikorsky.com/Pages/Products/Military/BlackHawk/UH60M.aspx) [dostęp: 1.05.2016].
- [19] Austin R., *Unmanned Aircraft Systems. UAVS Design, Development and Deployment*, A Joh Wiley and Sons, Ltd., Publication, Chippenham 2010.
- [20] Bączek N., *W oczekiwaniu na start*, „Polska Zbrojna” 2014, 10.
- [21] <http://militarium.net/klasifikacje-i-wymagania-dla-bezzałogowych-statkow-powietrznych-uav-w-polsce/> [dostęp: 1.07.2016].
- [22] Pietrzak G., *Koncepcja systemu powietrznego wykrywania skażeń z wykorzystaniem środków bezpilotowych*, praca dyplomowa, WAT, Warszawa 2016.
- [23] Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, [www.itwl.pl](http://www.itwl.pl) [dostęp: 1.06.2016].
- [24] <http://ilot.edu.pl/ilx-27/> [dostęp: 1.06.2016].
- [25] Harmata W., Kłosowicz, S., Chałupczak M., Witczak M., Pirszel J., *Problemy likwidacji skażeń powierzchni „wrażliwych”*, komunikat naukowy na Konferencję naukową *Ochrona człowieka i środowiska naturalnego przed skażeniami*, WICHiR, Warszawa 2014.
- [26] <http://www.phoenix-aerial.com/products/lidar-systems/scout-series/> [dostęp: 1.06.2016].
- [27] Instrukcja o powietrznym rozpoznaniu skażeń, MON, Chem. 306/82, Warszawa 1982.
- [28] <http://fakty.interia.pl/galerie/kraj/zdjecie,ild,2174003,iAld,218218> [dostęp: 1.02.2017].

**DR HAB. INŻ. WŁADYSŁAW HARMATA** – w 1978 roku ukończył studia na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Pracuje na stanowisku profesora na Wydziale Nowych Technologii i Chemii tej uczelni (specjalność – ekologia, likwidacja skażeń, ochrona przed skażeniami). Jest współautorem 9 patentów krajowych oraz 20 wdrożeń nowych opracowań do Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (wyniki badań zostały opublikowane w około 340 oryginalnych pracach naukowych), a także autorem 6 monografii i podręczników akademickich.

**GEN. BRYG. REZ. MAREK WITCZAK** – w 1978 roku ukończył studia na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Jako profesor wizytujący pracuje na Wydziale Nowych Technologii i Chemii tej uczelni (specjalność – ochrona przed skażeniami). Jest współautorem wielu opracowań z zakresu obrony przed bronią masowego rażenia. Specjalizuje się w wojskowych metodach rozpoznania skażeń chemicznych i radiologicznych ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień dotyczących wykorzystania bezpilotowych aparatów rozpoznania i wykrywania skażeń. Zajmuje się też oceną sytuacji skażeń na podstawie systemów informatycznych dla potrzeb Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej.

**PPOR. MGR INŻ. GRZEGORZ PIETRZAK** – w 2016 roku ukończył indywidualne studia wojskowe na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej (kierunek – chemia, specjalność – ochrona przed skażeniami). Interesuje się głównie technologiami bezpilotowymi i ich zastosowaniem w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej oraz materiałami ciekłokrystalicznymi i ich praktycznym zastosowaniem np. w detekcji skażeń.



# 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

Бесплатная  
публикация  
в открытом доступе

Реклама статей на  
интернет-порталах  
для учёных

Журнал в перечне  
польского Министерства  
Науки и Высшего  
Образования

dr hab. inż. Mariusz Maślak, prof. PK<sup>a)</sup>\*, mgr inż. Grzegorz Żwirski<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Politechnika Krakowska / Cracow University of Technology

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: mmaslak@pk.edu.pl

## Zmiany strukturalne w stali konstrukcyjnej wywołane epizodami jej nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru

Changes in Structural Steel Microstructures Following Heating and Cooling Episodes in Fires

Структурные изменения в строительной стали, вызванные эпизодами ее нагревания и охлаждения во время пожара

### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest krótkie omówienie podstawowych zagrożeń wynikających z epizodów nagrzewania i stygnięcia stali konstrukcyjnej podczas pożaru, które mogą warunkować ewentualne dalsze użytkowanie elementów nośnych z niej wykonanych. Zagrożenia te wiążą się na ogół z termicznie indukowanymi i trwałymi zmianami obserwowanymi w mikrostrukturze stali wystudzonej po zakończeniu ekspozycji na ogień, z reguły niedostrzeganymi wizualnie podczas klasycznej inwentaryzacji przeprowadzanej po pożarze, której celem jest ocena stanu technicznego obiektu.

**Metody:** Struktura artykułu pozwala prześledzić kolejne, potencjalne formy zmian mikrostruktury stali konstrukcyjnej, najpierw inicjowane monotonicznym wzrostem temperatury tego materiału, a następnie mniej lub bardziej gwałtownym jego stygnięciem. W pierwszej kolejności omówiono skutki rozrostu ziaren ferrytu, w drugiej kolejności – efekty częściowej przemiany perlitu w austenit, a w końcu – zagrożenia determinowane zainicjowaniem w fazie chłodzenia przemiany bainitycznej i/lub martenzytycznej. Na tym tle podjęto dyskusję na temat konsekwencji ewentualnego powierzchniowego odwęglenia, a także możliwego wystąpienia zjawisk grafityzacji i/lub sferoidyzacji ziaren cementytu.

**Wyniki:** Wykazano, że zmieniające się w czasie, a przy tym niekontrolowane oddziaływanie wysokiej temperatury pożaru na stal konstrukcyjną z dużym prawdopodobieństwem prowadzi do wystąpienia w tym materiale niekorzystnych przemian strukturalnych, które z reguły skutkują drastycznym zmniejszeniem się jego efektywnej ciągliwości skojarzonym z wyraźnym zwiększeniem się jego twardości. Taki zestaw cech stali w przypadku dalszego jej użytkowania po pożarze nieuchronnie implikuje dużą jej podatność na kruche pęknięcie, a co za tym idzie – znaczne ryzyko nagłego i niespodziewanego zniszczenia wykonanych z niej elementów.

**Wnioski:** Klasyczna inwentaryzacja przeprowadzana po pożarze w celu oceny deformacji stalowego ustroju nośnego, uzupełniona jedynie o eksperymentalną weryfikację parametrów wytrzymałościowych charakteryzujących taką stal, nie wystarcza, by dostatecznie wiarygodnie wnioskować o przydatności tych elementów do ich dalszego użytkowania pod obciążeniem. Taka ocena musi być bowiem bezwzględnie poszerzona co najmniej o aposterioryczne badania mikrostruktury rozpatrywanego materiału oraz o próby pozwalające na sprawdzenie jego popożarowej twardości i udatności.

**Słowa kluczowe:** stal konstrukcyjna, pożar, mikrostruktura, przemiana fazowa, ferryt, perlit, bainit, martenzyt, grafityzacja, sferoidyzacja

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 03.08.2017; Zrecenzowany: 16.10.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 34–52, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.2;

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 provide a brief review of the basic hazards which might affect the potential re-use of bearing members made of structural steel following exposure to heating and cooling episodes in a fire. These hazards generally involve thermally induced and permanent changes observed in the microstructure of the steel after the fire is extinguished, usually not seen during a standard post-fire inventory aimed at assessing the technical condition of the building.

**Methods:** The article's structure guides the reader through the successive potential forms of changes in the microstructure of structural steel, initiated by a monotonic increase in the temperature of the material, and followed by its more or less rapid cooling. The article first discusses the effects of ferrite-grain growth, then proceeds to a description of the effects of a partial pearlite-to-austenite transformation, and finally addresses the threats created by the initiation of a bainitic and/or martensitic transformation during the cooling phase. In this context, it discusses the consequences of potential surface decarburisation and the results of the possible occurrences of graphitisation and/or spheroidisation of cementite grains.

**Results:** It has been shown that the time-varying and uncontrolled impact on structural steel of a high fire temperature is likely to lead to the occurrence of unfavourable structural changes in this material, which usually result in a dramatic decrease in the effective ductility, coupled with a marked increase

in hardness. In structural members re-used after a fire, such a set of features inevitably implies the high vulnerability of this type of steel to brittle fracture, and, consequently, carries a significant risk of the sudden and unexpected destruction of the components made of it.

**Conclusions:** The standard post-fire inventory of member deformations in the steel-bearing structure, supplemented only by the experimental verification of such steel-strength parameters, is not sufficient to reasonably conclude that these members are suitable for re-use under load. Such an assessment must be extended at least by a detailed study of the microstructure of the material under consideration, made *a posteriori*, and also by tests which allow the verification of its post-fire hardness and impact strength.

**Keywords:** structural steel, fire, microstructure, phase transition, ferrite, pearlite, bainite, martensite, graphitisation, spheroidisation

**Type of article:** original scientific article

Received: 03.08.2017; Reviewed: 16.10.2017; Published: 30.12.2017;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 34–52, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.2;

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:** Цель статьи – кратко обсудить основные угрозы, возникающие в результате нагрева и охлаждения конструкционной стали во время пожара, которые могут влиять на дальнейшее использование несущих элементов, изготовленных из неё. Эти угрозы обычно связаны с термически-индуцированными и постоянными изменениями, наблюдаемыми в микроструктуре стали, охлажденной после ее контакта с огнем, которые, как правило, визуально незаметны во время классической инвентаризации, проведенной после пожара, целью которой является оценка технического состояния объекта.

**Методы:** Структура статьи позволяет проследить очередные, потенциальные формы изменений микроструктуры конструкционной стали, сначала вызванные монотонным ростом температуры этого материала, а в дальнейшем менее или более резким его охлаждением. В первую очередь были обговорены последствия роста зерен феррита, во вторую – эффекты частичного изменения перлита в аустенит, и, наконец – угрозы, обусловленные инициацией в фазе охлаждения бейнитового или мартенситского перехода. На этом фоне была поднята дискуссия на тему последствий возможной поверхностной декарбонизации, а также возможного присутствия явлений графитизации или сфероидизации зерен цементита.

**Результаты:** Было выявлено, что меняющиеся во времени, а при этом неконтролируемое влияние высокой температуры пожара на конструкционную сталь с большой вероятностью приводит к появлению в данном материале неблагоприятных структурных изменений, которые, как правило, приводят к резкому уменьшению его эффективной гибкости, связанной с четким увеличением его твердости. Такой состав характеристик стали в случае ее дальнейшего использования после пожара подразумевает ее большую восприимчивость к растрескиванию и, следовательно – к значительным рискам внезапного и неожиданного разрушения изготовленных из нее компонентов.

**Выводы:** Классическая инвентаризация, проведенная после пожара в целях оценки деформации стальной грузоподъемной структуры, дополненная только проверкой параметров прочности, характеризующих такую сталь, недостаточна, чтобы точно определить пригодность этих элементов для их дальнейшего использования под нагрузкой. Такая оценка должна быть обязательно дополнена, как минимум, апостериорными исследованиями микроструктуры рассматриваемого материала и пробами, позволяющими проверить его твердость и прочность после пожара.

**Ключевые слова:** конструкционная сталь, микроструктура, фазовый переход (фазовое превращение), феррит, перлит, бейнит, мартенсит, графитизация, сфероидизация

**Вид статьи:** оригинальная научная статья

Принята: 03.08.2017; Рецензирована: 16.10.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 34–52, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.2;

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

Ekspert oceniający, czy stalowy element konstrukcyjny po epizodach gwałtownego nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru oraz po usunięciu nalotu będącego skutkiem zwykłego osmolenia jest przydatny do ponownego wykorzystania w ustroju nośnym, przeprowadza na ogół szczegółową inwentaryzację zaobserwowanych *post factum* termicznie indukowanych deformacji. Uzupełnia ją zazwyczaj jedynie o laboratoryjne badanie granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie wystudzonego, ale przetworzonego pod wpływem ekspozycji na ogień materiału. Tak ograniczony zestaw badań trzeba jednak uznać za znacznie niewystarczający. Powszechnie wiadomo, że stal konstrukcyjna najpierw poddana działaniu wysokiej temperatury pożaru,

## Introduction

Experts evaluating whether a steel structural member following episodes of rapid heating and cooling in a fire, and the removal of residue resulting from ordinary sooting, is fit for re-use in a load-bearing structure, generally conduct a detailed inventory of the thermally induced deformations observed after the fire event. This is usually supplemented only by laboratory tests of the yield limit and the tensile strength of the cooled-down material following a transformation induced by exposure to fire. However, such a limited set of tests might be considered highly insufficient. It is well known that structural steel first exposed to high temperature in a fire, and then cooled down to its initial temperature by free cooling or rapid cooling

a następnie z powrotem doprowadzona do temperatury początkowej przez swobodne stygnięcie lub też, co niewątpliwie potęguje opisywany efekt, przez gwałtowne chłodzenie wodą w trakcie prowadzonej akcji gaśniczej nie jest już tym samym materiałem, który opisywały modele teoretyczne sformalizowane *a priori* dla badanego ustroju bez uwzględnienia wpływu pożaru. Szczególnie niebezpieczne na tym polu wydaje się to, że po zakończeniu ekspozycji na ogień istnieje duże prawdopodobieństwo wyraźnego zmniejszenia się efektywnej ciągliwości stali, któremu towarzyszy znaczące zwiększenie się jej kruchości. Tego typu zjawiska są nieuchronnym skutkiem trwałych zmian zachodzących w strukturze stali pod wpływem początkowo monotonicznie wzrastającej, a następnie mniej lub bardziej gwałtownie malejącej temperatury otoczenia. Zachodzą one nawet wtedy, gdy w trakcie pożaru w badanej stali nie została osiągnięta temperatura inicjująca przemianę perlityczną. Z tego względu w pracy [1] postulowano, żeby w ekspertyzach popożarowych niezbędnym elementem rozważań, oprócz tradycyjnie przeprowadzanych analiz przeprowadzanych, stała się aposterioryczna weryfikacja mikrostruktury materiału uzupełniona o badania jego uduchowienia i twardości. Pokazano tam i krótko przedyskutowano podstawowe czynniki wpływające na osłabienie stali po epizodach nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru. Celem niniejszej analizy jest bardziej szczegółowy przegląd zagrożeń wynikających z termicznie generowanych zmian w strukturze stali podczas i po bezpośredniej ekspozycji na ogień, z reguły niedostrzeganych wizualnie, niemniej jednak determinujących jej przyszłe zachowanie pod obciążeniem.

Obróbka cieplna stali konstrukcyjnej jest jedną z podstawowych technik zapewniających polepszenie właściwości użytkowych tego materiału. Składają się na nią procesy o ściśle zaplanowanym i zaprojektowanym, a następnie kontrolowanym przebiegu, takie jak: wyżarzanie, hartowanie, odpuszczanie, a także przesycaanie i starzenie [2, 3]. Trudno jednak odnosić je i w jakikolwiek sposób przyrównywać do charakteru oddziaływania temperatury na stal w warunkach pożaru. W tej sytuacji ma ono bowiem przebieg losowy i z pewnością niezależny od woli człowieka, a zatem i niekontrolowany, dający w efekcie niejednorodne pole temperatury z parametrami zmieniającymi się chaotycznie, często bardzo gwałtownie lub nawet jedynie lokalnie. Efekty tego nie mogą zatem prowadzić do stanu pożądanego przez użytkownika. Na ogół więc, analizując skutki takiego oddziaływania po wystudzeniu badanej konstrukcji, należy oczekiwać znaczącego i trwałego pogorszenia się właściwości użytkowych badanej stali, w szczególności takich, które stawiają pod znakiem zapytania jej przydatność do dalszego wykorzystania w urządzeniach nośnych.

### Charakterystyka typowych stali konstrukcyjnych stosowanych w Polsce

Podstawowe gatunki stali stosowane obecnie w konstrukcjach obiektów budowlanych to S235 oraz S355. Należą one do grupy tak zwanych stali podutektoidalnych. Mają zatem typową strukturę ferrytyczno-perlityczną. Ich skład chemiczny regulują wymagania normy PN-EN 10025 [4], co oznacza że, odpowiednio:

dla stali S235:  $C \leq 0,170\%$ ,  $Mn \leq 1,40$ ,  $S \leq 0,035\%$ ,  $P \leq 0,035$ ; (1)

with water during a firefighting operation (which clearly magnifies the described effects), is not the same material as the one described by theoretical models formalised *a priori* for the studied structure without taking into account the impact of the fire. The fact that exposure to fire leads to a high probability of a considerable decrease in effective ductility combined with a significant increase in brittleness is particularly dangerous. Such phenomena inevitably follow from permanent changes in steel microstructures resulting from the initial monotonic increase and a subsequent more or less rapid decrease in ambient temperature. These changes occur even in cases where the tested steel did not reach the temperature initiating pearlite transformation during the fire. For this reason, it was suggested in [1] that the essential issue to be considered in post-fire evaluation, in addition to standard analyses, should be an *a posteriori* verification of the material's microstructure combined with an impact-toughness and hardness test. It also demonstrated and briefly discussed the main factors contributing to the weakening of steel following heating-and-cooling episodes in a fire. The aim of this analysis is to provide a more detailed review of the threats arising from thermally induced changes in steel microstructures during and after direct exposure to fire, usually not observable by visual inspection, but determining its future behaviour under load.

The heat treatment of structural steel is one of the basic techniques for improving the performance of this material. It involves a number of specifically planned, designed and controlled processes, such as annealing, hardening, and tempering, as well as solution heat treatment and ageing [2, 3]. These processes, however, are hardly comparable to the nature of the thermal impact on steel exposed to fire. Under such circumstances, the process is random and clearly out of control, resulting in a heterogeneous temperature field with chaotically changing parameters, involving rapid or even only local changes. Such a process will not yield the desired results. In analysing the consequences after the cooling down of the studied structure, a permanently impaired performance is, therefore, generally expected, particularly with regard to those parameters which affect its potential re-use in load-bearing structures.

### The characteristics of typical structural steels used in Poland

The main steel grades currently used in building structures are S235 and S355. These grades belong to the group of sub-eutectoid steels, which means they exhibit a typical ferrite-pearlite structure. Their chemical compositions, governed by the PN-EN 10025 standard [4], are as follows

S235 steel:  $C \leq 0.170\%$ ,  $Mn \leq 1.40$ ,  $S \leq 0.035\%$ ,  $P \leq 0.035$ ; (1)

dla stali S355:  $C \leq 0,240\%$ ,  $Mn \leq 1,60$ ,  $S \leq 0,035\%$ ,  $P \leq 0,035$ . (2)

Stale S355 coraz częściej wytwarzane są w stanie normalizowanym lub w stanie po walcowaniu termomechanicznym, dzięki czemu mają strukturę drobnoziarnistą. Mogą być również dostarczane w stanie surowym, co jednak wiąże się z nieco większym rozmiarem ziaren. Stale S235 są z reguły produkowane w stanie surowym. Współcześnie produkcja stali konstrukcyjnych odbywa się w konwertorach przy zastosowaniu końcowego odtleniania z wykorzystaniem aluminium. Dalszym etapem wytwarzania jest ciągłe odlewanie oraz walcownie na gorąco. Konsekwencją przeróbki plastycznej na gorąco jest pasmowość struktury. Pasma determinują segregację fosforu, a także segregują wtrącenia niemetaliczne, głównie zawierające krzem i siarkę. Struktura taka jest w zasadzie trwała. Może być intencjonalnie usunięta przez bardzo szybkie chłodzenie, co jednak często prowadzi do zainicjowania przemiany martenzytycznej. Strukturę pasmową obserwuje się wyraźnie w zasadzie jedynie na przekroju podłużnym badanego materiału. Jej konsekwencją są różne właściwości mechaniczne odnotowywane dla próbek pobranych wzdłuż oraz w poprzek kierunku walcowania. Podwyższona zawartość węgla oraz manganu w stalach S355 (w stosunku do zawartości węgla i manganu w stalach S235) zwiększa przy tym procentowy udział perlitu w obserwowanej strukturze, a także powoduje dalsze rozdrobnienie ziaren (mangan hamuje bowiem przemianę perlityczną), co z kolei skutkuje większą wytrzymałością materiału. Poza tym w stalach S355, odpowiednio szybko chłodzonych, łatwiej niż w stalach S235 można uzyskać elementy struktury bainitycznej lub martenzytycznej.

W starszych konstrukcjach powszechnie stosowano stale St3S (będące odpowiednikami współczesnych stali S235) oraz stale 18G2 (obecnie zastąpione przez stale S355). Mimo że mają one właściwości mechaniczne podobne do odpowiadających im stali współczesnych, technologia ich wytwarzania była nieco odmienna. Kiedyś bowiem w większości przypadków stosowano odlewanie do wlewnic, w których następnie inicjowano proces odtleniania. W zależności od ilości i rodzaju stosowanych odtleniaczy wytwarzano stale uspokojone, a także stale półuspokojone i nieuspokojone (oznaczone odpowiednio dodatkowymi symbolami X i Y). Dopiero z chwilą upowszechnienia technologii ciągłego odlewania stali wprowadzono odtlenianie z wykorzystaniem aluminium, dzięki czemu wyeliminowano odgazowywanie przez proste utlenianie węgla, niekorzystne ze względu na lokalne zakłócenia jednorodności otrzymywanej struktury. Te gatunki stali dostarczano z reguły w stanie surowym. Ze względu na wyżej opisany, mało nowoczesny sposób ich produkcji oraz ze względu na nieco większą niż w stalach produkowanych współcześnie zawartość siarki i fosforu stale te na ogół charakteryzowały się znacznie wyraźniejszą strukturą pasmową, a więc i mocniejszą anizotropią cech mechanicznych.

### Utlenianie powierzchni stali poddanej działaniu ognia i wywołane tym zmiany obserwowane w elementach inwentaryzowanych po pożarze

W warunkach pożaru na konstrukcyjne elementy stalowe w sposób pośredni (jeśli są one w jakikolwiek sposób izolowane

S355 steel:  $C \leq 0.240\%$ ,  $Mn \leq 1.60$ ,  $S \leq 0.035\%$ ,  $P \leq 0.035$ . (2)

S355 steel is increasingly often prepared in a normalised state or following thermomechanical rolling, which results in a fine-grained structure. It can also be supplied raw, but this results in increased grain size. S235 steel is usually produced raw. Modern structural-steel manufacturing involves converters and final deoxidation using aluminium. The next stage is continuous casting and hot rolling. Hot forming results in a banded structure. The bands determine the segregation of phosphorus and non-metallic inclusions, mainly containing silicon and sulphur. Such a structure is generally durable. It can be intentionally removed by means of rapid cooling, although it often leads to martensitic transformation. A banded structure is generally clearly observable only in a longitudinal section of the studied material. It influences a number of mechanical properties observed for samples collected longitudinally and transversely to the rolling direction. The increased carbon and manganese content in S355 grade steel (relative to the carbon and manganese content in S235 grade steel) also results in a higher percentage of pearlite in the observed structure, and leads to finer grains (as manganese inhibits pearlite transformation), thereby increasing material strength. Furthermore, when the appropriate rapid cooling is applied, it is easier to obtain elements of bainitic or martensitic structure in S355 than in S235 grade steel.

The predominant steel grades in older structures used to be St3S (equivalent to S235) and 18G2 (replaced by S355). Although their mechanical properties are similar to their modern counterparts, their manufacturing technology was slightly different. Before the introduction of modern technologies, most steel manufacturing involved pouring steel into moulds, where the de-oxidation process was initiated. Depending on the amount and type of de-oxidant, killed, semi-killed or non-killed steel was produced (marked with the additional symbols X and Y, respectively). Only after continuous casting began to be widely used was aluminium de-oxidation introduced, thus eliminating degassing by simple carbon oxidation, which was unfavourable due to local disturbances in structure homogeneity. Those steel grades were usually supplied raw. Due to the outdated manufacturing process, and slightly higher sulphur and phosphorus content than in modern steel, such steel grades were usually characterised by considerably more pronounced banded structures, resulting in the higher anisotropy of mechanical properties.

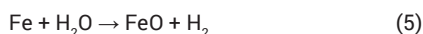
### The oxidation of the surface of steel exposed to fire and the resultant changes in members in a post-fire inventory

Fire causes the indirect (if there is any insulation by means of passive fire protection) or direct (if no such



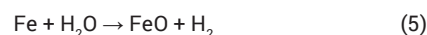
## RESEARCH AND DEVELOPMENT

przez zastosowanie środków biernej ochrony przed ogniem) lub bezpośredni (gdy takiej ochrony brak) oddziałuje nagrzane do wysokiej temperatury powietrze atmosferyczne, często znacznie wzbogacone w dwutlenek węgla, w wyniku czego następuje niekorzystne zjawisko utleniania powierzchni zewnętrznej tych elementów. Gazami utleniającymi są tu: tlen cząsteczkowy ( $O_2$ ), dwutlenek węgla ( $CO_2$ ) i para wodna ( $H_2O$ ). Proces ten przebiega zgodnie z następującymi reakcjami:



W tym przypadku utlenianie zachodzi na drodze dyfuzji odrzenuowej. W jego efekcie na powierzchni stali tworzy się warstwa tlenków, której grubość jest determinowana przez dyfuzję jonów żelaza z równoważną liczbą elektronów z fazy metalicznej do granicy faz metal – zgorzelina. Po zakończeniu ekspozycji na ogień powierzchnia wystudzonej stali traci połysk i pokrywa się zwartą warstwą nalotową będącą jednofazowym produktem utleniania w całości złożonym z tlenku żelaza ( $FeO$ ). Na podstawie koloru tej warstwy można dość wiarygodnie wnioskować o grubości nalotu tlenku a także, co niezmiernie ważne, oszacować maksymalną temperaturę, do jakiej inwentaryzowana stal była wygrzewana podczas wcześniejszej ekspozycji na ogień. Żółta barwa nalotu świadczy w tym przypadku o nagrzaniu stali do temperatury poniżej  $250^\circ C$ . Odpowiada jej warstwa tlenku żelaza o grubości około  $0,05 \mu m$ . Taka obserwacja pozwala wstępnie twierdzić, że po wystudzeniu stal nie utraciła znacząco swoich pierwotnych właściwości użytkowych, ani tych determinujących jej plastyczność, ani tych określających jej wytrzymałość. Przy nagrzaniu stali do temperatury  $250-400^\circ C$  grubość warstwy tlenku żelaza z reguły się zwiększa do około  $0,08 \mu m$ , czemu odpowiada charakterystyczna niebieska barwa nalotu [5]. Nadal jednak warstwa utleniona ma strukturę jednofazową. W przypadku typowej stali konstrukcyjnej może wówczas wystąpić zjawisko starzenia będące skutkiem wydzielania się cementytu trzeciorzędowego lub węglikoazotków pierwiastków stopowych na granicach ziaren struktury. Wiąże się ono z pogorszeniem się właściwości plastycznych materiału przy równoczesnym zwiększeniu się jego kruchości. Powierzchnię utlenioną w ten sposób stali można przyrównać do tak zwanego obszaru kruchości zabarwionego na niebiesko, który powstaje w procesie spawania w pewnej odległości od spoiny. W tych warunkach, po stosunkowo krótkim czasie ekspozycji na ogień, struktura ferrytyczno-perlityczna obserwowana po pożarze nie różni się znacząco od struktury ferrytyczno-perlitycznej obserwowanej przed jego rozpoczęciem. Nie ma bowiem jeszcze możliwości zainicjowania procesów rekrystalizacji. Dłuższe nagrzewanie stali konstrukcyjnej w nieco wyższej temperaturze –  $700-800^\circ C$ , czyli w zasadzie powyżej wartości kojarzonej z rekrystalizacją, skutkuje wytworzeniem się grubszej i tym razem już wielofazowej warstwy tak zwanej zgorzeliny o złożonym składzie chemicznym. W jej skład wchodzi głównie różne tlenki żelaza, takie jak:  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  i  $Fe_3O_4$ . W takim przypadku z powierzchnią stali graniczy faza  $FeO$ , w której żelazo występuje na najniższym stopniu utlenienia, a z atmosferą – faza  $Fe_2O_3$ , w której żelazo występuje na najwyższym stopniu utlenienia. Warstwa zewnętrzna

protection is present) exposure of structural-steel members to hot atmospheric air, often with a high carbon dioxide content, which results in the undesirable outer-surface oxidation in these members. The oxidation gases are molecular oxygen ( $O_2$ ) and water vapour ( $H_2O$ ). The process involves the reactions



In this case, oxidation occurs by way of outward diffusion. As a result, an oxide layer forms on the steel surface, with its thickness determined by the diffusion of iron ions with an equivalent number of electrons from the metallic phase to the scale/metal interface. After exposure to fire, the surface of the cooled-down steel loses its glossiness and becomes covered with a compact residue layer which is the single-phase product of oxidation, fully composed of iron oxide ( $FeO$ ). The colour of this layer provides a fairly reliable method of assessing the thickness of the oxide residue, and also, which is extremely important, estimating the maximum temperature to which the analysed steel was exposed during the previous exposure to fire. If it is yellow, steel was heated to a temperature below  $250^\circ C$ . This corresponds to a  $0.05\text{-}\mu m$  thick layer of iron oxide. This observation leads to the initial conclusion that steel did not lose its initial performance properties, nor the properties affecting its ductility or strength to a significant extent. When steel is heated to  $250-400^\circ C$ , the thickness of the iron-oxide layer is usually increased to about  $0.08 \mu m$ , which is evidenced in the characteristic blue colour of the residue [5]. The oxidised layer still retains its single-phase structure. In the case of typical structural steel, this might lead to ageing caused by the precipitation of tertiary cementite or carbonitrides of alloying elements at the extremities of structural grains. This impairs the material's ductile properties while also making it more brittle. The surface of steel oxidised in this way can be compared to the so-called brittle area, which is coloured blue, and forms in the welding process at a certain distance from the weld. Under such conditions, after a relatively short exposure to fire, the ferrite-pearlite structure observed after the fire does not exhibit any significant difference from the ferrite-pearlite structure observed before it started, as it is not yet possible to initiate the re-crystallisation processes. The longer heating of structural steel at a slightly higher temperature –  $700-800^\circ C$ , i.e. generally above the value associated with re-crystallisation, leads to the formation of a thicker, and this time multi-phase, layer of scale exhibiting a complex chemical composition. It is mainly composed of various iron oxides, such as  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  and  $Fe_3O_4$ . In such a case, the  $FeO$  phase, in which iron is the least oxidised, borders the steel surface, and the  $Fe_2O_3$  phase, where iron is the most oxidised, borders the atmosphere. The external layer of this type of residue is brittle and porous, and the steel surface itself is strongly eroded, without traces of smoothness or glossiness typical of materials observed at room temperature, which is the effect of oxygen diffusion from the material's



tego typu nalotu jest przy tym krucha i porowata, sama zaś powierzchnia stali pozostaje silnie zerodowana, bez śladów gładkości i połysku typowego dla metali obserwowanych w temperaturze pokojowej, co jest skutkiem wzmożonej w tak wysokiej temperaturze dyfuzji tlenu z całej objętości materiału [6]. W skrajnych przypadkach, kiedy stal konstrukcyjna była bardzo długo poddawana ekspozycji na ogień, po jej wystudzeniu można zaobserwować zjawisko tak zwanego spalenia materiału. Charakteryzuje się ono wnikiem atomów tlenu w głąb struktury, wzdłuż granic tworzących ją ziaren. Towarzyszy temu często nadtopienie granic tych ziaren w warstwie przypowierzchniowej. W przypadku wystąpienia tego typu zmian, nawet jeśli zaszły one jedynie lokalnie, na bardzo ograniczonym obszarze, w zasadzie wykluczone jest, by oceniany materiał został uznany za przydatny do dalszego użytkowania pod obciążeniem.

### **Przemiana początkowej struktury ferrytyczno-perlitycznej w strukturę bainityczną lub martenzytyczną** **Chaotyczny rozrost ziaren w strukturze stali w trakcie jej nagrzewania podczas pożaru**

Sprawą podstawową dla rozważań na temat struktury stali konstrukcyjnej obserwowanej po pożarze jest jednoznaczna odpowiedź na pytanie, czy w trakcie nagrzewania temperatura w badanym materiale przekroczyła progową wartość A1, to znaczy, czy mogły zajść w nim przemiany fazowe. Jednak nawet gdy stwierdzi się, że do takiego przekroczenia nie doszło, z pewnością trzeba się liczyć ze zjawiskami, których zajście wewnątrz struktury zasadniczo wpłynęło na właściwości (wytrzymałość oraz plastyczność) badanego materiału. Typowym przykładem jest tu często obserwowany w strukturze stali konstrukcyjnej po pożarze indukowany termicznie chaotyczny i trwały rozrost ziaren. Efekt ten został wielokrotnie potwierdzony eksperymentalnie. Na przykład badania raportowane w pracy [7], w których amerykańską stal niskowęglową A572-50 [8] nagrzewano w piecu laboratoryjnym ze stałą prędkością 105°C/min do różnych poziomów temperatury (od 300°C do 700°C, z krokiem co 100°C). Ustaloną temperaturę utrzymywano następnie przez 200 min, po czym próbki gwałtownie chłodzono, umieszczając je w kąpielii prowadzonej w słonej wodzie z lodem. Pomiar średnicy ziaren mikrostruktury badanej stali pokazał, że do temperatury 600°C wymiar ten wynosił średnio 50 µm i nie zmieniał się istotnie w stosunku do średnicy mierzonej *a priori* dla próbek przed eksperymentem, w temperaturze pokojowej. Zasadniczą różnicę wykazał dopiero pomiar wykonany dla stali ogrzanej do 700°C, dla której średni rozmiar ziarna wynosił aż 74 µm. W tej temperaturze zaobserwowano zresztą również stopniowe zanikanie ziaren perlitu, a także początki sferoidyzacji cementytu. Tego typu zjawiska bardziej szczegółowo omówiono w dalszej części pracy.

Jak już wspomniano, rozrost ziaren mikrostruktury stali konstrukcyjnej w procesie jej nagrzewania podczas pożaru jest ze swej natury dość chaotyczny, a przez to – w przypadku elementów niepoddanych wyraźnemu i ukierunkowanemu oddziaływaniu przyłożonego z zewnątrz obciążenia – słabo uporządkowany. Z tego względu jego zainicjowanie z reguły niszczy pasmowość

whole volume intensified in such high temperatures [6]. In extreme cases, where structural steel has been exposed to fire for extended periods of time, the burning of the material can be observed after cooling down. It involves oxygen atoms' infiltrating the structure along the boundaries of the material's grains. This is often accompanied by a slight melting of the grain boundaries in the near-surface layer. Such changes, even if they are only local and affect a very limited area, generally exclude the possibility of qualifying the studied material as fit for re-use under load.

### **The transformation of an initial ferrite-pearlite structure into a bainitic or martensitic structure** **Chaotic grain growth in steel microstructures when heated in a fire**

For the consideration of structural steel microstructures observed after a fire, it is essential to answer the question of whether the temperature in the studied material exceeded the threshold value of A1 during heating, i.e. whether phase transitions have occurred. However, even if it were determined that no such event had occurred, there is a definite possibility that certain phenomena had occurred inside the structure which significantly affected the properties (strength and ductility) of the studied material. The typical example here is thermally induced chaotic and permanent grain growth frequently observed in structural-steel microstructures after a fire. This effect has been confirmed in multiple experiments. For example, studies reported in [7], in which American low-carbon steel, A572-50 [8] was heated in a laboratory furnace at a constant rate of 105°C/min. to various temperature levels (from 300°C to 700°C, with steps of 100°C). A fixed temperature was then maintained for 200 minutes, after which the samples were rapidly cooled down by being placed in a salt-water ice bath. A measurement of the microstructure grain diameter in the studied steel demonstrated that up to the temperature of 600°C it was 50 µm on average, and did not change significantly in relation to the diameter measured *a priori* for samples before the experiment at room temperature. A significant difference was only shown by the measurement made for steel heated to 700°C, for which the average grain size was as large as 74 µm. In this temperature the gradual disappearance of pearlite grains was also observed, combined with the early stages of cementite spheroidisation. Such phenomena are described in more detail later in this article.

As mentioned, microstructure grain growth in structural steel during the heating process in a fire is naturally quite chaotic, and as such – in the case of elements not subjected to the clear and directed influence of an externally-applied load – poorly structured. Consequently, its initiation generally destroys the banded structure if it were previously intentionally

tej struktury, jeśli tylko była ona wcześniej intencjonalnie wytworzona przez człowieka w procesach metalurgicznych w celu uzyskania odpowiednio wysokiej wytrzymałości materiału. Dotyczy to zwłaszcza szczególnie pieczołowicie kształtowanych struktur wysokogatunkowych stali konstrukcyjnych, których granica plastyczności znajduje się znacznie powyżej 400 MPa [9]. Taki efekt opisano i przedyskutowano na przykład w pracy [10].

### **Częściowa przemiana perlitu w austenit skutkująca pojawieniem się struktury drobnoziarnistej w stali nagrzewanej podczas pożaru**

Jeżeli temperatura stali konstrukcyjnej poddanej ekspozycji na ogień osiągnie podczas pożaru 700-800°C, to należy się liczyć z tym, że w materiale zostanie zainicjowana częściowa przemiana perlitu w austenit. W tych warunkach część ziaren może ulec przemianie typowej dla stosowanego w tradycyjnej obróbce cieplnej wyżarzania normalizującego. W pierwszej fazie tego procesu, związanej z nagrzewaniem materiału, z perlitu powstaje austenit o niewielkiej wielkości ziarna. W kolejnej fazie, tym razem skojarzonej z chłodzeniem i stygnięciem stali (jednak pod warunkiem, że temperatura materiału będzie obniżana z odpowiednio małą szybkością) powinna ponownie wytworzyć się w niej struktura ferrytyczno-perlityczna, ale tym razem o ziarnach znacznie drobniejszych niż te, które obserwowano przed zainicjowaniem przemiany. Wyżej opisane zjawiska zachodzą na drodze dyfuzji atomów węgla oraz żelaza. Zauważono je na przykład w eksperymencie raportowanym w pracy [11], w którym badaniom poddano mikrostrukturę stali konstrukcyjnej wytopionej z lokalnego złomu i użytej do wyprodukowania prętów stosowanych później do zbrojenia betonu. Rozpatrywano przy tym trzy równoliczne grupy próbek, z których każda odnosiła się do stali pochodzącej od innego wytwórcy. Stałe w każdej grupie, choć podobnego typu, różniły się zatem składem chemicznym, a to w efekcie przekładało się na ich odmienne właściwości mechaniczne stwierdzone w temperaturze pokojowej. Poszczególne próbki najpierw nagrzewano w piecu laboratoryjnym do temperatur: 100°C, 300°C, 500°C, 600°C, 900°C i 1000°C, a następnie, po jednogodzinnym przetrzymaniu w ustalonej temperaturze, zapewniano im swobodne stygnięcie w powietrzu. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu, niezależnie od rozpatrywanej grupy próbek, ustalono, że po ich nagrzaniu do temperatury nieprzekraczającej 500°C, a następnie wystudzeniu nie obserwowano znaczących zmian w rozmiarze ziaren mikrostruktury. Zarówno przed badaniem, jak i po nim wynosił on średnio 17,3 μm, co oznacza, że badaną strukturę należało kojarzyć ze strukturą raczej drobnoziarnistą. Sytuacja zmieniła się wyraźnie przy ogrzewaniu próbek do temperatury powyżej 500°C. W tym przypadku, po eksperymencie, w wystudzonej stali obserwowano znacznie mniejszy średni rozmiar ziaren. Wynosił on bowiem finalnie odpowiednio: 15,7 μm – gdy próbki nagrzewano w temperaturze 600°C, 13,8 μm – gdy próbki nagrzewano w temperaturze 900°C i jedynie 12 μm – gdy próbki nagrzewano do 1000°C.

Ziarna ferrytu i perlitu niebiorące udziału w częściowej przemianie perlitycznej zachowują w takich okolicznościach pierwotną wielkość i pierwotny kształt. W przypadku zastosowania stali w stanie surowym otrzymaną strukturę można porównać do zanej z procesów metalurgicznych struktury typowej dla tak

created artificially in metallurgical processes in order to obtain a high material strength. This particularly relates to the meticulously shaped microstructures of high-grade structural steels, whose yield limit is considerably higher than 400 MPa [9]. This effect was described and discussed, e.g. in [10].

### **The partial transformation of pearlite into austenite, resulting in the formation of a fine-grained microstructure in steel heated in a fire**

If the temperature of structural steel exposed to fire reaches 700-800°C, the initiation of a partial pearlite-to-austenite transformation within the material is possible. In such conditions, some grains might undergo a transformation typical of normalisation as used in standard heat treatment. In the first stage of this process, involving material heating, pearlite transforms into fine-grained austenite. In the next stage, which is associated with the cooling down of steel (provided that the temperature of the material has been reduced at a sufficiently low rate) the ferrite-pearlite microstructure should form again, although with much-finer grains than observed before the transformation was initiated. These phenomena occur through the diffusion of carbon and iron atoms. They were observed, e.g. in the experiment reported in [11], which studied the microstructure of structural steel melted from local scrap and used to produce reinforcing bars. Three equally numerous groups of samples were considered, each from a different manufacturer. The steels in each group, although of similar types, differed in terms of their chemical composition, which translated into their different mechanical properties observed at room temperature. The individual samples were first heated in a laboratory furnace to the temperatures of 100°C, 300°C, 500°C, 600°C, 900°C and 1000°C and then, after being kept for one hour at a fixed temperature, they were left to cool down freely in air. As a result of the experiment, it was determined across sample groups that after their heating to a temperature of up to 500°C, and the subsequent cooling down, no significant changes in microstructure grain size were observed. Both before and after the test, the grain size was 17.3 μm on average, which means that the investigated structure was fine-grained. The situation changed markedly as the samples were heated to a temperature above 500°C. In this case, the steel cooled down after the experiment showed a considerably lower average grain size. The final values were as follows: 15.7 μm – when the samples were heated to a temperature of 600°C, 13.8 μm – when the samples were heated to a temperature of 900°C and only 12 μm – when the samples were heated to 1000°C.

The ferrite and pearlite grains which were not involved in the partial pearlite transformation retain their initial size and shape under such conditions. When using raw steel, the obtained structure can be compared to the structure typical of under-annealing known from metallurgical processes. It is partly composed of non-transformed ferrite and partly of fine pearlite mixed with ferrite. Modern normalised or

zwanego wyżarzania niepełnego. Składa się ona częściowo z nieprzemienionego ferrytu i częściowo z drobnego perlitu wymieszanego z ferrytem. We współczesnych stalach normalizowanych lub stalach walcowanych termomechanicznie tego typu zauważalne zmiany w mikrostrukturze raczej nie wystąpią.

### **Przemiana bainityczna i przemiana martenzytyczna jako skutki gwałtownego chłodzenia stali w fazie jej stygnięcia po pożarze**

Wyżej opisana przemiana, jeśli zostanie zaobserwowana, nie powinna niekorzystnie wpływać na inwentaryzowaną po pożarze konstrukcję stalową. Co więcej, otrzymana w jej wyniku struktura wiąże się nawet z niewielką poprawą właściwości mechanicznych stali, w tym szczególnie jej wytrzymałości i granicy plastyczności. Sytuacja zmieni się jednak diametralnie, gdy chłodzenie stali będzie przebiegało znacznie intensywniej. Dzieje się tak zazwyczaj przy typowej akcji gaśniczej, zwłaszcza takiej, podczas której silnie rozgrzane elementy stalowe są obficie polewane zimną wodą. Wtedy obok nieprzemienionego ferrytu w strukturze stali powstają z reguły ogniska perlitu o stosunkowo grubych płytkach. W stali konstrukcyjnej zawierającej 0,22–0,24% węgla (a więc na przykład w stali S355) niewykłuczone jest wytworzenie się w takich warunkach tak zwanej struktury Widmanstättena charakteryzującej się występowaniem ferrytu w postaci igieł. Przy wspomnianym udziale procentowym węgla do jej powstania wystarczą bowiem wartości temperatury nieznacznie tylko przewyższające progowy poziom A1. Trzeba mocno podkreślić, że przy wyżej wyspecyfikowanych wartościach temperatury nagrzania materiału, a następnie przy odpowiednio dużym tempie jego chłodzenia można w niezamierzony sposób uzyskać w nim strukturę typową dla procesu hartowania stali. Struktura taka jakkolwiek istotnie zwiększa twardość stali, to jednak równocześnie znacząco zmniejsza jej plastyczność i ciągliwość, przez co materiał ten staje się wyraźnie bardziej kruchy. Podatność stali na tego typu przemiany wzrasta zresztą wraz ze zwiększeniem się w jej składzie zawartości węgla i manganu. Dlatego też przemiany te częściej można obserwować w stalach S355 oraz 18G2 niż w stalach S235 i St3S.

Przy odpowiednio zwiększonej szybkości chłodzenia prawdopodobne jest przede wszystkim, że w strukturze stali powstaną obszary mające fragmenty struktury bainitycznej. Mechanizm tego typu przemiany jest nieco odmienny od tego, który charakteryzował częściową przemianę perlityczną. Dochodzi tu bowiem do zamrożenia dyfuzji atomów żelaza, podczas gdy w przypadku atomów węgla dyfuzja może zachodzić zarówno w austenicie, jak i w ferrycie. Finalnie, po wystygnięciu stali, w jej strukturze można zaobserwować ziarna przesyconego węglem ferrytu, pomiędzy którymi znajdują się wydzielenia cementytu. W zależności od temperatury i szybkości chłodzenia wygląd bainitu może być pierzasty (bainit górny) lub iglasty (bainit dolny). Szczególnie niekorzystny jest drugi z wymienionych typów struktury. Przesycony ferryt ma bowiem wtedy charakter listwowy, a węgliki żelaza układają się w poprzeczne pasma usytuowane względem siebie pod kątem 55°. Taka struktura charakteryzuje się znaczną twardością (powyżej 50 HRC), ale też dużą skłonnością do kruchego pęknięcia.

W skrajnych przypadkach, przy bardzo intensywnym chłodzeniu stali, można w niej uzyskać strukturę martenzytyczną. Powstaje ona na skutek całkowicie bezdyfuzyjnej przemiany polegającej

thermomechanicznie rolowanej stali nie jest prawdopodobne, że takie zmiany w mikrostrukturze wystąpią.

### **Bainitic and martensitic transformations as a result of the rapid cooling of steel in its cooling stage following a fire**

The transformation described above, if it is observed, should not have a negative effect on the steel structure investigated in a post-fire inventory. What is more, the resulting structure is even associated with a slight improvement in the mechanical properties of the steel, including in particular its strength and yield limit. The situation changes dramatically, however, when the cooling of the steel is much more intense. This usually occurs in a typical firefighting operation, particularly when large amounts of water are poured on strongly heated steel members. Under such conditions, in addition to non-transformed ferrite, pearlite concentrations generally appear in the steel microstructure. In structural steel with 0.22–0.24% carbon content (e.g. S355 steel) the formation of the so-called Widmanstätten pattern, which is characterised by needle-like ferrite structures, is possible in such conditions. With the said content of carbon, temperatures only slightly exceeding the A1 threshold level are sufficient for this pattern to form. It should be strongly emphasised that with the material heating values described above and with an appropriate rate of cooling, a structure typical of steel hardening can be unintentionally obtained in the material. This type of microstructure, while significantly improving the hardness of steel, considerably reduces its plasticity and ductility, which greatly increases the brittleness of the material. The susceptibility of steel to this type of transformation increases with increasing carbon and manganese contents. For this reason, these transformations are more likely to be observed in S355 and 18G2 steel than in S235 and St3S steel.

At an appropriately increased rate of cooling, it is very likely that the steel microstructure will feature areas consisting of bainitic microstructure fragments. The mechanism underlying this transformation is slightly different from the one which characterises partial pearlite transformation. Here, the diffusion of iron atoms becomes frozen, while in the case of carbon atoms, diffusion is possible both in austenite and in ferrite. Eventually, after the steel cools down, grains of carbon-supersaturated ferrite with cementite precipitation in between can be observed in its microstructure. Depending on the temperature and the rate of cooling, the appearance of the bainite can be feathery (upper bainite) or needle-like (lower bainite). The latter type is particularly unfavourable, as supersaturated ferrite forms strips and iron carbides are laid out in transverse bands at an angle of 55° towards each other. This structure is characterised by considerable hardness (over 50 HRC), but is also prone to brittle fracturing.

In extreme cases, where the steel is cooled down very rapidly, a martensitic structure can be obtained. It forms as a result of a completely diffusionless transformation involving the

na przebudowie sieci z regularnej w tetragonalną o nieco większej objętości. Martenzyt cechuje się także wysoką twardością i małą ciągliwością. Dodatkowo jednak przemiana martenzytyczna prowadzi do powstania w mikrostrukturze stali naprężeń strukturalnych, przez co podatność martenzytu na kruche pękanie jest jeszcze większa niż ta określona wcześniej dla bainitu. W celu likwidacji naprężeń w przypadku konwencjonalnej obróbki cieplnej zahartowany element stalowy zawsze jest poddawany procesowi odpuszczania. Takiego zabiegu nie można jednak wykonać na elementach konstrukcji stalowej inwentaryzowanych po pożarze. Poza tym zarówno przemiana bainityczna, jak i przemiana martenzytyczna usuwają z badanej mikrostruktury strukturę pasmową.

Ciekawe wyniki dotyczące ilościowej i jakościowej oceny rozwoju przemiany martenzytycznej i przemiany bainitycznej w stali konstrukcyjnej nagrzewanej w warunkach pożaru zestawiono w pracy [12]. Podano w niej wyniki eksperymentu, w którym próbki stali SN490C [13], wycięte z konstrukcji stalowej stanowiącej wcześniej ustrój nośny jednego z budynków petrochemii, nagrzewano do różnych temperatur: 600°C, 700°C, 800°C, 900°C i 1000°C. Następnie ustalone temperatury utrzymywano przez godzinę, aby w końcu rozgrzane próbki chłodzić w kąpielii wodnej lub poddawać swobodnemu stygnięciu w powietrzu. W trakcie nagrzewania w wielu przypadkach przewyższano zatem temperaturę materiału kojarzoną z przemianą perlityczną. W pozostałych sytuacjach temperatura ta nie była w ogóle osiągnięta, co należy wyraźnie podkreślić. W zależności od tego, do jakiej temperatury była rozgrzana badana próbka, oraz od tego, w jaki sposób chłodzono ją bezpośrednio po jej wygrzaniu, otrzymywano różny udział poszczególnych rodzajów mikrostruktury obserwowanej po doświadczeniu. Zawsze jednak zawierała ona zarówno obszary zdominowane przez bainit, jak i obszary zdominowane przez martenzyt. Pełne zestawienie wyników przytoczono w niniejszym artykule w tabeli 1. Kolejne rodzaje struktury oznaczono w niej symbolami: F (ferrytyczna), P (perlityczna), M (martenzytyczna), B (bainityczna).

reconstruction of the network from regular into tetragonal, with a slightly higher volume. Martensite is also characterised by high hardness and low ductility. However, martensitic transformation also leads to structural stress in the microstructure, which further increases the susceptibility of martensite to brittle fracturing in relation to the one previously determined for bainite. To eliminate stress in the case of conventional heat treatment, hardened steel members are always subject to tempering. This, however, cannot be applied to steel structural members in a post-fire inventory. In addition, both bainitic and martensitic transformation eliminate the banded structure from the studied microstructure.

Some interesting results relating to the quantitative and qualitative assessment of the development of martensitic and bainitic transformation in structural steel heated in a fire are listed in [12]. It provides the results of an experiment in which samples of SN490C steel [13], cut from a steel structure which had previously served as a load-bearing structure for a petrochemical building, were heated to various temperatures: 600°C, 700°C, 800°C, 900°C and 1000°C. After that, the set temperatures were kept constant for an hour and eventually the heated samples were cooled down in a water bath or subjected to free cooling in air. During heating, the temperature associated with pearlitic transformation was exceeded in a number of cases. It should be emphasised that in other situations, this temperature was not reached. Depending on the temperature to which the studied sample was heated, and on the method used for cooling down directly after heating, different percentages of individual microstructure types were observed after the experiment. In all cases, however, the microstructure featured both bainite-dominated and martensite-dominated areas. A full compilation of the results is presented in Table 1. The microstructure types are designated by the symbols F (ferritic), P (pearlitic), M (martensitic), B (bainitic).

**Tabela 1.** Rodzaje mikrostruktury stali konstrukcyjnej SN490C obserwowane w próbkach laboratoryjnych po ich nagrzaniu, a następnie wygrzaniu w stałej temperaturze i wychłodzeniu w symulowanym pożarze

**Table 1.** Types of microstructure of SN490C structural steel observed in laboratory samples after episodes of heating, followed by being kept at a constant temperature, and, finally, cooling in a simulated fire

Temperatura, do której nagrzewano próbkę The temperature to which the sample was heated	Rodzaj struktury obserwowane po wychłodzeniu The type of structure observed after cooling	
	chłodzenie w powietrzu Cooling in air	chłodzenie w kąpielii wodnej Cooling in water bath
600°C	80% F + 20% P	80% F + 20% P
700°C	80% F + 20% P	80% F + 20% P
800°C	80% F + 20% P	75% F + 15% M + 10% B
900°C	80% F + 20% P	60% F + 25% M + 15% B
1000°C	80% F + 20% P	20% F + 45% M + 35% B

**Źródło:** Opracowano na podstawie [12].

**Source:** Own elaboration on the basis of [12].

Jak pokazują powyższe dane, swobodne stygnięcie próbek na wolnym powietrzu nie zainicjowało ani przemiany bainitycznej, ani tym bardziej przemiany martenzytycznej. Do wywołania tych przemian potrzebne jest bowiem nie tylko gwałtowne chłodzenie rozgrzanej próbki w kąpielii wodnej, ale również jej wcześniejsze wygrzanie do temperatury powyżej progowego

As demonstrated by the above data, the free cooling of samples in the open air did not initiate bainitic transformation or martensitic transformation. This is because for those transformations to occur, it is not only necessary to rapidly cool the heated sample in a water bath, but also to heat it to a temperature above the threshold point A1 beforehand, which is not



punktu A1, co nie jest niespodzianką. Oczywiście, obserwowane przemiany fazowe były tym bardziej wyraźne, im wyższa była temperatura próbki zmierzona w chwili rozpoczęcia chłodzenia.

Niemniej pouczające wydają się wykazane w omawianym eksperymencie [12] korelacje wyników ze zmierzonymi *a posteriori* parametrami właściwości mechanicznych badanej stali. W niniejszym artykule zestawiono je w tabeli 2.

surprising. Obviously, the phase transitions observed became more pronounced with the increase of the sample temperature measured at the time of starting the cooling process.

Still, the correlations of results with the mechanical properties of the studied steel measured *a posteriori* are highly informative. They are presented in Table 2.

**Tabela 2.** Zmierzone eksperymentalnie właściwości mechaniczne stali konstrukcyjnej SN490C po epizodach nagrzewania i stygnięcia w symulowanym pożarze w odniesieniu do zastosowanej temperatury nagrzewania i do sposobu chłodzenia próbek. (Gwiazdką oznaczono wyniki niemiarodajne, uzyskane dla próbek, które uległy zniszczeniu podczas przeprowadzania testu)

**Table 2.** The mechanical properties of SN490C structural steel experimentally tested after heating-and-cooling episodes in a simulated fire, in respect of both the applied heating temperature and the technique used for sample cooling. (The asterisk indicates that the result is not reliable because it was obtained for a sample which had been destroyed during the test)

Wielkość/ Size	Temperatura nagrzewania/ Heating temperature	Wartość zmierzona po wychłodzeniu/ Value measured after cooling	
		chłodzenie w powietrzu/ Cooling in air	chłodzenie w kąpeli wodnej/ Cooling in water bath
Granica plastyczności [MPa]/ Yield limit [MPa]	Przed nagrzewaniem/ Before heating	372,0	372,0
	600°C	359,5	370,5
	700°C	339,0	345,5
	800°C	300,5	338,0
	900°C	344,0	414,5
	1000°C	323,0	424,0
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]/ Tensile strength [MPa]	Przed nagrzewaniem/ Before heating	523,0	523,0
	600°C	521,0	539,0
	700°C	490,5	500,5
	800°C	478,5	696,0*
	900°C	480,0	707,0*
	1000°C	473,3	646,3*
Wydłużenie [%]/ Elongation [%]	Przed nagrzewaniem/ Before heating	32,5	32,5
	600°C	34,9	33,0
	700°C	36,0	36,3
	800°C	38,6	24,8
	900°C	38,2	22,3
	1000°C	38,4	22,9
Udarność [J]/ Impact toughness [J]	Przed nagrzewaniem/Before heating	143,0	143,0
	600°C	128,3	116,6
	700°C	116,4	93,2
	800°C	161,3	61,5
	900°C	159,4	65,2
	1000°C	144,0	64,2

**Źródło:** Opracowano na podstawie [12].

**Source:** Own elaboration on the basis of [12].

Wyniki pokazane w tabeli 2 niewątpliwie korelują ze strukturami zestawionymi w tabeli 1. Jak widać, przemiana bainityczna oraz przemiana martenzytyczna, zainicjowane gwałtownym chłodzeniem próbek w kąpeli wodnej, skutkują – po wystudzeniu próbek – zdecydowanym zmniejszeniem się wydłużenia badanej stali i nie mniej wyraźnym pogorszeniem się jej udarności. Wartości parametrów określających te cechy zależą również od temperatury, w której badane próbki były wygrzewane, choć tutaj zmiany nie są aż tak wyraźne. Sposób chłodzenia próbek różnicuje również *a posteriori* zmierzone po eksperymencie dla wystudzonej stali, wartości charakteryzujących ją granic

The results shown in Table 2 clearly correlate with the microstructures presented in Table 1. As seen above, bainitic transformation and martensitic transformation, initiated by the rapid cooling of samples in a water bath, result, after the samples are cooled down, in a considerable decrease in the elongation of the studied steel, and also a noticeable reduction in its impact toughness. The values of the parameters defining these values also depend on the temperature to which the studied samples were heated, although changes are not as marked in this case. The method of cooling down samples also leads to *a posteriori* differences in yield limit and tensile strength properties

plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie. Jakkolwiek wartości te są na ogół tym niższe, im do wyższej temperatury nagrzewana była próbka, to jednak w przypadku chłodzenia w kąpeli wodnej, wtedy, gdy zostały zainicjowane wyżej opisywane przemiany, obserwuje się zależność odwrotną.

Dodatkowym potwierdzeniem tego, że w opisywanych warunkach termicznych istnieje duże prawdopodobieństwo zachodzenia przemiany bainitycznej i – ewentualnie – często zastępującej ją przemiany martenzytycznej, jest zawarta w pracy [14] informacja o zaobserwowaniu tego rodzaju struktur w specjalnie formowanych (przez domieszkowanie chromem i molibdenem) stalach odpornych na temperaturę pożarową (tak zwane *fire-resistant steels*).

### **Wpływ tempa zmian temperatury ogarniętego przez pożar i obciążonego elementu konstrukcyjnego na efektywną odkształcalność ziaren mikrostruktury stali, z której go wykonano**

Intensywność procesów nagrzewania i stygnięcia w trakcie ekspozycji na ogień wpływa nie tylko na inicjowanie w badanej stali opisanych wcześniej przemian fazowych, lecz także na zdolność do odkształcania się ziaren jej mikrostruktury. Miarą tej intensywności jest zwykle szybkość zmian temperatury materiału. Alternatywnie na tym polu można rozważać na przykład tempo zmian strumienia energii rozpraszanej podczas pożaru. W metalografii powszechnie znane jest zjawisko wydłużania się pojedynczych ziaren osnowy ferrytycznej mikrostruktury stali konstrukcyjnej zgodnego z kierunkiem działania obciążenia przyłożonego do próbki. Podatność na tego typu odkształcenia niewątpliwie zwiększa się ze wzrostem temperatury materiału. Istotne jest to, żeby ten wzrost nie następował zbyt szybko. W pracy [15] wykazano eksperymentalnie, że szybsze nagrzewanie stali prowadzi do zmniejszenia jej efektywnego wydłużenia, co znacznie zwiększa ryzyko kruchego pęknięcia przy ewentualnym późniejszym użytkowaniu tego materiału w temperaturze pokojowej. Przyczynę takiej relacji uwidoczniły badania metalograficzne. Ziarna ferrytu w mniej gwałtownie nagrzewanej stali miały dostatecznie dużo czasu, aby powoli i stopniowo poddawać się ukierunkowanemu wydłużeniu wymuszane przez zewnętrzne obciążenie oddziałujące na próbkę. Jeśli jednak szybkość wzrostu temperatury materiału okazywała się zbyt duża, to tego typu deformacje pojedynczych ziaren obserwowanej struktury na ogół nie zdążyły się wytworzyć. Nawet jeśli bowiem pojedyncze ziarna uzyskiwały w takim przypadku nieznaczne wydłużenia, to i tak kierunki tych wydłużeń nie były wzajemnie uporządkowane. W dodatku chaotyczne kierunki rozrostu ziaren generowały w mikrostrukturze tworzenie się losowych pustek i defektów, powodując przy tym osłabienie materiału. Można zatem mówić o czymś w rodzaju bezwładności materiału na szybki przyrost temperatury wykonanego z niego elementu. Materiał taki musi po prostu mieć możliwość stopniowego dostosowania się do warunków panujących w jego otoczeniu. Jeśli takiej możliwości nie ma, skutkuje to zwykle powstawaniem naprężeń cieplnych, tym większych, im szybsze jest nagrzewanie

measured in cooled-down steel after the experiment. Although these values are generally lower as the temperature to which the sample was heated increases, for cooling in a water bath, when the above-mentioned transformations were initiated, the opposite correlation is observed.

The high probability of bainitic transformation, or, potentially, martensitic transformation under the described technical conditions is further corroborated by [14], which mentions the observation of this type of microstructure in specially formed (by chromium and molybdenum doping) fire-resistant steels.

### **The impact of the rate of temperature change in a structural member under fire and load on the effective deformability of microstructure grains of steel making up this structural member**

The intensity of the heating-and-cooling processes during exposure to fire not only influences the initiation of the previously described phase transitions in studied steel, but also the deformability of its microstructure grains. A measure of this intensity is usually the rate at which the temperature of the material changes. The rate of change of the energy stream being dissipated during a fire can be considered an alternative measure. Elongation – whose direction is consistent with that of the load applied to the sample – in individual grains making up the ferrite matrix of structural steel microstructure is widely known in metallography. Susceptibility to this type of deformation clearly increases with the rise in the material's temperature. It is important for this growth not to occur too fast. In [15] it was experimentally proven that the faster heating of steel leads to a reduction in its effective elongation, which significantly increases the risk of brittle fracturing in the case of its potential re-use at room temperature. The cause of this relationship was found through metallographic studies. Ferrite grains in less-rapidly heated steel had enough time to slowly and gradually undergo directional elongation forced by the sample's exposure to an external load. If, however, the temperature of the material grew too fast, there was usually not enough time for this type of deformation to occur in individual grains within the observed structure. Even if individual grains became slightly elongated, the directions of those elongations were not consistent. In addition, the chaotic grain-growth directions generated random voids and defects in the microstructure, weakening the material. This could be described as inertia of the material in relation to rapid temperature growth in a structural member made of this material. This type of material invariably requires a way to gradually adapt to the surrounding conditions. If this is impossible, heat stress occurs, and the faster the heating or cooling of steel, the higher the stress, which usually means that the steel is more susceptible to brittle fracturing and that the microstructure has a reduced tightness. In the context of this analysis, it is important that the



lub chłodzenie stali, a to na ogół wiąże się z większą podatnością tej stali na kruche pękanie oraz z osłabieniem spoiwości jej struktury. Z perspektywy analizy dokonywanej w niniejszej pracy ważne jest to, że opisane wyżej, tym razem indukowane termomechanicznie, deformacje ziaren okazują się trwałe, co oznacza, że nie zanikają po wychłodzeniu elementu i jego powróci do temperatury wyjściowej. Trwała pozostaje zatem również podatność badanej stali na kruche pękanie.

Na innego rodzaju zależności wskazano w pracy [16], podając za T.S. Harmathym, że wraz ze wzrostem szybkości nagrzewania stali w badaniach eksperymentalnych obserwowano coraz wyższe wartości charakteryzujących ją wytrzymałości  $R_e$  i  $R_m$ , przy czym efekt ten okazywał się tym bardziej znaczący, im wyższa była odnosząca się do niego temperatura materiału. W pracy [17] zwrócono jednak uwagę na to, że wartości analizowanych parametrów zależą w tym przypadku również od samej metodyki badania. Jeżeli test jest próbą izotermiczną (temperatura elementu jest stała, a obciążenie próbki się zwiększa), to wartość otrzymanej granicy plastyczności jest znacząco wyższa od tej uzyskanej z próby anizotermicznej (obciążenie elementu jest stałe, a jego temperatura rośnie). Zjawisko to jest szczególnie wyraźne na poziomie wydłużenia 0,2%, zanika natomiast przy poziomie 1%.

Jeszcze bardziej istotne podczas określania na etapie inwentaryzacji efektywnej ciągliwości wystudzonej stali wydają się przebieg i intensywność procesu stygnięcia rozgrzanego wcześniej elementu. Proces ten w wielu przypadkach trzeba wiązać z prowadzoną akcją gaśniczą. W poprzednim rozdziale wskazano, że zbyt gwałtowne obniżanie temperatury stali na skutek obfitego polewania jej zimną wodą inicjuje w niej przemianę bainityczną i/lub przemianę martenzytyczną. Należy uzupełnić, że na ogół skutkuje też powstawaniem w strukturze materiału siatki wewnętrznych mikrouszkodzeń, w szczególności mikropęknięć, które mogą się w niebezpieczny sposób nasilić w późniejszym okresie użytkowania elementu konstrukcyjnego po pożarze.

## Zmiany strukturalne zachodzące w ogrzewanych podczas pożaru prętach stalowych stosowanych do zbrojenia betonu

Stalowe pręty stosowane wspólnie do zbrojenia betonu produkuje się z wykorzystaniem jednej z trzech podstawowych technologii. Są to pręty:

- ze stali umocnionej w kontrolowanym procesie obróbki cieplnej (*work-hardened steels*);
- ze stali domieszkowanej wanadem (*steels microalloyed with vanadium*);
- o strukturze hybrydowej, ze stali kształtowanej w procesie trójfazowego kontrolowanego chłodzenia typu Tempcore.

Każda z tych technologii jednoznacznie definiuje odpowiadający jej typ mikrostruktury stali określanej w temperaturze pokojowej, a zarazem determinuje zachowanie się tej stali w warunkach pożaru. Badania zmian strukturalnych w wymienionych rodzajach prętów po epizodach ich nagrzewania i stygnięcia podczas eksperymentalnie symulowanej dla nich ekspozycji na ogień szczegółowo opisano w pracy [18] w odniesieniu do stali FeB500S [19],

thermomechanically induced deformations described above are permanent, which means that they do not disappear after a member is cooled down and returns to its initial temperature. The susceptibility of the studied steel-to-brittle fracturing is also permanent.

Other correlations are indicated in [16], which cites T.S. Harmathy's findings that as the rate of heating steel in experimental studies increases, higher values of  $R_e$  and  $R_m$  strength are observed. As the material's temperature increased, this effect was even more significant. [17] points out, however, that the values of the analysed parameters in this case also depend on the study methodology. If the test is an isothermal test (constant member temperature and increasing sample load), the obtained yield-limit value is considerably higher than that obtained in the anisothermal test (constant load, increasing temperature). This is especially noticeable at an elongation of 0.2%, and disappears at 1%.

Even more important for determining the effective ductility of cooled-down steel during a post-fire inventory is the course and intensity of the cooling of a structural member which was previously exposed to high temperatures. In many cases, this process is inextricably linked to the firefighting operation. It was indicated in the previous chapter that when the temperature of steel is reduced at an excessive rate, with large amounts of cold water poured onto it, a bainitic and/or martensitic transformation can be initiated. It should be added that this usually also results in internal micro-damage, especially micro-cracks, in the material's microstructure, which can become exacerbated when the structural member is re-used after the fire.

## Structural changes occurring in steel reinforcing bars heated in a fire

Modern steel reinforcing bars are manufactured using three basic technologies. Nowadays, reinforcing bars are made of

- work-hardened steels;
- steels microalloyed with vanadium; or
- hybrid steels, shaped in the Tempcore process, involving three-stage controlled cooling.

Each of these technologies clearly defines its corresponding steel microstructure type observed at room temperature, and also determines the behaviour of steel in a fire. Studies of structural changes in the said types of bar following heating-and-cooling episodes during experimentally simulated exposure to fire are described in detail in [18] with reference to FeB500S steel [19], including in particular with reference to BSt500S steel [20]. This paper is confined to a brief presentation of bars, providing an overview

w tym szczególnie w odniesieniu do stali BSt500S [20]. W niniejszym artykule ograniczono się jedynie do krótkiej prezentacji prętów pozwalającej zapoznać się z podstawowymi różnicami w ich reakcji na oddziaływanie temperatury pożarowej, zwłaszcza takimi, które łączą się ze zmianami w mikrostrukturze materiału.

Jeśli chodzi o pręty wykonane ze stali poddanej klasycznemu procesowi kontrolowanej obróbki cieplnej, to w temperaturze pokojowej, jako stale podutektoidalne, mają one typową strukturę ferrytyczno-perlityczną. Przy nagrzewaniu do temperatury 600°C struktura ta nie zmienia się znacząco, z tym że w temperaturze poniżej 300°C twardość nieznacznie i stopniowo się zwiększa, co jest tłumaczone typowymi procesami starzenia, a w temperaturze 300–600°C twardość ta ponownie się zmniejsza, co tym razem wynika z zainicjowania procesów zdrowienia. Nagrzewanie do temperatury powyżej 700°C jest już związane z częściowym wyżarzeniem badanej stali i towarzyszącymi mu początkami rekrytalizacji. Pomimo tej rekrytalizacji widać wtedy ponownie, choć – znów – jedynie nieznacznie, zwiększenie się twardości. Warto jeszcze zaznaczyć, że w efekcie pojawienia się struktury pasmowej generującej anizotropię cech mechanicznych badanej stali mamy w tym przypadku do czynienia z około 2-procentowym wzmocnieniem tych cech, jeśli próbka wycinana jest równoległe do kierunku walcowania [18].

Pręty ze stali domieszkowanej wanadem mają nieco inną strukturę, składającą się z osnowy ferrytycznej wzbogaconej głównie stosunkowo małymi koloniami drobnego perlitu. Rozmiar ziaren w takiej strukturze jest warunkowany wprowadzaniem do stali wanadem [21, 22]. Alternatywnie stale tego typu mogą być domieszkowane niobem. W czasie przemiany ferrytu w austenit atomy wanadu są bardzo podatne na segregację na granicach ziaren ferrytu oraz na tworzenie dzięki reakcjom chemicznym swoich węglików i azotków. W rezultacie takie wydzielenia są efektywną barierą dla potencjalnego ruchu dyslokacji na granicach ziaren struktury, a zatem polepszają granicę plastyczności materiału i jego odporność ogniową. Nagrzewanie stali o takiej mikrostrukturze inicjuje przy tym grupowanie się i koalescencję wcześniej istniejących, pojedynczych małych wydzieleni, co skutkuje zwiększaniem się ich rozmiaru, a zatem i lepszą efektywnością ich oddziaływania. Równocześnie na granicach ziaren ferrytu pojawiają się nowe wydzielenia. Ocenia się, że wzmiankowane wcześniej węgliki i azotki wanadu (lub niobu) wydzielają się mniej więcej do temperatury 500°C. W efekcie tego w temperaturze poniżej 300°C wraz ze wzrostem temperatury stali stopniowo, ale nieznacznie zwiększa się jej twardość. Twardość ta przy dalszym nagrzewaniu tego typu stali pozostaje już w zasadzie na stałym poziomie. Stale domieszkowane wanadem (lub niobem) są na ogół twardsze od stali poddanych typowemu procesowi obróbki cieplnej w zakresie temperatury, który przedstawiono w niniejszym artykule.

Pręty wykonane ze stali poddanej trójfazowej obróbce termicznej typu Tempcore mają bardzo specyficzną, ale intencjonalnie kształtowaną mikrostrukturę. Obróbka nakierowana jest na uzyskanie w temperaturze pokojowej stosunkowo ciągliwego rdzenia otoczonego przez odpowiednio twardą, a przez to mało plastyczną, warstwę wierzchnią rozmieszczoną koncentrycznie względem tego rdzenia. W ten sposób łączy się ze sobą i kojarzy pozornie wzajemnie sprzeczne właściwości użytkowe, co daje nawet pewien efekt synergii [23]. Pierwsza faza procesu typu

of the fundamental differences in their reactions to fire temperatures, especially those combined with changes in the material's microstructure.

Bars made of steel subjected to the standard process of controlled heat treatment feature a ferrite-pearlite microstructure, which is typical of sub-eutectoid steels. When heated to 600°C, this structure does not change substantially, although at temperatures below 300°C, its hardness slightly and gradually increases, which is attributable to the typical ageing processes. At a temperature of 300-600°C, however, the hardness starts to decrease again, which is due to the initiation of the healing processes. Heating to a temperature above 700°C, in turn, involves a partial annealing of the studied steel, and the associated early re-crystallisation processes. Despite re-crystallisation, the observed hardness once again increases, although only slightly. It should be added that due to the appearance of the banded structure, which generates the anisotropy of mechanical properties in the studied steel, there is about a 2-percent increase in those properties if the sample is cut parallel to the rolling direction [18].

Bars made of steel microalloyed with vanadium have a slightly different structure, composed of a ferrite matrix enriched with relatively small colonies of fine pearlite. The grain size in such a microstructure is determined by the vanadium added to steel [21, 22]. Alternatively, this type of steel can be microalloyed with niobium. During ferrite-to-austenite transformation, vanadium atoms are very susceptible to segregation at the boundaries of ferrite grains, as well as to the formation of their iron carbides and nitrides as a result of chemical reactions. Consequently, such precipitation areas represent an effective barrier to potential dislocation movement at the boundaries of the microstructure's grains, thereby improving the yield limit and fire resistance of the material. Heating steel with such a microstructure also initiates the grouping and coalescence of pre-existing, small, single, precipitation areas. This results in their increased size and, by extension, improved effectiveness. At the same time, new precipitation areas are emerging at the boundaries of ferrite grains. It is estimated that the previously mentioned iron carbides and vanadium (or niobium) nitrides are released up to a temperature of about 500°C. Due to this, at a temperature lower than 300°C, steel hardness gradually increases with temperature, but only slightly. When this type of steel continues to be heated, this hardness generally remains constant. Steels microalloyed with vanadium (or niobium) tend to be harder than steels subjected to the typical heat-treatment process within the temperature range presented in this paper.

Bars made of Tempcore steel (subjected to three-stage thermal treatment) have a very specific, but intentionally shaped, microstructure. The treatment is aimed at obtaining a relatively ductile core surrounded by a sufficiently hard, and therefore not very ductile, outer layer, spread concentrically around the core. This is done to combine seemingly mutually exclusive performance parameters, which brings about a certain synergy effect [23]. The first stage of the Tempcore process, including its corresponding QTB (quenching and tempering bars) technology, involves the intense water cooling of

Tempcore, w tym między innymi odpowiadającej mu technologii QTB (*quenching and tempering bars*), polega na intensywnym chłodzeniu wodą pręta wychodzącego z ostatniej klatki walcowniczej. Dzięki odpowiednio dużej intensywności chłodzenia na powierzchni pręta uzyskuje się warstwę martenzytyczną o założonej głębokości. Druga faza procesu rozpoczyna się bezpośrednio po opuszczeniu przez pręt linii chłodzenia wodnego i wejściu w strefę chłodzenia na wolnym powietrzu. W tej fazie ciepło z gorącego rdzenia pręta rozprzestrzenia się konwekcyjnie ku powierzchni tego pręta, co powoduje samoodpuszczenie warstwy martenzytu. Odpuszczenie to zapewnia odpowiednią ciągliwość materiału przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wartości umownej granicy plastyczności charakteryzującej ten materiał. W trzeciej fazie procesu ma miejsce swobodne stygnięcie prętów na chłodni pokrocznej. Wtedy w rdzeniu pręta zachodzi semiizotermiczna przemiana austenitu. W efekcie zastosowania opisanej wyżej procedury obróbki cieplnej uzyskuje się pręt stalowy, którego mikrostruktura cechuje się trzema koncentrycznie rozmieszczonymi warstwami. W rdzeniu jest klasyczna struktura ferrytyczno-perlityczna. Otacza ją warstwa pośrednia ze strukturą powstałą ze zmieszanego bainitu i ferrytu. W końcu warstwę powierzchniową, najbardziej zewnętrzną, opisuje struktura typowa dla martenzytu po odpuszczeniu. Zmiany strukturalne, które w prętach wykonanych z tego typu stali zostały wywołane nagrzewaniem podczas pożaru, ograniczają się na ogół jedynie do zewnętrznej, przypowierzchniowej warstwy opisanej powyżej struktury. Trzeba je skoryzować z jej osłabieniem postępującym ze wzrostem temperatury materiału, co z kolei jest skutkiem zmniejszającej się w trakcie nagrzewania mikrotwardości. Autorzy raportu [18] informują przy tym, że tego typu osłabienie w przypadku prętów o średnicy 8 mm rozpoczynało się dopiero w temperaturze 600°C, a w przypadku prętów grubszych, o średnicy 12 mm, jeszcze później, bo aż w temperaturze 700°C. Zawsze jednak, w całym rozważanym zakresie temperatury pręta, warstwa ta pozostaje znacząco twardsza niż chroniony przez nią odpowiednio ciągliwy rdzeń.

## Odwęglenie stali, grafityzacja i sferoidyzacja cementytu

Bardzo niebezpiecznym zjawiskiem wyraźnie i trwale zmniejszającym stal konstrukcyjną wystudzoną po epizodach nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru jest jej odwęglenie. Jest ono zwykle inicjowane na powierzchni gorącego elementu konstrukcyjnego przez oddziaływanie dwutlenku węgla, zgodnie z reakcją:



co skutkuje zubożeniem zewnętrznej warstwy ogrzanej stali o budujący ją cementyt. Mimo że proces odwęglania ze względu na charakter kontaktu z gazem przebiega w zasadzie na powierzchni elementu stalowego, stopniowy zanik cementytu w tym miejscu nieuchronnie indukuje jego dyfuzję z głębszych obszarów, co prowadzi do zwiększania się jego deficytu. Strukturę typowej stali ferrytyczno-perlitycznej po jej odwęgleniu i wystudzeniu stanowi ferrytyczno-perlityczny rdzeń przechodzący stopniowo, w miarę zbliżania się do warstw zewnętrznych,

the bar coming out from the last rolling mill. With a sufficiently high intensity of cooling on the bar's surface, a martensitic layer of a predefined depth can be obtained. The second stage of the process starts immediately after the bar leaves the water-cooling line and enters the free-air-cooling area. At this stage, the heat from the hot core of the bar spreads by convection towards the bar's surface, which causes the self-tempering of the martensite layer. This tempering ensures the appropriate ductility of the material, while maintaining a high value of the conventional yield limit specific to this material. The third stage of the process involves the free cooling of bars on a walking-beam cooling bed. At this point a semi-isothermal austenite transformation occurs in the core of the bar. The heat-treatment procedure described above yields a steel bar with a microstructure featuring three concentric layers. The core features the classic ferrite-pearlite structure. It is surrounded by an intermediate layer with a structure composed of mixed bainite and ferrite. Finally, the surface, outermost, layer is composed of a structure typical of martensite after tempering. Structural changes, which in bars made of this type of steel were triggered by heating in a fire, are usually limited only to the outer, near-surface, layer placed above the structure. These changes are evidently attributable to the weakening of this structure, progressing along with the increase in the material's temperature caused by the decrease in micro-hardness in the heating process. According to the authors of report [18], this kind of weakening in bars with a diameter of 8 mm only began at a temperature of 600°C, and in the case of thicker bars with a diameter of 12 mm, even later, at 700°C. This layer, however, remains considerably harder than the ductile core protected by it across the considered temperature range of the bar.

## The decarburisation, graphitisation and spheroidisation of cementite

A very dangerous phenomenon, which has a noticeable and permanent softening effect on structural steel when cooled down after heating-and-cooling episodes in a fire, is its decarburisation. It is usually triggered on the surface of a hot structural member by carbon dioxide, as in the following reaction

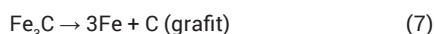


which results in the depletion of cementite making up the external layer of heated steel. Even though the decarburisation process usually takes place on the surface of a steel member due to the nature of the contact with gas, the gradual depletion of cementite in this area leads to its inevitable diffusion from deeper regions, which increases its deficit. The microstructure of typical ferrite-pearlite steel after decarburisation and cooling consists of a ferrite-pearlite core, which gradually transitions into a typically ferritic area as it gets nearer to the external layers.

w obszar typowo ferrytyczny. Dodatkowo w warstwie odwęglonej obserwuje się zwykle niewielki, indukowany termicznie, rozrost ziaren ferrytu. Struktura czysto ferrytyczna jest pod pewnymi względami korzystna dla przyszłego użytkownika opisywanej stali. Niska zawartość węgla w przypadku zajścia kolejnych epizodów – najpierw gwałtownego nagrzewania, a następnie szybkiego chłodzenia – w zasadzie uniemożliwia powstawanie wewnątrz materiału elementów struktury martenzytycznej lub bainitycznej o małej plastyczności. Poza tym sam ferryt jest składnikiem strukturalnym miękkim, wobec czego w przypadku zaobserwowania odwęglenia stali konstrukcyjnej można oczekiwać zwiększenia się jej plastyczności i ciągliwości kosztem jednak wyraźnego zmniejszenia się twardości. Taki zestaw cech skutkuje jednak z reguły pogorszeniem się parametrów determinujących wytrzymałość. W dodatku w konstrukcyjnych stalach normalizowanych może prowadzić do powstawania i propagacji pęknięć zmęczeniowych. Niekorzystny jest również sam rozrost ziaren ferrytu, zwłaszcza przy długim nagrzewaniu. Zjawisko to bowiem stopniowo osłabia, a w końcu usuwa efektywne przeszkody uniemożliwiające swobodny ruch dyslokacji na granicach ziaren, co zawsze skutkuje pogorszeniem się właściwości wytrzymałościowych.

Gwoli ścisłości trzeba jednak zauważyć, że po inwentaryzacji stalowych elementów konstrukcyjnych po pożarze na ich powierzchni często obserwowano również – odwrotny do wyżej opisanego – efekt dodatkowego nawęglenia. Wiąże się on z wyraźnym zwiększeniem się twardości materiału, ale zarazem – ze zmniejszeniem się jego ciągliwości. Mikroskopowy obraz powierzchni stali typowej dla jej nawęglenia pokazano i przedyskutowano w pracy [24]. Wyraźnie ciemniejszemu obszarowi grafitu towarzyszy na nim znacznie jaśniejsza otoczka oksydowanego żelaza.

Zjawisku odwęglenia stali w warunkach jej nagrzewania w atmosferze utleniającej może towarzyszyć grafityzacja. Polega ona na rozkładzie cementytu, zgodnie z reakcją:

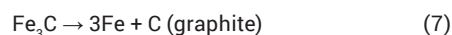


Chodzi zatem o wytrącanie węgla w postaci grafitu wskutek dekompozycji perlitu na ferryt i grafit. Wydzielenia grafitu formują przy tym ciągłe warstwy usytuowane prostopadle do kierunku przyłożonego obciążenia [25]. Warstwy te rozmieszczone są jednak losowo w mikrostrukturze materiału, a więc osłabiają jego zdolność przenoszenia obciążeń. Opisany wyżej proces może zachodzić przy długotrwałej ekspozycji na ogień w temperaturze około 500°C. Otrzymany w ten sposób grafit nazywany jest również węglem żarzenia. Przy obserwacjach mikroskopowych, nawet bez trawienia, jest on widoczny w postaci czarnych wydzieleni. W warunkach pożarowych w zależności od czasu ekspozycji może dochodzić do grafityzacji niepełnej lub grafityzacji zupełnej. W pierwszym przypadku mamy do czynienia ze strukturą ferrytyczno-perlityczną z wydzieleniami grafitu. Grafityzacja zupełna prowadzi natomiast do wytworzenia struktury czystego ferrytu zmieszanego z grafitem. Oba zjawiska mają w zasadzie charakter powierzchniowy. Na zdolność do grafityzacji mają wpływ również dodatki stopowe. W przypadku stali konstrukcyjnych istotną jest przede wszystkim zawartość manganu, który przeciwdziała procesowi wydzielania grafitu. Dlatego też zainicjowanie zjawiska jest bardziej prawdopodobne

In addition, a slight, thermally induced, ferrite grain growth is usually observed in the decarburised layer. A compressed ferrite microstructure has certain benefits for the future use of steel described here. Low carbon content, in the case of successive episodes – first rapid heating, then rapid cooling – essentially prevents martensitic or bainitic microstructure elements with a low ductility from forming inside the material. Moreover, ferrite is a structurally soft component, which means that if the decarburisation of structural steel is observed, its plasticity and ductility might be expected to increase at the cost of a significant decrease in hardness. Such a set of features usually causes deterioration in the resistance-determining parameters. In addition, in standardised structural steels it can lead to the formation and propagation of fatigue cracks. Ferrite-grain growth alone is also undesirable, particularly following long heating, as it gradually weakens, and eventually removes, the effective obstacles preventing free dislocation movement at grain boundaries, which always results in the deterioration of strength properties.

For clarity, it should be noted that carburisation, which is the opposite of the above, was often observed in a post-fire inventory of steel structural members. This involves a considerable increase in material hardness paired with reduced ductility. A microscopic image of a steel surface typical for its carburisation is shown and discussed in [24]. In the picture, a clearly darker area of graphite can be seen accompanied by a much brighter layer of oxidised iron.

When heated in an oxidising atmosphere, steel can be carburised and graphitised at the same time. It involves the decomposition of cementite, as in the following reaction



This involves the precipitation of carbon in the form of graphite as a result of the decomposition of pearlite into ferrite and graphite. In the process, graphite precipitation also forms continuous layers perpendicular to the applied load [25]. However, these layers are laid out randomly in the material's microstructure, so they reduce its ability to transfer loads. The process described above can occur under prolonged exposure to fire at a temperature of about 500°C. The graphite thus obtained is also known as temper carbon. On microscopic examination, even without pickling, it is visible as black precipitation. Under fire conditions, depending on the duration of exposure, partial or complete graphitisation can occur. The former results in a ferrite-pearlite microstructure with graphite precipitation. The latter leads to the formation of a compressed iron-ferrite microstructure mixed with graphite. Both phenomena are essentially of a surface nature. Alloy additions also influence graphitisation capacity. In the case of structural steel, the essential factor is the content of manganese, which prevents graphite precipitation. Hence, graphitisation is more likely to be initiated in St3S and S235 steels than in 18G2 and S355 steels. Graphite, being a non-metallic phase, has an unfavourable effect on steel properties, as it has low strength and hardness. Graphite precipitation in the form of sharp-edged flakes has an effect similar to that of notches, which also makes steel more prone to brittle fracturing.



w stalach St3S i S235 niż w stalach 18G2 i S355. Grafit będący fazą niemetaliczną wpływa niekorzystnie na właściwości stali, gdyż sam cechuje się małą wytrzymałością i twardością. Poza tym wydzielenia grafitu w postaci płatków o ostrych krawędziach mają działanie podobne do oddziaływania karbu, co dodatkowo zwiększa podatność stali na kruche pękanie.

Przy nagrzewaniu elementu stalowego podczas pożaru do temperatury wyższej od temperatury grafityzacji, to znaczy mniej więcej do 550°C i powyżej, bardziej prawdopodobne wydaje się zainicjowanie w nim procesu sferoidyzacji cementytu. W takim przypadku degradacja perlitu prowadzi do formowania się wydzieliń cementytu kulkowego zmiękczonego stal. Charakterystyczne jest tu dążenie do tworzenia się konglomeratów cementytu o jak największej średnicy. Dzieje się tak jednak tylko wtedy, gdy czas ekspozycji na ogień jest stosunkowo długi. Jeśli podczas pożaru stal będzie nagrzewana zbyt krótko, to prawdopodobnie dojdzie w niej jedynie do częściowej sferoidyzacji. Wtedy w osnowie ferrytycznej będzie można zaobserwować cementyt wydzielony w postaci zarówno kulistych cząstek, jak i płytek charakterystycznych dla opisanej wcześniej grafityzacji. Podatność stali na zainicjowanie sferoidyzacji zależy od struktury tej stali. Perlit drobnoziarnisty koaguluje bowiem wyraźnie szybciej niż perlit gruby.

Sferoidyzacja może zachodzić również przy krótszej ekspozycji na ogień, ale pod warunkiem, że temperatura elementu w czasie pożaru wyniesie około 750°C. Jej mechanizm jest jednak wtedy nieco odmienny. W nagrzewanej stali powstaje wówczas struktura niejednorodnego austenitu wymieszana z pozostałościami nierozpuszczonego cementytu. Taki układ prowadzi do lokalnych różnic w stężeniu składników roztworu, a te z kolei inicjują zachodzenie sferoidyzacji w trakcie jego powolnego chłodzenia.

W procesach metalurgicznych, kojarzonych między innymi z intencjonalnie zaprojektowaną i kontrolowaną obróbką cieplną stali, sferoidyzacja cementytu uznawana jest z reguły za zjawisko pożądane. W jej wyniku bowiem materiał staje się mniej twardy i bardziej ciągliwy. Zmianom tym towarzyszy jednak pewne zmniejszenie się efektywnej wytrzymałości na rozciąganie.

Powyższe efekty trzeba przedstawić na tle bardziej ogólnego zjawiska związanego z nasilającym się w wysokiej temperaturze wydzieleniem węglików pierwiastków stopowych i/lub domieszek, głównie fosforu i antymonu. Koncentrują się one z reguły na granicach ziaren ferrytu, osłabiając ich spójność [25].

## Uwagi końcowe

Z powyższych rozważań jednoznacznie wynika, że klasyczna ocena przydatności elementu stalowego do dalszego użytkowania po pożarze w ustrojach nośnych obiektów budowlanych – dokonana po przeprowadzeniu szczegółowej inwentaryzacji zaobserwowanych trwałych deformacji prętów, uzupełnionej jedynie o wyniki lokalnie wykonanych prób rozciągania – zdecydowanie nie wystarcza do uzyskania miarodajnych i wiarygodnych informacji o faktycznej zdolności materiału, który został przetworzony podczas epizodów nagrzewania i stygnięcia, do dalszego przenoszenia obciążeń. Nie uwzględnia ona bowiem wielu czynników determinujących zarówno jego zmienione po

During the heating of a steel structural member in a fire to a temperature above the temperature of graphitisation, i.e. to about 550°C and above, the initiation of the cementite-spheroidisation process seems more likely. In such a case, the degradation of pearlite leads to the formation of spheroidised cementite, which softens the steel. This involves a distinctive tendency towards the formation of cementite conglomerates with as large a diameter as possible. However, this happens only when the time of exposure to fire is relatively long. If steel is not heated for a sufficiently long time in a fire, the spheroidisation will probably only be partial. In such a case, cementite precipitation observed in the ferrite matrix will assume the form of spheroid particles mixed with plates characteristic of graphitisation, as described above. The susceptibility of steel to spheroidisation depends on its microstructure, as fine-grained pearlite coagulates at a much higher rate than coarse-grained pearlite.

Spheroidisation can also occur under a shorter exposure to fire, provided that the structural member's temperature in a fire reaches about 750°C. This involves a slightly different mechanism, however, with a non-homogeneous austenite structure mixed with remainders of non-dissolved cementite forming in heated steel. Such a structure leads to local variations in the concentrations of various solution components, which, in turn, initiate spheroidisation during its slow cooling.

In metallurgical processes, which are associated, *inter alia*, with the intentionally designed and controlled heat treatment of steel, cementite spheroidisation is generally regarded as desirable, as it reduces the hardness and increases the ductility of the material. These changes are, however, combined with a certain reduction in the effective tensile strength.

The effects described above should be presented in the context of a more general phenomenon involving the precipitation of carbides of alloying elements and/or additions, mainly phosphorus and antimony. They usually concentrate at the boundaries of ferrite grains, weakening their cohesion [25].

## Concluding remarks

Our investigation clearly demonstrates that the standard assessment of a steel-structural-member's fitness for re-use after fire in the load-bearing structures of buildings – performed following a detailed inventory of the observed permanent deformations of bars, and supplemented only with the results of local tensile testing – is definitely insufficient to obtain reliable information on the actual load-carrying capacity of material which has been exposed to heating-and-cooling episodes. The reason is that such an assessment fails to account for a number of factors determining both its mechanical properties, which changed (unfavourably) after exposure to fire, and its ductility



ekspozycji na ogień (z reguły na niekorzyść) właściwości mechaniczne, jak i jego ciągliwość (która znacząco i trwale zostaje zmniejszona). Do najbardziej istotnych spośród tego typu czynników trzeba niewątpliwie zaliczyć intensywność i tempo zmian temperatury elementu, a także sam scenariusz jego nagrzewania i stygnięcia. O tym, jak zachowa się kiedyś ogarnięty przez ogień, a następnie mniej lub bardziej gwałtownie wystudzony element stalowy, w dużej mierze decydują termicznie indukowane zmiany zachodzące w jego mikrostrukturze, co często nie jest dostrzegane. Jedynym sposobem na zbadanie, czy w danym przypadku tego typu zagrożenia rzeczywiście istnieją i czy ewentualnie mają znaczący wpływ na odkształcalność stali, jest uzupełnienie analizy eksperckiej co najmniej o metalograficzną weryfikację zastanej po pożarze mikrostruktury oraz o testy udarności i twardości wystudzonego materiału.

W niniejszej pracy skupiono się na szczegółowym opisie tych potencjalnych w warunkach pożaru zmian wywołanych w mikrostrukturze stali konstrukcyjnej, które skutkują niezamierzonym zwiększeniem się twardości tego materiału. Większą twardość stali uzyskuje się jednak z towarzyszeniem bardzo niekorzystnego w kontekście ewentualnego przyszłego jej wykorzystania w ustrojach nośnych obiektów budowlanych, często radykalnego, zmniejszenia się jej ciągliwości i udarności. Taki zestaw cech ocenianej stali nieuchronnie oznacza trudne do zaakceptowania ryzyko ujawniania się w niej, a następnie nieograniczonej propagacji kruchych pęknięć oraz innego rodzaju uszkodzeń [26] powodujących nagłą i niespodziewaną utratę możliwości bezpiecznego przynoszenia obciążeń. Dyskutowane wyżej zjawiska z pewnością nie wyczerpują zestawu zagrożeń dla stalowej konstrukcji nośnej zawierającej elementy przywrócone do użytkowania po pożarze. Pogorszenie się właściwości plastycznych stali po epizodach nagrzewania i stygnięcia podczas pożaru może być wzmocnione na przykład wystąpieniem efektu Portevina – Le Chateliera uwidaczniającego się przez ząbkowanie krzywej  $\sigma - \varepsilon$  w zakresie odkształceń plastycznych stali. Efekt ten zaobserwowano, jakkolwiek w bardzo ograniczonym zakresie, w badaniach raportowanych w [24]. Poza tym szczególnie podatne na trwałe pogorszenie się właściwości mechanicznych po pożarze będą stale, które uzyskały swoje nominalne parametry w wyniku wcześniejszego zgniotu. Wynika to z tego, że początkowy efekt utwardzenia materiału szybko zanika wraz ze wzrostem temperatury. W wyniku redukcja będzie tym większa, im większy był wyjściowy zgniot. Innym skutkiem pożaru, takim, który także powinien być brany pod uwagę w ewentualnej analizie statycznej przeprowadzanej po pożarze, są potencjalne efekty reologiczne. Chodzi tu głównie o wpływ zintensyfikowanego w wysokiej temperaturze pełzania stali i często towarzyszącej mu relaksacji naprężeń.

Ocena przydatności stali po pożarze do jej ponownego wykorzystania w ustrojach nośnych znacznie się komplikuje, gdy podczas pożaru wystąpiły wielokrotne epizody nagrzewania i całkowitego lub choćby częściowego stygnięcia wykonanych z niej elementów. Powyższa problematyka została w pewnym stopniu podjęta w pracach [27] i [28]. Wskazano tam na konieczność precyzyjnej analizy naprężeń z uwzględnieniem odkształceń trwałych kumulujących się w elemencie po każdym pojedynczym epizodzie. Wiąże się to ze szczegółowym rozważaniem pętli histerezy identyfikowanych na poszczególnych krzywych

(which was considerably and permanently reduced). The most significant factors here include the intensity and rate of temperature change in the member, and also the course of its heating and cooling. The behaviour of a steel structural member exposed to fire, and later more or less rapidly cooled, largely depends on the thermally induced changes occurring within the microstructure, which are often not recognised. The only way to determine whether such threats are actually present in a given case, and whether they have a potentially significant influence on steel deformability, is to supplement expert analysis with at least a metallographic verification of the microstructure observed after the fire, and impact toughness and hardness tests of the cooled-down material.

This paper focuses on a detailed description of such potential fire-induced changes within structural steel microstructures, which result in an unintentional increase in the material's hardness. Although higher hardness is achieved, it is combined with an often dramatic reduction in ductility and impact toughness, which is highly unfavourable in the context of its potential re-use in the load-bearing structures of buildings. Such a set of features of the analysed steel leads to the largely unacceptable risk of the emergence, and later the unrestricted propagation, of brittle fractures and other damage [26] within the material, which cause a rapid and unexpected loss of its load-carrying capacity. The phenomena discussed above certainly represent only a fraction of threats to a steel load-bearing structure containing structural members re-used after a fire. For instance, steel-plasticity reduction following heating-and-cooling episodes in a fire can be exacerbated by the Portevin–Le Chatelier effect, which is visible in serrated  $\sigma - \varepsilon$  curves for plastic deformations. This effect was observed, although to a very limited extent, in studies reported in [24]. In addition, steels which achieved their nominal parameters as a result of previous cold work are particularly prone to a permanent loss of mechanical properties. This is due to the fact that the initial material-hardening effect quickly disappears as the temperature rises. The scale of this reduction depends on the extent of the initial cold work. Another consequence of exposure to fire which should be taken into account in a static analysis after the fire involves potential rheological effects. These effects are primarily associated with the impact of creep, which intensifies at high temperatures, and the related stress relaxation.

The assessment of the fitness of steel for re-use after a fire in load-bearing structures becomes much more complicated if the fire involved multiple episodes of heating and complete or partial cooling of the structural members. This subject was partially addressed in [27] and [28]. They suggest that thorough stress analyses are required which take into account permanent deformations accumulating in the structural member after each episode. This involves a detailed consideration of the hysteresis loops identified on individual  $\sigma - \varepsilon$  curves assigned to those regions of the load-bearing structure which are exposed to fire, including the additional impacts generated by the Bauschinger effect, which always accompanies such a hysteresis. As a more general observation, it should be emphasised that the designer, when assessing the fitness for re-use

$\sigma - \varepsilon$  przypisanych do ogarniętych przez ogień miejsc ustroju nośnego, a także z uwzględnieniem dodatkowych wpływów generowanych przez zawsze towarzyszący takiej histerezie efekt Bauschingera. Podchodząc do zagadnienia bardziej ogólnie, należy podkreślić, że projektant, oceniając przydatność danego elementu, nie tylko stalowego, do dalszego użytkowania po pożarze, zawsze musi się liczyć z obecnością wytwarzanego w nim termicznie, często niekorzystnego w kontekście przyszłej pracy statycznej, rozkładu naprężeń własnych. Z naprężeniami tymi ma zresztą do czynienia nawet wtedy, gdy w takim elemencie nie widać żadnych znaczących odkształceń. Z tego względu w analizie stanu technicznego konstrukcji po pożarze warto modelować tego typu potencjalne rozkłady jako klasyczne imperfekcje.

W ocenie autorów zagadnienia podjęte w niniejszej analizie nie były dotychczas z dostateczną uwagą rozważane i dyskutowane w typowych ekspertyzach dotyczących stanu technicznego konstrukcji stalowych po pożarze. Z tego powodu wiele kwestii nadal nie jest do końca rozpoznanych, a wnioski rekomendowane w profesjonalnej literaturze nie zawsze są spójne i jednoznaczne. Nie ma również prostego przełożenia pozwalającego bezkrytycznie wykorzystać na tym polu bardzo już przecież obszerną wiedzę obejmującą opisanie i kształtowanie specjalnie dobranych procesów metalurgicznych związanych ze stalami konstrukcyjnymi. Wydaje się jednak, że w miarę usystematyzowana i doświadczalnie zweryfikowana analiza wyżej opisanych zjawisk jest w środowisku projektantów oczekiwana. Wypełnia ona bowiem swoistą lukę informacyjną, dzięki czemu ma istotne znaczenie praktyczne. Przykładem poświęcenia odpowiedniej uwagi tego typu rozważaniom – dotyczącym najpierw szczegółowego rozpoznania zmian strukturalnych zachodzących w stali konstrukcyjnej zastosowanej w ogarniętych przez pożar i wystudzonych po jego zakończeniu elementach ustroju nośnego, a następnie eksperymentalnie udokumentowanej oceny wpływu zinwentaryzowanych wcześniej zmian na możliwość ponownego wykorzystania tych elementów po pożarze – mogą być raporty [29] i [30], opracowane przez profesjonalne zespoły badawcze jako ekspertyzy po zniszczeniu budynku World Trade Center w Nowym Jorku w 2001 roku.

after fire of a given structural member, not only made of steel, should always take into account the presence of a stress-distribution pattern which could be unfavourable in the context of future static work. These stresses are present even when such a structural member shows no significant deformations. Hence, when analysing the structure's technical condition, it is worth modelling these types of potential distribution as classic imperfections.

To the best knowledge of the authors, the issues discussed in this analysis have not yet been considered or discussed in enough detail in typical expert studies of the technical condition of steel structures after a fire. As a result, a number of issues have still not been fully identified and the conclusions recommended in the professional literature are not always coherent and clear. There is also no simple method which would allow in this regard a routine application of the already-extensive knowledge of how to describe and develop specific metallurgical processes involving steel structures. It appears, however, that designers would welcome a relatively systematic and experimentally verified analysis of the phenomena described above. Such an analysis has a practical significance in that it fills a certain information gap. Such considerations – involving a detailed identification of structural changes occurring in structural steel used in load-bearing structural members heated by fire and cooled down afterwards, followed by an experimentally verified assessment of the impact of previously identified changes on fitness for re-use after a fire – are discussed in commendable detail in reports [29] and [30], which were prepared by professional research teams as expert studies following the destruction of the World Trade Center buildings in New York in 2001.

## Literatura

- [1] Maślak M., *Badania stali konstrukcyjnej po pożarze w kontekście oceny możliwości jej dalszego użytkowania w ustrojach nośnych elementów budowlanych*, „Przegląd Budowlany” 2012, 6, 48–51.
- [2] Digges T.G., Rosenberg S.J., Geil G.W., *Heat treatment and properties of iron and steel*, National Bureau of Standards Monograph 88, United States Department of Commerce, Washington D.C. 1966.
- [3] Verhoeven J.D., *Steel metallurgy for the non-metallurgist*, ASM International: Materials Park, Ohio, 2007.
- [4] PN-EN 10025-1:2007: Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy.
- [5] Kosiorek M., *Ocena konstrukcji stalowych po pożarze*, materiały XV Ogólnopolskiej Konferencji *Warsztat pracy projektanta konstrukcji*, Ustroń, 23–26 lutego 2000, 51–53.
- [6] Gewain R.G., Iwankiw N.R., Alfawakhiri F., *Facts for steel buildings – fire*, American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago 2003.
- [7] Maciejewski K., Sun Y., Gregory O., Ghonem H., *Time-dependent deformation of low carbon steel at elevated temperatures*, „Materials Science and Engineering: A”, 2012, 534, 147–156.
- [8] ASTM A572/A572M-04 Standard specification for high-strength low-alloy columbium-vanadium structural steel, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2004.
- [9] Günther H.P. (ed.), *Use and application of high-performance steels for steel structures*, Structural Engineering Documents 8, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zürich, 2005.
- [10] Trilleros J.A., Mato S., Huertas I., *Development of a pilot furnace for testing structural steels under standard fire model*, w: Chan S.L., Shu G.P. (eds.) *proceedings of 7<sup>th</sup> International Conference Advances in Steel Structures*, Nanjing, April 14–16, 2012, vol. II, 821–830.
- [11] Bangi J.O., Maranga S.M., Ng'ang'a S.P., Mutuli S.M., *Effect of heat on mechanical properties and microstructure of reinforcing steel bars made from local scrap*, Proceedings of International Conference

- on Sustainable Research and Innovation, Nairobi, May 7-9, 2014, Vol. 5, 291–295.
- [12] Peg-Chi Peng, Jen-Hao Chi, Jyin-Wen Cheng, *A study on behavior of steel structures subjected to fire using non-destructive testing*, „Construction and Building Materials” 2016, 128, 170–175.
- [13] JIS G3136 Rolled steels for building structures, Japanese Industrial Standard, Japanese Standard Association 2012.
- [14] Panigrahi B.K., *Microstructures and properties of low-alloy fire resistant steel*, „Bulletin of Materials Science” 2006, Vol. 29, No 1, 59–66.
- [15] Bednarek Z., Kamocka R., *The heating rate impact on parameters characteristic of steel behaviour under fire conditions*, „Journal of Civil Engineering and Management” 2006, Vol. XII, No. 4, 269–275.
- [16] Kosiorek M., *Charakterystyki mechaniczne stali budowlanych w podwyższonych temperaturach*, materiały VI Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej *Konstrukcje metalowe*, Katowice, 30 maja–2 czerwca 1979, 281–289.
- [17] Skowroński W., *O właściwościach stali w podwyższonej temperaturze*, „Konstrukcje Stalowe” 2000, 4(41), 50–52.
- [18] Nikolaou J., Papadimitriou G.D., *Microstructures and mechanical properties after heating of reinforcing 500 MPa class weldable steels produced by various processes (tempcore, microalloyed with vanadium and work-hardened)*, „Construction and Building Materials” 2004, 18, 243–254.
- [19] prEN 10080-1:1999: Steel for the reinforcement of concrete – weldable reinforcing steel. Part 1: General requirements.
- [20] Hager I., Kańka S., Maślak M., *Wpływ działania wysokiej temperatury i warunków schładzania na właściwości mechaniczne stali zbrojeniowej BSt500S*, materiały VII Międzynarodowej Konferencji *Bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych*, Warszawa, 6-8 listopada 2012, 23–30.
- [21] Foularis G., Baker A.J., Papadimitriou G.D., *A microscopic investigation of the precipitation phenomena observed during the pearlite reaction in vanadium alloyed carbon steel*, „Acta Metallurgica et Materialia” 1995, 43 (10), 3733–3742.
- [22] Jahazi M., Eghbali B., *The influence of hot forging conditions on the microstructure and mechanical properties of two microalloyed steels*, „Journal of Materials Processing Technology” 2001, 113 (1–3), 594–598.
- [23] Simon P., Economopoulos M., Nilles P., *Tempcore: a new process for the production of high quality reinforcing bars*, „Iron and Steel Engineer” 1984, 61 (3), 53–57.
- [24] Setiën J., González J.J., Alvarez J.A., Polanco J.A., *Evolution on mechanical behaviour in a structural steel subjected to high temperatures*, „Engineering Failure Analysis” 2002, 9, 191–200.
- [25] Vecchio R.S., *Steel*, w: Ratay R.T., *Structural condition assessment*, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005.
- [26] Canale L.C.F., Mesquita R.A., Totten G.E., *Failure analysis of heat treated steel components*, ASM International: Materials Park, Ohio, 2008.
- [27] Bailey C.G., Burgess I.W., Plank R.J., *Analyses of the effects of cooling and fire spread on steel-framed buildings*, „Fire Safety Journal” 1996, 26, 273–293.
- [28] El-Rimawi J.A., Burgess I.W., Plank R.J., *The treatment of strain reversal in structural members during the cooling phase of a fire*, „Journal of Constructional Steel Research” 1996, Vol. 37, No. 2, 115–135.
- [29] Banovic S.W., Foecke T., *Damage and failure modes of structural steel components*, Federal building and fire safety investigation of the World Trade Center disaster, National Institute of Standards and Technology (NIST NCSTAR 1-3C), US Department of Commerce, 2005.
- [30] Biederman R.R., *Microstructural analysis of steel from the World Trade Center buildings 7, & 1 or 2, Higgins Armory/WPI MCSI Symposium*, Worcester, Massachusetts, June 8, 2005.

**DR HAB. INŻ. MARIUSZ MAŚLAK, PROF. PK** – profesor nadzwyczajny w Katedrze Konstrukcji Metalowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Zajmuje się kształtowaniem, utrzymaniem i weryfikacją stanu bezpieczeństwa stalowych ustrojów nośnych ze szczególnym uwzględnieniem zachowania się tego typu konstrukcji w warunkach ekspozycji na ogień. Jest członkiem International Association for Fire Safety Science (IAFSS), a od roku 2014 – także członkiem Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego COST TU1402 Quantifying the Value of Structural Health Monitoring. W latach 2010–2014 był członkiem Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego COST TU0904 *Integrated Fire Engineering and Response*. Od 2010 do 2014 roku był kierownikiem grantu badawczego własnego N N506 243938 Miary bezpieczeństwa i ich wzajemne relacje w wyjątkowej sytuacji projektowej pożaru rozwiniętego.

**MGR INŻ. GRZEGORZ ŻWIRSKI** – absolwent Wydziału Metalurgicznego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W latach 1997–2013 pracował jako specjalista oraz kierownik Laboratorium Kontroli Jakości w ArcelorMittal Poland. Obecnie jest zatrudniony na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej jako specjalista naukowo-techniczny. Pełni funkcję zastępcy kierownika do spraw jakości w akredytowanym Laboratorium Badawczym Materiałów i Konstrukcji Budowlanych.

**MARIUSZ MAŚLAK, DS.C. ENG., PROFESSOR AT THE CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY** – Associate Professor at the Department of Metal Structures, Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. He develops, maintains and verifies the safety status of steel load-bearing structures, with particular focus on the behaviour of this type of structure under exposure to fire. He is a member of the International Association for Fire Safety Science (IAFSS), and, since 2014, also a member of the Management Committee of COST Action TU1402 Quantifying the Value of Structural Health Monitoring. In 2010–2014 he was a member of the Management Committee of COST Action TU0904 Integrated Fire Engineering and Response. From 2010 to 2014 he was the manager of the own-grant research project N N506 243938 – *Measures of safety and their interrelations in the unique design situation of a developed fire*.

**GRZEGORZ ŻWIRSKI, M.ENG.** – a graduate of the Faculty of Metallurgy, AGH University of Science and Technology in Cracow. In 1997–2013 he worked as a specialist and manager of the Quality Control Laboratory at ArcelorMittal Poland. He is currently a science and technology specialist at the Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. He is the quality manager at the accredited Research Laboratory of Building Materials and Structures.



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.

Jedyna taka publikacja na polskim rynku\*



## GASZENIE POŻARÓW WEWNĘTRZNYCH

Rozgorzenie i spalanie  
gazów pożarowych, metody gaśnicze,  
taktyka działań, szkolenie  
w warunkach rzeczywistych

Adrian Ridder

Ulrich Cimolino

Martin Fuchs

Jan Südmersen

Guido Volkmar

Tłumaczenie i redakcja: Jan Kielin



przedstawia **rzeczywisty stan nauki i techniki** w zakresie gaszenia pożarów wewnętrznych



w kompleksowy sposób prezentuje **zagadnienia dynamiki pożaru, metod i technik gaszenia pożarów wewnętrznych, technik wentylacji taktycznej oraz kwestie szkolenia strażaków w warunkach realnego pożaru**



**podstawy dotyczące procesów chemiczno-fizycznych** zachodzących podczas spalania



**dokładne definicje zjawisk pożarowych**, które nigdzie wcześniej nie zostały opisane

ZAMÓW SWÓJ EGZEMPLARZ NA [WWW.CNBOP.PL](http://WWW.CNBOP.PL)

\* Publikacja została oparta na realiach systemu ratowniczego w Niemczech, jednak posiada odniesienie do systemu ratowniczo-gaśniczego funkcjonującego w Polsce.



kpt. mgr inż. Michał Pająk<sup>a)</sup>, dr hab. inż. Monika Madej, prof. PŚk<sup>b)\*</sup>, prof. dr hab. inż. Dariusz Ozimina<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup>Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Kielcach / Świętokrzyskie Headquarters of the State Fire Service

<sup>b)</sup>Politechnika Świętokrzyska / Kielce University of Technology

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: mmadej@tu.kielce.pl

## Analiza ryzyka dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem

Risk Analysis for Road Transport of Explosive Dangerous Goods

Анализ риска автомобильного транспорта взрывоопасных грузов

### ABSTRAKT

**Cel:** W artykule opisano metodykę analizy ryzyka grupowego dla transportu drogowego towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem.

**Projekt i metody:** Do określenia poziomu ryzyka związanego z transportem drogowym towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem zastosowano dane przestrzenne obejmujące swym zasięgiem obszar całej Polski. Do przetworzenia wyżej wymienionych danych wykorzystano oprogramowanie GIS oraz bazę danych PostgreSQL z nakładką Postgis. Analiza ryzyka została opracowana w oparciu o matrycę, której składowymi były: analiza prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku oraz jego skutków dla społeczeństwa zamieszkującego wokół dróg krajowych. W analizie prawdopodobieństwa uwzględniono: dotychczasowe miejsca występowania wypadków z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem (w latach 2010–2015), przestrzenne rozmieszczenie parkingów ze stanowiskami dla pojazdów przewożących towary niebezpieczne, stan nawierzchni dróg krajowych oraz parametr określający kolizyjność lub bezkolizyjność tych dróg. Przedstawiono również metodykę dotyczącą sposobu selekcji akcji w transporcie drogowym z udziałem autocystern przewożących towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem. Omówiono także statystykę wyżej wymienionych wypadków. W analizie skutków uwzględniono szczegółową gęstość zaludnienia wokół dróg krajowych w promieniu do 1000 metrów. Analizy zostały wykonane indywidualnie dla każdego odcinka drogi krajowej o długości do 1 km. Ich etapy zostały zwizualizowane w formie map, które obejmują swym zasięgiem wszystkie drogi krajowe w Polsce.

**Wyniki:** Na podstawie przeprowadzonych badań określono poziom ryzyka grupowego związanego z transportem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem dla wszystkich odcinków dróg krajowych. Wyniki przeprowadzonych badań mogą być pomocne w bardziej świadomym planowaniu tras przewozu tego typu towarów niebezpiecznych.

**Wnioski:** We wnioskach przedstawionych w artykule opisano działania mające na celu obniżenie ryzyka związanego z transportem drogowym towarów niebezpiecznych. Uwzględniono w nich również rekomendacje mające na celu optymalizację metodyki, na bazie której została opracowana analiza ryzyka.

**Słowa kluczowe:** transport drogowy, towary niebezpieczne, wypadki, analiza ryzyka, analiza prawdopodobieństwa, analiza skutków, zagrożenie wybuchem, gęstość zaludnienia

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 22.11.2017; Zrecenzowany: 20.12.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Procentowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu: M. Pająk – 55%, M. Madej – 35%, D. Ozimina 10%;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 54–69, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.3;

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

### ABSTRACT

**Objective:** This paper describes the methodology for analysing the societal risk involved in road transport of dangerous goods.

**Project and methods:** Spatial data covering the whole territory of Poland were used to determine the level of risk involved in the transport of dangerous goods by road. The GIS software and PostgreSQL database with a POSTGIS extension were employed to process this data. The risk analysis was based on a matrix which included an accident-likelihood assessment and a consequence assessment for communities living near national roads. The likelihood assessment included the recorded locations of accidents involving explosive dangerous goods (in the years 2010–2015), the spatial distribution of parking areas with spaces intended for vehicles carrying explosive dangerous goods, the condition of pavements on national roads and whether these roads have partial or no grade separation, or full grade separation. The paper also presents a methodology for the selection of fire-service operations involving tanker lorries carrying explosive dangerous goods. The statistics of the abovementioned accidents are also discussed. The consequence assessment takes into account the specific population density around national roads within a radius of up to 1,000 meters. The assessments were undertaken individually for each national-road section with a length of up to 1 km. The individual stages of these assessments were visualised as maps covering all national roads in Poland.



**Results:** The study has established the level of societal risk associated with the transport of explosive dangerous goods for all national-road sections. The results of the study could help to make better-informed planning decisions regarding dangerous-goods routes.

**Conclusions:** In the conclusions section, the paper describes the measures to mitigate the societal risk associated with road transport of dangerous goods. The conclusions also include recommendations to optimise the methodology used in the risk analysis.

**Keywords:** road transport, dangerous goods, risk analysis, likelihood assessment, consequence assessment, explosion hazard, population density

**Type of paper:** original scientific article

Received: 22.11.2017; Reviewed: 20.12.2017; Published: 29.12.2017;

Percentage contribution: M. Pająk – 55%, M. Madej – 35%, D. Ozimina 10%;

Please cite as: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 54–69, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.3;

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

**Цель:** В статье описывается методология анализа группового риска автомобильных перевозок опасных грузов, представляющих угрозу взрыва.

**Проект и методы:** Для определения уровня риска, связанного с автомобильным транспортом взрывоопасных товаров, были использованы пространственные данные, охватывающие всю территорию Польши. Для обработки этих данных было использовано программное обеспечение Геоинформационной системы и база данных PostgreSQL с интерфейсом Postgis. Анализ риска был разработан на основе матрицы, компонентами которой были: анализ вероятности аварии и анализ последствий для населения, живущего вокруг национальных дорог. Анализ вероятности включал в себя: фактические места происшествий с взрывоопасными товарами (в 2010–2015 гг.), пространственное расположение парковок, предназначенных для автомобилей, перевозящих взрывоопасные товары, состояние поверхности национальных дорог и параметр, определяющий количество ДТП либо безаварийность на национальных дорогах. Была также представлена методология выбора действий при транспортировке взрывоопасных товаров с участием автоцистерн. Обсуждалась также статистика вышеупомянутых аварий. В анализе последствий была учтена точная плотность населения, проживающего вокруг национальных дорог в радиусе до 1000 метров. Анализ проводился индивидуально для каждого участка национальной дороги протяженностью до 1 км. Этапы вышеуказанного анализа были отображены в виде карт, которые охватывают все национальные дороги в Польше.

**Результаты:** На основе проведенных исследований был определен уровень группового риска, связанного с транспортом взрывоопасных товаров для всех участков национальных дорог. Результаты проведенных исследований могут быть полезны при более сознательном планировании маршрутов транспортировки таких товаров.

**Выводы:** В выводах, представленных в статье, описываются действия, направленные на снижение риска, связанного с перевозкой взрывоопасных товаров. Выводы включают также рекомендации, направленные на оптимизацию методологии, на основе которой был разработан анализ рисков.

**Ключевые слова:** дорожный транспорт, опасные грузы, аварии, анализ риска, анализ вероятности, анализ последствий, угроза взрыва, плотность населения

**Вид статьи:** оригинальная научная работа

Принята: 22.11.2017; Рецензирована: 20.12.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Процентное соотношение вклада в создание статьи: M. Pająk – 55%, M. Madej – 35%, D. Ozimina 10%;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 54–69, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.3;

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/>).

## Wprowadzenie

Towary stwarzające zagrożenie wybuchem są najczęściej przewożonymi towarami niebezpiecznymi [1]. Spośród wszystkich klas towarów niebezpiecznych określonych w umowie ADR (1, 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 7, 8 i 9) w przeważającej większości zaliczają się one do trzech pierwszych.

Powszechność transportu towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem powoduje, że spośród wszystkich towarów niebezpiecznych mają one największy udział w wypadkach [2]. Co więcej, analiza wypadków drogowych z udziałem towarów niebezpiecznych wykazała, że w najtragiczniejszych zdarzeniach, z największą liczbą ofiar śmiertelnych, transportowano towary klasy 2 i 3 [2].

W artykule posłużono się następującymi definicjami:

- **towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem** – towary niebezpieczne zaliczone do klasy 1, 2, 3, 5.2, 6.1, oraz 8, których pary są palne,

## Introduction

Explosive dangerous goods are the largest component of all dangerous goods transported [1]. According to ADR, dangerous goods are divided into Classes 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 7, 8 and 9. Explosive dangerous goods are predominantly included in Classes 1, 2 and 3.

Explosive dangerous goods are transported on a regular basis, which is why accidents involving them are the most common among all types of dangerous goods [2]. What is more, an analysis of road accidents involving dangerous goods showed that the most tragic accidents with fatalities were caused by vehicles carrying Class 2 and Class 3 goods [2].

The following definitions are used in this paper:

- **explosive dangerous goods** - Class 1 dangerous goods and Class 2, 3, 5.2, 6.1 and 8 dangerous goods with flammable vapours;
- **risk** – the product of hazard-trigger event probability (a road accident involving explosive dangerous goods)

- **ryzyko** – iloczyn prawdopodobieństwa aktywizacji zagrożenia (zagrożeniem będzie wystąpienie wypadku drogowego z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem) oraz poziomu spowodowanych w związku z tym strat (w pracy przeanalizowano straty osobowe) [4],
- **ryzyko grupowe** – przedstawia prawdopodobieństwo tego, że określona liczba osób, która znajduje się na danym obszarze jest narażona na negatywne skutki zdarzenia niekorzystnego [13],
- **analiza ryzyka** – oszacowanie prawdopodobieństw, konsekwencji oraz poziomu ryzyka [5, 6],
- **kolizyjne odcinki dróg** – odcinki dróg, na których znajdują się: światła drogowe, kolizyjne skrzyżowania lub bezkolizyjne skrzyżowania ze światłami drogowymi,
- **bezkolizyjne odcinki dróg** – wszystkie pozostałe odcinki dróg, które nie zostały zaliczone do kolizyjnych.

W pracy przeprowadzono analizę dla ryzyka grupowego, które dotyczy społeczeństwa zamieszkującego wokół dróg krajowych DK na obszarze całego kraju. Ryzyko grupowe zostało oszacowane jako ryzyko powierzchniowe [3]. Dla każdego odcinka drogi krajowej o długości do 1 km wraz z obszarem w bezpośrednim sąsiedztwie został oszacowany poziom ryzyka.

Wartość ryzyka została obliczona jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem oraz strat związanych z liczbą osób, która jest narażona na konsekwencje danego wypadku.

Do przeprowadzenia analizy ryzyka wykorzystano dane, które mają odniesienie przestrzenne. Problematyka analizy ryzyka zawarta w artykule jest odmienna niż w pozostałych badaniach naukowych realizujących przedmiotową tematykę. W wielu publikacjach opiera się ona głównie na czynniku ludzkim (zachowanie kierowcy) [15, 16] lub na intensywności ruchu drogowego [17]. W niniejszej pracy jako składowe niezbędne do obliczenia analizy ryzyka uwzględniono dane, które mają odniesienie przestrzenne oraz są kompletne dla obszaru całej Polski, tj. infrastruktura drogowa i wypadki z udziałem towarów niebezpiecznych. Na potrzeby opracowania analizy ryzyka wykonano również szacunkowy model gęstości zaludnienia.

W celu opracowania analizy prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych wykorzystano dane:

- z warstwy cyfrowej dróg krajowych pochodzącej z zasobów CODGIK (aktualność danych jest różna dla poszczególnych województw: 13.09.2015–08.07.2016) [7],
- dotyczące wypadków z udziałem towarów niebezpiecznych, z warstwy cyfrowej z przestrzennym rozmieszczeniem wypadków w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych za lata 2010–2015 [11],
- z warstwy kolizyjności i bezkolizyjności dróg krajowych opracowanej na bazie warstwy dróg krajowych pochodzącej z zasobów CODGIK oraz na podstawie ogólnodostępnych danych [8],
- z warstwy stanu nawierzchni dróg opracowanej na bazie warstwy dróg krajowych pochodzącej z zasobów

will be considered as a hazard-trigger event) and the resulting losses (this paper analyses the losses of life) [4];

- **societal risk** – represents the probability of a certain number of people in a given area being exposed to the negative effects of an adverse event [13];
- **risk analysis** – an estimation of likelihood, consequences and risk [5, 6];
- **partially separated or non-grade-separated road sections** – sections with traffic lights, non-grade-separated junctions or grade-separated junctions with traffic lights;
- **fully grade-separated road sections** – all sections of roads other than partially separated or non-grade separated.

The paper analyses the societal risk for communities living near national roads (DK) across Poland. The societal risk was estimated as an area risk [3]. Risk levels were estimated for each section of a national road with a length of up to 1 km along with the area in the immediate vicinity.

The risk was calculated as the product of the likelihood of a road accident involving explosive dangerous goods and the number of people potentially exposed to the consequences of the accident.

The risk analysis used spatially referenced data. The risk analysis in this paper is approached differently from other studies dealing with the subject at hand. Many publications focus primarily on the human factor (driver behaviour) [15, 16] or traffic intensity [17]. In this work, spatially referenced data for the whole territory of Poland were taken into account as the necessary components for risk estimation and analysis. These include road infrastructure and accidents involving dangerous goods. Furthermore, for the purposes of the risk analysis, a population density model was estimated.

For the purposes of assessing the likelihood of an accident involving dangerous goods, the following data were used:

- the digital layer of national roads from the resources of the Geodesic and Cartographic Documentation Centre (the timing of data collection varies between individual voivodships and includes the period between 13 September 2015 and 08 July 2016) [7];
- data on accidents involving dangerous goods from a digital layer with spatial distribution of accidents in road transport involving dangerous goods for the years 2010–2015 [11];
- the layer of fully grade-separated and partially or non-grade-separated sections of national roads, based on the layer of national roads from the Geodesic and Cartographic Documentation Centre's resources and on the basis of publicly available data [8];
- the layer of the road-pavement condition based on the national-road layer from the Geodesic and Cartographic Documentation Centre's resources and on the basis of publicly available data [9];
- data from General Directorate for National Roads and Motorways related to the spatial arrangement of parking

CODGIK oraz na podstawie ogólnodostępnych danych [9],

- GDDKiA związane z przestrzennym rozmieszczeniem parkingów przeznaczonych dla pojazdów przewożących towary niebezpieczne (według stanu na sierpień 2016 r.) [10].

Podczas opracowania analizy skutków zastosowano dane z:

- warstwy cyfrowej dróg krajowych pochodzącej z zasobów CODGIK (aktualność danych jest różna dla poszczególnych województw: 13.09.2015–08.07.2016) [7],
- warstwy punktów adresowych (aktualnej na dzień 15.11.2016 r. – zawierającej 7 437 098 adresów) opracowanej na podstawie danych z CODGIK [7],
- warstwy gęstości zaludnienia w formie siatki o długości boku 1 km, która została przygotowana na podstawie danych GUS dotyczących narodowego spisu powszechnego z 2011 roku [11].

## Metodyka badań

### Analiza prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych

W celu rozpatrzenia prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku w transporcie drogowym z udziałem towarów niebezpiecznych przeanalizowane zostały następujące grupy przyczyn: droga (stan nawierzchni, kolizyjność), ruch (intensywność transportu TN interpolowana na podstawie występowania wypadków z ich udziałem) oraz człowiek (dostępność parkingów dla pojazdów transportujących towary niebezpieczne – możliwość odpoczynku kierowcy).

W celu przeprowadzenia analizy prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych, każdemu odcinkowi drogi krajowej [DK] o długości do 1 km przypisano wartość prawdopodobieństwa zgodnie ze wzorem:

$$P = 0,35W + 0,45K + 0,1N + 0,1A$$

gdzie:

**W** – warstwa dróg krajowych podzielona na odcinki z przypisaną wartością określającą częstotliwość dotychczasowego występowania wypadków z udziałem autocystern przewożących towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem; skala wartości: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1,

**K** – warstwa dróg krajowych podzielona na odcinki z przypisaną wartością określającą kolizyjność lub bezkolizyjność drogi; skala wartości: 0; 1,

**N** – warstwa dróg krajowych podzielona na odcinki z przypisaną wartością określającą jakość nawierzchni drogi; skala wartości: 0; 0,2; 0,5; 1,

**A** – warstwa dróg krajowych podzielona na odcinki z przypisaną dostępnością parkingów ze stanowiskami postojowymi dla pojazdów przewożących towary niebezpieczne; skala wartości: 0; 0,5; 1.

Wartości wag dla poszczególnych komponentów wzoru zostały opracowane na podstawie: literatury, wyników badań i wiedzy eksperckiej (tabela 1).

Następnie opracowano warstwy:

areas intended for vehicles carrying dangerous goods (as at August 2016) [10].

The following data were used in the consequence assessment:

- the digital layer of national roads from the resources of the Geodesic and Cartographic Documentation Centre (the timing of data collection varies between individual voivodships and includes the period between 13 September 2015 and 08 July 2016) [7];
- the address layer (as at 15 November 2016 – it contains 7,437,098 addresses) based on the Geodesic and Cartographic Documentation Centre's data [7];
- the layer of population density in the form of a grid with a side length of 1 km, developed on the basis of 2011 national-census data from the Central Statistical Office of Poland [11].

## Methodology

### The likelihood assessment of an accident involving dangerous goods

In order to consider the likelihood of a road accident involving dangerous goods, the following groups of causes were taken into account: road-related (pavement condition, no grade separation), traffic-related (the intensity of traffic involving dangerous goods, interpolated on the basis of the occurrence of accidents involving dangerous goods) and human-related (the availability of parking areas for vehicles carrying dangerous goods – rest areas).

In order to assess the likelihood of an accident with involving dangerous goods, a likelihood is assigned to each national-road section with a length of up to 1 km, according to the following formula:

$$P = 0.35W + 0.45K + 0.1N + 0.1A$$

where:

**W** – the national-road layer divided into sections with an assigned value defining the frequency of accidents involving tanker lorries carrying explosive dangerous goods; the frequencies are on a scale of 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1;

**K** – the national-road layer divided into sections with an assigned value defining whether the road is partially or non-grade-separated, or fully grade-separated; the values are on a scale of 0; 1;

**N** – then national-road layer divided into sections with an assigned value defining road pavement quality, the values are on a scale of 0; 0.2; 0.5; 1;

**A** – the national-road layer divided into sections with the assigned availability of parking areas for vehicles carrying dangerous goods, the values are on a scale of 0; 0.5; 1.

The weights of the individual components of the formula were calculated based on the literature, study findings and expert knowledge (Table 1).

Subsequently, layers were developed for:

- accidents involving explosive dangerous goods;

## RESEARCH AND DEVELOPMENT

- wypadków z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem,
  - kolizyjności i bezkolizyjności dróg,
  - stanu nawierzchni dróg,
  - dostępności parkingów ze stanowiskami postojowymi dla pojazdów przewożących TN.
- partially or non-grade-separated roads and fully grade-separated roads;
  - condition of road pavements;
  - availability of parking areas with parking spaces intended for vehicles carrying dangerous goods.

**Tabela 1.** Wagi dla wzoru określającego prawdopodobieństwo

**Table 1.** Weights for the likelihood formula

Grupa przyczyn wypadku/Group of accident causes	Droga (0,55)/Road (0.55)		Ruch (0,45)/Traffic (0.45)	Kierowca (0,1)/Driver (0.1)	
Waga – czynnik wystąpienia wypadku/ Weight – factor of accident	0,45 – kolizyjność /bezkolizyjność drogi 0.45 – partially or non-grade-separated roads and fully grade-separated roads		0,45 – występowanie wypadków w przeszłości 0.45 – accident occurrence in the past	0,1 – dostępność parkingu na którym kierowca może odpocząć 0.1 – availability of rest areas	
Umożliwienie wartości przypisanej wagi/ Justification of the assigned weight	70% wypadków na DK z udziałem cystern z TN zagrażających wybuchem miało miejsce na kolizyjnych odcinkach DK. Mając na uwadze fakt, że kolizyjne drogi stanowią większą część wszystkich DK, do ww. czynnika przypisano wagę 0,45./70% of accidents on national roads involving tankers carrying explosive dangerous goods took place on non-grade-separated national roads. Considering that non-grade-separated roads constitute the majority of all national roads, a weight of 0.45 was assigned to this factor.		Zgodnie z literaturą: – niewłaściwa infrastruktura ma pośredni lub bezpośredni wpływ na 30% wszystkich wypadków [12] – stan nawierzchni drogi jest w niewielkim stopniu odpowiedzialny za wystąpienie wypadku [18]. W nawiązaniu do powyższego dla czynnika związanego ze stanem nawierzchni dróg przypisano wagę 0,1./ According to the literature: – improper infrastructure has an indirect or direct impact on 30% of all accidents [12] – road pavement condition is a minor factor in the accidents in question [18]. Accordingly, a weight of 0.1 was assigned to this factor.	W pracy wyznaczono obszary, w których dochodziło do wypadków z udziałem TN. Zgodnie z literaturą skala natężenia ruchu jest proporcjonalna do skali wypadków [19]. Ze względu na dużą istotność tego czynnika przypisano wagę 0,45. / The study identified areas where accidents involving dangerous goods occurred. According to the literature, the intensity of traffic is proportional to the frequency of accidents [19]. A weight of 0.45 was assigned due to the high significance of this factor.	Określono obszary dostępności ww. parkingów; jest to jeden z wielu czynników wpływających na zachowanie kierowcy. Ze względu na fakt, że zachowanie kierowcy jest kluczowym czynnikiem wystąpienia wypadku oraz ma na niego wpływ bardzo wiele składowych [16], w pracy uwzględniono tylko jedną z nich i dlatego założono wagę na poziomie 0,1./ Areas with parking-space availability were identified; this is one of the many factors affecting driver behaviour. Due to the fact that the driver's behaviour is a key factor in the occurrence of an accident and involves many aspects [16], only one of aspect of it was taken into account. Accordingly, a weight of 0.1 was assigned.

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

Warstwa związana z wypadkami z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem dotyczy tylko zdarzeń z udziałem autocystern, ponieważ podczas wypadku stwarzają one największe zagrożenie. Dane dotyczące wypadków pochodzą ze statystyk Państwowej Straży Pożarnej za lata 2010–2015. W celu wyselekcjonowania zdarzeń, które mają związek z wypadkami z udziałem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem w transporcie drogowym, zastosowano następujące kryteria:

- uwzględniono akcje, które miały miejsce w transporcie drogowym oraz do których jednocześnie przypisano został numer UN,
- uwzględniono akcje, w których brały udział ponad dwa zastępy jednostek ochrony przeciwpożarowej,
- uwzględniono akcje, które dotyczyły wypadków z udziałem autocystern.

Warstwa z wypadkami została opracowana w oprogramowaniu GIS w następujących krokach:

- 1) każdy odcinek drogi przekształcono w punkt (algorytm „point on surface”),
- 2) do każdego punktu stworzono bufor 15 km,
- 3) obliczono liczbę akcji w danym buforze (algorytm „point statistic for polygon”),

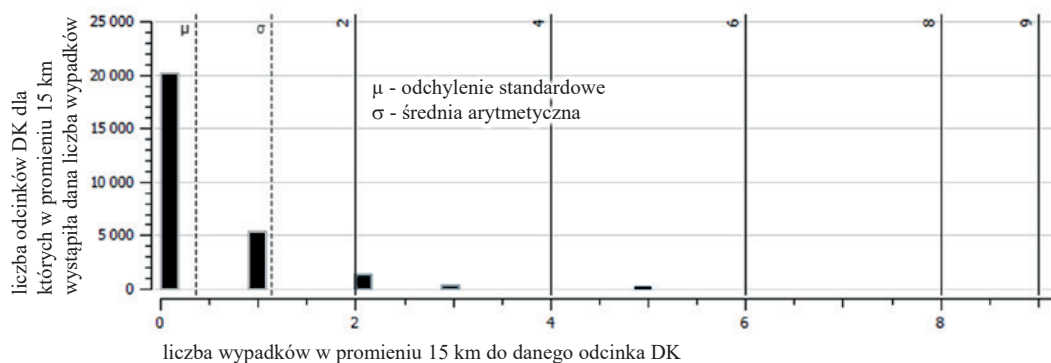
The layer concerning accidents involving explosive dangerous goods includes only events involving tanker lorries, since they present the greatest hazard. Data on accidents come from the State Fire Service and are for the years 2010–2015. Events related to road accidents involving explosive dangerous goods were identified on the basis of the following criteria:

- events which involved fire-service operations in road transport to which a UN number was assigned;
- events which involved fire-service operations carried out by more than two fire-service teams,
- events which involved fire-service operations related to accidents involving tanker lorries.

The layer of accidents was developed using the GIS software as follows:

- 1) each road section was converted to a point (“point on surface” algorithm);
- 2) a buffer of 15 km was established for each point;
- 3) the number of fire-service operations in a given buffer was calculated (“point statistic for polygon” algorithm);
- 4) centroids were made for the buffers;

- 4) wykonano centroidy ww. buforów,
  - 5) utworzono kolumnę „wypadki” i przypisano do niej wartości zgodnie z tabelą 1,
  - 6) sporządzono histogram przedstawiający zależność liczby wypadków dla obszarów o promieniu do 15 km w funkcji odcinków dróg krajowych o długości do 1 km (ryc. 1),
  - 7) przyjęto pięciostopniową skalę od 0 do 1, gdzie 0 – oznacza odcinki, na których nie występowały wypadki, 1 – oznacza odcinki o największej liczbie wypadków,
  - 8) do warstwy z odcinkami DK przypisano tabelę atrybutów ww. warstwy punktowej (algorytm „złącz atrybuty według lokalizacji”).
- 5) a column called “accidents” was created and values according to Table 1 were assigned to it;
  - 6) a histogram showing the number of accidents in areas with a radius of up to 15 km as a function of national-road sections with a length of up to 1 km (Figure 1);
  - 7) a five-point scale from 0 to 1 was adopted, where 0 means sections where no accidents occurred and 1 means sections with the largest number of accidents;
  - 8) a table of attributes of the above point layer was assigned to the layer with national roads sections (“join attributes by location” algorithm).



Rycina 1. Zależność liczby wypadków dla obszarów o promieniu do 15 km od odcinków dróg krajowych

Źródło: Opracowanie własne.

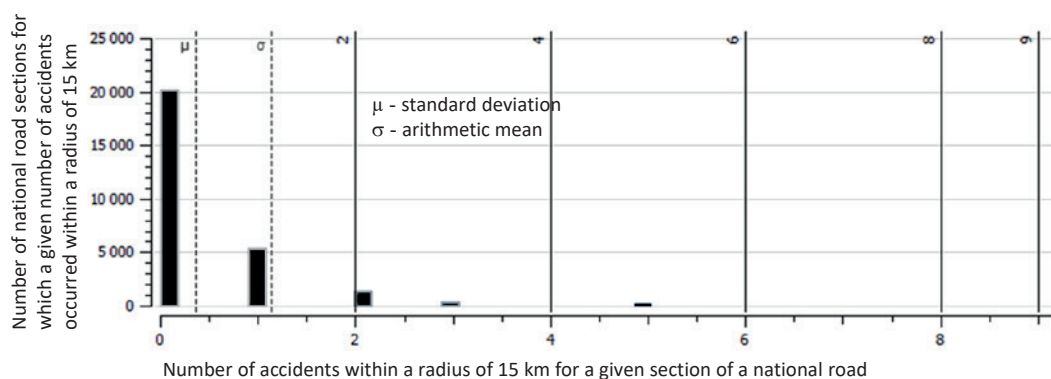


Figure 1. The pattern for accidents on areas with a radius of up to 15 km from sections of national roads

Source: Own elaboration.

Tabela 2. Poziomy częstotliwości wystąpienia wypadku

Table 2. Accident frequencies

Częstotliwość wypadków/Accident frequency	Skala/Scale	Liczba wypadków w promieniu 15 km od danego odcinka DK/ Number of accidents within a radius of 15 km from a given national road section
1 – bardzo mała/ very small	0	0
2 – mała/ small	0,25	1
3 – średnia/ average	0,5	2–3
4 – duża/ large	0,75	4–7
5 – bardzo duża/ very large	1	8–9

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Warstwa związana z kolizyjnością i bezkolizyjnością drogi powstała na podstawie ogólnodostępnych danych [8]. Została ona opracowana z wykorzystaniem metodyki, w ramach której:

- przyjęto dwustopniową skalę od 0 do 1,
- bezkolizyjnym odcinkom DK (jedno- i dwupasmowym) przypisano wartość: 0,
- kolizyjnym odcinkom DK (jedno- i dwupasmowym) przypisano wartość: 1.

Warstwa związana ze stanem nawierzchni dróg powstała na podstawie ogólnodostępnych danych [9]. Opracowano ją z wykorzystaniem metodyki, w której:

- przyjęto czterostopniową skalę: 0; 0,2; 0,5; 1,
- odcinkom dróg, których stan nawierzchni jest bardzo dobry, przypisano wartość: 0;
- odcinkom dróg, których stan nawierzchni jest dostateczny (bardzo małe koleiny, mała ilość łat), przypisano wartość: 0,2;
- odcinkom dróg, których stan nawierzchni jest zły (m.in. średnie koleiny, duża ilość łat, dyskomfort podczas jazdy), przypisano wartość: 0,5;
- odcinkom dróg, których stan nawierzchni jest bardzo zły (m.in. duże koleiny, duża ilość dziur, bardzo duża ilość łat, duży dyskomfort podczas jazdy) przypisano wartość: 1.

Wyżej wymienione wartości zostały przypisane do poszczególnych odcinków dróg na podstawie literatury [18] i wiedzy eksperckiej. Dla dróg dwupasmowych o różnych stanach nawierzchni na tym samym odcinku przypisywano wartość uśrednioną. Średnią stosowano także dla dróg z odcinkami charakteryzującymi się różnym stanem nawierzchni na niewielkiej długości.

Warstwa związana z dostępnością parkingów ze stanowiskami postojowymi dla pojazdów przewożących TN powstała na podstawie danych GDDKiA zawierających wykaz oraz przestrzenne rozmieszczenie przedmiotowych parkingów. Została ona opracowana na podstawie metodyki składającej się z następujących kroków:

- 1) każdy odcinek drogi przekształcono w punkt (algorytm „point on surface”),
- 2) do każdego punktu stworzono bufor 15 i 60 km,
- 3) obliczono liczbę parkingów w danym buforze (algorytm „point statistic for polygon”),
- 4) wykonano centroidy danych buforów,
- 5) do warstwy z odcinkami DK przypisano tabelę atrybutów wspomnianych warstw punktowych (algorytm „złącz atrybuty według lokalizacji”),
- 6) utworzono kolumnę „parkingi” i przypisano do niej wartości zgodnie z trzystopniową skalą (0; 0,5; 1),
- 7) odcinkom dróg, dla których przedmiotowe parkingi są dostępne w promieniu 15 km, przypisano wartość: 0,
- 8) odcinkom dróg, dla których przedmiotowe parkingi są dostępne w promieniu od 15 km do 60 km, przypisano wartość: 0,5,
- 9) odcinkom dróg, dla których przedmiotowe parkingi są dostępne w promieniu powyżej 60 km, przypisano wartość: 1.

The layer connected with fully/partly grade-separated and non-grade-separated roads was based on publicly available data. It was developed using the following methodology:

- a 2-point 0-1 scale was adopted;
- the value of 0 was assigned to fully grade-separated sections of national roads (single and dual carriageways);
- the value of 1 was assigned to partially or non-grade-separated sections of national roads (single and double carriageways).

The layer related to road pavement condition was based on publicly available data [9]. It was developed using the following methodology:

- a four-point scale was adopted – 0; 0.2; 0.5; 1
- road sections with a very good pavement condition were assigned the 0 value;
- road sections with a tolerable pavement condition (very small ruts, a small number of patches) were assigned the 0.2 value;
- road sections with a poor pavement condition (this includes medium-sized ruts, a large number of patches, discomfort while driving) were assigned the 0.5 value;
- road sections with a very poor pavement condition (this includes large ruts, a large number of potholes, a very large number of patches, high discomfort while driving), were assigned the 1 value.

These values were assigned to the individual road sections on the basis of literature [18] and expert knowledge. In the case of dual-carriageway roads whose road pavement conditions varied within a given section, the average value was assigned. The same applied to roads with sections whose pavement conditions varied within short distances.

The layer related to the availability of parking areas intended for vehicles carrying dangerous goods was established on the basis of General Directorate for National Roads and Motorways data, including a list of such facilities and their spatial arrangement. It was developed using the following methodology:

- 1) each section was converted to a point (“point on surface” algorithm);
- 2) buffers of 15 km and 60 km were established for each point;
- 3) the number of parking areas in the given buffer was calculated (“point statistic for polygon” algorithm);
- 4) centroids were made of the above buffers;
- 5) a table of attributes of the above point layers was assigned to the layer with national roads sections (“join attributes by location” algorithm);
- 6) the “parking area” column was created and assigned values on a 3-point scale (0; 0.5; 1);
- 7) the value of 0 was assigned to road sections for which parking areas are available within a radius of 15 km;
- 8) the value of 0.5 was assigned to road sections for which parking areas are available within a radius of 15 to 60 km;
- 9) the value of 1 was assigned road sections for which parking areas are available within a radius of over 60 km.

### **Analiza skutków wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych**

W niniejszej pracy analizy zostały przeprowadzone z uwzględnieniem ryzyka grupowego, ponieważ dotyczyły one społeczeństwa zamieszkującego wokół dróg krajowych. W celu przeprowadzenia analizy skutków dla wypadków z udziałem cystern przewożących TN stwarzające zagrożenie wybuchem określono dwie wielkości stref zagrożenia generowanego przez przewożone towary niebezpieczne. Strefy zostały zdefiniowane jako obszary w kształcie kół o promieniach 300 m i 1000 m. Poniżej przedstawiono umotywowanie wyboru wielkości zasięgu dla poszczególnych stref.

- 1) strefa o promieniu 300 m – jest to strefa charakteryzująca się dużą wartością promieniowania cieplnego (powyżej 10 kW/m<sup>2</sup> – po 1 min ekspozycji mogą pojawić się ofiary śmiertelne) w przypadku wybuchu typu BLEVE i pożaru kulistego FIREBALL cysterny przewożącej TN stwarzające zagrożenie wybuchem,
- 2) strefa o promieniu 1000 m – maksymalna strefa zagrożenia wyznaczana przez służby ratownicze w przypadku zdarzeń z udziałem autocystern przewożących TN stwarzające zagrożenie wybuchem, podczas których istnieje zagrożenie wybuchem typu BLEVE i pożarem kulistym FIREBALL; wielkość strefy jest związana m.in. z możliwością wystąpienia odłamków.

Do określenia liczby osób znajdujących się w powyższych strefach wykorzystano warstwę gęstości zaludnienia przygotowaną na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego oraz Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii [14].

### **Analiza ryzyka wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych**

Analiza ryzyka została opracowana poprzez zestawienie wyników: analizy prawdopodobieństwa oraz analizy skutków. Zostało to zrealizowane poprzez zastosowanie maczyzy ryzyka. Dzięki temu do każdego odcinka DK został indywidualnie przypisany poziom ryzyka.

## **Wyniki badań**

### **Analiza prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych**

Poniżej przedstawiono wybrane warstwy będące składowymi wzoru dotyczącego analizy prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych.

W tabeli 3 zestawiono towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem, których udział w wypadkach autocystern w latach 2010–2015 w transporcie drogowym był największy. Łącznie odnotowano 108 wypadków spełniających powyższe kryteria.

### **The consequence assessment of accidents involving dangerous goods**

The assessments in this study include societal risk, as they involved communities living near national roads. For the purposes of the consequence assessment of accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods, two types of hazard zones were identified that are generated by the goods in question. The zones are defined as circle-shaped areas with radii of 300 m and 1,000 m. Below is an explanation of why these ranges were selected for individual zones:

- a zone with a radius of 300 m – a zone with high thermal radiation (above 10 kW/m<sup>2</sup> – after 1 minute of exposure, fatalities may occur) in the event of a BLEVE and a FIREBALL of a tanker carrying explosive dangerous goods;
- a zone with a radius of 1,000 m – a maximum hazard area determined by emergency services in accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods where there is a risk of a BLEVE and FIREBALL; the size of the zone depends on splinter risk.

The population density layer based on the Central Statistical Office's and Head Office of Land Surveying and Cartography's data was used to determine the number of people in these zones [14].

### **Risk analysis for an accident involving dangerous goods**

The risk analysis compared the results of the likelihood assessment and the consequence assessment using a risk matrix. As a result, each section of national roads was assigned an individual risk level.

## **Results**

### **The likelihood assessment of an accident involving dangerous goods**

Below are selected layers which constitute the likelihood-assessment formula for an accident involving dangerous goods.

Table 3 lists the explosive dangerous goods that were most commonly involved in tanker-lorry road accidents in the years 2010–2015. In total, 108 fire-service operations met the criteria outlined above.

Tabela 3. Towary niebezpieczne, których udział w wypadkach był największy

Table 3. Dangerous goods most commonly involved in accidents

Nr UN/ UN No.	Numer rozpoznawczy zagrożenia/Hazard identification number	Grupa pakowania/ Packing group	Nazwa towaru niebezpiecznego stwarzającego zagrożenie wybuchem/Name of explosive dangerous goods	Liczba wypadków/ Number of accidents	Procent ogólnej liczby wypadków/Percentage of total accidents
1965	23	–	LPG	51	47,7%
1203	33	II	BENZyna/PETROL	23	21,5%
1268	33	I	DESTYLATY Z ROPY NAFTOWEJ/PETROLEUM DESTILATIONS	8	7,5%
1307	33	II	KSYLENY/XYLENES	3	2,8%
1170	33	II	ETANOL/ETHANOL	3	2,8%
1173	33	II	OCTAN ETYLU/ETHYL ACETATE	3	2,8%
1972	223	–	METAN SKROPLONY/LIQUIFIED METHANE	3	2,8%
1863	33	I	PALIWO LOTNICZE/AVIATION FUEL	2	1,9%
1978	23	–	PROPAN/PROPANE	2	1,9%
1993	33	I	MATERIAŁ ZAPALNY CIEKŁY I.N.O./ FLAMMABLE LIQUID MATERIAL I.N.O.	2	1,9%
1263	33	I	FARBY/PAINTS	2	1,9%

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Ponad 45% zdarzeń dotyczyło wypadków z udziałem autocystern przewożących LPG.

Na rycinie 2 przedstawiono mapę wypadków cystern przewożących towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem oraz sieć dróg krajowych z oznaczoną częstotliwością tego rodzaju wypadków.

More than 45% of accidents involved tankers carrying explosive dangerous goods.

Figure 2 presents a map of accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods and a network of national roads with frequencies of such accidents.



Rycina. 2. Częstotliwość wypadków z udziałem towarów niebezpiecznych zagrażających wybuchem

Figure 2. The frequency of accidents with explosive dangerous goods

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Ponad 50% zdarzeń udziałem TN stwarzających zagrożenie wybuchem miało miejsce na drogach krajowych.

Na rycinie 3 przedstawiono mapę z przestrzennym rozmieszczeniem parkingów ze stanowiskami postojowymi dla samochodów przewożących towary niebezpieczne oraz siecią dróg krajowych z przypisaną dostępnością tego rodzaju parkingów.

More than 50% of accidents involving explosive dangerous goods occurred on national roads.

Figure 3 shows a map with the spatial distribution of parking areas with parking spaces for vehicles transporting dangerous goods and includes a network of national roads showing the availability of such facilities.



**Rycina 3.** Rozmieszczenie i dostępność parkingów dla samochodów przewożących TN

**Figure 3.** Spatial distribution and availability of parking areas for vehicles carrying dangerous goods

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

Należy stwierdzić, że parkingi przystosowane do postoju samochodów transportujących TN są nierównomiernie rozłożone na obszarze całego kraju. Istnieją również obszary o dużej gęstości występowania wypadków (ryc. 2), w których nie zostały rozlokowane tego typu parkingi.

Po obliczeniu równania  $P = 0,35W + 0,45K + 0,1N + 0,1A$  dla odcinków DK, każdemu z nich przypisano wartości od 1 do 5, które reprezentują skalę prawdopodobieństwa (tabela 4). Zostały one zdefiniowane poprzez podział ze względu na równą liczbę odcinków DK przypisanych do każdej skali. Dzięki zastosowaniu tego sposobu grupowania danych, wartość mody ( $P = 0,5$ ) dla przedmiotowego zbioru została określona jako średnie prawdopodobieństwo. Było to istotne, ze względu na fakt, że liczba odcinków dróg krajowych dla których  $P = 0,5$  stanowi około 31% wszystkich odcinków DK.

The figure clearly shows that parking areas intended for vehicles carrying dangerous goods are unevenly distributed over the country. There are also areas with high accident density (Fig. 2) in which such facilities are not available.

After calculating the equation  $P = 0.35W + 0.45K + 0.1N + 0.1A$  for national-road sections, each section was assigned values from 1 to 5 as a measure of likelihood (Table 4). They were defined on the basis of the equal number of national-road sections assigned to each likelihood. Based on this grouping method, the mode value ( $P = 0.5$ ) for the set was determined as the average likelihood. It was significant due to the fact that the number of national-road sections for which  $P = 0.5$  constitutes approximately 31% of all national-road sections.



**Tabela 4.** Skala prawdopodobieństwa**Table 4.** Likelihood scale

Prawdopodobieństwo/Likelihood	Zakres wyników równana $P = 0,35W + 0,45K + 0,1N + 0,1A$ Result range for $P = 0.35W + 0.45K + 0.1N + 0.1A$
1 – bardzo małe/very low	0,000 ÷ 0,436
2 – małe/low	0,437 – 0,487
3 – średnie/average	0,488 – 0,515
4 – duże/high	0,516 – 0,561
5 – bardzo duże/very high	0,562 – 0,820

**Źródło:** Opracowano na podstawie [8–11].

**Source:** Own elaboration on the based on [8–11].

**Rycina 4.** Prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku z udziałem TN zagrażających wybuchem**Figure 4.** The likelihood of an accident involving explosive dangerous goods

**Źródło:** Opracowanie własne, na podstawie [8–11].

**Source:** Own elaboration based on [8–11].

Na rycinie 4 przedstawiono mapę prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku w transporcie drogowym z udziałem cystern przewożących towary niebezpieczne stwarzające zagrożenie wybuchem.

Figure 4 shows the likelihood map of road accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods.



**Analiza skutków wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych**

W wyniku przeprowadzonej analizy została opracowana statystyka określająca procent populacji kraju mieszkającej w pobliżu dróg krajowych (tabela 5).

**The consequence assessment of an accident involving dangerous goods**

The assessment produced statistics on the percentage of population living near national roads in Poland (Table 5).

**Tabela 5.** Statystyka określająca procent populacji kraju mieszkającej w pobliżu DK

**Table 5.** Statistics showing the percentage of Poland's population living near national roads

Promień buforu dla dróg krajowych/Buffer radius for national roads	Liczba pkt. adresowych znajdujących się w danym buforze/ Number of address points located in a given buffer	Liczba ludności znajdującej się w danym buforze/Population in a given buffer	% ludności/ % of population
300	881 953	5 565 690	14,58
1000	2 224 668	14 721 853	38,56
cała Polska/ Poland at large	7 437 098	38 179 065	100,00

**Źródło:** Opracowano na podstawie [14].

**Source:** Own elaboration on the based on [14].

W celu określenia skali skutków, do podziału zbioru odcinków dróg krajowych DK wykorzystano zakres zmienności związany z odchyleniem standardowym, który został obliczony dla uśrednionej liczby ludności. Dla strefy o promieniu 300 metrów przeprowadzono agregację danych z 8 punktów na każdy odcinek drogi o długości 1 km. Dla strefy o promieniu 1000 metrów wykonano agregację danych z 5 punktów na każdy odcinek drogi o długości 1 km (tabela 6) [14].

In order to determine the scale of consequences, the set of national-road sections was divided using standard-deviation based variability which was calculated for the average population. For zones with a radius of 300 meters, data from 8 points per each 1-km-long road section was aggregated. For zones with a radius of 1,000 meters, data from 5 points per each 1-km-long road section was aggregated (Table 6) [14].

**Tabela 6.** Zestawienie poziomów skutków w zależności od gęstości zaludnienia

**Table 6.** List of consequence levels by population density

Skala skutków dla odcinka DK o długości do 1 km/ Scale of effects for a 1-km-long section	Zakres danych Data range	Zagregowana do odcinków o długości do 1 km średnia liczba osób zamieszkujących wzdłuż drogi krajowej w odległości: Average number of people living along national roads, aggregated to a length of 1 km, within a distance of:	
		1000 m (średnia z 5 punktów na kilometr) 1,000 m (average of 5 points per km)	300 m (średnia z 8 punktów na kilometr) 300 m (average of 8 points per km)
		0–52 151	0–6 010
	średnia arytm. – $\mu$ arithmetic mean – $\mu$	2005,65	209,13
	odchylenie standardowe – $\sigma$ standard deviation – $\sigma$	4593,53	502,44
	zakres zmienności variability		
1 – bardzo małe skutki 1 – very minor consequences	< 0,2 $\sigma$	0–919	0–100
2 – małe skutki 2 – minor consequences	0,2s–0,8 $\sigma$	919–3 675	100–402
3 – średnie skutki 3 – average consequences	0,8s–1,6 $\sigma$	3 675–7 350	402–804
4 – duże skutki 4 – major consequences	1,6s–2,4 $\sigma$	7350–11 024	804–1 206
5 – bardzo duże skutki 5 – very major consequences	> 2,4 $\sigma$	11 024–52 151	1 206–6 010

**Źródło:** Opracowano na podstawie [14].

**Source:** Own elaboration on the based on [14].

## BADANIA I ROZWÓJ

Końcowym etapem metodyki określającej analizę skutków było przypisanie określonych wag istotności dla stref 300 m i 1000 m. Wykonano to zgodnie ze wzorem:  $S = (0,7 * \text{skala skutków dla strefy 300 m}) + (0,3 * \text{skala skutków dla strefy 1000 m})$ .

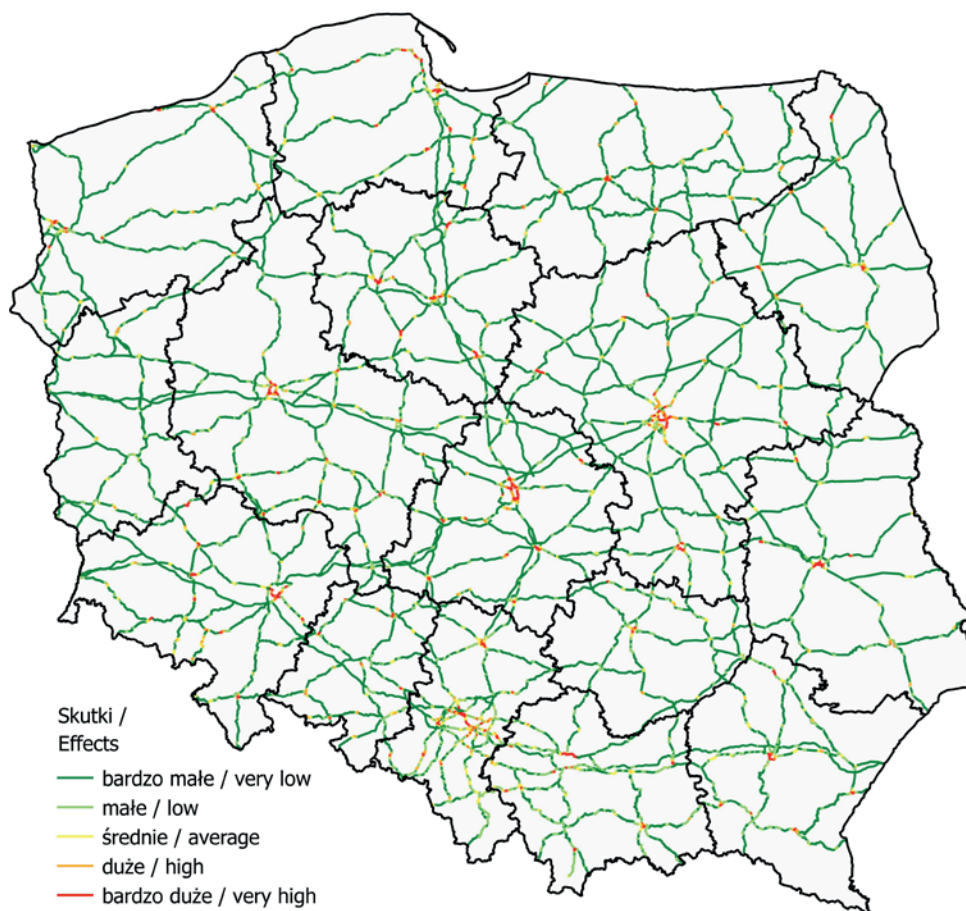
Dobór powyższych wartości wag wynika z faktu, iż w przypadku realnych zdarzeń, podczas których doszło do wybuchu cysterny przewożącej TN stwarzające zagrożenie wybuchem, najczęściej poszkodowanych znajdowałoby się w promieniu 300 metrów od miejsca wypadku [2].

Na rycinie 5 znajduje się mapa przedstawiająca wyniki analizy skutków wystąpienia wypadku z udziałem cystern przewożących TN stwarzające zagrożenie wybuchem.

The final step in the consequence assessment methodology was to assign the relevant weights to 300 m and 1,000 m zones. This was done in accordance with the following formula:  $S = (0.7 * \text{consequence scale for the 300 m zone}) + (0.3 * \text{consequence scale for the 1000 m zone})$ .

The aforementioned weights were assigned with the fact in mind that in the case of real events involving the explosion of a tanker carrying explosive dangerous goods, the largest number of casualties would be within 300 meters of the accident site [2].

Figure 5 shows a map of the results of consequence assessment for accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods.



**Rycina 5.** Wyniki analizy skutków wystąpienia wypadku

**Figure 5.** Accident consequence assessment

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

### **Analiza ryzyka wystąpienia wypadku z udziałem towarów niebezpiecznych**

Rycina 6 przedstawia mapę z wynikami analizy ryzyka wystąpienia wypadku w transporcie drogowym z udziałem cystern przewożących TN stwarzające zagrożenie wybuchem.

### **The risk analysis of accidents involving dangerous goods**

Figure 6 is a map showing results of risk analysis for road accidents involving tankers carrying explosive dangerous goods.



**Rycina 6.** Analiza ryzyka wystąpienia wypadku

**Figure 6.** Accident risk analysis

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

Powyższa mapa została opracowana na podstawie matrycy przedstawionej na rycinie 7. Niesymetryczny kształt matrycy ryzyka wynika z faktu, że skutki mają większą wagę niż prawdopodobieństwo ich wystąpienia. W omawianym przypadku skutki dotyczą liczby osób, które mogą zostać poszkodowane podczas wystąpienia wypadku w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych.

The map is based on the matrix presented in Figure 7. The asymmetric shape of the risk matrix is attributable to the fact that the consequences have higher weights assigned to them compared to the potential risk of such consequences. In this case, the consequences concern the number of people at risk of injury from a road accident involving dangerous goods.

5 – bardzo duże prawdopodobieństwo	małe ryzyko	średnie ryzyko	duże ryzyko	bardzo duże ryzyko	bardzo duże ryzyko
4 – duże prawdopodobieństwo	małe ryzyko	małe ryzyko	średnie ryzyko	duże ryzyko	bardzo duże ryzyko
3 – średnie prawdopodobieństwo	bardzo małe ryzyko	małe ryzyko	średnie ryzyko	duże ryzyko	bardzo duże ryzyko
2 – małe prawdopodobieństwo	bardzo małe ryzyko	małe ryzyko	małe ryzyko	średnie ryzyko	duże ryzyko
1 – bardzo małe prawdopodobieństwo	bardzo małe ryzyko	bardzo małe ryzyko	małe ryzyko	średnie ryzyko	duże ryzyko
Prawdopodobieństwo / Skutki	1 – bardzo małe skutki	2 – małe skutki	3 – średnie skutki	4 – duże skutki	5 – bardzo duże skutki

**Rycina 7.** Matryca ryzyka

**Źródło:** Opracowanie własne.

5 – very high likelihood	low risk	average risk	high risk	very high risk	very high risk
4 – high likelihood	low risk	low risk	average risk	high risk	very high risk
3 – average likelihood	very low risk	low risk	average risk	high risk	very high risk
2 – low likelihood	very low risk	low risk	low risk	average risk	high risk
1 – very low likelihood	very low risk	very low risk	low risk	average risk	high risk
Likelihood Consequences	1 – very minor consequences	2 – minor consequences	3 – average consequences	4 – major consequences	5 – very major consequences

**Figure 7.** Risk matrix  
Source: Own elaboration.

### Podsumowanie

Zastosowanie przedstawionej w pracy mapy ryzyka związanej z transportem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem pozwoli na bardziej świadome planowanie tras przewozu tego typu towarów i wpłynie korzystnie na obniżenie ryzyka.

Na podstawie przeprowadzanej analizy ryzyka sformułowano następujące wnioski:

1. Analiza przeprowadzona dla poszczególnych dróg krajowych pozwala stwierdzić, że transport towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem wykorzystujący obwodnice gęsto zaludnionych aglomeracji miejskich znacznie obniża poziom ryzyka.
2. Mapa ryzyka, która została opracowana w wyniku przeprowadzonej analizy powinna być brana pod uwagę podczas wyznaczania dróg tranzytowych dla transportu towarów niebezpiecznych.
3. W celu bardziej wiarygodnego oszacowania poziomu ryzyka na drogach krajowych, związanego z transportem towarów niebezpiecznych stwarzających zagrożenie wybuchem, należy opracować analizę skutków w oparciu o bardziej szczegółowe dane dotyczące rozmieszczenia ludności wokół dróg krajowych wraz z metodyką określającą gradację ludności w porze dziennej i nocnej.
4. Mapy skutków, prawdopodobieństwa oraz ryzyka stanowią źródło informacji dla służb ratowniczych, które można spożytkować w zakresie: rozbudowy analizy zagrożeń, planowania operacyjnego oraz przygotowania sił i środków do likwidacji przedmiotowych zdarzeń (priorytety w zakupach sprzętu i wyszkoleniu).

Artykuł został opracowany w ramach pracy statutowej numer 01.0.04.00/2.01.01.01.0034 MNSP.MKME.15.002.

### Literatura/Literature

[1] Pająk M., Madej M., Ozimina D., Milewski K., *Transport drogowy towarów niebezpiecznych – prognoza na lata 2015–2020*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, 4, 127–132.

[2] Pająk M., Madej D., Ozimina K., Milewski K., *Wypadki w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych – analiza zdarzeń z lat 2010–2015*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, 10, 85–91.

### Conclusions

The use of risk maps for the transport of explosive dangerous goods will aid better-informed planning of dangerous-goods routes, helping to mitigate the risks involved.

The risk analysis led to the following conclusions:

1. The risk analysis for individual national roads has led to the conclusion that the road transport of explosive dangerous goods in densely populated urban areas involves a much lower risk when directed via ring roads.
2. The analysis produced a risk map, which should be taken into account when mapping out transit routes for the transport of dangerous goods.
3. For a more accurate estimation of the risk involved in the transport of dangerous goods on national roads, a consequence assessment should be undertaken based on more-detailed data on population distribution near national roads, along with a methodology for population gradation at night and at day.
4. The maps of consequences, likelihood and risk are sources of information for emergency services which could be useful for hazard analysis, operational planning, and the preparation of the forces and resources deployed to handle the accidents in question (supply of equipment and training should be prioritised).

The article was prepared under the statutory task no. 01.0.04.00/2.01.01.01.0034 MNSP.MKME.15.002.

- [3] Roguski E.W., Wróblewski D., *Diagnostyczna metoda oceny ryzyk i systemów reagowania POMRISC jako narzędzie programowania zmian doskonalących systemy bezpieczeństwa i ich monitorowania*, BiTP Issue 4, 2008, pp. 35–60.
- [4] Jamróz K., Kustra W., Wachnicka J., Berkowski M., *Metodologia klasyfikacji ryzyka dla wybranych rodzajów wypadków drogowych na drogach wojewódzkich oraz dla obszarów województw i powiatów wraz z dokonaniem klasyfikacji i przedstawieniem wyników na mapach Etap I*, Ministerstwo Infrastruktury i rozwoju, Warszawa / Gdańsk 2015.
- [5] Szymanek A., *Rozwój standardów zarządzania ryzykiem w transporcie drogowym*, „Logistyka” 2014, 3, 6185–6191.
- [6] Norma PN-ISO 31000:2012 Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne.
- [7] CODGIK, <http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane.html> [dostęp: 03.05.2017].
- [8] Opracowanie własne na bazie warstwy dróg krajowych pochodzącej z zasobów CODGIK oraz <https://dl.dropboxusercontent.com/s/hklowukui4pepx6/mapka-igorsel.png>, [dostęp: 03.05.2017].
- [9] Opracowanie własne na bazie warstwy dróg krajowych pochodzącej z zasobów CODGIK oraz [www: http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1310317](http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1310317), [dostęp: 03.05.2017].
- [10] Opracowanie własne na bazie danych GDDKiA, <https://www.gddkia.gov.pl/pl/24/pliki-do-pobrania>, [dostęp: 03.05.2017].
- [11] Dane na temat wypadków z udziałem towarów niebezpiecznych z Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej.
- [12] Barcik J., Czech P., *Wpływ infrastruktury drogowej na bezpieczeństwo ruchu, cz. I i II*, „Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport” 2010, 67, 69.
- [13] Wróblewski D. (red.), *Rekomendacje formalno-prawne z zakresu zarządzania kryzysowego*, CNBOP-PIB, Józefów 2015, s. 138.
- [14] Pająk M., Madej M., Tyczewski P., *Gęstość zaludnienia jako kryterium opracowania mapy zagrożeń dla transportu towarów niebezpiecznych*, „Studia i materiały Miscellanea Oeconomicae” 2017, 1, 195–205
- [15] Bęczkowska S., Grabałek S., Choromański W., *Model oceny ryzyka w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych – wybrane zagadnienia*, „Prace naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport” 2013, 96, 77–86.
- [16] Bęczkowska S., Grabałek I., *Zastosowanie technik heurystycznych w modelowaniu czynnika ludzkiego w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych*, „Logistyka” 2014, 4, 1655–1664
- [17] Conca A., Ridella C., Saporì E., *A risk assessment for road transportation of dangerous goods: a routing solution*, “Transportation Research Procedia” 2016, 14, 2890–2899.
- [18] Drozdowska K., *Stan infrastruktury drogowej, a bezpieczeństwo ruchu na przykładzie województwa opolskiego*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, 3, 1489–1496.
- [19] Kustra W., Jamróz K., *Analiza czynników wpływających na gęstość ofiar śmiertelnych na drogach krajowych w Polsce*, „Journal of KONBIN” 2010, 1(13).

## Wykaz skrótów/List of abbreviations

DK – droga krajowa/national road

TN – towary niebezpieczne/dangerous goods

**KPT. MGR INŻ. MICHAŁ PAJĄK** – absolwent studiów inżynierskich na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej oraz studiów magisterskich na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarnej. Od 2011 roku jest wojewódzkim koordynatorem ratownictwa chemicznego. Ukończył szereg kursów z zakresu zastosowania systemów informacji przestrzennej GIS (ArcGIS, QGIS).

**DR HAB. INŻ. MONIKA MADEJ** – profesor Politechniki Świętokrzyskiej, zatrudniona w Katedrze Mechaniki Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn. Autorka i współautorka ponad 120 publikacji naukowych krajowych i zagranicznych, związanych z dyscypliną budowa i eksploatacja maszyn w specjalnościach: tribologia, inżynieria powierzchni, eksploatacja systemów, biomechanika.

**PROF. DR HAB. INŻ. DARIUSZ OZIMINA** – profesor zwyczajny, absolwent Politechniki Śląskiej, Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej, zatrudniony w Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. Autor wielu publikacji związanych z problematyką eksploatacji obiektów technicznych. Współpracuje z Wojskową Akademią Techniczną, Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych oraz z Wojskowym Instytutem Techniki Pancernej i Samochodowej.

**MICHAŁ PAJĄK, M.ENG.** – graduated from the Faculty of Advanced Technologies and Chemistry of the Military University of Technology (eng., 2011), the Faculty of Fire Safety Engineering of the Main School of Fire Service (MSc, 2014). Since 2011, he has been a regional coordinator of chemical rescue. He completed a number of courses in Geographic Information Systems (ArcGIS, QGIS).

**MONIKA MADEJ, D.SC. ENG. PROF. PŚk** – Professor at the Kielce University of Technology, works at the Department of Mechanical Engineering, the Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering. She has authored and co-authored more than 120 Polish and international publications related to mechanical engineering with a focus on tribology, surface engineering, systems operation, biomechanics.

**PROF. DARIUSZ OZIMINA, D.SC. ENG.** – full professor, graduated from the Silesian University of Technology, Faculty of Technology and Chemical Engineering, works at the Faculty of Mechatronics and Mechanical Engineering of the Kielce University of Technology. He has authored many publications dealing with systems operations of technological objects. He cooperates with the Military University of Technology, the Air Force Institute of Technology and the Military Institute of Armour and Automobile Technology.



dr inż. Marek Woliński<sup>a)\*</sup>, st. bryg. dr hab. Marzena Półka, prof. nadzw. SGSP<sup>a)</sup>,  
mł. bryg. dr inż. Bożena Kukfisz<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego / The Main School of Fire Service, Faculty of Fire Safety Engineering

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: mwolinski@sgsp.edu.pl

## Wybuch zbiornika ze sprężonym gazem palnym jako czynnik ryzyka zawodowego strażaka

The Explosion of Tanks Containing Compressed Flammable Gas as a Risk for Firefighters at Work

Взрыв резервуара со сжатым горючим газом как фактор профессионального риска для пожарного

### ABSTRAKT

**Cel:** Artykuł podejmuje temat rozpoznania poziomu ryzyka, jakie w pracy strażaka-ratownika jest związane z wybuchem zbiornika/butli ze sprężonym gazem palnym podczas pożaru.

**Wprowadzenie:** Jednym ze zjawisk powodujących wypadki in akcji ratowniczo-gaśniczej jest wybuch. O jego skali pozwalają wnioskować dane statystyczne na temat ofiar zdarzeń związanych z wybuchami gazów technicznych: liczba poszkodowanych w wybuchach gazów technicznych w latach 2000-2014 to 48 ofiar śmiertelnych i 945 rannych, w tym 84 rannych ratowników. Rozwój gospodarczy powoduje, że w obrocie i transporcie jest coraz więcej pojemników ze sprężonymi gazami, również w postaci zbiorników na paliwa niekonwencjonalne dla samochodów. Tak więc do wybuchów będzie dochodziło i ich liczba raczej nie będzie spadać.

**Metodologia:** Ryzyko związane z prowadzeniem działań gaśniczych, podczas których pojawia się zagrożenie wybuchem zbiornika/butli sprężonego gazu palnego w środowisku pożarowym oszacowano z wykorzystaniem zapisów normy PN-N-18002:2011. Według tej normy określenie ryzyka zawodowego związanego z zagrożeniami rozpoznany na stanowiskach pracy polega na ustaleniu prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnych dla zdrowia i życia pracowników następstw tych zagrożeń oraz ciężkości samych następstw. Wykorzystując jedną z metod szacunkowych – matrycę ryzyka – określono, że podczas akcji ratowniczo-gaśniczej wybuch zbiornika/butli z gazem technicznym jest „prawdopodobny”, a ciężkość skutków takiego wybuchu dla strażaka – „średnia” lub „duża”. W konsekwencji oszacowano ryzyko zawodowe strażaka związane z wybuchem zbiornika/butli ze sprężonym gazem palnym jako „średnie” lub „duże” (odpowiednio do oszacowania poziomu ciężkości skutków wybuchu).

**Wnioski:** Ryzyko średnie jest traktowane jako dopuszczalne, a ryzyko duże – jako niedopuszczalne. Oba te poziomy ryzyka zawodowego wymagają podjęcia działań umożliwiających ich obniżenie (zarówno poprzez zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnego zdarzenia, jakim jest wybuch zbiornika/butli ze sprężonym gazem palnym, jak i poprzez zastosowanie zabezpieczeń dla strażaka-ratownika, które pozwalają ograniczyć oddziaływanie i skutki wybuchu).

**Słowa kluczowe:** strażak, ryzyko zawodowe, wybuch zbiornika/butli ze sprężonym gazem palnym

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

---

Przyjęty: 17.08.2017; Zrecenzowany: 02.10.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Procentowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu: M. Woliński – 60%, M. Półka – 20%, B. Kukfisz – 20%;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 70–78, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.4;

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

---

### ABSTRACT

**Aim:** This article explores the levels of risks faced by firefighters associated with the explosion of tanks/cylinders containing compressed flammable gases during fires.

**Introduction:** Explosions are among the causes of accidents during firefighting and rescue operations. The scale of this problem is reflected in the statistical data on the victims of incidents involving the explosion of industrial gases – the number of people injured in industrial-gas explosions between 2000 and 2014 was 945, including 84 rescuers, and the number of deaths was 48. As a result of economic growth, there are more and more containers with compressed gases, including tanks for alternative car fuels, being sold and transported. Therefore, explosions seem unavoidable, and their number is not likely to drop.

**Methodology:** The risks associated with firefighting operations involving the risk of the explosion of tanks/cylinders containing compressed flammable gases were estimated on the basis of the PN-N-18002:2011 standard. Under this standard, occupational risks associated with any identified workplace hazards can be assessed by determining the likelihood of the consequences of such hazards which can affect the life and health of personnel, and the severity of such consequences. Using risk matrix as the risk-assessment method, it was established that during firefighting and rescue operations explosions of tanks/cylinders with industrial gases are *likely*, and their consequences for firefighters are *moderate* or *serious*. On this basis, the explosion of a tank/cylinder containing compressed flammable gas, as a risk for firefighters at work, was assessed as *moderate* or *serious* (based on the severity of the explosion's consequences).

**Conclusions:** Moderate risk is treated as acceptable, while serious risk as unacceptable. Both these risk levels require the appropriate measures to be taken in order to reduce occupational-risk levels (both by reducing the likelihood of such incidents as the explosion of a tank/cylinder with a compressed flammable gas, and by using firefighter protection to cushion the effects of the explosion).

**Keywords:** firefighter, occupational risk, compressed flammable gas tank/cylinder explosion

**Type of article:** review article

Received: 17.08.2017; Reviewed: 02.10.2017; Published: 29.12.2017;

Percentage contribution: M. Woliński – 60%, M. Półka – 20%, B. Kukfisz – 20%;

Please cite as: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 70–78, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.4;

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:** Статья посвящена вопросам определения в работе пожарного-спасателя уровня риска, который связан со взрывом во время пожара резервуара/баллона со сжатым горючим газом.

**Введение:** Одним из явлений, которое становится причиной несчастных случаев во время спасательно-гасящего действия, является взрыв. Масштаб этого явления можно определить на основе статистических данных о жертвах событий, связанных со взрывами технических газов: число пострадавших в результате взрывов технических газов в 2000-2014 гг. – это 48 погибших и 945 раненых, в том числе 84 раненых спасателей. В результате экономического роста в обороте и транспорте используется все больше и больше контейнеров со сжатыми газами, в том числе в виде нетрадиционных топливных баков для автомобилей. Вследствие этого взрывы будут происходить, а их число, вероятнее всего, не будет уменьшаться.

**Методология:** Риск, связанный с проведением мероприятий по тушению пожаров, в ходе которых существует опасность взрыва резервуара/баллона с горючим сжатым газом в пожароопасной среде, оценивался с использованием стандарта PN-N-18002:2011. В соответствии с этим стандартом оценка профессионального риска, связанного с угрозами, присутствующими на рабочих местах, заключается в определении вероятности появления неблагоприятных последствий для здоровья и жизни работников и тяжести этих последствий. Используя один из методов оценки – матрицу риска – было установлено, что во время спасательно-гасящего действия взрыв резервуара с техническим газом является „вероятным“, а серьезность последствий такого взрыва для пожарного – „средняя“ или „большая“. В результате профессиональный риск пожарного, связанный со взрывом резервуара/баллона со сжатым горючим газом был оценен как „средний“ или „большой“ (в соответствии с оценкой тяжести последствий взрыва).

**Выводы:** Средний риск считается допустимым, а большой риск является недопустимым. При обоих уровнях риска необходимо принять меры, направленные на снижение уровня профессионального риска (как путем снижения вероятности появления неблагоприятного события, такого как взрыв резервуара со сжатым горючим газом, так и с помощью применения технических средств защиты пожарного, которые позволят уменьшить воздействие и последствия взрыва).

**Ключевые слова:** пожарный, профессиональный риск, взрыв резервуара со сжатым горючим газом

**Вид статьи:** обзорная статья

Принята: 17.08.2017; Рецензирована: 02.10.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Процентное соотношение вклада в создание статьи: M. Woliński – 60%, M. Półka – 20%, B. Kukfisz – 20%;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 70–78, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.4;

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

Dane statystyczne publikowane przez Państwową Straż Pożarną (PSP) [1] wskazują, że najczęściej wypadków związanych ze służbą w PSP zdarza się w trakcie zajęć sportowych, a w dalszej kolejności – podczas akcji ratowniczej, alarmu i jazdy na miejsce akcji. Najczęstsze wydarzenia powodujące te wypadki to: „potknięcie się, poślizgnięcie, utrata równowagi” (od wielu lat przodujące w statystykach), „fizyczne obciążenie dynamiczne”, „zatkanie się, uderzenie, pochwycenie, przygniecenie przez czynniki

## Introduction

Statistical data published by the State Fire Service (PSP) [1] show that the majority of accidents at work in the PSP occur during sporting activities, followed by rescue operations, alarms and journeys to the locations of the incidents. Usually, these accidents involve “stumbling, slipping, losing one’s balance” (statistically the most frequent cause for many years now), “dynamic physical load”, “touching, hitting, seizing, or being crushed by physical objects in motion”. Such incidents

materialne będące w ruchu”. Wśród tych wydarzeń jest też „wybuch”, choć – co prawda – jako jedno z wydarzeń bezpośrednio powodujących najmniej wypadków (do kilku w ciągu roku). Podobne wnioski wynikają z analiz zdarzeń, które miały miejsce za granicą, a przedstawionych w [2]. Analizy te dostarczają także dokładniejszych informacji na temat ofiar zdarzeń związanych z wybuchami gazów technicznych: „(...) liczba poszkodowanych w wybuchach gazów technicznych w latach 2000-2014 to 48 ofiar śmiertelnych i 945 rannych, z czego 84 rannych ratowników”.

Rozwój gospodarczy powoduje, że w obrocie i transporcie jest coraz więcej pojemników ze sprężonymi gazami (np. z acetylenem [3]), również w postaci zbiorników na paliwa niekonwencjonalne [4]. Należy więc przypuszczać, że do wybuchów będzie dochodziło (choćby do wybuchu butli z acetylenem podczas pożaru w hali warsztatowej) [5] i że liczba tego typu zdarzeń raczej nie będzie spadać.

Niejako na marginesie warto wspomnieć, że zagrożenie mogą stwarzać nie tylko pojemniki ze sprężonymi gazami palnymi. Przyczyną śmiertelnego wypadku może być bowiem rozszczelniona wskutek wyrwania zaworu i przemieszczająca się jak pocisk butla z tlenem z zestawu spawalniczego [6] albo rozrwana wskutek ogrzewania w pożarze (aż do przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia) gaśnica proszkowa lub śniegowa.

### Zagrożenia dla strażaka związane z wybuchem

Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych dla zawodu strażaka [7] wśród czynników mogących spowodować wypadki wymienia „ulatniające się z uszkodzonej instalacji gazowej gazy – możliwość poparzeń i urazów na skutek pożaru i eksplozji”, a wśród czynników fizycznych obciążających strażaka – „nadmierny hałas” (w przypadku wybuchu dochodzący do 160 dB [8]). Jako działania mające zapobiegać wypadkom związanym z wybuchami karta wskazuje „odpowiednie przeszkolenie i zaopatrzenie strażaków w odpowiedni sprzęt – w zależności od charakteru jednostki”. Tym odpowiednim sprzętem są m.in.: „sprzęt pomiarowy i wykrywający”, „sprzęt ochrony indywidualnej (specjalna odzież, obuwie, rękawice, hełmy – zasadnicze przedmioty środków ochrony indywidualnej, zgodnie z rozporządzeniem) [9], „sprzęt ochrony dróg oddechowych” oraz „sprzęt do podawania wody”.

Jeśli weźmie się pod uwagę to, że energia wybuchu, polegającego na gwałtownej reakcji spalania, rozprzestrzenia się w otoczeniu w postaci fali ciśnieniowej, impulsu cieplnego oraz odłamków zbiornika, w którym doszło do wybuchu, to głównymi przyczynami śmierci i obrażeń w grupie osób narażonych na działanie wybuchu (głównymi zagrożeniami dla ratowników) będą:

- działanie nadciśnienia na te części ciała, w których znajduje się powietrze – środowisko rozprzestrzeniania się fali ciśnieniowej, a więc na: drogi oddechowe i płuca; przewód pokarmowy oraz ucho zewnętrzne, środkowe i wewnętrzne;
- działanie impulsu cieplnego na organizm;

also include “explosions”, but, admittedly, they are the direct cause of the lowest number of accidents (no more than a few a year). The analysis of international incidents, as presented in [2], point to similar conclusions. In addition, the analysis provides more detailed information about the victims of incidents involving the explosion of industrial gases – “(...) the number of people injured in industrial-gas explosions between 2000 and 2014 was 945, including 84 rescuers, and the number of deaths was 48”.

As a result of economic growth, there are more and more containers with compressed gases (such as acetylene [3]), including tanks for alternative car fuels [4], being sold and transported. Therefore, it can be assumed that explosions (such as explosions of acetylene cylinders during fires in workshops) will continue to occur [5], and the number of such accidents is not likely to drop.

Incidentally, it is important to note that not only tanks with compressed flammable gases can pose risks. Fatal accidents can also be caused by a valve being torn out of an oxygen cylinder in a welding set [6], leading to a leak and turning the cylinder into a projectile, or by the bursting of dry powder or carbon-dioxide extinguishers caused by their warming in a fire (until they exceed their maximum pressure).

### Explosion-related risks for firefighters

The factors that might lead to accidents, as listed in the International Hazard Datasheet on Occupation for firefighters [7], include “gas leaks from damaged gas pipework – possible burns and injuries caused by fire or explosion”, and the physical hazards faced by firefighters include “excessive noise” (up to 160 dB [8] in the event of an explosion). Measures intended to prevent explosion-related accidents, as referred to in the Datasheet, are “appropriate training and equipment – depending on the unit’s profile”. Such appropriate equipment includes “measurement” and “personal protective equipment” (special clothing, footwear, gloves, helmets – basic personal protective equipment, as referred to in Regulation [9]), “breathing apparatus” and “water-supply equipment”.

Given that the energy of an explosion involving rapid combustion, spreading as a pressure wave, heat pulse and pieces of the container which exploded, the primary causes of death and injury among people exposed to the explosion (the main risks for rescuers) are:

- exposure to excessive pressure of those body parts which contain air, which are affected by the pressure wave, i.e., airways and lungs, alimentary tract and the outer, middle and inner ears,
- the effects of the heat pulse on the body;
- the whole body’s being moved by the blast/pressure wave and hitting a hard surface with the head or other body part;
- being hit by a fragment of the exploding container.

- przemieszczenie się całego ciała człowieka pod wpływem podmuchu/fali ciśnieniowej i uderzenie w twardą powierzchnię głową lub inną częścią ciała;
- uderzenie odłamkiem.

Wymieniony wcześniej sprzęt ochrony indywidualnej tylko w niewielkim stopniu może zabezpieczać przed skutkami wybuchu (specjalna odzież ma stanowić barierę przed działaniem promieniowania ciepłego, hełm zaś – zabezpieczać przed skutkami uderzenia w głowę; można się jednak obawiać, że podmuch/fala ciśnieniowa pozbawi ratownika tych elementów wyposażenia). Ponadto sprzęt ten nie będzie skutecznie chronił ciała ratownika przed odłamkami (ryc. 1) ani samych oczu przed gwałtownym rozbłyskiem promieniowania świetlnego podczas wybuchu (ryc. 2). Tego typu zagrożenia były wyraźnie widoczne w trakcie badań prowadzonych w skali rzeczywistej (badania poligonowe) w ramach projektu nr DOB-BIO6/02/50/2014 pt. „Opracowanie metod neutralizacji zagrożenia wybuchu wytypowanych zbiorników z gazami technicznymi, w tym alternatywnymi źródłami zasilania w środowisku pożarowym na potrzeby ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych”. Poniższe ilustracje pochodzą właśnie z tych badań.

Personal protective equipment, as referred to above, provides little protection against the consequences of explosions (special clothing is designed to provide protection against heat, and the helmet against the effects of being hit in the head; but a blast/pressure wave is likely to strip these pieces of equipment off firefighters). Moreover, the equipment will not provide effective protection to a rescuer's body against fragments of the exploding container (Fig. 1), nor to their eyes against the sudden flash which accompanies explosions (Fig. 2). These risks were clearly apparent during a study conducted in a real-life environment (on a training ground) as part of Project No. DOB-BIO6/02/50/2014 entitled “Developing methods for dealing with the risk of the explosion of selected containers with industrial gases, including alternative fuels, in a fire environment, for the purposes of rescuers' taking part in firefighting and rescue operations”. The pictures below were taken during that study.



**Rycina 1.** Odłamki po wybuchu butli ze sprężonym gazem: a) armatura przyłączeniowa i zawory, b) fragmenty butli, c) płaszcz butli

**Figure 1.** The fragments of a cylinder with compressed gas following its explosion: a) valves and gauges, b) cylinder fragments, c) cylinder jacket

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.





**Rycina 2.** Wybuch butli acetylenowej ogrzewanej w pożarze  
**Figure 2.** The explosion of acetylene cylinder heated in a fire

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

## Ocena ryzyka

Ryzyko związane z prowadzeniem działań gaśniczych, podczas których występuje zagrożenie wybuchem zbiornika/butli gazu w środowisku pożarowym można oszacować, korzystając z zapisów normy [10]. Według niej „(...) oszacowanie ryzyka zawodowego związanego z zagrożeniami zidentyfikowanymi na stanowiskach pracy polega na ustaleniu:

- prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnych dla zdrowia i życia pracowników następstw tych zagrożeń,
- ciężkości tych następstw”.

## Risk assessment

The risks associated with firefighting operations involving the risk of the explosion of tanks/cylinders containing compressed flammable gases can be assessed on the basis of the standard [10]. Under this standard, “(...) occupational risks associated with any identified workplace hazards can be assessed by determining

- the likelihood of the consequences of such hazards which can affect the life or health of the personnel, and
- the severity of such consequences”.



W zależności od występujących zagrożeń do oszacowania i wartościowania ryzyka zawodowego można stosować metody szacunkowe oraz metody zaawansowane.

Ze względu na specyfikę problemu oraz dostępne dane dotyczące zdarzeń i ich skutków (omówione wcześniej) do oceny ryzyka zawodowego związanego z działaniami ratowniczo-gaśniczymi, podczas których może dojść do wybuchu zbiornika/butli z gazem technicznym, wykorzystano przywołaną w normie [10] jedną z metod szacunkowych: macierz ryzyka. Według niej ryzyko zawodowe określa się na podstawie wzoru:

$$R = P \cdot S \quad (1)$$

gdzie:

$R$  – wskaźnik ryzyka,

$P$  – wskaźnik częstości lub prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia,

$S$  – wskaźnik ciężkości następstw zdarzenia.

Ryzyko może być tu szacowane w skali trzy- lub pięciostopniowej – w zależności od tego, jak ciężkie są warunki na konkretnym stanowisku pracy. W obu tych skalach mamy 1) trzy kategorie wskaźnika prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia ( $P$ ), zgodnie z którymi zdarzenie to może być: mało prawdopodobne, prawdopodobne albo bardzo prawdopodobne, oraz 2) trzy kategorie wskaźnika ciężkości następstw zdarzenia ( $S$ ), zgodnie z którymi ciężkość ta może być: mała, średnia albo duża. Skala trzystopniowa obejmuje: ryzyko małe (dla  $S$ : mała i  $P$ : mało prawdopodobne), ryzyko średnie i ryzyko duże (dla  $S$ : duża i  $P$ : bardzo prawdopodobne), natomiast skala pięciostopniowa – ryzyko bardzo małe (dla  $S$ : mała i  $P$ : bardzo prawdopodobne), ryzyko małe, ryzyko średnie, ryzyko duże i ryzyko bardzo duże (dla  $S$ : duża i  $P$ : bardzo prawdopodobne).

Wskaźnik prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia określający dane zdarzenie jako (wg [10]):

- mało prawdopodobne oznacza takie jego skutki, które nie powinny wystąpić podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika;
- prawdopodobne oznacza takie jego skutki, które mogą wystąpić nie więcej niż kilkakrotnie podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika;
- bardzo prawdopodobne oznacza takie jego skutki, które mogą wystąpić wielokrotnie podczas całego okresu aktywności zawodowej pracownika.

Wskaźnik ciężkości następstw zdarzenia określający tę ciężkość jako (wg [10]):

- małą oznacza urazy i choroby, które nie powodują długotrwałych dolegliwości i absencji w pracy (są to np.: niewielkie zranienia i stłuczenia, podrażnienia oczu, bóle głowy);
- średnią oznacza urazy i choroby, które powodują niewielkie, ale długotrwałe i okresowo nawracające dolegliwości oraz wiążą się z okresami absencji w pracy (są to np.: zranienia, oparzenia II stopnia na niewielkiej powierzchni ciała, nieskomplikowane złamania);
- dużą oznacza urazy i choroby, które powodują ciężkie i stałe dolegliwości lub/i śmierć osoby poszkodowanej (są to np.: oparzenia III stopnia, oparzenia II stopnia na dużej powierzchni ciała, amputacje, skomplikowane złamania, zawodowe uszkodzenia słuchu).

Depending on the risks, occupational-risk assessment and evaluation can be carried out using estimates or advanced methods.

Due to the nature of the problem and the available data on the incidents and their consequences (as discussed above), in the assessment of the occupational risks associated with fire-fighting and rescue operations which might involve explosions of tanks/cylinders with industrial gases we used risk matrix, an estimation method referred to in the standard [10]. The matrix assesses occupational risk according to the formula

$$R = P \cdot S \quad (1)$$

where:

$R$  – risk level,

$P$  – frequency or likelihood of incident,

$S$  – severity of incident consequences.

Risk can be assessed on the basis of a three- or five-point scale, depending on the difficulty of the specific working conditions. In both scales there are 1) three degrees of likelihood of an incident ( $P$ ); that is – unlikely, likely, and very likely, and 2) three degrees of severity of the incident's consequences ( $S$ ); that is – low, moderate and high. The three-point scale includes low risk ( $S$  = low, and  $P$  = unlikely), moderate risk and high risk ( $S$  = high, and  $P$  = very likely), and the five-point scale distinguishes between negligible risk ( $S$  = low, and  $P$  = very likely), low risk, moderate risk, considerable risk, and serious risk ( $S$  = high, and  $P$  = very likely).

The likelihood of an incident, describing the incident (according to [10]) as:

- unlikely refers to the consequences which should not occur throughout an employee's career;
- likely refers to the consequences which might occur not more than a few times throughout an employee's career;
- very likely refers to the consequences which might occur many times throughout an employee's career;

The severity of incident consequences describes severity (according to [10]) as:

- low refers to the injuries and disorders which do not cause long-term complaints or absence from work (these include minor wounds and bruises, eye irritation, and headaches);
- moderate refers to the injuries and disorders which cause minor but long-term and recurring complaints, and are associated with periods of absence from work (these include wounds, 2nd-degree burns of small parts of the body, and simple fractures);
- high refers to the injuries and disorders which cause serious and chronic complaints and/or death (these include 3rd-degree burns, 2nd-degree burns of large parts of the body, amputations, compound fractures, and occupational hearing loss).

The method for occupational-risk assessment (using the three- and five-point scales) and evaluation is described below. THREE-POINT SCALE (according to [10])

- High risk – unacceptable. If the occupational risk is associated with ongoing work, corrective measures are

Sposób szacowania ryzyka zawodowego (w skali trzy- i pięciostopniowej) oraz sposób oceny jego dopuszczalności pokazano poniżej:

### SKALA TRZYSTOPNIOWA (wg [10])

- Ryzyko duże – niedopuszczalne. Jeżeli ryzyko zawodowe jest związane z pracą już wykonywaną, niezbędne działania naprawcze w celu jego zmniejszenia należy podjąć natychmiast (np. przez zastosowanie środków ochronnych). Planowana praca nie może być rozpoczęta do czasu zmniejszenia ryzyka zawodowego do poziomu dopuszczalnego.
- Ryzyko średnie – dopuszczalne. W takiej sytuacji zaleca się zaplanowanie i podjęcie działań mających na celu zmniejszenie ryzyka zawodowego.
- Ryzyko małe – dopuszczalne. W tym przypadku konieczne jest podjęcie działań zapewniających utrzymanie ryzyka co najwyżej na tym samym poziomie.

### SKALA PIĘCIOSTOPNIOWA (wg [10])

- Ryzyko bardzo duże – niedopuszczalne. W takiej sytuacji pracy nie można rozpocząć ani kontynuować do czasu, kiedy ryzyko zawodowe zostanie zmniejszone do poziomu dopuszczalnego.
- Ryzyko duże – niedopuszczalne. Gdy ryzyko to dotyczy pracy już wykonywanej, działania naprawcze w celu zmniejszenia jego poziomu należy podjąć natychmiast (np. przez zastosowanie środków ochronnych). Natomiast pracy planowanej nie można rozpocząć do czasu zmniejszenia ryzyka zawodowego do poziomu dopuszczalnego.
- Ryzyko średnie – dopuszczalne. W tym przypadku zalecane jest zaplanowanie i podjęcie działań skutkujących zmniejszeniem ryzyka zawodowego.
- Ryzyko małe – dopuszczalne. W tej sytuacji zalecane jest rozważenie możliwości dalszego zmniejszania ryzyka zawodowego albo podjęcie takich działań, które zapewnią utrzymanie ryzyka zawodowego co najwyżej na tym samym poziomie.
- Ryzyko bardzo małe – dopuszczalne. W tym przypadku nie ma potrzeby wprowadzania jakichkolwiek działań korygujących.

Biorąc pod uwagę: 1) powyższe wyjaśnienia dotyczące szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia albo zdarzenia niekorzystnego, 2) wyjaśnienia dotyczące szacowania ciężkości skutków zagrożenia albo zdarzenia niekorzystnego, 3) przytoczone wcześniej dane statystyczne na temat wybuchów zbiorników/butli z gazem technicznym podczas akcji ratowniczo-gaśniczych, a także 4) informacje o oddziaływaniu wybuchu na organizm człowieka, można określić:

- wystąpienie wybuchu zbiornika/butli z gazem technicznym podczas akcji ratowniczo-gaśniczej jako **prawdopodobne**,
- ciężkość skutków takiego wybuchu jako **średnią** lub **dużą**.

Wtedy, zarówno dla trzy-, jak i dla pięciostopniowej skali ryzyka, ryzyko zawodowe strażaka związane z wybuchem zbiornika/butli ze sprężonym gazem palnym określa się jako **średnie** lub **duże** (odpowiednio do poziomu ciężkości skutków). Zarówno w skali trzy-, jak i pięciostopniowej **ryzyko średnie** jest traktowane jako **dopuszczalne**, a **ryzyko duże** – jako **niedopuszczalne**.

W przypadku obu tych poziomów ryzyka zawodowego niezbędne są działania umożliwiające ich obniżenie (zarówno poprzez

required to reduce it immediately (e.g., by using protective equipment). No scheduled work may be commenced until the occupational risk is reduced to an acceptable level.

- Moderate risk – acceptable. In such situations it is recommended that special measures be provided for and undertaken to reduce occupational risk.
- Low risk – acceptable. It is necessary to take action to prevent the risk from escalating.

### FIVE-POINT SCALE (according to [10])

- Serious risk – unacceptable. In such situations no work may be commenced or continued until the occupational risk is reduced to an acceptable level.
- Considerable risk – unacceptable. If such occupational risk is associated with ongoing work, corrective measures are required to reduce it immediately (e.g., by using protective equipment). No scheduled work may be commenced until the occupational risk is reduced to an acceptable level.
- Moderate risk – acceptable. It is recommended that special measures be provided for and undertaken to reduce occupational risk.
- Low risk – acceptable. In such situations it is recommended that possible ways of further reducing occupational risk be considered, or special measures be taken to prevent the risk from escalating.
- Negligible risk – acceptable. There is no need for any corrective measures.

Given the above-mentioned explanations concerning the assessment of the likelihood of risks or incidents, explanations regarding the severity of risk or incident consequences, the cited statistical data on the explosions of tanks/cylinders with industrial gases during firefighting and rescue operations, and the information about the impact of explosion on the human body

- the explosion of a tank/cylinder with industrial gas during firefighting and rescue operations can be considered **likely**,
- the severity of its consequences can be considered **moderate** or **high**.

Consequently, on both the three- and five-point scales, the occupational risk associated with the explosion of a tank/cylinder containing compressed flammable gas can be considered **moderate** or **serious** (based on the severity of the explosion's consequences). Both scales treat **moderate risk** as **acceptable** and **serious risk** as **unacceptable**.

Both these occupational-risk levels require the appropriate action to be taken in order to reduce these levels (both by reducing the likelihood of such incidents as the explosion of a tank/cylinder with a compressed flammable gas, and by using firefighter protection to cushion the effects of the explosion).

## Summary and conclusions

Using risk matrix, an estimation method for the assessment of the occupational risks associated with firefighting and rescue operations which might involve explosions of tanks/cylinders

zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnego zdarzenia, jakim jest wybuch zbiornika/butli z gazem technicznym, jak i poprzez zastosowanie zabezpieczeń dla strażaka-ratownika, które pozwalają ograniczyć oddziaływanie i skutki wybuchu).

## Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie jednej z metod szacunkowych – matrycy ryzyka – do oceny ryzyka zawodowego związanego z działaniami ratowniczo-gaśniczymi, podczas których może dojść do wybuchu zbiornika/butli z gazem technicznym, pozwoliło na określenie tego ryzyka na poziomie średnim lub dużym. Ryzyko duże traktowane jest jako niedopuszczalne, jednakże oba te poziomy ryzyka wymagają podjęcia niezbędnych działań naprawczych. W przypadku ryzyka dużego towarzyszącego już wykonywanej pracy działania powinno się podjąć natychmiast (przez zastosowanie środków ochronnych), a w przypadku ryzyka średniego należy je tak zaplanować i podjąć, żeby rzeczywiście skutkowały jego zmniejszeniem się.

Jak wykazały badania poligonowe przeprowadzone w 2016 r. w ramach projektu nr DOB-BIO6/02/50/2014, możliwe jest opracowanie skutecznych środków ochronnych – osłon zabezpieczających strażaków-ratowników przed skutkami wybuchu zbiornika/butli ze sprężonym palnym gazem. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące tych osłon zostaną upowszechnione po zakończeniu i podsumowaniu wyników projektu.

Badanie zrealizowane w ramach projektu rozwojowego nr DOB-BIO6/02/50/2014 pt. Opracowanie metod neutralizacji zagrożenia wybuchu wytypowanych zbiorników z gazami technicznymi, w tym alternatywnymi źródłami zasilania w środowisku pożarowym na potrzeby ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych, finansowanego przez Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

with industrial gases, the risk was assessed as moderate or high. High risk is considered unacceptable, but both these levels require the appropriate corrective measures. For high risks associated with ongoing work, such measures should be taken immediately (by using protective equipment), and for moderate risk, such measures need to be provided for and undertaken to actually reduce occupational risk.

As shown in a training-ground study conducted in 2016 as part of Project No. DOB-BIO6/02/50/2014, effective protective measures, such as shields, can be developed to protect firefighters against the consequences of explosions of tanks/cylinders with compressed flammable gases. More detailed information about such shields will be disclosed following the completion of the project and the summary of its findings.

This study was conducted under development project No. DOB-BIO6/02/50/2014 entitled Developing methods for dealing with the risk of the explosion of selected containers with industrial gases, including alternative fuels, in a fire environment, for the purposes of rescuers' taking part in firefighting and rescue operations, financed by the National Centre for Research and Development (NCBiR).

## Literatura / Literature

- [1] Biuletyny informacyjne Państwowej Straży Pożarnej, [www.straz.gov.pl/aktualnosci/biuletyny](http://www.straz.gov.pl/aktualnosci/biuletyny) [dostęp: 17.03.2017].
- [2] Analiza danych statystycznych PSP w zakresie wybuchów zbiorników z gazami technicznymi w Polsce w latach 2000-2014 w ramach zadania nr 2 projektu DOB-BIO6/02/50/2014, Józefów, czerwiec 2015 (materiały niepublikowane).
- [3] Półka M., Kukfisz B., *Zagrożenia związane z zastosowaniem, magazynowaniem oraz transportem acetyleny*, „Logistyka” 2015, 5, 1279–1286.
- [4] Woliński M., *Zagrożenia przy stosowaniu silnikowych paliw alternatywnych*, „Logistyka” 2015, 5, 1651-1654.
- [5] [www.newslubuski.pl/interwencje/item/2337-pozar-w-plotach](http://www.newslubuski.pl/interwencje/item/2337-pozar-w-plotach) [dostęp: 1.02.2017].
- [6] [kontakt24.tvn24.pl/rozszczelniona-butla-tlenowa-uderzyła-pracownika-26-latek-zginął-na-miejscu,223347.html](http://kontakt24.tvn24.pl/rozszczelniona-butla-tlenowa-uderzyła-pracownika-26-latek-zginął-na-miejscu,223347.html) [dostęp: 6.02.2017].
- [7] Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych dla zawodu strażaka, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl) [dostęp: 1.06.2016].
- [8] Korenkiewicz I., *Narażenie zawodowe funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej*, Państwowa Inspekcja Sanitarna MSWiA, Białystok 2004.
- [9] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 listopada 2015 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. z 2006 r. Nr 4, poz. 25 z późn. zm.).
- [10] PN-N-18002:2011: Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.

**DR INŻ. MAREK WOLIŃSKI** – w 1981 roku ukończył Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, na którym w 1987 roku uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie i pełni obowiązki kierownika Zakładu Analiz i Rozpoznawania Zagrożeń w Katedrze Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń tej szkoły. Jest autorem ponad 80 publikacji oraz opiekunem ponad 260 prac dyplomowych i końcowych.

**ST. BRYG. DR HAB. MARZENA PÓŁKA, PROF. NADZW. SGSP** – w 1992 roku ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Jest profesorem w Zakładzie Teorii Procesów Spalania i Wybuchu Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W swojej pracy naukowej zajmuje się procesami spalania materiałów polimerowych i ich modyfikacją przeciwogniową.

**ML. BRYG. DR INŻ. BOŻENA KUKFISZ** – w 2005 roku ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, a w 2006 roku – studia na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. W 2013 roku uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Jest kierownikiem Zakładu Teorii Procesów Spalania i Wybuchu Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Zajmuje się badaniem reakcji materiałów budowlanych i wyposażenia wewnątrz na ogień, oznaczaniem parametrów pożarowych i wybuchowych par cieczy/gazów palnych i pyłów z powietrzem.

**MAREK WOLIŃSKI, PH.D. ENG.** – in 1981 graduated from the Faculty of Power and Aeronautical Engineering at the Warsaw University of Technology, where in 1987 he obtained the Degree of PhD in Technical Sciences. He now works as an Assistant Professor at the Main School of the Fire Service (SGSP) in Warsaw, and serves as the Head of the School's Risk-Identification and Analysis Institute at the Department of Building Safety and Risk Identification. He has authored more than 80 publications and supervised 260 final and diploma theses.

**SENIOR BRIGADIER, MARZENA PÓŁKA, PH.D., SGSP PROFESSOR** – in 1992 she graduated from the Faculty of Chemistry at the University of Warsaw. She works as a Professor at the Combustion and Explosion Processes Theory Institute, the Main School of the Fire Service, in Warsaw. In her academic work, she focuses on polymer-combustion processes and the modifications of polymer materials.

**JUNIOR BRIGADIER, BOŻENA KUKFISZ, PH.D. ENG.** – in 2005 she graduated from the Faculty of Fire Safety Engineering, the Main School of the Fire Service in Warsaw, and in 2006 from the Faculty of New Technologies and Chemistry, the Military University of Technology in Warsaw. In 2013 she obtained the Degree of PhD in Technical Sciences, Environmental Engineering. She works as the Head of the Combustion and Explosion Processes Theory Institute, the Main School of the Fire Service in Warsaw. She studies the effects of fire on construction and interior materials, and establishes the fire- and explosion-related characteristics of vapours/liquids/flammable gases and airborne dust.



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.



# Specjaliści

## dla specjalistów

Niewyczerpane źródło fachowej wiedzy na temat zagadnień związanych z elektrotechniką i elektroenergetyką

Miesięcznik „elektro.info” ukazuje się od października 2001 r., a od 2007 r. jest na liście naukowych czasopism punktowanych przez MNiSW.

W 2004 r. powstał portal [www.elektro.info.pl](http://www.elektro.info.pl) będący źródłem wiedzy o szeroko pojętej elektroenergetyce, a jednocześnie wirtualną czytelnią artykułów opublikowanych kiedyś w miesięczniku, niedostępnych już w tradycyjnej dystrybucji.

Ponad 16 lat istnienia tytułu „**elektro.info**” na rynku czasopism branżowych pokazało, że potrzeba wzbogacania wiedzy i rozwoju umiejętności w środowiskach związanych z elektroenergetyką (w szczególności wśród projektantów, instalatorów i osób odpowiedzialnych za ochronę przeciwpożarową) jest bardzo silna.

Każdy z numerów jest w dużej mierze poświęcony tematyce przewodniej (w zależności od miesiąca), tak aby Czytelnik mógł znaleźć w nim materiały dotyczące określonego zagadnienia, w tym: ochrony przeciwporażeniowej i odgromowej, systemów gwarantowanego zasilania, instalacji elektroenergetycznych w obiektach budowlanych, oświetlenia i inteligentnego budynku czy pomiarów i bezpieczeństwa użytkowania instalacji oraz urządzeń elektroenergetycznych.

Jednym z takich tematów jest **ochrona przeciwpożarowa** (temat przewodni październikowego wydania), a o wadze, jaką redakcja przywiązuje do tej kwestii, świadczy fakt, że artykuły z tej dziedziny publikowane są w wydaniach nie tylko przy okazji numeru przewodniego, lecz także przez cały rok.





prof. Hulida E.M., D.Sc.<sup>a)\*</sup>, Pasnak I.V., Ph.D.<sup>a)</sup>, Vasilyeva E.E., Ph.D.<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Lviv State University of Life Safety, Ukraine

\*Corresponding author: gulida24@meta.ua

## Methodology for Reducing the Duration of the Free Development of Fire

Методология уменьшения продолжительности свободного развития пожара

Metodologia skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru

### ABSTRACT

**Objective:** The task is to develop a methodology for reducing the duration of the free development of fire, based on the principles of optimising the route of fire and rescue vehicles from the fire department to the place of call. To do this, it is necessary to analyse and distinguish factors that affect the duration of fire truck's travel to the place of call to reduce the duration of the free development of fire. To solve this problem, the behaviour of the fire vehicle in the «driver – car – road – environment» system was investigated.

**Methods:** Theoretical research was carried out on the basis of methods of mathematical analysis, mathematical statistics, probability theory, and graph theory. The accuracy of the results of theoretical studies is suitable for engineering calculations. The processing of the results was carried out using the STATISTICA and Microsoft Excel software. Simulation methods were used to develop an algorithm for reducing the duration of the free development of fire, as well as the Monte Carlo method.

**Results:** The study shows that the fire truck travel time to the place of call has the greatest influence on the duration of the free development of fire. The necessity of investigating the behaviour of fire vehicles in the system of "road conditions – traffic flows" was substantiated in order to reduce the duration of its travel to the place of call. A graph model of optimising the route of fire vehicles from the depot to the place of call has been developed. The simulation model for predicting the duration of the fire and rescue unit's travel to the place of call is developed, which will make it possible to determine the optimal travel route and reduce the duration of the free development of fire.

**Conclusions:** The methodology of reducing the duration of the free development of fire on the basis of optimisation of the fire and rescue vehicle route from the fire department to the place of emergency is developed in this study. The theoretical calculations show that the developed methodology makes it possible to reduce the length of travel of special vehicles and, consequently, reduce the duration of free fire development on average by 7%. It is established that in order to determine all possible variants of the fire-propulsion traffic route, it is expedient to use the theory of graphs; such a model is presented in the study. In the future, it will be beneficial to develop and improve the existing mathematical models of fire vehicle movement, taking into account the parameters of traffic flows and road safety.

**Keywords:** fire, fire vehicle, duration of travel, free development of fire, street and road network, travel route, graph model, simulation model

**Type of article:** original scientific article

---

Received: 03.10.2017; Reviewed: 16.11.2017; Published: 29.12.2017;

Percentage contribution: Hulida E.M. – 40%, Pasnak I.V. – 40%, Vasilyeva E.E. – 20%;

The article was recognised by the Editorial Committee;

Please cite as: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 80–87, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.5;

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

---

### АННОТАЦИЯ

**Цель:** Ставится задача разработать методологию уменьшения продолжительности свободного развития пожара на основе оптимизации маршрута движения пожарно-спасательной техники от пожарного депо до места вызова. Для этого необходимо провести анализ и выделение факторов, влияющих на продолжительность следования пожарного автомобиля к месту вызова для уменьшения продолжительности свободного развития пожара. Для решения обозначенной задачи исследовалась поведение пожарного автомобиля в системе «водитель – автомобиль – дорога – среда».

**Методы:** Проведение теоретических исследований осуществлялось на основе методов математического анализа, математической статистики, теории вероятностей и теории графов. Точность результатов теоретических исследований является допустимой для проведения инженерных расчетов. Обработка полученных результатов осуществлялась с использованием пакетов прикладных программ STATISTICA и Microsoft Excel. Для разработки алгоритма уменьшения продолжительности свободного развития пожара использовались методы имитационного моделирования, а также метод Монте-Карло.

**Результаты:** В работе показано, что наибольшее влияние на продолжительность свободного развития пожара имеет время следования пожарного автомобиля к месту вызова. Обоснована необходимость исследований поведения пожарного автомобиля в системе «дорожные условия – транспортные потоки» с целью уменьшения продолжительности его следования к месту вызова. Разработана графовая модель

оптимизации пути следования пожарного автомобиля от депо до места вызова. Разработана имитационная модель прогнозирования продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова, что позволяет определить оптимальный маршрут следования и уменьшить продолжительность свободного развития пожара.

**Выводы:** В работе разработана методология уменьшения продолжительности свободного развития пожара на основе оптимизации маршрута движения пожарно-спасательной техники от пожарного депо до места возникновения чрезвычайной ситуации. Теоретические расчеты показывают, что разработанная методология позволяет уменьшить продолжительность следования специальных транспортных средств и, как следствие, уменьшить продолжительность свободного развития пожара в среднем на 7%. Установлено, что для определения всех возможных вариантов маршрута движения противопожарной техники целесообразно использовать теорию графов, в частности, такая модель приведена в работе. В дальнейшем целесообразно разрабатывать и совершенствовать существующие математические модели движения пожарного автомобиля путем учета параметров транспортных потоков и безопасности дорожного движения.

**Ключевые слова:** пожар, пожарная техника, продолжительность следования, свободное развитие пожара, улично-дорожная сеть, маршрут следования, графовая модель, имитационная модель

**Вид статьи:** оригинальная научная работа

Принята: 03.10.2017; Рецензирована: 16.11.2017; Опубликовано: 29.12.2017;

Процентное соотношение участия в подготовке статьи: Hulida E.M. – 40%, Pasnak I.V. – 40%, Vasilyeva E.E. – 20%;

Эту статью наградила Редакционный Совет;

Просим ссылаться на статью следующим образом: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 80–87, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.5;

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/>).

## АБСТРАКТ

**Cel:** Zadaniem autorów jest opracowanie metodologii skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru dzięki optymalizacji tras jednostek ratowniczo-gaśniczych między remizą a miejscem wezwania. Aby zrealizować ten cel należy przeprowadzić analizę oraz określić czynniki, które wpływają na czas dojazdu samochodu pożarniczego na miejsce wezwania. Na potrzeby realizacji określonego celu zbadano zachowanie się samochodu w systemie „kierowca – samochód – droga – otoczenie”.

**Metody:** Przeprowadzone badania teoretyczne bazowały na metodach analizy matematycznej, statystyki matematycznej, rachunku prawdopodobieństwa i teorii grafów. Dokładność wyników badań teoretycznych została określona jako akceptowalna dla przeprowadzenia obliczeń inżynierskich. Otrzymane wyniki były przetwarzane z użyciem pakietów programów STATISTICA i Microsoft Excel. Do opracowania algorytmu skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru wykorzystano modelowanie symulacyjne oraz metodę Monte Carlo.

**Wyniki:** W artykule wykazano, że największy wpływ na okres swobodnego rozwoju pożaru ma czas dotarcia samochodu pożarniczego na miejsce wezwania. Udowodniono konieczność prowadzenia badań nad zachowaniem się samochodu pożarniczego w systemie „warunki drogowe – przepływ ruchu” w celu skrócenia czasu jego dotarcia na miejsce wezwania. Opracowano model grafowy optymalizacji trasy samochodu pożarniczego od remizy do miejsca zdarzenia oraz model symulacyjny do prognozowania czasu dojazdu samochodu pożarniczego na miejsce zdarzenia, umożliwiając wyznaczenie optymalnej trasy dojazdu i skrócenie czasu swobodnego rozwoju pożaru.

**Wnioski:** W artykule opracowano metodologię skrócenia czasu swobodnego rozwoju pożaru dzięki optymalizacji tras jednostek ratowniczo-gaśniczych między remizą a miejscem zdarzenia. Obliczenia teoretyczne potwierdzają, że opracowana metodologia pozwala skrócić czas dojazdu jednostek, i tym samym czas swobodnego rozwoju pożaru średnio o około 7%. Wykazano, że w celu określenia wszystkich możliwych wariantów trasy pojazdów pożarniczych należy wykorzystać teorię grafów. Przykład modelu grafowego został przedstawiony w artykule. W kolejnym kroku należy wykorzystywać i doskonalić istniejące modele matematyczne ruchu pojazdu pożarniczego wraz z uwzględnieniem w nich parametrów przepływu ruchu i bezpieczeństwa drogowego.

**Słowa kluczowe:** pożar, technika pożarnicza, czas dojazdu, swobodny rozwój pożaru, sieć drogowa, trasa dojazdu, model grafowy, model symulacyjny

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 03.10.2017; Zrecenzowany: 16.11.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Procentowy wkład merytoryczny: Hulida E.M. – 40%, Pasnak I.V. – 40%, Vasilyeva E.E. – 20%;

Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny;

Proszę cytować: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 80–87, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.5;

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

## Formulation of the problem

Reducing the duration of the free development of fire is one of the key issues in the field of fire safety. This, in turn, will limit the damage caused by the fire. An analysis of the components of the duration of the free development of fire indicates that in most cases its substantial share is followed by fire and rescue units to the place of call. Therefore, today the problem of finding measures to reduce the duration of firefighters' travel to the place of call is extremely topical. A prerequisite for this is an analysis of the factors affecting the duration of the fire engine's travel to the place the call.

As stated above, in order to solve the priority task of reducing the duration of the free development of fire, it is necessary to search for directions for the optimisation of the time needed for the fire truck to reach the place of call. Scientific studies presented to date rarely focus on the analysis of the behaviour of a fire vehicle in the driver – car – road – environment system, which allows to distinguish factors that affect the length of travel of the fire truck to the place of call. Therefore, this study is aimed at solving an actual scientific and technical problem, which involves an analysis of the factors influencing the duration of the fire truck's travel to the place of call.

### Analysis of recent research and publications

It is worth noting that a number of scientists are engaged in the outlined problem. In particular, there are well-known studies aimed at optimising the areas of departure of fire and rescue units. In [1], new distances for outlying areas for fire departments were obtained, in which there was a more even distribution of the number of calls for fire units and a 9% reduction in the time of arrival to the place of call. Due to the optimisation of the boundaries of service areas by fire and rescue units in [2], the time of travel to the place of call was reduced by 3%. In [3], an analysis of areas of service of fire and rescue districts of the city was considered, on the basis of which it was found that it is expedient to create a module for the division of the city into service areas, the algorithm of which is based on Voronoi diagrams.

The issues of the optimisation of travel routes are considered in the studies by Ukrainian scientists [4-6]. In [7], a model for selecting the route for special vehicles is proposed on the basis of track record data and special vehicle traffic routes collected for four years in North Virginia (USA). In [8], predicting the length of travel of special vehicles takes into account such factors as the intensity of traffic flow, the number of lanes on the highway network and the average speed of traffic flow. Paper [9] considers a model for the dynamic design of the routes covered by special vehicles, taking into account the time of the day, and, accordingly, the intensity of traffic flow. In [10], modeling of the process of motion of special vehicles takes into account their ability to deviate from some traffic rules, for example, to drive past prohibitory traffic signs. However, in these studies insufficient attention is paid to the impact of factors (for example, the arrangement of the street-road network, its characteristics, parameters of transport streams, and the technical means of the organisation of traffic) on the duration of travel to the place of call. Certain cases of the outlined problem were considered by the authors of this article in papers [4, 11-17].

### Statement of the problem and its solution

The task is to develop a methodology for reducing the duration of the free development of fire on the basis of the choice of the optimal route for transporting fire equipment from the fire department to the place of calling the fire and rescue services. To do this, it is necessary to analyse and distinguish factors that affect the duration of the fire truck travel to the place of call, to reduce the duration of the free development of the fire.

According to the current legislation, in Ukraine, the radius serviced by one fire-rescue unit, i.e. one fire depot, is 3 km, which, depending on the area, translates into 28-30 km<sup>2</sup>. Proceeding from this standard, it is possible to indicate areas of service in cities in the form of circles, the areas of which may partly overlap adjacent districts [4].

Of course, in reality, there is no such division of cities into areas of service of fire and rescue units. In practice, the distribution of districts is carried out based on certain streets, which are used as boundaries, allocating areas up to 30 km<sup>2</sup> for each unit of the service. In most cases such areas take the shape of polygons in which fire depots are usually displaced with respect to their centres.

The speed and safety of the fire truck movement is significantly influenced by traffic flow intensity, which varies not only depending on the parameters of the street-road network, but also on time of the day. The irregularity of traffic flow time directly affects the speed and, consequently, the length of travel of the fire truck to the place of call. The hourly irregularity of traffic flow intensity reflects the daily oddity factor  $k_d$ , which is determined by the average daily to hourly traffic intensity in a surveyed hour. Daily non-uniformity of traffic flow intensity can be traced from Fig. 1, which shows the dependence of the coefficient of daily inequality [17] on the intensity of traffic flows at a time of day.

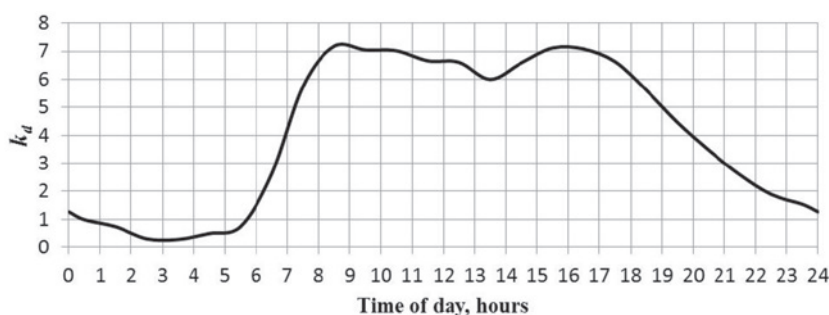


Figure 1. Dependence of the coefficient of daily irregularity of the intensity of traffic flow on time of day  
Source: Own elaboration.

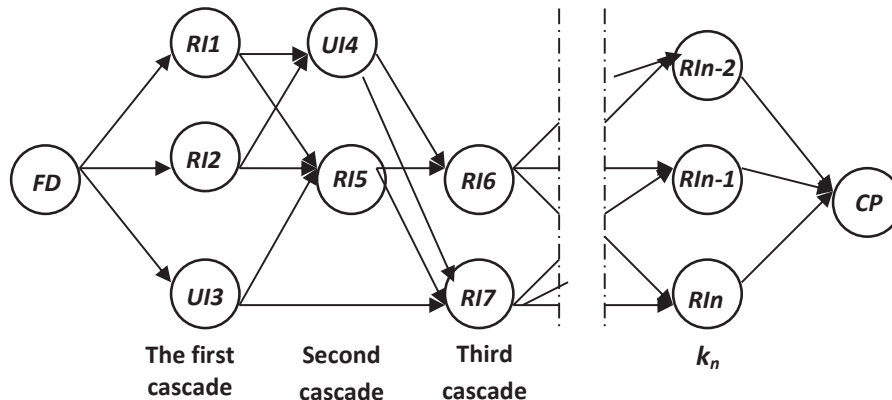
In order to achieve the goal, namely to reduce the duration of the free development of fire through the optimisation of the travel of fire engines to its place of destination, one should consider the proposed algorithm for solving this problem.

In the first stage, it is necessary to divide the service area into several sectors according to the directions of fire vehicle operated in the operational and dispatching service (for 5-6 sectors with the boundaries on the streets) so that each sector has

within its limits 3-5 roads for possible travel in the radial direction from the fire depot to the extreme boundary of the service area sector using transverse roads for moving to radial roads that are characterised by smaller traffic congestion.

In the second stage, for each sector adopted, it is necessary to develop cascading graphs of road variants for the passage from the fire depot in a radial direction to the extreme boundary of the sector, taking into account all the possible intersections.

Recommendations [4, 5] should be taken into account. An example of a cascade graph is depicted in Fig. 2.



**Figure 2.** Cascade graph of options for the passage of a fire vehicle from a fire depot (FD) to the place of call (CP) along the roads with a length of  $l_i$  (edges of the graph) taking into account regulated (RI) and unregulated (UI) intersections [4]

The cascade graph of the variants of the routes of a fire vehicle from its fire depot (FD) to the place of call (CP) (Fig. 2) is constructed taking into account all the possible radial and transverse roads, whose length  $l_i$  corresponds to each individual edge of the graph. Each vertex of the graph corresponds to a crossroads that can be regulated using traffic lights (RI) or unregulated (UI).

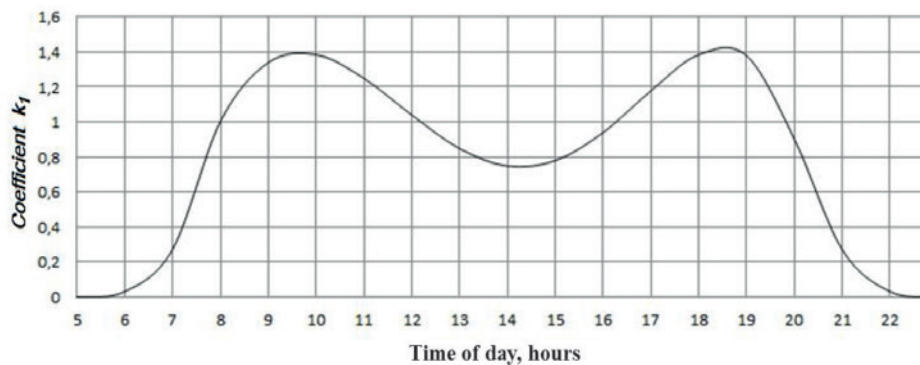
In the third stage, it is necessary to determine, based on the results of observations, the average value of traffic intensity  $N$  of vehicles for the street-road network of the studied area. After that, taking into account Fig. 1, the influence of the

operational time of day  $\tau_{op}$  on the traffic load and accordingly on the intensity of traffic is established, based on the results of observations. Its influence on the coefficient  $k_1$  is also taken into account. The value of coefficient  $k_1$  can be determined by the results of observations performed, based on the formula

$$k_1 = \frac{N_d}{N} \tag{1}$$

where  $N_d$  – the actual value of traffic intensity, unit/s.

The results of observations can be presented as shown in Fig. 3.



**Figure 3.** Influence of the operating time of day  $\tau_{op}$  on the value of the coefficient  $k_1$

Source: Own elaboration.

After processing the statistical data by employing the method of mathematical statistics, we can obtain a polynomial dependence for determining coefficient  $k_1$  from the operational time of day  $\tau_{op}$ .

$$k_1 = b_0 + b_1\tau_{op} + b_2\tau_{op}^2 + \dots + b_5\tau_{op}^5 \tag{2}$$

where  $\tau_{op}$  – operational time of day during which the departure of the fire vehicle from the fire department to the place of call can be performed (hour).

For example, for Lviv, coefficient  $k_1$  was obtained by a polynomial model

$$k_1 = -19.04 + 3.93 \cdot \tau_{op} + 0.05312 \cdot \tau_{op}^2 - 0.05402501 \cdot \tau_{op}^3 + 0.0037642 \cdot \tau_{op}^4 - 0.000078125 \cdot \tau_{op}^5$$

In addition, it is necessary to take into account the influence of the seasons by using coefficient  $k_2$  regarding the intensity of traffic. Having adopted the symbol for the seasons  $S=1$  – summer;  $S=2$  – autumn;  $S=3$  – winter;  $S=4$

## RESEARCH AND DEVELOPMENT

– spring, we can determine the value of  $k_2$  using the following dependence

$$k_2 = 1.935 - 0.644S + 0.09S^2 \quad (3)$$

Undoubtedly, the intensity of traffic is also influenced by the days of the week. This effect is taken into account by introducing a coefficient  $k_3$  whose value can be obtained by using the dependence in which days of the week correspond to the following:  $D=1$  – Monday;  $D=2$  – Tuesday; ...  $D=7$  – Sunday. Then we get

$$k_3 = 0.8314 + 0.1807D - 0.0061D^2 - 0.0039D^3 \quad (4)$$

On the basis of the data obtained, it is possible to determine the actual value of the intensity of traffic  $N_d$

$$N_d = Nk_1k_2k_3 \quad (5)$$

In the fourth stage, it is necessary to determine the time of vehicle delay  $\tau_d$  at regulated and unregulated intersections. This issue is investigated by the authors in [4, 18]. Taking this into account, we can determine the total delay time  $\tau_d$ :

$$\tau_d = \sum_{i=1}^n \tau_{UH} + \sum_{i=1}^k \tau_{RH} + \sum_{i=1}^z \tau_{TH} \quad (6)$$

where  $n$  – number of unregulated intersections on the route taken;  $\tau_{UH}$  – time spent passing an unregulated intersection, which is determined by method [4, 17];  $k$  – number of regulated intersections on the route taken;  $\tau_{RH}$  – time spent passing a regulated intersection, which is determined by method [4, 17];  $z$  – the number of transport interchanges at different levels on the route taken;  $\tau_{TH}$  – time spent passing a transport interchange at various levels, which is determined by method [4, 17].

The fifth stage determines the total number of options for driving to the place of call using the following dependence

$$B = \left( \sum_{i=1}^n B_{1i} \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^n B_{2i} \right) \cdot \dots \cdot \left( \sum_{i=1}^n B_{ki} \right) \quad (7)$$

where  $B_{1V}, B_{2V}, \dots, B_{kV}$  – variants of crossroads according to all stages of the graph (Fig. 2) (from 1st to  $k$ th);  $n$  – the number of variants of the intersection on the corresponding cascade graph.

The sixth stage was carried out using a suite of PC applications developed at the Lviv State University of Life Safety, calculations of travel route  $L_j$  and delay times  $T_j$  for all variants of routes  $B$  from the fire department to the place of call using dependencies

$$L_j = \sum_{i=1}^k l_i; \quad T_j = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^k \tau_{d,i} \quad (8)$$

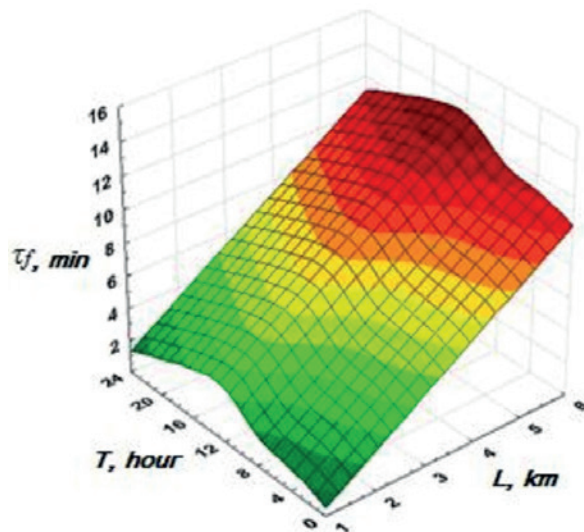
where  $l_i$  – the length of the roads between the intersections along the route  $j$ , km;  $\tau_{d,i}$  – time delays at road crossings along the route  $j$ , min (calculated values  $\tau_{d,i}$  according to dependence (6) in seconds).

In the seventh stage, we determine the travel time  $\tau_{f,j}$  for all variants of routes  $B$  from the fire department to the place of call. In [2], the results of experimental studies on the speed of the fire and rescue vehicle in the city during its travel to the place of the fire in different parts of the city at any time of day are given. In carrying out these studies, we took into account the distance from the fire and rescue unit to the place of call  $L_i$  and the time of day  $\tau_i$ . Empirical dependencies were obtained for determining the time of travel from the fire department to the place of call and, accordingly, the average speed of the fire and rescue vehicle [2]:

$$V_i = \frac{60L_i}{4.18 + 1.97L_i - 0.2\tau_i} \quad (9)$$

where  $L_i$  – distance from the fire depot to the object, km;  $\tau_i$  – time of day 0–24 (from 0 to 8 hours in dependence (9); using 24-hour clock) (hour).

The analysis of dependence (9) allowed us to specify the response surface of the length of travel of the fire truck to the place of call  $\tau_f$  from distance  $L$  and at time of day  $T$  (Fig. 4).

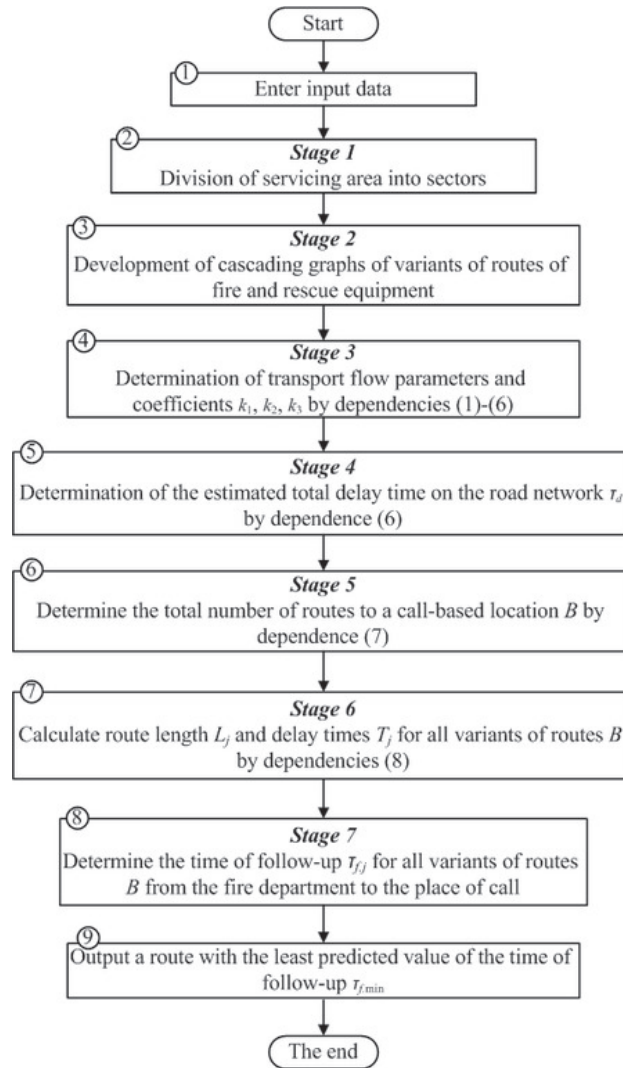


**Figure 4.** Surface response depending on the length of travel of fire vehicle to place of call  $\tau_f$  from distance  $L$  and time of day  $T$   
**Source:** Own elaboration.



After defining the travel time  $\tau_{f,j}$  for all routes  $B$ , we select the least time  $\tau_{f,min}$  from the obtained values and accept the appropriate travel route at that time.

To implement the methodology described above, an algorithm was developed in the form of an imitation model (Fig. 5).



\* time of follow-up -> travel time

**Figure 5.** Structural scheme of the algorithm-simulation model for reducing the duration of the free development of fire on the basis of choosing the optimal route for the fire vehicle

Source: Own elaboration.

On the basis of the results of theoretical and experimental research, using the STATISTICA application package, it was possible to obtain the response surface of the dependence of the duration of the fire truck travel to the call point at the distance and time of day in conditions of the Lviv street and road network (Fig. 6).

Also, the dependencies describing the surface (Fig. 6) were obtained and the length of travel of the fire truck to the place of call according to the optimal route based on the proposed methodology (Fig. 6, a) was determined:

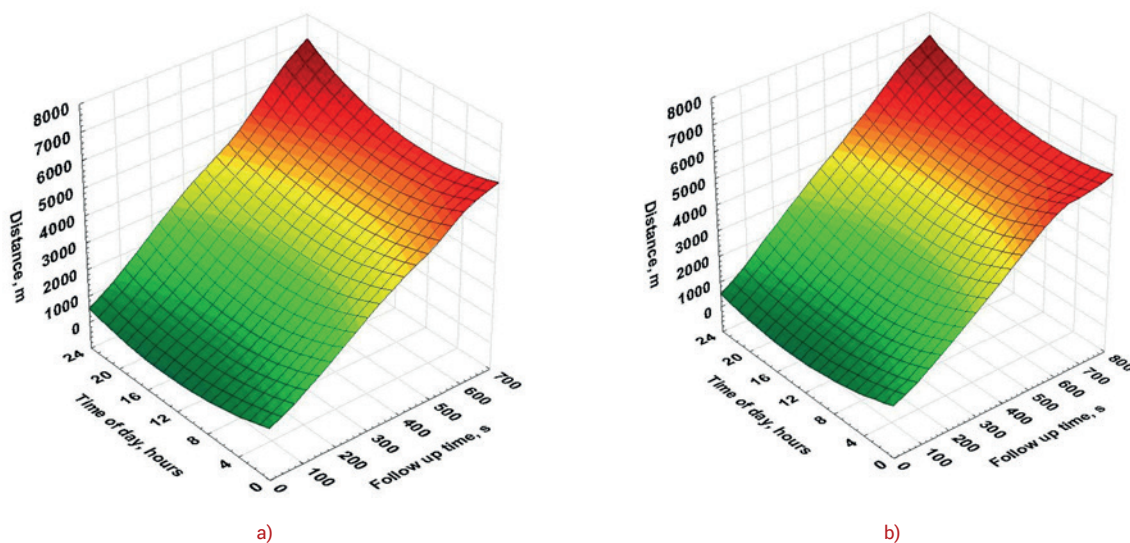
$$\tau_{f,est.} = -42.5725 + 16.553T + 0.0983L - 0.6755T^2 - 0.0003TL + 0.0000028471L^2 \quad (10)$$

where  $T$  – time of day 0-24 (instead of 0 in dep. (10) substitute 24), hour,  $L$  – distance to the call location, m.

and the set route in accordance with the operational fire extinguishing plan (Fig. 6, b):

$$\tau_{f.sh.} = -65.4236 + 19.4235T + 0.1149L - 0.7976T^2 - 0.000096041TL + 0.0000011559L^2 \quad (11)$$

The analysis of the obtained surfaces (Fig. 6) and dependencies (10), (11) shows that the use of the developed methodology in the conditions of the street-road network in Lviv will make it possible to reduce the duration of the travel of fire and rescue vehicles by optimising the route by approximately 7% and, respectively, limit the duration of the free development of fire.



**Figure 6.** Surveys of response depending on the length of travel of the fire truck to the place of call  $T_f$ , conditional on distance  $L$  and time of day  $T$  in conditions of the street-road network in Lviv: a – according to the optimal route based on the proposed methodology; b – according to the established route based on the operational fire extinguishing plan

Source: Own elaboration.

## Conclusions

This work develops the methodology of reducing the duration of the free development of fire on the basis of optimising fire and rescue vehicles movement routes from the fire department to the place of emergency. Theoretical calculations show that the developed methodology makes it possible to reduce the length of travel of special vehicles and, consequently, reduce the duration of free fire development on average by 7%. It is established that in order to determine all the possible variants of the fire-propulsion traffic route it is expedient to use the theory of graphs, in particular the model presented in the study. In the future, it will be beneficial to develop and improve the existing mathematical models of fire vehicle movement, taking into account the parameters of traffic flow and road safety.

## Literature

- [1] Brushlynsky N.N., Kafyrov V.V., Kozlachkov V.Y., *Systemnyj analiz i problemy pozharnoi bezopasnosti narodnoho khozyaystva*, Stroyzdat, Moskva 1988, 413.
- [2] Voytovych D.P., *Pidvyshchennya efektyvnosti funktsionuvannya pozhezhno-ryatuvval'nykh pidrozdiliv v protsesi likvidatsiyi pozhezh u mistakh*, LDU BZhD, Lviv 2011, 20.
- [3] Kuzyk A.D., Karabyn O.O., Trusevych O.M., *Analiz zon obsluhovuvannya pozhezhno-ryatuvval'nykh chastyn za dopomohoyu diahram Voronoho*, "Pozhezhna bezpeka" 2008, 2, 73–78.
- [4] Hulida E.M., *Zmenschennia tryvalosti vilnoho rozvytku pozhezh na osnovi optymizatsii shliakhu sliduvannya pozhezhnykh do mistsia yii vynykennia*, "Pozhezhna bezpeka" 2013, 23, 64–70.
- [5] Morhun O.M., Morhun L.O., *Kompiuterna sistema optymizatsii vyboru marshrutiv sliduvannya avariino-ryatuvvalnoi tekhniki*, „Pozhezhna bezpeka: teoriya i praktyka” 2008, 1.
- [6] Kuzyk A.D., Yemel'yanenko S.O., *Otsiniuvannya chasu sliduvannya pozhezhno-ryatuvvalnykh pidrozdiliv do mistsia pozhezh*, "Pozhezhna bezpeka" 2013, 23, 86–92.
- [7] Zhenhua Z., Qing H., Jizhan G., Xiaoling, L., *Performance measure for reliable travel time of emergency vehicles*, "Transportation Research Part C: Emerging Technologies" 2016, 65, 97–110, doi:10.1016/j.trc.2016.01.015.
- [8] Jiawen W., Meiping Y., Wanjing M., Xiaoguang Y., *Travel time estimation model for emergency vehicles under preemption control*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2013, 96, 2147–2158, doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.242.
- [9] Musolino G., Polimeni A., Rindone C., Vitetta A., *Travel time forecasting and dynamic routes design for emergency vehicles*, "Procedia – Social and Behavioral Sciences" 2013, 87, 193–202, doi:10.1016/j.sbspro.2013.10.603.
- [10] Yi-Sheng H., Jang-Yi S., Jiliang, L., *A traffic signal control policy for emergency vehicles preemption using Timed Petri nets*, "IF-AC-PapersOnLine" 2015, 48, 2183–2188, doi:10.1016/j.ifacol.2015.06.412.
- [11] Movchan I.O., Hulida E.M., Voytovych D.P., *Vyznachennya prohnozovanoho chasu hasinnya pozhezh na promyslovykh pidpryyemstvakh*, "Problemy pozhezhnoyi bezpeky" 2008, 23, 241–247.
- [12] Hulida E.M., Voytovych D.P., *Vstanovlennya chasu operatyvnoho rozhortannya pozhezhno-ryatuvval'nykh pidrozdiliv dlya likvidatsiyi pozhezh v umovakh mista*, "Problemy pozhezhnoyi bezpeky" 2015, 37, 47–55.
- [13] Pasnak I., *Optymizatsiia marshrutu sliduvannya pozhezhno avtomobila do mistsia vyklyku z urakhuvanniam osoblyvostei vulychno-dorozhnoi merezhi*, "Fire Safety: Theory and Practice" 2014, 17, 82–89.

- [14] Pasnak I., Fursenko O., *Optimizatsiya marshrutu ruhu spetsialnih transportnih zasobiv iz urahuvanniam parametriv vulichno-dorozhnoyi merezhi*, "Scientific Journal of LSULS" 2014, 10, 7–14.
- [15] Pasnak I., *Rozkryttia osoblivostey vplyvu parametriv vulichno-dorozhnoyi merezhi na trivalist sliduvannya ta bezpeku ruhu spetsialnih transportnih zasobiv*, "Scientific Journal of LSULS" 2015, 12, 209–216.
- [16] Pasnak I., Prydatko O., Gavrilyk A., *Development of algorithms for efficient management of fire rescue units*, "Eastern European Journal of Enterprise Technologies" 2016, 3(81), 22–28.
- [17] Pasnak I., Prydatko O., Gavrilyk A., Kolesnikova A., Gangyr Y., *Analiz chynnykiv vplyvu na tryvalist sliduvannya pozhezhnogo avtomobilia do mistsia vyklyku*, "Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine" 2016, 26(1), 286–291.
- [18] Pasnak I., *Rozkryttia osoblyvostei vplyvu orhanizatsiinykh chynnykiv na tryvalist vilnoho rozvytku pozhezhi*, "Scientific Journal of National Forestry University of Ukraine" 2014, 24(3), 372–377.

**HULIDA EDUARD NIKOLAYEVICH** – Head of Department of Tactics and Rescue Operations of the Lviv State University of Life Safety, Doctor of Technical Sciences, Professor. Spheres of scientific interests: investigating the ways of reducing the duration of the free development of fire, the theoretical basis for extinguishing various objects on fire, models for determining the fire risk for objects under management.

**PASNAK IVAN VASILEVICH** – Associate Professor at the Department of Vehicle Operation and Fire-Rescue Techniques of the Lviv State University of Life Safety, Ph.D. Spheres of scientific interests: studying the ways of reducing the duration of the free development of fire, the impact of specific factors on travel time and the safety of movement of special vehicles, innovations in the field of traffic organisation and fire safety.

**VASILIEVA ELENA EDUARDOVNA** – Associate Professor at the Department of Applied Mathematics and Mechanics of the Lviv State University of Life Safety, Ph.D. Spheres of scientific interests: studying oscillating processes of gear transmission, modern methods of predicting the reliability of fire-fighting equipment, optimising the structural elements of details of mechanical engineering.

ks. st. kpt. Adam Glajcar

*Ewangelicki kapelan krajowy strażaków**Autor korespondencyjny / corresponding author: adam.glajcar@gmail.com*

## Kilka słów o rozmowie duszpasterskiej

Pastoral Conversation – A Brief Outline

Несколько слов о пастырской беседе

### ABSTRAKT

**Cel:** W straży pożarnej służą kapelani. W artykule zwrócono uwagę na bardzo ważną część ich służby w tych strukturach – na rozmowę duszpasterską. Służba kapelańska opiera się przede wszystkim na komunikacji z drugim człowiekiem. Strażak-ratownik potrzebuje rozmowy, potrzebuje wsparcia – także duszpasterskiego. Jednak prowadzenie rozmowy duszpasterskiej wymaga od duchownego przygotowania, wiedzy i doświadczenia. Właśnie na te elementy położono nacisk w artykule.

**Wprowadzenie:** Nie ma dziś służb mundurowych, w których nie służyliby kapelani. Czy są oni potrzebni w straży pożarnej? Na to pytanie można odpowiedzieć słowami, które kiedyś wypowiedział Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej: „Przed psychologiem, nawet najlepszym interwentem od traumy, strażacy nie powiedzą, że im się nie układa, że dziecko wpadło w złe towarzystwo, że matka umiera na raka, że sięgają zbyt często po kieliszek, że... Można by wyliczać bez końca. Otwierają się przed strażakiem – kapelanem” [25, s. 16]. Trzeba być jednak świadomym tego, że służba kapelańska polega nie tylko na tym, żeby strażak, poszkodowany dotarł do kapelana, ale także na tym, żeby to kapelan dotarł do potrzebującego. Kiedy jest to konieczne, kapelan bierze w ręce sprzęt pożarniczy, ale najczęściej posługuje się mową. Prowadzenie samej rozmowy wydaje się bardzo proste, ale tak nie jest, bo każdy rozmówca jest inną osobą. W niniejszym artykule zwrócono uwagę na to, że duszpasterz jest przede wszystkim słuchaczem, który umie poświęcić czas współrozmówcy. Nawiązanie właściwego kontaktu z kimś, kogo się zna, jest proste. O wiele trudniej nawiązać go z osobą, którą widzi się pierwszy raz. Na przebieg rozmowy ma wpływ wiele czynników – zewnętrznych i wewnętrznych. Trzeba pamiętać, że duszpasterz nie jest jedyną osobą pomagającą swojemu rozmówcy. W tym zakresie powinien on współpracować z psychologami i lekarzami. Tylko wtedy rozmowa czy porada duszpasterska będą satysfakcjonujące dla obu stron.

**Wnioski:** Duszpasterz służący w straży pożarnej nie może kierować się wyłącznie przesłankami konfesyjnymi. Do każdej rozmowy musi być przygotowany, co wymaga ciągłego samokształcenia. Duszpasterz powinien szukać rozmówcy, a nie na niego czekać. Rozmowa nie jest monologiem prowadzonym przez kapelana, lecz prawdziwym dialogiem. Podczas rozmowy kapelan pomaga potrzebującemu znaleźć właściwe rozwiązanie problemu, jednak w tym procesie powinien poruszać się tylko w przestrzeni zaproponowanej przez rozmówcę.

**Słowa kluczowe:** duszpasterz, rozmowa duszpasterska, pomoc

**Typ artykułu:** z praktyki dla praktyki

---

Przyjęty: 30.10.2017; Zrecenzowany: 06.12.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 88–95, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.6;

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

---

### ABSTRACT

**Aim:** Pastors serve in the fire service. This paper focuses on a very important aspect of their duties – the pastoral conversation. A chaplain's service primarily involves communicating with other people. A fire-fighter-rescuer needs support and someone to talk to – including a pastor. However, holding a pastoral conversation requires a priest/pastor to be spiritually prepared, knowledgeable and experienced. These three aspects are emphasised in this paper.

**Introduction:** Nowadays, chaplains serve in all uniformed services. Are they really necessary in the fire service? A perfect answer to this question can be found in the words of the Chief Fire Officer of the State Fire Service: „A fireman will never come to a psychologist, even if he is a top professional who can perfectly handle traumatic experiences, to talk about his personal issues: that things are not fine, that his child is keeping bad company, that his mother is dying of cancer, that he hits the bottle, that... The list goes on and on. The only person a fireman will open up to is a fireman-chaplain” [25, p. 16]. We have to be aware, however, that a chaplain's service involves not only responding to traumatised fire-fighters who are asking for help, but also reaching out to those who have not yet asked for it. When necessary, the chaplain will fight the fire, but his primary role is to listen and talk. Holding a conversation is not as easy as it may seem, since each person confiding in the chaplain is a different person. This paper highlights the role of a chaplain as being primarily that of a confidant who can devote his time to listen what firefighters have to say. Establishing a rapport with someone we know is always relatively easy. It is much more difficult, however, to establish it with a person we do not know and perhaps see for the first time. Many external and internal factors come into play. It has to be underlined that the pastor is not the only person who provides help. He should cooperate with psychologists and doctors. Only then can a pastoral conversation or advice be regarded as satisfactory for both sides.

**Conclusions:** Pastors who serve in the fire service should not be guided by religious considerations only. They must be prepared for every conversation and this requires continuous self-education. Pastors should reach out to those who need to talk instead of waiting for them. A pastoral conversation is not a monologue by a chaplain, but an actual dialogue. During this dialogue, the chaplain is trying to help the person in need to find the right solution to the problem. In doing so, however, he must not cross the line drawn by the person who confides in him.

**Keywords:** pastor, pastoral conversation, help

**Type of article:** best practice in action

Received: 30.10.2017; Reviewed: 06.12.2017; Published: 29.12.2017;

Please cite as: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 88–95, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.6;

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:** В пожарной охране служат капелланы. В статье обращается внимание на очень важную часть их службы в этих структурах – пастырскую беседу. Служба капелланов основана в главном на общении с другим человеком. Пожарный-спасатель нуждается в разговоре, ему нужна поддержка – также и со стороны священника. Однако проведение пастырской беседы требует от священника подготовки, знаний и опыта. Основное внимание в статье уделяется именно этим элементам.

**Введение:** Сегодня нет унифицированных служб, в которых не служили бы священники. Нужны ли они в пожарной службе? На этот вопрос можно ответить словами главнокомандующего Государственной пожарной службы: „Психологу, даже лучшему специалисту по травмам, пожарные не скажут, что им плохо, что ребенок попал в плохую компанию, что мать умирает от рака, что они слишком часто пьют, что ... Можно перечислять без конца. Они открываются перед пожарным – капелланом” [25, с. 16]. Однако следует помнить, что служба капеллана состоит не только в том, чтобы пожарный, пострадавший пришел к капеллану, но также в том, чтобы капеллан прибыл к пострадавшему. Когда необходимо, капеллан берет в руки пожарное оборудование, но чаще всего пользуется речью. Проведение беседы кажется очень простым, но это не так, потому что каждый собеседник – другой человек. В этой статье обращено внимание, что священник - это прежде всего слушатель, который знает как посвятить время своему собеседнику. Установить соответствующий контакт с кем-то знакомым легко. Намного сложнее установить его с человеком, которого видишь первый раз. Многие факторы – внешние и внутренние – влияют на ход разговора. Следует помнить, что священник – не единственный человек, который помогает своему собеседнику. В этой сфере он должен сотрудничать с психологами и врачами. Только тогда беседа со священником или его советы будут удовлетворительными для обеих сторон.

**Выводы:** Священник, который служит в пожарной охране, не может руководствоваться только религиозными убеждениями. К каждому разговору он должен быть подготовлен, соответственно это требует от него постоянного саморазвития. Священник должен искать собеседника, а не ждать его. Разговор – это не монолог капеллана, а реальный диалог. Во время беседы капеллан помогает нуждающимся найти соответствующее решение проблемы, но в этом процессе он должен перемещаться только в пространстве, предложенном собеседником.

**Ключевые слова:** пастырь, пастырская беседа, помощь

**Вид статьи:** с практики для практики

Принята: 30.10.2017; Рецензирована: 06.12.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BITP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 88–95, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.6;

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

Z duszpasterzami spotykamy się nie tylko w świątyni. Uczestniczą oni w życiu społecznym, zawodowym i rodzinnym. Gdyby ich działalność była widoczna tylko w życiu liturgicznym, nie moglibyśmy mówić o prawdziwym duszpasterstwie. Dziś prawie wszystkie szpitale mają swoich kapelanów. Mają ich też służby mundurowe, w tym Państwowa Straż Pożarna. Strażacka służba jest bardzo trudna, odpowiedzialna, stresogenna, przez co wymaga nie lada poświęcenia i hartu ducha. Jest to ratownictwo w pełnym tego słowa znaczeniu. Cechą tej służby jest codzienne ocieranie się o ludzką niedolę, krzywdę, tragedię, a nawet śmierć. Śmierć dotyka nie tylko poszkodowanych, lecz także osób niosących pomoc, strażaków [10, s. 185]. To rodzi wiele pytań i wątpliwości, może być też powodem załamania psychicznego. Trudne pytania są nie tylko natury egzystencjalnej; dotyczą też sfery psychiki, funkcjonowania rodziny, spraw wiary, w tym kwestii istnienia Boga itp. [9, s. 208–209] Właśnie w takich chwilach potrzebna jest

obecność duszpasterza niosącego pomoc poszkodowanemu. Ta pomoc odbywa się na zasadzie dialogu. Celem duszpasterskiej rozmowy jest wspólne szukanie prawdy i dążenie do jej wypowiedzenia. W takiej rozmowie dba się o właściwe słuchanie i właściwą odpowiedź człowieka, tworu Bożego, na zadanie powierzone mu przez Stwórcę i Ojca, odpowiedź na to, co „nas bezwarunkowo obchodzi”. Zasadą rozmowy duszpasterskiej musi więc być – wspomniana już – prawda, a także miłość [23, s. 14]. Wynika z tego, że duszpasterska pomoc kieruje się „do serca” człowieka. Tak naprawdę chodzi tu o stosunek człowieka do Boga. Idąc za Ojcem Reformacji, ks. dr. Marcinem Lutrem, należy powiedzieć: tu chodzi o wiarę. Wiara prześwieśla najskrytsze zakamarki ludzkiego życia. „Dlatego rozmowa duszpasterska nie może się kierować jedynie do rozumu, jak rozmowa naukowa, nie tylko do potrzeb towarzyskich człowieka, jako rozrywka i odprężenie, niczym pogawędka, ale ma na oku wszelkie jego zdolności i dążenia, bierze jego Boskie przeznaczenie na serio i korzysta przeto z wszelkich rodzajów rozmowy” [13, s. 38].



## Przygotowanie – początek relacji

Mówiąc o pomocy duszpasterskiej, można pokusić się o pewne analogie do strażackich działań. Każda akcja ma swój początek, po którym podejmowane są czynności zmierzające do rozpoznania, zlokalizowania i w końcu zlikwidowania pożaru czy zagrożenia. Skuteczność akcji zależy od dobrego przygotowania strażaków, rozpoznania zagrożenia oraz zadysponowania odpowiednimi siłami i środkami. Wydaje się, że nie inaczej jest z pomocą poszkodowanemu. Duszpasterz może mieć pewne wątpliwości dotyczące tego, od czego rozpocząć rozmowę z osobą, której nie zna, a zwłaszcza z osobą, której chrześcijaństwo jest obce lub obojętne. Na pewno kardynalnym błędem byłoby zapytanie o światopogląd albo podjęcie kwestii obojętności wobec Boga czy nieuczestniczenia w życiu religijnym, kościelnym. Rozmowę należy zacząć od tematu, który będzie interesował współ rozmówcę. To ma być najzwyczajniejsza pogawędka. Osoba niosąca duszpasterską pomoc musi być świadoma tego, że chęć zwiastowania Ewangelii i nawrócenia poszkodowanego za wszelką cenę należy zostawić w domu. Zwiastowanie jednak powinno być widoczne, zaznaczone w rozmowie – poprzez wytworzoną atmosferę, poprzez zachowanie duszpasterza. Kiedy należy je zwerbalizować? O tym decyduje duszpasterz, bo każda rozmowa jest inna. Wszystko zależy od osoby potrzebującej, od jej nastawienia do duszpasterza, do sytuacji, w której się znalazła, i do problemu, który ją trapi. Może się okazać, że pomoc duszpasterska będzie polegała nie tylko na jednej rozmowie, ale na cyklu rozmów, a wtedy zwiastowanie nie nastąpi podczas pierwszego spotkania, lecz podczas drugiego. To już na pewno nie będzie zwykła pogawędka czy wymiana doświadczeń między partnerami, ale coś znacznie więcej.

Bardzo istotną sprawą jest odpowiednie przygotowanie gruntu do rozmowy. Chodzi tu o przygotowanie zewnętrzne, które może mieć wielki wpływ na jej przebieg. Rozmowa może odbywać się w różnych miejscach, np. w: kancelarii parafialnej, jakimś pokoju, pomieszczeniu na terenie jednostki straży pożarnej, kawiarence, domu współ rozmówcy czy na ławce w parku. Niejednokrotnie jest to sala szpitalna albo sanatoryjna. Najlepszym miejscem jest łono natury, gdzie zewnętrzne przeszkody, jak ludzie czy ruch kołowy i pieszy, nie przeszkadzają w rozmowie. Wówczas łatwiej skupić się na słuchaniu, prowadzeniu dialogu czy medytowaniu. Gdy nie ma możliwości wyjścia na zewnątrz i konieczne jest pozostawanie w budynku, trzeba wybrać takie miejsce, które nie stwarza niepotrzebnych barier i nie zdradza zamiarów duszpasterza do techniki, muzyki i innych rzeczy, tak by współ rozmówca nie był rozpraszany czynnikami zewnętrznymi. Jeśli rozmowa odbywa się wieczorem, to lampę należy ustawić tak, by nie oślepiała osoby potrzebującej. Mogłoby się wydawać, że są to sprawy błahe, ale według psychologów mają one niebagatelny wpływ na początek i przebieg rozmowy. Nie inaczej jest z pozycją duszpasterza i jego współ rozmówcy. To ma być pozycja koinonii, wspólnoty, solidarności oraz otwartości dla i na siebie [2, s. 49].

W kontekście zewnętrznego przygotowania do rozmowy trzeba wspomnieć o jeszcze jednej bardzo istotnej kwestii. Otóż człowiek poszukujący pomocy duszpasterskiej powinien być zrelaksowany, odprężony. Pomocne w tym może być wygodne

siedzenie. Duszpasterz nie może siedzieć wyżej niż jego współ rozmówca, nie może też siedzieć na luksusowym krześle czy fotelu, a poszkodowanego sadzać na zwykłym krześle, bo wtedy rozmowa będzie dużo trudniejsza albo nie będzie jej wcale. Spotkanie można rozpocząć od poczęstowania współ rozmówcy kawą, herbatą, wodą czy sokiem. Duszpasterz powinien zająć się o to, by w czasie rozmowy mieć wyłączony telefon, i o to, by nikt z zewnątrz nie zakłócał spotkania. Jest bardzo prawdopodobne, że wówczas współ rozmówca będzie miał komfort i pewność, że duszpasterz naprawdę chce mu poświęcić czas i pomóc w rozwiązaniu problemu.

Sytuacja każdego poszkodowanego jest inna. Każdy zaczyna swoją rozmowę inaczej. To obliuguje duszpasterza do bardzo uważnego słuchania.[19, s. 35] Trzeba pamiętać, że zazwyczaj na początku rozmowy osoba szukająca pomocy przedstawia tylko wąski wycinek problemu dotyczący rodziny, pracy, służby. Często jest wtedy podekscytowana, zaniepokojona. Być może formułuje swoją wypowiedź nieskładnie, ale na pewno jest w tej wypowiedzi bardzo uczciwa. Wówczas duszpasterzowi o wiele łatwiej jest nawiązać kontakt i kontynuować rozmowę. Czasami jednak trudno go nawiązać. Zdarza się, że duszpasterz odczuwa, że współ rozmówca ukrywa to wszystko, co mu przeszkadza, że nie chce jasno i szczerze powiedzieć o swoich problemach. Taka osoba najczęściej opowiada jakieś historie ze swego życia, które nic nie wnoszą do rozmowy, nie mówią o istocie sprawy, o powódzie spotkania z duszpasterzem. Co wtedy ma zrobić duchowny? Jak ma próbować pomóc poszkodowanemu? Najlepiej będzie, jak pozwoli mu się wypowiedzieć. Współ rozmówcy trzeba bardzo uważnie słuchać. Słuchanie jest sztuką. W Starym Testamencie czytamy: „Pilnuj swoich kroków, gdy idziesz do domu Bożego, i nastaw się na słuchanie, gdyż jest to lepsze niż ofiary składane przez głupich...” (Kazn. 4,17), a także: „I oczy tych, którzy widzą, nie będą oślepione, i uszy tych, którzy słyszą, będą uważnie słuchać” (Iz 32,3). Z tych wersetów oraz z różnych badań wynika, że podstawową cechą dobrego słuchacza jest cierpliwość i uwaga, jaką poświęca się mówiącemu. Zarówno cierpliwość, jak i uwaga rzadko mają takie samo natężenie w dłuższym czasie. Bardzo ważnym elementem jest tu kontakt wzrokowy ze współ rozmówcą. Tylko w ten sposób można zdobyć jego zaufanie i zbliżyć się do niego.

Największy problem podczas udzielania pomocy duszpasterskiej pojawia się wtedy, gdy poszkodowany nie rozpoczyna rozmowy. Wówczas ten obowiązek spada na duszpasterza. Zdarza się, że duszpasterz pierwszy raz widzi osobę poszkodowaną, nie zna jej zainteresowań ani zawodu. Może wtedy powiedzieć kilka słów o pogodzie. Jeśli duszpasterz wie, czym zawodowo zajmuje się poszkodowany, może rozpocząć rozmowę od spraw zawodowych, a następnie przejść do ogólnoludzkich bolączek, do tego, co dziś interesuje człowieka. To pozwoli współ rozmówcy nabrać pewności siebie, poczuć się równorzędnym partnerem w rozmowie. Wówczas duszpasterzowi łatwiej będzie skierować rozmowę na właściwe tory i przejść do istoty sprawy. Jednakże duszpasterz musi cały czas pamiętać, że niczego nie wolno przyspieszać ani wymuszać, że nikogo nie można zmuszać do zwierzeń. Duszpasterz musi tak kierować rozmową, aby powoli przechodzić od spraw ogólnych do najważniejszych. To na pewno pomoże mu w zdobyciu zaufania

współ rozmówcy, dzięki czemu zostanie nawiązany właściwy kontakt. Nawiązanie kontaktu to pierwszy etap rozmowy, pomocy duszpasterskiej. Na tym etapie nie można dowiedzieć się wszystkiego. [1, s. 20] Nie można zatem stawiać diagnozy, bo to mogłoby doprowadzić do fałszywych wniosków.

## Poszukiwanie diagnozy

Postawienie diagnozy w kolejnej fazie rozmowy duszpasterskiej nie załatwia wszystkiego. Duszpasterz nie może zrezygnować z dalszego poznawania psychiki swego współ rozmówcy. To byłby wielki błąd. Słowo „diagnoza” pochodzi z języka greckiego (*diagnosis*) i oznacza rozpoznanie choroby na podstawie jej objawów. Z tym terminem spotykamy się najczęściej w medycynie. To na podstawie diagnozy podejmuje się stosowne leczenie. Jednakże diagnozowanie nie jest zarezerwowane tylko dla medycyny. Dziś diagnozuje się nastroje społeczne, stan rzeczy, a nawet działanie PSP. Dlaczego tak się dzieje? Wydaje się, że diagnoza kojarzy się z czymś bardzo precyzyjnym, przemysłowym, uwzględniającym wszystkie próby najdokładniejszego określenia i zbadania tego, o czym się orzeka.

Duszpasterz podejmujący się pomocy poszkodowanemu nie jest lekarzem ani psychologiem praktykiem i stawiana przez niego diagnoza nie jest równoważna z diagnozą lekarską czy psychologiczną. Jednakże niezbędną czynnością, którą duszpasterz musi wykonać w początkowej fazie rozmowy, jest określenie problemu będącego przedmiotem tej rozmowy. W tym celu duszpasterzowi potrzebna jest pewna wiedza na temat psychopatologii oraz znajomość kilku zasad psychologii. Duszpasterz musi być bardzo pokornym wobec słuchacza, ale także wobec siebie i swojej wiedzy [1, s. 34].

Duszpasterz zajmujący się poradnictwem, pomocą poszkodowanemu musi przede wszystkim odpowiedzieć sobie na pytanie, czego dotyczy problem osoby, z którą rozmawia. Jego podstawowym zadaniem jest sformułowanie, sklasyfikowanie informacji przedstawionych mu przez tę osobą. Następnie duszpasterz musi się zastanowić, co zamierza zrobić w zaistniałej sytuacji. To musi być działanie świadome, przemyślane i w znacznym stopniu zaplanowane. Etap formułowania jakiegokolwiek wniosku jest bliski stawianiu wstępnej diagnozy. Diagnozowanie powinno charakteryzować się dwoma stylami (sposobami) myślenia. Duszpasterz, który się tego podejmuje, musi myśleć w sposób uporządkowany, systematyczny, ale jednocześnie elastyczny i dynamiczny [21, s. 76]. Na tym etapie powinien on odpowiedzieć sobie na następujące pytania [2, s. 93]:

- Jaki problem ma osoba szukająca pomocy? Co ją trapi? Na co się skarży? Z czym nie daje sobie rady? Co najbardziej jej dokucza? Jakie są objawy, zaburzenia zachowania i na co się skarży, z czym sobie w ogóle nie radzi i co jej najbardziej przeszkadza?
- Co spowodowało lub powoduje problem? Jakie czynniki czy zdarzenia doprowadziły do występowania danych objawów czy zaburzeń zachowania?
- Czego brakuje? (W tym pytaniu chodzi o to, czego osoba szukająca pomocy nie robi, o czym nie mówi, czego nie czuje i o czym nie myśli).

- Co jest potrzebne w tej sytuacji? Co należy zrobić, żeby ustąpiły lub zmniejszyły się objawy czy zaburzenia zachowania? Jakie działania należy podjąć, a z jakich zrezygnować? Jakie działania mogą przynieść oczekiwane efekty w krótkim czasie, a jakie spowodują zmiany w dłuższym okresie?

Odpowiedzi na te pytania należy czerpać przede wszystkim od poszkodowanego, ale nie można zapominać o innych źródłach: lekarzach, rodzinie, współpracownikach. Jednakże trzeba też pamiętać, że oprócz diagnozy problemu bardzo ważna jest diagnoza sposobu, w jaki poszkodowany prosi o pomoc. Będzie to diagnoza motywacji do zaangażowania się w uzyskanie pomocy. Tylko od poszkodowanego zależy, ile czasu poświęci na rozmowę. To jest jego osobista decyzja. Wielu poszkodowanych oczekuje od lekarzy, a może nawet od psychologów, spektakularnych, błyskawicznych efektów pomocy, a więc prosi o szybkie rozwiązanie problemów. W takich przypadkach duszpasterze muszą bardzo uważać. Duchowny nie ma należytego oglądu sytuacji i może całkiem nieświadomie podtrzymać nierealistyczne oczekiwania poszkodowanego co do ostatecznego efektu rozmowy czy pomocy duszpasterskiej. To może doprowadzić do wielkich napięć i konfliktów w relacji między duchownym a osobą, która potrzebuje pomocy, rady czy rozmowy. Wynika z tego jasno, że w czasie spotkania duszpasterz powinien postawić jakby trzy diagnozy cząstkowe: diagnozę problemu, diagnozę motywacji i diagnozę teologiczną. W diagnozie teologicznej chodzi o to, by spojrzeć na współ rozmówcę z punktu widzenia Boga, by zobaczyć, jak Bóg prowadził go przez życie i jak on odbiera, przeżywa Boże prowadzenie, Bożą obecność w swoim życiu. Ksiądz prof. Jerzy Gryniakow (za Adelheidem Renschem) radzi, by formułując diagnozę teologiczną, duszpasterz stawiał następujące pytania:

- „Jak bardzo w tym człowieku jest obecna prawdziwa, żywa wiara (na poziomie świadomym i nieświadomym)?
- Jakie zadatki prawdziwej wiary, jej mocy i intencji, posiada ten człowiek, tak, iż można mieć nadzieję na ich rozwiązanie?
- Jakie moce niewiary można stwierdzić? W jaki sposób stosunek do Boga jest fałszywy – świadomie lub nieświadomie (przez pomyłki, fałszywe wyobrażenia, przesady, nieświadome projekcje, wątpliwości intelektualne, poczucie winy, świadome i nieświadome opieranie się Bogu, ucieczki, fałszywe zależności, tworzenie sobie bożków)?
- Jakiego rodzaju jest więc indywidualny obraz Boga i struktura wiary? W jakim stosunku stoi prawdziwa i fałszywa wiara?
- Na skutek jakiego losu rozwija się to życie wiary, w jakich warunkach losowych i jak dany człowiek kształtował przez wiarę swój los” [13, s. 46].

Na postawienie diagnozy teologicznej będą miały wpływ: przeżycia z okresu dzieciństwa i w ogóle atmosfera panująca w domu rodzinnym poszkodowanego (w tym atmosfera religijna, tolerancyjna), a także stosunek do drugiego człowieka, przyrody i środowiska oraz miejsce służby strażackiej w życiu poszkodowanego i codzienne przeżycia wynikające z pełnienia tej służby. Te czynniki wpływają na późniejsze życie wiary.

Diagnoza teologiczna pozwala duszpasterzowi przekonać się, czy zdobył on zaufanie współrozmówcy. Całemu procesowi musi przyświecać prawda, zgodnie z którą nikt nie traktuje człowieka poważniej niż Bóg. To Bóg stworzył go na swój obraz i swoje podobieństwo, jak zapewnia Pismo Święte. Właśnie w kontakcie z duszpasterzem poszkodowany może nauczyć się patrzeć na siebie z Bożego punktu widzenia. Duchowny musi pamiętać, że rozmowa duszpasterska różni się zasadniczo od rozmowy terapeutycznej. W przypadku tej pierwszej życie ludzkie widziane jest w świetle Bożym, czyli znacznie dokładniej, ostrzej. Postrzegane jest w całej rzeczywistości, a nie w jej części. Takiemu spojrzeniu ma towarzyszyć nie atmosfera lęku, niepewności i grozy, ale poczucie, że w Bogu jest pokój, że On jest Dobrym Pasterzem, który ma o człowieka staranie i przyjmuje każdego, kto chce do Niego powrócić. Mówiąc inaczej, współrozmówca, gdy nabierze pewności, że Bóg go nie odrzuci, ale przyjmie takim, jakim jest, i że przebaczy wszelkie życiowe niedociągnięcia, upadki, może zdecydować się na wyznanie grzechów, na pokutę [26, s. 225]. Oczywiście nie można nalegać i mówić poszkodowanemu, żeby wyznał swój grzech czy się wyświadczył. Można mu pomóc inaczej. Gdy duszpasterz widzi, że dana osoba się szamota, że ma pragnienie pojednania się z Bogiem, może powiedzieć: „Mam wrażenie, że chce mi pan(i) coś powiedzieć”. Wtedy współrozmówca zazwyczaj decyduje się na wyznanie win. Tak jak strażak musi dopilnować, żeby całkowicie ugasić pożar, usunąć jego ogniska zapalne, aby nie zagrażały człowiekowi, tak duszpasterz musi bardzo dokładnie omówić winę swego współrozmówcy. Nie może być żadnych niedomówień. Możliwe, że będzie to wielki szok dla poszkodowanego [17, s. 353]. Byłoby dobrze, gdyby wtedy duszpasterz pomógł mu znaleźć pozytywne cechy jego życia i zachowania, tak by poczuł się dowartościowany i pragnął je umacniać.

## Pomoc duszpasterska to?

Duszpasterska pomoc to przede wszystkim rozmowa. Bardzo istotną rolę przypisuje się w niej pytaniom. Ich zadawanie jest wielką sztuką. W duszpasterstwie mamy do czynienia z czterema zasadniczymi typami pytań. Według Scharfenberga są to:

- „pytania zamknięte, na które można odpowiedzieć „tak” lub „nie” (a więc zaczynające się od słowa „czy”) albo kilkoma słowami (a więc zaczynające się od słów: „kto”, „gdzie”, „który”, „ile”) i które są najmniej odpowiednie, gdyż nie posuwają rozmowy naprzód i sprawdzają ją do formy przesłuchania;
- pytania sugestywne (Czy miewa pan bóle? Od kiedy pan to ma? Prawda, przecież ma pan bóle? Czy parasol nie był czarny?);
- pytania motywacyjne (typu „Dlaczego?”), które sprawdzają na drogę racjonalizowania i prawie zawsze pobudzają zachęcając do usprawiedliwiania się przez rozmówcę (jestem niewinny). Na wiele tego typu pytań nie da się odpowiedzieć, bo często prowadzą one do zastoju w rozmowie, więc duszpasterz powinien ich unikać);

- pytania otwarte, które są dłuższe i wymagają dłuższej odpowiedzi (np. „Proszę, niech pan opowie, co pana tu sprowadza?”), a ponadto odnoszą się do uprzednich spraw (echo, wyjaśnienie pośrednie, wyjaśnienie bezpośrednie, konfrontacja, powtórzenie pytania).

Pytania otwarte są głównym elementem rozmowy, pomocy duszpasterskiej. Mogą one nie raz informować ale przede wszystkim dają poszkodowanemu możliwość emocjonalnego wytchnienia i lepszego wglądu we własny problem” [13, s. 49].

Bardzo ważną rzeczą w czasie rozmowy duszpasterskiej jest zwiastowanie Słowa Bożego. Jednak osoby szukającej pomocy nie wolno bombardować wersetami biblijnymi, bo wtedy może się ona całkowicie zamknąć w sobie albo poczuć nierównym partnerem w rozmowie, albo też umocnić w swoim uporze i obronie własnych przemyśleń. Podstawową zasiewu Słowa Bożego jest odpowiednie przygotowanie gruntu we współrozmówcy. Temu służyło nawiązanie kontaktu i poznanie osobowości człowieka, czyli sformułowanie diagnozy. Duszpasterstwo zasadza się na nauce Chrystusa. Duszpasterz musi mieć na uwadze przypowieść o siewcy, w której Jezus mówi, że ziarno pada na różną glebę i że tylko to ziarno, które pada na dobrą glebę, wydaje owoc [22, s. 33]. Podobnie jest ze zwiastowaniem Słowa Bożego podczas rozmowy duszpasterskiej czy w chwili niesienia pomocy duszpasterskiej. Zdając sobie z tego sprawę, duszpasterz musi właśnie najpierw odpowiednio przygotować grunt w swoim rozmówcy. Nieraz trzeba sprawić, by poszkodowany pozbył się uprzedzeń do Słowa Bożego czy do samego Boga, a także fałszywych projekcji, urazów, zabobonów, przesądów itp. Czasem współrozmówcę trzeba najpierw uspokoić. Można w tym celu zrobić krótką przerwę w rozmowie umożliwiającą poszkodowanemu wejrzeć w siebie i może trochę przeanalizować dotychczasową wymianę myśli. Każda przerwa musi być jednak uzasadniona i wносить coś do rozmowy. Nie może wynikać z niewiedzy. Dobrze, jeśli na zakończenie rozmowy duszpasterz zada jakieś pytanie, które będzie impulsem do dalszych indywidualnych przemyśleń, albo załączkiem kolejnego spotkania. Można w ten sposób zasygnalizować problem, nad którym współrozmówca powinien się zastanowić. Warto, żeby duszpasterz miał też w zanadru pytanie, które zachęci mówiącego do refleksji, a właściwie do zajęcia odpowiedniego stanowiska, a więc do podjęcia jakiejś decyzji. To z jednej strony bardzo trudne, a z drugiej bardzo inspirujące i ciekawe dla poszkodowanego, bo zmusza go do pracy nad sobą. Podczas rozmowy duszpasterskiej można też udzielić jakiejś rady, wskazówki, np. polecić przeczytanie odpowiedniego psalmu albo innego fragmentu Słowa Bożego, [4, s. 65–72] co z pewnością pomoże poszkodowanemu w znalezieniu ciszy, spokoju na rozmowę z Bogiem, na medytację nad nieprzemijającą prawdą, jaką jest Słowo Boże. Dopiero potem można powoli finalizować rozmowę. Na jej zakończenie duszpasterz powinien zapewnić współrozmówcę, że jeszcze raz przeanalizuje jego problem i że o swoich spostrzeżeniach poinformuje go przy następnym spotkaniu. „Wynik rozmowy należy uznać za pomyślny, jeśli udało się doprowadzić naszego partnera do poznania własnej odpowiedzialności, do uznania swego problemu jako czegoś jednorazowego, co właśnie jemu zostało postawione” [13, s. 50].



## Cel pomocy duszpasterskiej

Celem pomocy duszpasterskiej jest przede wszystkim pomoc w wierze. Żaden duszpasterz nie może w takim przypadku patrzeć tylko przez pryzmat konfesji. W duszpasterstwie nie można uprawiać prozelityzmu, gdyż byłoby to zupełnym zaprzeczeniem nauki Jezusa Chrystusa. Są sytuacje, w których duchowny musi schować swoją konfesję i być zwiastunem wyłącznie Słowa Bożego. Trudności ze zwiastowaniem Słowa Bożego w rozmowie duszpasterskiej czy podczas udzielania pomocy duszpasterskiej możemy napotkać wtedy, gdy mamy do czynienia z ludźmi bardzo mocno doświadczonymi przez życie, z ludźmi, którzy byli bardzo aktywnymi chrześcijanami, a z powodu swojego cierpienia być może zamknęli się na Bożą Prawdę. W takim przypadku duszpasterz nie może pozwolić sobie na wygłaszanie kazania na temat cierpienia. Powinien raczej zapewnić poszkodowanego, że rozumie jego sytuację, że rozumie głębię jego cierpienia, krzyża [5, s. 95]. Dopiero po pewnym czasie można przejść do zwiastowania Słowa Bożego. Jednakże trzeba pamiętać, by znalazło się w nim słowo pocieszenia. Najlepiej będzie, gdy duszpasterz zapewni o pocieszeniu, które płynie z Chrystusowego krzyża, z Ewangelii. Warto wtedy zacytować odpowiednie wersety, ale tak, aby nie odstraszały, tylko utwierdzały w tym, że właściwe pocieszenie jest w Jezusie Chrystusie [20, s. 141]. To jest jedna strona zwiastowania Słowa Bożego. Druga jest zupełnie inna. Słowa, które cytuje albo do których nawiązuje duszpasterz, mogą być jego współmówcy bardzo dobrze znane i mogą w nim budzić wspomnienia pozytywne lub negatywne. Słowa są zazwyczaj przyjmowane bardzo emocjonalnie. Dla jednego poszkodowanego mają wartość, drugiemu nic nie mówią. To zmusza duszpasterza do ostrożnego szermowania Słowem Bożym. Sytuacja może być niekorzystna, wręcz niekomfortowa, jeśli duszpasterz za wszelką cenę chce nieść pomoc poszkodowanemu tylko poprzez zwiastowane Słowo Boże. To może doprowadzić do zakłócenia komunikacji. Wcześniejszy wysiłek włożony w nawiązanie kontaktu i sformułowanie diagnozy może pójść na marne. Drwiący uśmiech albo przykre milczenie współmówcy są dla duszpasterza sygnałem, że komunikacja jest zerwana. Wtedy trzeba na nowo, w inny sposób, próbować nawiązać kontakt z poszkodowanym. Biblijne słowa wypowiedziane przez duszpasterza mogą też spowodować coś, czego on nie zamierzał. Współmówca może posłużyć się nimi, aby uciec przed rozprawieniem się ze swoim bólem. Zamiast znosić swoje cierpienie i dzięki temu wzrastać w wierze i zbliżać się do Jezusa Chrystusa, rozpoczyna dyskusję na temat zacytowanego fragmentu Pisma Świętego. Jest to sytuacja wielce niekorzystna dla duszpasterza. Sytuacja jest jasna, gdy poszkodowany sam prosi o zacytowanie wersetów biblijnych czy o modlitwę. Wówczas nie ma problemu ze zwiastowaniem Ewangelii. Taka osoba może swobodnie, nawet w ostatniej chwili życia, wzrastać w wierze [12, s. 59–60].

Z powyższych rozważań wynika, że zwiastowanie jest obowiązkiem duszpasterza. Jednakże musi być ono dostosowane do potrzeby chwili, a także do konkretnego człowieka oczekującego pomocy. Duszpasterz musi wziąć po uwagę stan fizyczny i psychiczny danej osoby. Zwiastowane Słowo Boże raz może dawać radość, szczęście, natchnie nadzieją i miłością oraz zapewnić o przebaczeniu i odpuszczeniu grzechów, innym razem

może smagać, oskarżać, wytykać błędy i uchybienia, a jeszcze innym razem może osuszyć łzy i przynieść pociechę strapionemu i obciążonemu sercu. To właśnie w zwierciadle Słowa Bożego poszkodowany powinien ujrzeć siebie. Wtedy może zobaczyć, że jest grzesznikiem i że jest winny cierpienia, męki i śmierci Jezusa Chrystusa. Powinien też jednak zobaczyć nieprzemijającą miłość Boga. Powinien dostrzec Tego, który przebacza każdy grzech. Tylko wówczas może powiedzieć o swojej winie [24, s. 167]. Po wyznaniu winy człowiek nie cierpi już pod całym balastem przeszłości, nie musi stale oglądać się do tyłu, ale zaczyna nowe życie i patrzy z ufnością, nadzieją w przyszłość. Trzeba jednak pamiętać, że „[u]zyskanie całkowitej pewności i jasności odnośnie czyjejs winy nie jest tu na ziemi dla żadnego człowieka możliwe. Poznanie grzechów ma po prostu swoje granice. Można dopomóc partnerowi przez to, że w całej pokorze stanie się z nim przed Bogiem. On jeden zna najlepiej każdego człowieka, może wnikać w głąb jego serca, wydać sprawiedliwy osąd, a wreszcie ułaskawić grzesznika. Kto doznał tej łaski i wyzwolenia z dręczącej go winy, ten będzie mógł tym bardziej miłować Boga i ludzi. Umacnianie tej miłości należy do istoty duszpasterskiej pomocy poszkodowanemu. Celem naszej pomocy będzie, aby nasz partner stał się zdolnym do uporządkowania swego życia – nie według swoich życzeń czy wyobrażeń, ale od strony Bożego prawa do panowania nad nami, do kierowania jego życiem według Bożego upodobania” [3, s. 104].

Udzielając pomocy duszpasterskiej poszkodowanemu, ofiarowuje się mu pomoc w wierze w Trójjedynego Boga, a także pomoc w życiu. Poszkodowany może być człowiekiem niewierzącym lub niepraktykującym chrześcijaninem, dla którego zbawcze dzieło Jezusa Chrystusa nie przedstawia wielkiej albo żadnej wartości. Taka osoba zazwyczaj widzi w swoim cierpieniu zło albo życiowego pecha. Tu właśnie wyłania się bardzo ważne zadanie dla duszpasterza. Ma on pomóc poszkodowanemu zbudować pomost łączący z Chrystusem, tak by zrozumiał, że wszystko, cokolwiek ma, jest zasługą Boga i że tego Boga potrzebuje (potrzebuje Jego daru zbawienia). Rozmówca powinien odczuwać, jak biblijny Zacheusz, potrzebę spotkania z Chrystusem. [8, s. 229], [15, s. 20–21] W tej fazie pomocy duszpasterskiej mogą pojawić się pewne problemy. W jej pierwszych fazach, czyli podczas nawiązywania kontaktu i formułowania diagnozy, duszpasterz głównie słuchał, choć oczywiście kierował rozmową, uważał, by zmierzała ona we właściwym kierunku, zadawał odpowiednie pytania. To wszystko miało swój cel, swoje znaczenie. Teraz, w czasie zwiastowania Słowa Bożego, duszpasterz głównie mówi. Jednakże nie może on bombardować poszkodowanego teologicznymi prawdami, biblijnymi wersetami czy biskupimi orzeczeniami. Cały czas musi mieć na uwadze współmówcę. Poprzez swoją pomoc, rozmowę ma on po prostu przypomnieć, uzmysłowić poszkodowanemu, że teraz czas mieć staranie o duszę, o zbawienie. Chodzi o wyzwalającą moc Chrystusa [16, s. 37].

## Głoszenie Słowa Bożego

Może się wydawać, że zwiastowanie, głoszenie Słowa Bożego nie przysparza duszpasterzowi żadnych problemów. Jednak

tak nie jest. Duszpasterz musi cały czas mieć na uwadze to, z kim rozmawia, to, w jakim stanie fizycznym i psychicznym jest poszkodowany. Zwiastowanie może się odbywać w różny sposób. Na przykład poprzez literaturę – lirykę czy opowiadanie (Warto tu wspomnieć opowiadania Krystyny Royówny, ks. dr. Henryka Czembora czy ks. Jana Twardowskiego, a także pozycje doby Reformacji). Zwiastowanie Ewangelii może się również odbywać poprzez muzykę, film itp. Na pewno najprostszą metodą zwiastowania jest przeczytanie fragmentu Pisma Świętego i krótkie rozważanie. Trzeba pozwolić poszkodowanemu, żeby sam dochodził do pewnych wniosków. Dobrze, jeśli duszpasterz zna jego sytuację i dobierze dla niego odpowiedni fragment Słowa Bożego. Jednakże trzeba bardzo uważać, by sztucznie nie dopasowywać tekstu do sytuacji poszkodowanego. Należy pamiętać, że żadna składowa życia ludzkiego nie jest obca Bogu i że na każdy temat można znaleźć odpowiedni fragment. Nie wolno przy tym pozwolić na to, by poszkodowany po lekturze lub wysłuchaniu fragmentu Pisma Świętego doszedł do błędnych wniosków poprzez literalną, dosłowną interpretację tekstu, bo to może doprowadzić do pogorszenia się jego stanu. Dlatego niezwykle ważną rzeczą podczas rozmowy jest wspólna modlitwa. Byłoby dobrze, gdyby poszkodowany sam zechciał zawołać do Boga [14, s. 214]. Jeśli jednak tego nie robi, nie wolno go to tego przymuszać. Wówczas modlitwę może i powinien poprowadzić duszpasterz. W modlitwie dobrze jest zasygnalizować solidarność ze swoim współmówcą. Duszpasterz niosący pomoc musi cały czas pamiętać, że w sprawach wiary nie chodzi o retorykę, dar przekonywania, ale o otwarcie serca na bliźniego ku chwale Boga żywego [11, s. 61–64].

Zwiastowanie podczas rozmowy duszpasterskiej nie może być zlepkiem ambonowych sloganów. Nie może być zwykłą paplaniną, zbiorem maksym itp. To musi być bardzo przemyślana wypowiedź. Można to uczynić na wzór Jezusa Chrystusa, czyli poprzez jakieś obrazy wzięte z życia, poprzez podobieństwa czy przypowieści. Jednakże zwiastowanie nie może być tylko samymi obrazami, bo wtedy można zanudzić słuchacza. Wspomniane podobieństwa nie mogą być zbyt powszednie, gdyż osoba szukająca pomocy szybko się wyłączy albo zamknie na zwiastowanie. Duszpasterz powinien używać takiego języka, który będzie dla niego naturalny i trafi do współmówcy. Zwiastowanie ma poruszyć serce, ma przełamywać wszelkie opory, usuwać uprzedzenia oraz otwierać serce dla i na Boga. Podczas zwiastowania lepiej powiedzieć mniej, ale tak, by słowa zapadły w serce i wydały plon. Można to uczynić, powtarzając pewne prawdy biblijne albo zapisując je na kartce, żeby poszkodowany mógł zawsze do nich powrócić. Dziś duszpasterz może też łatwo ofiarować Biblię albo Nowy Testament wraz z Psalmami. Taki prezent może pomóc poszkodowanemu znaleźć sens własnego życia i lek na duchowy niepokój. Byłoby dobrze, gdyby w Biblii na okładkach znalazły się proponowane teksty i nr strony, gdzie szukać pomocy Bożego Słowa w potrzebie np. (pomoc w cierpieniu, chorobie, modlitwa dziękczynna, pomoc w podejmowaniu decyzji, itp.). To może upewnić poszkodowanego, że zwiastowanie nie było pozbawione sensu, ale że jest prawdą zasadzającą się na Słowie Bożym, które jest podstawą wiary i tę wiarę kształtuje. Wiara musi być stale umacniana. Osoba oczekująca pomocy duszpasterskiej powinna otrzymać tę pomoc w postaci

zaufania do siebie i przekonania, że Bóg stawia przed człowiekiem zadania do końca życia, i to niezależnie od tego, w jakim człowiek jest stanie. Myślę tu przede wszystkim o stanie fizycznym. Bóg stawia zadania nawet przed osobą niepełnosprawną. Dając człowiekowi zadanie, Bóg uzmysławia mu jego godność nawet przez ciężki los [18, s. 366–367]. Poruszając tę kwestię z poszkodowanym, duszpasterz może mu podarować książkę autorstwa Joni Eraksson.

Udzielając pomocy duszpasterskiej poszkodowanemu oraz jego rodzinie, można to robić przez wzmacnianie wiary dzięki trzem elementom, które Adelheid Rensch uważa za priorytetowe, a mianowicie dzięki: medytacji, nabożeństwu i modlitwie. Nie może ich zabraknąć ani podczas rozmowy duszpasterskiej, ani podczas udzielania pomocy duszpasterskiej. Zwiastowanie ma pomóc zastanowić się nad sobą, nad własnym życiem, jego sensem. To jest chrześcijańska medytacja. Przeżywanie nabożeństwa to przeżywanie społeczności z Bogiem – czy to przez lekturę Słowa Bożego, czy przez nabożną pieśń. Dzięki temu człowiek może się otworzyć na Boga i zacząć z Nim rozmawiać w modlitwie. Najważniejszą rzeczą podczas udzielania pomocy czy porady duszpasterskiej nie jest samo wyznanie grzechów. Owszem, to jest dobre, pożyteczne i potrzebne na drodze wiary, ale najważniejsze jest to, by poszkodowany poznał drogę, którą ma iść dalej. Nie chodzi o to, by duszpasterz wskazał kolejny krok, bo to uczyniłoby z poszkodowanego niewolnika. On musi sam podejmować decyzje [7, s. 69]. Zanim to jednak zrobi, duszpasterz może, a nawet powinien przedstawić mu inne możliwości wyjścia z kryzysu, a także pokazać pewne konsekwencje takich a nie innych decyzji, a nawet niebezpieczeństwa i tragedie, jakie one za sobą pociągają. Do żadnej decyzji nie wolno przymuszać. Zachęta do zaakceptowania trudnej decyzji powinna być potwierdzona tym, że duszpasterz jest gotów udzielić pomocy i że naprawdę jej udzieli. Tu ponownie przydatna może być modlitwa – oczywiście, jeżeli poszkodowany sobie tego życzy.

## Podsumowanie

Należy bardzo uważać na to, by zwiastowaniem nie zrazić do siebie rozmówcy. Nie może być ono czynione na siłę. Należy też zwracać uwagę na to, żeby podczas zwiastowania, gdy duszpasterz przejmuje inicjatywę w rozmowie, nie wytworzył się dystans pomiędzy poszkodowanym a duchownym. Wówczas atmosfera stanie się przygniatająca, współmówca będzie miał poczucie, że jego wolność jest zagrożona, i skryje się, jak bokser, za podwójną gardą. Człowiek oczekujący pomocy duszpasterskiej nie może czuć, że traci wolność, że duszpasterz chce mu ją zabrać. Aby do tego nie doszło, duszpasterz, podsumowując rozmowę, musi się zastanawiać nad tym, jak ją zakończyć, ale także nad tym, jak zapewnić poszkodowanego, że otrzyma dalszą pomoc duszpasterską. Jeśli poszkodowany jest w szpitalu, duszpasterz może mu wspomnieć o szpitalnej kaplicy, gdzie codziennie odbywają się modlitwy. Może też skontaktować go z osobą, która pomoże mu się do tej kaplicy udać. Duszpasterz nie może rozmawiać z poszkodowanym o wszystkim i o niczym. Nie może zakładać sztywnych ram czasowych spotkania, ale musi mieć na uwadze to, z kim i gdzie rozmawia. Musi baczenie



obserwować poszkodowanego, aby nie przekroczyć granicy jego sił, bo to oznaczałoby, że rozmowę należy zakończyć, chociaż sama diagnoza i pomoc nigdy się nie kończą. Gdy problem i sposoby jego rozwiązania zostały omówione i gdy poszkodowany wybrał drogę, którą pragnie pójść, rozmowę rzeczywiście można już zakończyć. Nie oznacza to wcale, że kontakt zostaje zerwany. Duszpasterz powinien jeszcze raz poinformować współrozmówcę o możliwości ponownego skontaktowania się i spotkania z nim. Poszkodowany musi pozostać z poczuciem, że duszpasterz wierzy w jego poprawę, w możliwość odnalezienia siebie. Spotkanie duszpasterskie dzieje się bowiem w nadziei na przyszłość, która wypełnia się w Królestwie Bożym.

Każda rozmowa czy pomoc duszpasterska zmusza duchownego do refleksji, do wejścia w siebie. Nie pozostaje też bez wpływu na jego psychikę i pełnioną przez niego służbę. Czasami wręcz odciska swoje piętno na jego życiu. Podczas rozmowy duszpasterz musi często identyfikować się ze swoim współrozmówcą, aby go lepiej rozumieć. Po jej zakończeniu powinien jednak radykalnie się oczyścić i „wrócić do siebie”, aby pozostać osobą zdrową psychicznie i móc dalej pomagać innym [6, s. 273–274].

## Literatura

- [1] Baker M., *Jezus. Największy terapeuta wszech czasów. Psychologiczne przesłanie Ewangelii*, Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2011.
- [2] Bendyktowicz O., *Duszpasterstwo i psychoterapia*, Wydawnictwo Naukowe ChAT, Warszawa 2002.
- [3] Benedyktowicz W., *Co powinniśmy czynić. Zarys ewangelickiej etyki teologicznej*, Wydawnictwo ChAT, Warszawa 1993.
- [4] Bonhoeffer D., *Naśladowanie*, Wydawnictwo „W drodze”, Poznań 1997.
- [5] Bonhoeffer D., *Wybór pism*, Biblioteka Więzi, Warszawa 1970.
- [6] Broocks R., *Bóg nie umarł*, Dom Wydawniczy Rafael, Kraków 2013.
- [7] Carlson R., *Antidotum na wielki ból*, Studio Emka, Warszawa 2004.
- [8] Drath J., Poniewierski J. (red.), *Na początku był Chrystus*, Wydawnictwo Znak, Kraków 2016.
- [9] Fallaci O., *Siła rozumu*, Wydawnictwo Cyklady, Warszawa 2004.
- [10] Giemza B., Hintz M. (red.), *Luterański katechizm dla dorosłych*, Wydawnictwo Warto, Dzięgielów 2017.
- [11] Grabowski J., *Przewodnik dla poszukujących*, Edycja Świętego Pawła, Częstochowa 2016.
- [12] Grabowski J., *Przewodnik dla pytających o wiarę*, Edycja Świętego Pawła, Częstochowa 2015.
- [13] Gryniakow J., *Duszpasterstwo ewangelickie*, Wydawnictwo Naukowe ChAT, Warszawa 1980.
- [14] Hahn W., *Zaburzenia psychiczne w świetle Biblii*, Wydawnictwo Kononia, Ustroń 2008.
- [15] Halik T., *Cierpliwość wobec Boga*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2013.
- [16] Hintz M., *Chrześcijańskie sumienie. Rozważania o etyce ewangelickiej*, Wydawnictwo Głos Życia, Katowice 2006.
- [17] *Katolicki katechizm dla dorosłych*, Wydawnictwo Świętego Wojciecha, Poznań 1987.
- [18] Kübler-Ross E., *Koło życia. Rozważania o życiu i umieraniu*, Laurum, Warszawa 2010.
- [19] Lasogga F., *Psychische Erste Hilfe bei Unfällen*, Oldenburg 2009.
- [20] Miduch M., *Biografia Syna Bożego*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2017.
- [21] Miller W., *Practical Psychology for Pastors*, Prentice-Hall, New Jersey 1985.
- [22] Nesti C., *Mój psycholog nazywa się Jezus*, Edycja Świętego Pawła, Częstochowa 2008.
- [23] Rensch A., *Das seelsorgerliche Gespräch*, Göttingen 1970.
- [24] Sauter G., *Podstawowe pytania wiary*, Wydawnictwo Augustana, Bielsko-Biała 1997.
- [25] Schroeder M., *100 pytań do kapelanów Straży Pożarnej*, SA PSP Poznań, 2004.
- [26] Wojciechowski M., *Jak dziś mówić o wierze*, Wydawnictwo Petrus, Kraków 2016.

**KS. ST. KPT. ADAM GLAJCAR** – kapelan krajowy strażaków wyznania ewangelicko-augsburskiego. Swoją duszpasterską służbę pełnił w parafiach w Goleszowie i Wiśle Czarnem. Obecnie jest proboszczem-administratorem w Częstochowie. Założył kościelny periodyk „Nasza Gazetka”. Swoimi artykułami wzbogacił książkę *100 pytań do kapelanów straży pożarnej* pod redakcją Macieja Schroedera. Był członkiem zespołu opracowującego ceremoniał pożarniczy. Jest współautorem broszur *Historia ewangelickiego życia religijnego w Wiśle Czarnem* i *100-lecie poświęcenia kamienia węgielnego kościoła Wniebowstąpienia Pańskiego w Częstochowie*, a także autorem wielu artykułów o tematyce historyczno-religijnej, etycznej i duszpasterskiej.

mł. bryg. dr n. med. Mariusz Chomonicik<sup>a), c)</sup>, bryg. lek. Jacek Nitecki<sup>b), e)★</sup>,  
mgr Urszula Cisoń-Apanasewicz<sup>c)</sup>, bryg. lek. Leszek Smolarczyk<sup>d)</sup>

<sup>a)</sup>Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie / State Fire Service School in Kraków

<sup>b)</sup>Komenda Wojewódzka PSP w Krakowie / Małopolska Headquarters of the State Fire Service

<sup>c)</sup>Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu / State University of Applied Sciences in Nowy Sącz

<sup>d)</sup>Komenda Główna PSP / The National Headquarters of the State Fire Service of Poland

<sup>e)</sup>Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum w Krakowie, Zakład Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej / Jagiellonian University Medical College, Department of Disaster and Emergency Medicine

★Autor korespondencyjny/Corresponding author: jnitecki@straz.krakow.pl

## Ratownik medyczny w Państwowej Straży Pożarnej – od teorii do praktyki

Paramedics in the State Fire Service – from Theory to Practice

Парамедик в Государственной Пожарной Службе – от теории к практике

### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest analiza prawnych aspektów funkcjonowania ratownika medycznego w jednostkach Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG). W artykule określono także obszary, w których wskazane jest wykorzystanie wiedzy i umiejętności ratowników medycznych w ramach funkcjonowania KSRG, oraz przedstawiono ocenę stanu zatrudnienia tej grupy zawodowej w Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

**Wprowadzenie:** Liczba ratowników medycznych w KSRG stale rośnie, choć w poszczególnych województwach jest ona zróżnicowana. Zauważalna jest jednak także niekorzystna tendencja – tylko co trzeci ratownik medyczny chce utrzymać swoje uprawnienia uzyskane na studiach lub w studium.

**Wnioski:** Analiza aktów prawnych pozwala zauważyć pewne sprzeczności w ich zapisach, co oznacza, że konieczne jest doprecyzowanie obecnie funkcjonującego prawa. Sytuacja ta powoduje, że osoby decydujące o kształcie KSRG ostrożnie podchodzą do zmian w zakresie ratownictwa medycznego. Równocześnie coraz częściej można spotkać jednostki Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP) specjalizujące się w ratownictwie medycznym, w tym te wyposażone w ambulanse. Należy podkreślić, że liczba tzw. izolowanych zdarzeń ratownictwa medycznego, a więc tych, podczas których jednostki KSRG prowadzą działania z powodu czasowej niewydolności Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM), stale rośnie, w związku z czym wymagania wobec ratowników w zakresie ratownictwa medycznego się zwiększają. Coraz większe są też wymagania prawne dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa ratownikom podczas skomplikowanych i niebezpiecznych działań oraz ćwiczeń. W zabezpieczeniu prowadzonych przez siebie działań i ćwiczeń jednostki KSRG często chcą posilkować się zespołami PRM, co spotyka się z odmową dyspozytorów medycznych (brak odpowiednich regulacji prawnych). Muszą być wówczas stosowane rozwiązania doraźne, a nie systemowe, co niekiedy wiąże się z dodatkowymi kosztami. Z uwagi na obowiązkowe wyszkolenie każdego ratownika PSP w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy, a także z uwagi na wynikający z prawa system przeprowadzania – co trzy lata – egzaminów potwierdzających posiadanie odpowiednich kwalifikacji w każdej jednostce ratowniczo-gaśniczej (JRG) musi być grupa instruktorów prowadzących systematycznie zajęcia doskonalące. Również do utrzymania należytego poziomu wyszkolenia ratowników medycznych konieczne jest stworzenie w PSP własnego systemu doskonalenia zawodowego tej grupy zawodowej – programów szkoleń, systemu nadzoru i certyfikacji, centrów symulacyjnych. Problematyczna może okazać się sprawa obrotu lekami, które ratownicy medyczni mogą stosować w ramach świadczeń zdrowotnych poza PRM.

**Słowa kluczowe:** ratownik medyczny, ratownictwo medyczne, Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

Przyjęty: 04.09.2017; Zrecenzowany: 15.12.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 96–108, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.7;

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

### ABSTRACT

**Aim:** The purpose of this paper is to analyse the legal aspects of the functioning of a paramedic in KSRG units. The paper also defines the areas in which it is advisable to make use of the knowledge and skills of this professional group within the framework of KSRG operations, and offers an assessment of the employment status of this working group in the State Fire Service (PSP).

**Introduction:** The number of paramedics in the KSRG has been growing steadily, although the figures differ by voivodeship. The reasons for this state of affairs cannot be determined unambiguously. Also, one unfavourable trend is noticeable – only one in three paramedics wishes to maintain his or her qualifications obtained during studies.

**Conclusions:** An analysis of legal regulations reveals some contradictions that require further clarification in current law. This situation contributes to the cautious attitude of those who decide on the shape of the KSRG in relation to changes in the field of emergency medical services.

It should be emphasised that the number of so-called isolated medical events, i.e. those in which the KSRG units operate due to the temporary unavailability of the PRM, is constantly increasing. Therefore, the requirements for paramedics providing emergency medical services are growing. We can also observe the tightening of the legal requirements to ensure the safety of paramedics during complicated and dangerous activities and exercises. KSRG units often call for PRM teams to take part in securing their activities and exercises, which is denied (on the grounds of there being no laws governing this area). This necessitates the use of ad-hoc, rather than standardised, solutions and is sometimes associated with additional costs.

Due to the compulsory training of each PSP paramedic in advanced first aid as well as the legally required system of conducting examinations every three years confirming the possession of appropriate qualifications in each JRG, there must be a group of instructors conducting regular professional training. Also, to maintain a proper level of training for paramedics, it is necessary that a professional development system be created for this group within the PSP units, complete with training programmes, a supervision and certification system, and simulation centers. A particularly problematic issue relates to the purchase of medicines by paramedics for the purposes of providing health services outside of the PRM.

**Keywords:** paramedic, medical rescue, National Rescue and Firefighting System

**Type of article:** review article

Received: 04.09.2017; Reviewed: 15.12.2017; Published: 29.12.2017;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 96–108, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.7;

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 статьи – проанализировать правовые аспекты работы парамедика в подразделениях Национальной Спасательно-Гасящей Системы (KSRG). В статье также определены области, в которых целесообразно использовать знания и навыки парамедиков в рамках функционирования KSRG, а также представлена оценка статуса занятости этой профессиональной группы в Государственной Пожарной Службе (PSP).

**Введение:** Число парамедиков в KSRG постоянно увеличивается, хотя в отдельных воеводствах оно отличается. Однако, замечается неблагоприятная тенденция – только каждый третий медицинский парамедик хочет сохранить свои полномочия, полученные во время учебы.

**Выводы:** Анализ правовых актов выявляет некоторые противоречия в их записях. Это означает, что необходимо уточнить действующее в настоящее время законодательство. Настоящая ситуация означает, что лица, принимающие решения о форме KSRG осторожно относятся к изменениям в области неотложной медицинской помощи. В то же время все чаще можно встретить подразделения Добровольной Пожарной Охраны (OSP), специализирующиеся на неотложной медицинской помощи, в том числе оснащенные машинами скорой помощи. Следует подчеркнуть, что число так называемых изолированных событий медицинской помощи, т.е. тех, в течение которых подразделения KSRG проводят действия из-за временной неэффективности Государственной Медицинской Скорой Помощи (PRM), постоянно увеличивается, и поэтому требования к спасателям в области неотложной медицинской помощи растут. Растут также законодательные требования для обеспечения безопасности спасателей во время сложных и опасных действий и тренировок. Для обеспечения проводимой деятельности и упражнений подразделения KSRG часто ожидают помощь от команд PRM, но встречается с отказом медицинских диспетчеров (отсутствие соответствующих правовых норм). В таких ситуациях следует использовать временные, а не системные решения, которые иногда связаны с дополнительными затратами. В связи с обязательной подготовкой каждого спасателя PSP в рамках квалифицированной первой помощи, а также из-за требования проводить – каждые три года – экзамены, подтверждающие наличие соответствующей квалификации, в каждом пожарно-спасательном отделении (JRG) должна присутствовать группа инструкторов, проводящих регулярные занятия по повышению квалификации. Также для сохранения надлежащего уровня подготовки парамедиков необходимо создать в PSP свою систему профессионального совершенствования этой группы – учебные программы, систему надзора и сертификации, а также центры моделирования. Проблематичным может оказаться обращение с медикаментами, которые парамедики могут использовать в рамках медицинских услуг за пределами PRM.

**Ключевые слова:** парамедик, неотложная медицинская помощь, Национальная Спасательно-гасящая Система

**Вид статьи:** обзорная статья

Принята: 04.09.2017; Рецензирована: 15.12.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;

Просим ссылаться на статью следующим образом: *BiTP* Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 96–108, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.7;

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

Nowelizacja ustawy z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (dalej: ustawa o PRM) umożliwia ratownikom medycznym wykonywanie zawodu poza systemem, jakim jest Państwowe Ratownictwo Medyczne. Zgodnie z zapisem art. 11 ust. 1 tej ustawy wykonywanie

## Background

The amendment to the Emergency Medical Service System Act of 8 September 2006 (hereinafter: PRM Act) allows paramedics to perform their duties outside of the Emergency Medical Services System. Pursuant to Art. 11 (1) of the said Act, performing the duties of a paramedic involves the

zawodu ratownika medycznego to realizacja zadań zawodowych polegających na: udzielaniu samodzielnie lub pod nadzorem lekarza świadczeń zdrowotnych, w tym medycznych czynności ratunkowych (czynności ratunkowe realizowane wyłącznie w podmiotach PRM), zabezpieczeniu osób znajdujących się w miejscu zdarzenia oraz podejmowaniu działań zapobiegających zwiększeniu liczby osób w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego, transportowaniu osób w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego, udzielaniu wsparcia psychicznego w sytuacji powodującej stan nagłego zagrożenia zdrowotnego oraz edukacji zdrowotnej i promocji zdrowia [1]. Na podstawie art. 11 ust. 3 pkt 7 ustawy o PRM ratownik medyczny w jednostkach ochrony przeciwpożarowej, o których mowa w art. 15 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2016 r. poz. 191, 298 i 904), włączonych do krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, może wykonywać zadania zawodowe w zakresie ćwiczeń, szkoleń oraz działań w strefie zagrożenia. Zapis zawarty w ustawie o PRM znalazł swoje odzwierciedlenie w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [5]. W rozporządzeniu tym przez medyczne działania ratownicze rozumie się „działania realizowane przez podmioty kserg, służące zachowaniu, ratowaniu, przywracaniu lub poprawie zdrowia realizowane podczas działań ratowniczych z zakresu kwalifikowanej pierwszej pomocy lub świadczeń zdrowotnych innych niż medyczne czynności ratunkowe, które mogą być udzielane samodzielnie lub na zlecenie”. Taki zapis umożliwia wykorzystanie umiejętności ratowników medycznych zgodnie z ich wykształceniem. Jednak ustawodawca ograniczył okoliczności, w których taka sytuacja może zaistnieć.

### Analiza podstaw prawnych

Świadczenia zdrowotne, których ratownicy medyczni mogą udzielać samodzielnie lub na zlecenie, zostały wymienione w załącznikach nr 3 i 4 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2016 r. w sprawie medycznych czynności ratunkowych i świadczeń zdrowotnych innych niż medyczne czynności ratunkowe, które mogą być udzielane przez ratownika medycznego (dalej: rozporządzenie z dnia 20 kwietnia 2016 r.) [2]. W tabeli 1 przedstawiono wykaz świadczeń zdrowotnych, których ratownik medyczny może udzielać samodzielnie (czynności ratownicze możliwe do samodzielnego wykonywania poza jednostkami PRM), a w tabeli 2 – wykaz świadczeń zdrowotnych udzielanych przez ratownika medycznego na zlecenie. Tabela ta odnosi się do sytuacji zatrudniania ratowników medycznych w oddziałach szpitalnych nienależących do systemu PRM.

following professional tasks: providing health services, including medical rescue activities (only under PRM entities), independently or under a physician's supervision, ensuring the safety of individuals at the scene and taking action to prevent further health emergencies, transporting individuals in a health emergency, providing moral support in a situation of health emergency and health education and promotion [1]. Under Art. 11 (3)(7) of the PRM ACT a paramedic in fire protection units as specified in Art. 15 of the Act of 24 August 1991 on Fire Protection (Journal of Laws of 2016, items 191, 298 and 904), included in the National Rescue and Firefighting System (the KSRG), is allowed to perform his/her duties with regard to practice, training and actions in the danger area. The provision included in the PRM Act is reflected in the Regulation of the Minister of the Interior and Administration of 3 July 2017 on the detailed organisation of the National Rescue and Firefighting System [5]. This Regulation defines medical rescue activities as “actions by KSRG entities meant to protect, rescue, restore or improve health taken during rescue operations involving advanced first aid or health services other than medical rescue activities, which may be provided independently or on a contract”. This provision facilitates using the skills of paramedics in accordance with their education. However, the legislator has restricted the situations in which this is possible.

### Analysis of the legal basis

Health services that can be provided by paramedics independently or on a contract are listed in Annexes 3 and 4 to the Regulation of the Minister of Health of 20 April 2016 on medical rescue activities and health services other than medical rescue activities, which may be provided by a paramedic (hereinafter: Regulation of 20 April 2016) [2]. Table 1 presents a list of health services which a paramedic may provide independently (rescue activities which can be performed individually outside of PRM units) and Table 2 shows a list of health services provided by paramedics on contracts. This table shows the employment of paramedics at hospital departments which are not in the PRM system.

**Tabela 1.** Świadczenia zdrowotne udzielane przez ratownika medycznego samodzielnie**Table 1.** Health services performed by a paramedic independently

Lp. No.	Świadczenia zdrowotne inne niż medyczne czynności ratunkowe, które mogą być udzielane samodzielnie przez ratownika medycznego/ Health services other than medical rescue activities, which may be performed independently by a paramedic
1.	Ocena stanu pacjenta/Evaluation of the patient's state of health
2.	Układanie pacjenta w pozycji właściwej dla stanu pacjenta lub odniesionych obrażeń/Placing the patient in a position appropriate for his/her state of health or injuries
3.	Podjęcie i prowadzenie podstawowej i zaawansowanej resuscytacji krążeniowo-oddechowej zgodnie z aktualną wiedzą medyczną/Initiating and conducting basic and advanced CPR in accordance with the current medical knowledge.
4.	Bezprzędowe przywracanie drożności dróg oddechowych/Basic airway management
5.	Przyrządowe przywracanie i zabezpieczanie drożności dróg oddechowych z zastosowaniem w szczególności: 1) rurki ustno-gardłowej, 2) rurki nosowo-gardłowej, 3) przyrządów nadgłośniowych, 4) konikopunkcji Advanced airway management using in particular: 1) oropharyngeal airway, 2) nasopharyngeal airway, 3) supraglottic airway devices, 4) needle cricothyroidotomy
6.	Odsysanie dróg oddechowych/Airway suctioning
7.	Podjęcie tlenoterapii czynnej lub wspomagania oddechu, lub sztucznej wentylacji płuc metodami bezprzędowymi i przyrządowymi, z użyciem tlenu lub powietrza, w tym z użyciem respiratora/Initiating active oxygen therapy or respiratory support, or artificial lung ventilation using basic and advanced methods, with oxygen or air, including with the use of a respirator
8.	Wykonanie intubacji dotchawiczej i prowadzenie wentylacji nieinwazyjnej w nagłym zatrzymaniu krążenia/ Performing endotracheal intubation and conducting non-invasive ventilation in a cardiac arrest
9.	Wykonanie defibrylacji zautomatyzowanej/Performing automated defibrillation
10.	Wykonanie defibrylacji manualnej na podstawie EKG lub zapisu kardiomonitora/Performing manual defibrillation on the basis of ECG or cardiac monitor records.
11.	Wykonanie i ocena zapisu EKG/Performing and evaluating the ECG
12.	Monitorowanie czynności układu oddechowego/Monitoring respiratory function
13.	Monitorowanie czynności układu krążenia metodami nieinwazyjnymi/Monitoring circulatory function using non-invasive methods
14.	Wykonanie kaniulacji żył obwodowych oraz żyły szyjnej zewnętrznej/Performing peripheral vein and external jugular vein cannulation
15.	Wykonanie dościa doszpikowego przy użyciu gotowego zestawu/Preparing intraosseous access using a ready-made set
16.	Pobieranie krwi żyłnej i włosniczkowej do badań diagnostycznych/Collecting venous and capillary blood for diagnostic testing
17.	Odbarczenie odmy prężnej drogą nakłucia jamy opłucnowej/Decompression of tension pneumothorax by needle thoracocentesis
18.	Oznaczenie parametrów krytycznych z użyciem dostępnego sprzętu/Identifying critical parameters using the available equipment
19.	Tamowanie krwawień zewnętrznych/Managing external bleeding
20.	Unieruchamianie złamań, zwichnięć i skręceń/Immobilising fractures, dislocations and sprains
21.	Opatrywanie ran/Dressing wounds
22.	Unieruchamianie kręgosłupa ze szczególnym uwzględnieniem odcinka szyjnego/Immobilisation of the spine, particularly the cervical spine
23.	Przyjęcie porodu/Delivering a baby
24.	Wykonanie segregacji medycznej pierwotnej i wtórnej/Primary and secondary triage
25.	Cewnikowanie pęcherza moczowego/Bladder catheterisation
26.	Wykonanie pomiaru temperatury głębokiej/Core temperature measurement
27.	Przygotowanie pacjenta do transportu i opieka medyczna podczas transportu/Preparing the patient for transport and medical care during transport
28.	Podawanie leków wymienionych w tabeli 3 niniejszego artykułu/Administering medicines listed in Table 3

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 3 do rozporządzenia z dnia 20 kwietnia 2016 r.

**Source:** Own study based on Annex No. 3 to the Regulation of 20 April 2016.

**Tabela 2.** Świadczenia zdrowotne udzielane przez ratownika medycznego na zlecenie**Table 2.** Health services performed by a paramedic on contract

L.p. No.	Świadczenia zdrowotne inne niż medyczne czynności ratunkowe, które mogą być przez ratownika medycznego udzielane na zlecenie/ Health services other than medical emergency services, which can be performed by a paramedic on contract
1.	Świadczenia zdrowotne wymienione w załącznikach nr 1–3 do rozporządzenia z dnia 20 kwietnia 2016 r./Health services listed in Annexes No. 1–3 to the Regulation of 20 April 2016.
2.	Asystowanie przy drobnych zabiegach chirurgicznych/Assistance in minor surgical procedures

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie załącznika nr 4 do rozporządzenia z dnia 20 kwietnia 2016 r.

**Source:** Own study based on Annex No. 4 to the Regulation of 20 April 2016.



## RESCUE AND DISASTER MEDICINE

**Tabela 3.** Lista leków, które ratownik medyczny może podawać w trakcie wykonywania swoich czynności

**Table 3.** List of medications that paramedics can administer in the course of their activities

Lp. No.	Nazwa międzynarodowa leku/ International name of medicinal product	Postać/ Form
1.	Acidum acetylsalicylicum	tabletki/pills
2.	Adenosinum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
3.	Amiodaroni hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
4.	Atropini sulfas	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
5.	Isosorbidi mononitras	tabletki/pills
6.	Budesonidum	zawiesina do nebulizacji/solution for nebulisation
7.	Captoprilum	tabletki/pills
8.	Clemastinum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
9.	Clonazepamum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
10.	Clopidogrelum (po teletransmisji EKG i konsultacji z lekarzem oceniającym zapis EKG/ after ECG teletransmission and consultation with a physician evaluation the ECG record)	tabletki/pills
11.	Dexamethasoni phosphas	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
12.	Diazepamum	tabletki, roztwór do wstrzykiwań, wlewka doodbytnicza/pills, solution for injection, enema
13.	Drotaverini hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
14.	Epinephrinum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
15.	Fentanylum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
16.	Flumazenilum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
17.	Furosemidum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
18.	Glyceroli trinitras	tabletki, aerozol do stosowania podjęzykowego/pills, sublingual aerosol
19.	Glucagoni hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
20.	Glucosum 5%	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
21.	Glucosum 20%	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
22.	Heparinum natricum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
23.	Hydrocortisonum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
24.	Hydroxyzinum	tabletki, roztwór do wstrzykiwań/pills, solution for injection
25.	Ibuprofenum	tabletki/pills
26.	Ketoprofenum	tabletki, roztwór do wstrzykiwań/pills, solution for injection
27.	Lidocaini hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań, żel/solution for injection, gel
28.	Magnesii sulfas	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
29.	Mannitolum – 15%	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
30.	Metamizolum natricum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
31.	Metoclopramidum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
32.	Metoprololi tartras	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
33.	Midazolamum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
34.	Morphini sulfas	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
35.	Naloxoni hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
36.	Natrii chloridum 0,9%	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
37.	Natrii hydrogenocarbonas 8,4%	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
38.	Papaverini hydrochloridum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection
39.	Paracetamolum	czopki, tabletki, roztwór do wstrzykiwań/suppositories, pills, solution for injection
40.	Płyn fizjologiczny wieloelektrolitowy izotoniczny / Isotonic multi-electrolyte saline	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
41.	Płyny koloidowe niewymagające pobierania przed iniekcją krwi na grupę oraz próby krzyżowej (skrobia hydroksyetylowana, żelatyna modyfikowana)/Colloids which do not require blood typing before injection and cross-matching (hydroxyethyl starch, modified gelatin)	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
42.	Salbutamolum	roztwór do wstrzykiwań, roztwór do nebulizacji/solution for injection, solution for nebulisation
43.	Solutio Ringeri – zbilansowany roztwór elektrolitowy / balanced electrolyte solution	roztwór do wlewu dożylnego/solution for intravenous infusion
44.	Thiethylperazinum	czopki, roztwór do wstrzykiwań/suppositories, solution for injection
45.	Ticagrelor (po teletransmisji EKG i konsultacji z lekarzem oceniającym zapis EKG/ following ECG teletransmission and consultation with the physician evaluating the ECG record)	tabletki/pills
46.	Tlen medyczny / Medical oxygen	gaz/gas
47.	Urapidilum	roztwór do wstrzykiwań/solution for injection

Źródło: Załącznik nr 1 do rozporządzenia z dnia 20 kwietnia 2016 r.

Source: Annex No. 1 to the Regulation of 20 April 2016

Zgodnie z *Zasadami organizacji ratownictwa medycznego w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczego* jednostki będące na miejscu zdarzenia podejmują medyczne działania ratownicze (nie medyczne czynności ratunkowe, których wykonywanie przypisano do jednostek PRM w warunkach pozaszpitalnych, lecz – zgodnie z obowiązującymi przepisami – wszelkie działania związane z udzielaniem pomocy poszkodowanym) w przypadku:

- braku zespołu ratownictwa medycznego (ZRM),
- braku możliwości wykorzystania personelu jednostek ochrony zdrowia w sytuacji, w której dostęp do poszkodowanych znajdujących się w strefie zagrożenia jest możliwy tylko dla ratowników podmiotów KSRG przy wykorzystaniu ich sprzętu ratowniczego, gdy zdarzenie ma cechy zdarzenia masowego lub mnogiego [3].

Oprócz tego jednostki KSRG, jako podmioty współpracujące z systemem (art. 15 ustawy o PRM), podejmują działania z zakresu ratownictwa medycznego w przypadku tzw. **izolowanych zdarzeń ratownictwa medycznego**. Zadania te są realizowane przez ratowników KSRG w sytuacji:

- „dysponowania na prośbę dyspozytora medycznego celem udzielenia kwalifikowanej pierwszej pomocy osobie w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego, gdy na miejscu zdarzenia obecny jest ZRM (pomoc ZRM), zaś jego potencjał ratowniczy jest niewystarczający”;
- „dysponowania na prośbę dyspozytora medycznego do osoby w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego celem udzielenia kwalifikowanej pierwszej pomocy z powodu braku możliwości zadysponowania ZRM w danym obszarze działania/rejonie operacyjnym (czasowe zastąpienie ZRM)”;
- „podejmowania działań z zakresu kwalifikowanej pierwszej pomocy u osób w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego na wezwanie osób postronnych (w trakcie przemieszczania się samochodem pożarniczym lub po zgłoszeniu stanu nagłego zagrożenia zdrowotnego do SK KP/M, lub w obszarze chronionym jednostki KSRG)” [4].

Izolowane zdarzenia ratownictwa medycznego są ściśle monitorowane przez służbę operacyjną PSP.

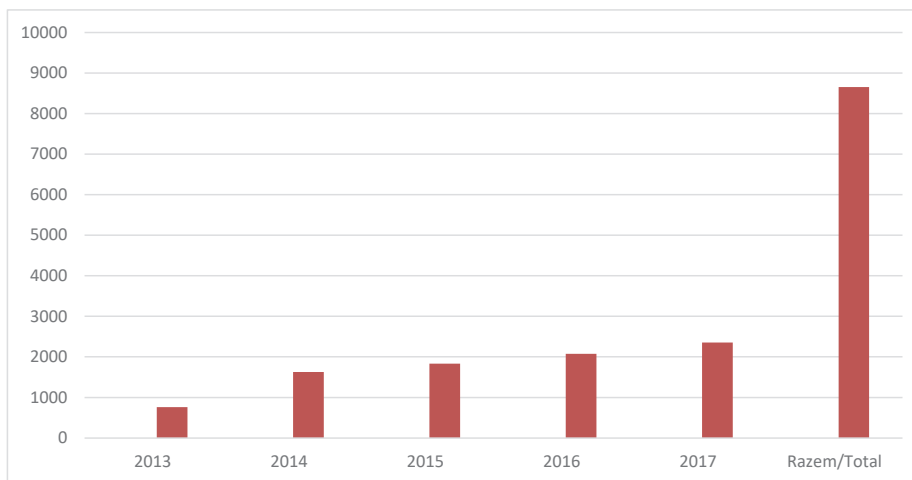
In compliance with the *Medical Rescue organisation rules in the National Rescue and Firefighting System*, units present at the scene commence medical rescue actions (not medical rescue activities, which were allocated to PRM units in non-hospital settings, but, as per the current regulations, all activities connected with providing assistance to casualties) if:

- no medical rescue team (ZRM) is present at the scene,
- the personnel of health care units is not available in a situation where access to the victims within the danger area is only possible for rescuers of KSRG entities using their rescue equipment, where the event is a mass-casualty incident or involves multiple casualties [3].

In addition, KSRG units, as entities cooperating with the system (Art. 15 of the Act on PRM) perform medical rescue actions during so-called **isolated medical events**. These tasks are performed by KSRG rescuers in the situation of:

- “being dispatched by an emergency medical dispatcher to provide advanced first aid to a person in a health emergency, when a ZRM is present at the scene (assisting ZRM), but its rescue potential is insufficient”;
- “being dispatched by an emergency medical dispatcher to provide advanced first aid to a person in a health emergency due to the unavailability of ZRM in a given area of operation (temporary substitution of ZRM)”;
- “performing actions being part of advanced first aid provision to a person in a health emergency at the request of third parties (when in a fire truck or after the notification of a health emergency to SK KP/M or within the protected area of a KSRG unit)” [4].

Isolated medical events are closely monitored by the PSP.



Rycina 1. Liczba izolowanych zdarzeń ratownictwa medycznego na terenie Polski od 2013 r. do 2017 r.

Figure 1. Number of isolated medical events in Poland from 2013 until 2017

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own study.

Obecnie art. 11 ust. 3 pkt 7 ustawy o PRM – mówiący, że ratownik medyczny może wykonywać zadania zawodowe opisane na podstawie art. 11 ust. 11 tejże ustawy podczas ćwiczeń, szkoleń oraz działań w strefie zagrożenia – jest niespójny z jej art. 15 ust. 3. Zgodnie bowiem z tym przepisem ratownicy z podmiotu włączonego do KSRG będącego jednostką współpracującą z systemem PRM mogą podejmować działania ratownicze **tylko** w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy.

Kierowanie działaniami ratowniczymi rozpoczyna się z chwilą, gdy na miejsce zdarzenia przybywają pierwsze siły i środki podmiotów KSRG oraz gdy stwierdzi się (w wyniku rozpoznania sytuacji na miejscu zdarzenia) zasadność podjęcia działań ratowniczych. Działaniami ratowniczymi kieruje uprawniona osoba, która powinna być oznakowana w sposób widoczny dla innych uczestników tych działań [5]. Kierujący działaniami ratowniczymi (KDR) w razie konieczności wyznacza strefę zagrożenia. Jest to obszar, w którym występuje zagrożenie dla życia lub zdrowia [6]. Do tego obszaru nie mają wstępu ZRM, dlatego wskazanym jest aby w tej strefie pomocy udzielali odpowiednio wyszkoleni i wyposażeni ratownicy kpp wspólnie z ratownikami medycznymi z jednostek ksrsg. Może również zaistnieć sytuacja, w której jednostki KSRG będą pierwsze na miejscu zdarzenia i konieczne będzie wykonanie działań ratowniczych na poziomie ratownika medycznego. Wówczas wiedza i umiejętności ratowników medycznych zostaną w pełni wykorzystane.

Przy braku możliwości przemieszczania poszkodowanych za pomocą środków transportu będących w dyspozycji PRM, gdy niemożliwe jest zadysponowanie ZRM na skutek niewystarczającej ich liczby lub na skutek innych okoliczności, poszkodowanych w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego można przemieszczać za pomocą sprzętu KSRG. Decyzję o wykorzystaniu środków transportu KSRG może podjąć wyłącznie KDR, korzystając z uprawnień opisanych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 4 lipca 1992 r. w sprawie zakresu i trybu korzystania z praw przez kierującego działaniem ratowniczym, lecz tylko w okolicznościach uznanych za stan wyższej konieczności. Za taki stan przyjmuje się niebezpieczeństwo, które jest rzeczywiste, bezpośrednie i któremu nie można zapobiec w inny sposób [8]. Zarówno przed podjęciem takiej ewakuacji, jak i w czasie jej trwania może się okazać, że ratownik medyczny będzie musiał wdrożyć świadczenia zdrowotne inne niż medyczne czynności ratunkowe.

Kolejnym obszarem, w którym wymagane jest zaangażowanie ratowników medycznych, są ćwiczenia i szkolenia realizowane przez podmioty KSRG. W ocenie organizatora wiążą się one z ryzykiem wystąpienia obrażeń wymagających podjęcia działań na poziomie wyższym niż kwalifikowana pierwsza pomoc zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej. Według tego rozporządzenia wspomniane ćwiczenia i szkolenia wymagają zabezpieczenia przez zespół ratownictwa medycznego inny niż pozostający w gotowości na danym terenie [6]. Zapis ten skutkuje koniecznością wynajmowania zespołów ratownictwa medycznego do zabezpieczenia określonych ćwiczeń i szkoleń, a tym samym – ponoszeniem dodatkowych kosztów. W przypadku braku takiej możliwości zabezpieczenie jest organizowane na poziomie kwalifikowanej pierwszej pomocy, co może okazać się niewystarczające.

Art. 11 (3)(7) of the currently binding PRM Act – specifying that a paramedic can perform his/her professional duties described on the basis of Art. 11 (11) of the said Act during practice, training or performing actions in the danger area – is inconsistent with Art. 15 (3) of the same. In compliance with that provision, rescuers from an entity included in the KSRG being a unit cooperating with the PRM system are **only** allowed to perform rescue activities involving advanced first aid.

The management of rescue activities begins when the first KSRG manpower and equipment arrive at the scene and on determining (having identified the situation at the scene) whether there is a justified need for rescue activities. The rescue activities are managed by an authorised person who should be marked in a way which is visible to other participants in these activities [5]. If necessary, the rescue activities manager (KDR) determines the danger area. It is an area in which a threat to life or health exists [6]. This area cannot be accessed by ZRM, which is why it is recommended that properly trained and equipped KPP rescuers provide medical assistance there along with paramedics from KSRG units. It is also possible that KSRG units are the first to arrive at the scene and performing rescue activities at the level of a paramedic might be necessary. In such situations, the knowledge and skills of paramedics will be fully taken advantage of.

If transporting casualties using the transport means at PRM's disposal is not possible, when ZRM cannot be dispatched due to the insufficient number of such teams available or as a result of other factors, casualties in a health emergency can be transported using KSRG equipment. The decision to use KSRG transport means can only be made by KDR, who exercises his/her rights specified in the Regulation of the Council of Ministers of 4 July 1992 on the scope and procedure of exercising rights by the rescue activities manager, but only under circumstances considered a state of absolute necessity. Such a state is identified when there is a real and direct threat which cannot be prevented by other available means [8]. Both before initiating such evacuation and during its course, there might be a case that a paramedic is forced to perform health services other than medical rescue activities.

Another area in which the involvement of paramedics is required involves the practice and training of KSRG entities. In the organiser's opinion, these situations involve the risk of injury requiring a higher level of rescue activities than advanced first aid, in compliance with the Regulation of the Minister of the Interior and Administration of 16 September 2008 on the detailed occupational safety and health rules applicable to the State Fire Service. According to this Regulation, the said practice and training requires the presence of a medical rescue team other than the one available at the scene [6]. This provision results in the need to hire medical rescue teams to secure specific practice and training activities and therefore involves additional costs. If this is not possible, the event can be secured at the level of advanced first aid, which might prove insufficient.

An important factor connected with the quality of assistance provided to the injured is professional improvement related to

Ważnym elementem związanym z jakością pomocy udzielanej poszkodowanemu jest doskonalenie zawodowe z zakresu ratownictwa medycznego. W jednostkach PSP jest ono realizowane przez instruktorów ratownictwa medycznego na podstawie planu doskonalenia zawodowego. Instruktorem ratownictwa medycznego może być strażak mający kwalifikacje medyczne uprawniające co najmniej do wykonywania zawodu ratownika medycznego lub pielęgniarki. Po ukończeniu szkolenia z zakresu metodyki nauczania ratownictwa medycznego w KSRG zostaje on wyznaczony przez komendanta miejskiego/komendanta powiatowego/komendanta szkoły PSP (po zaopiniowaniu przez wojewódzkiego koordynatora ratownictwa medycznego/szkolnego koordynatora ratownictwa medycznego) do wykonywania zadań instruktora z zakresu ratownictwa medycznego w ramach KSRG [3]. Należy podkreślić, że taka osoba, oprócz szkoleń dla strażaków z jednostek PSP, prowadzi szkolenia dla ratowników z jednostek OSP.

W 2016 roku weszło w życie rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie stanowisk służbowych w jednostkach organizacyjnych PSP, które uwzględni osobne stanowiska dla ratowników medycznych. W korpusie oficerskim przewidziano stanowisko koordynatora ratownictwa medycznego służby oraz utworzono stanowisko specjalisty ratownictwa medycznego służby na poziomie lokalnych komend i jednostek ratowniczo-gaśniczych, w korpusie aspiranckim przewidziano stanowisko instruktora ratownictwa medycznego służby, a w korpusie podoficerskim – stanowisko starszego ratownika medycznego służby i stanowisko ratownika medycznego służby [7]. Stanowiska te wytyczają „ścieżkę kariery” ratowników medycznych w PSP i są dla nich zachętą do stałego zwiększania kwalifikacji.

In medical rescue. In PSP units this is achieved by medical security instructors on the basis of a professional development plan. A medical rescue instructor can be a firefighter with medical qualifications allowing him/her to work as a paramedic or a nurse. After completing a training course on the methods of teaching rescue at KSRG, the instructor is appointed by the municipal/district/school fire chief (after receiving an assessment from the voivodeship medical rescue coordinator/school medical rescue coordinator) to perform the duties of an instructor in the field of medical rescue as part of KSRG [3]. It should be emphasised that such a person conducts training courses for PSP unit firefighters, but also for rescuers from voluntary fire department (OSP) units.

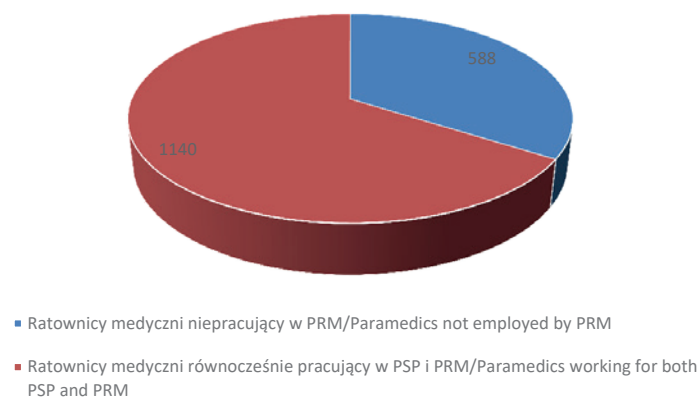
2016 saw the coming into force of the Regulation of the Interior and Administration of 20 May 2016 on job positions in PSP organisational units, taking into account separate positions for paramedics. The officer corps includes the position of medical rescue coordinator and the position of medical rescue specialist at the level of local rescue and firefighting departments and units. The non-commissioned-officer corps includes the position of a medical rescue instructor and the sub-officer corps – the position of senior paramedic and paramedic [7]. These job positions lay out the “career path” of paramedics in PSP and encourage them to improve their qualifications.

## Analiza dostępności ratowników medycznych w KSRG i dyskusja

Obecnie w jednostkach PSP pełni służbę 1728 ratowników medycznych. Około 30% z nich pracuje równocześnie w jednostkach systemu PRM [9, 10]. Obrazuje to rycina 2.

## An analysis of the availability of paramedics in the KSRG and discussion

Currently, 1728 paramedics are on duty in PSP units. About 30% of them also work in PRM units [9, 10]. This is presented in Fig. 2.



**Rycina 2.** Liczba ratowników medycznych w PSP z podziałem na ratowników medycznych niepracujących w PRM oraz ratowników medycznych pracujących równocześnie w PSP i PRM

**Figure 2.** The number of rescuers in PSP as divided into paramedics not employed by PRM and paramedics working for both PSP and PRM.

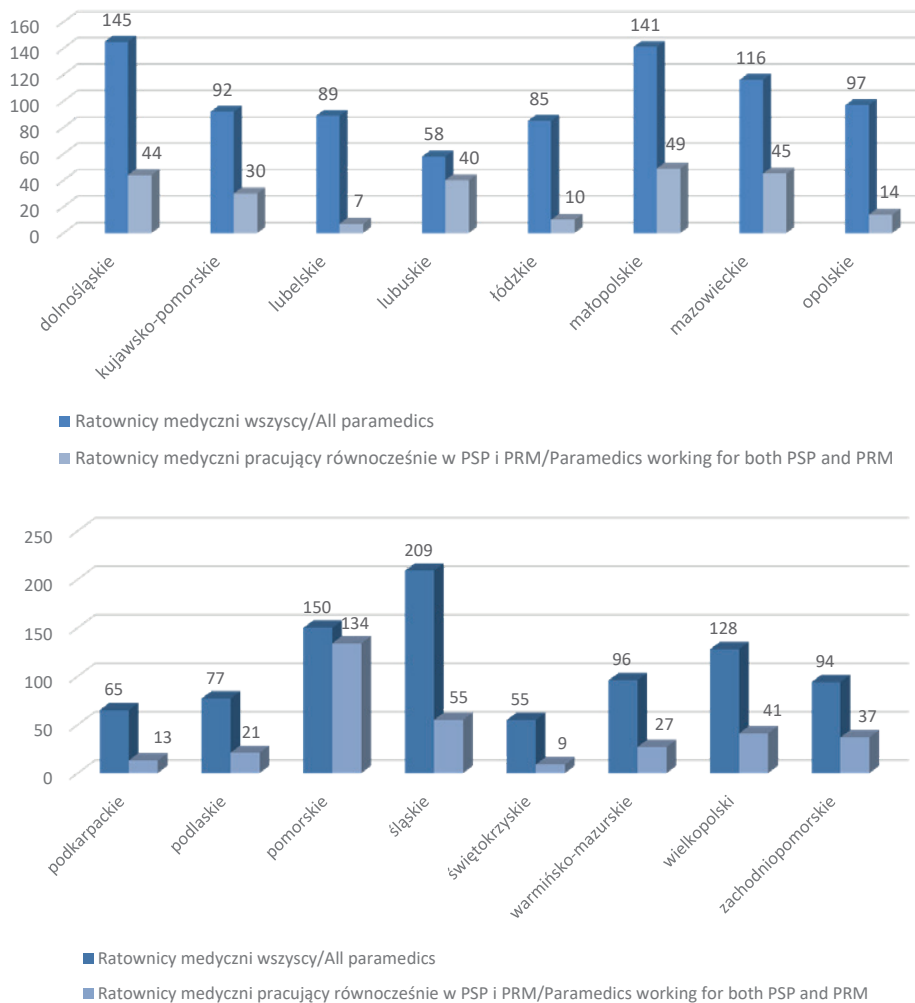
**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

## СЛУЖБА СПАСЕНИЯ И МЕДИЦИНА КАТАСТРОФ

Liczbę ratowników medycznych pracujących w PSP z podziałem na województwa przedstawiono na rycinach 3.1 i 3.2.

The number of paramedics in the PSP in particular voivodeships is presented in Figures 3.1 and 3.2.

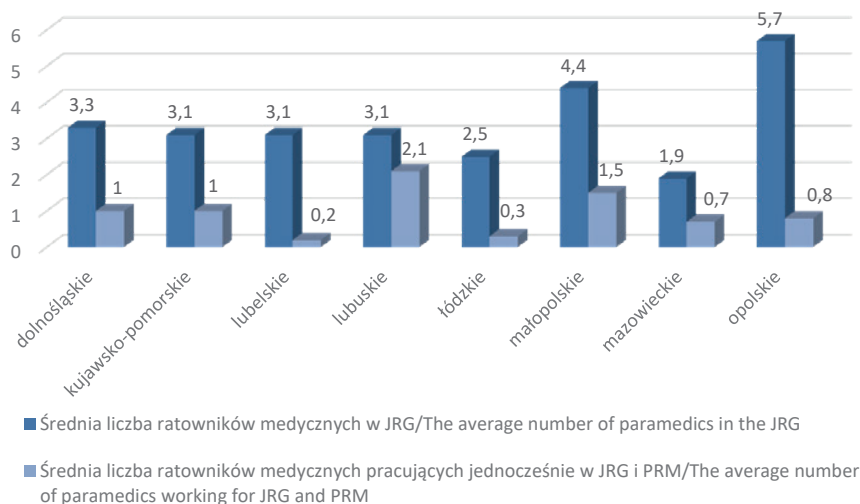


**Rycina 3.1 i 3.2.** Liczba wszystkich ratowników medycznych pracujących w PSP oraz liczba ratowników medycznych pracujących równocześnie w PSP i PRM z podziałem na województwa

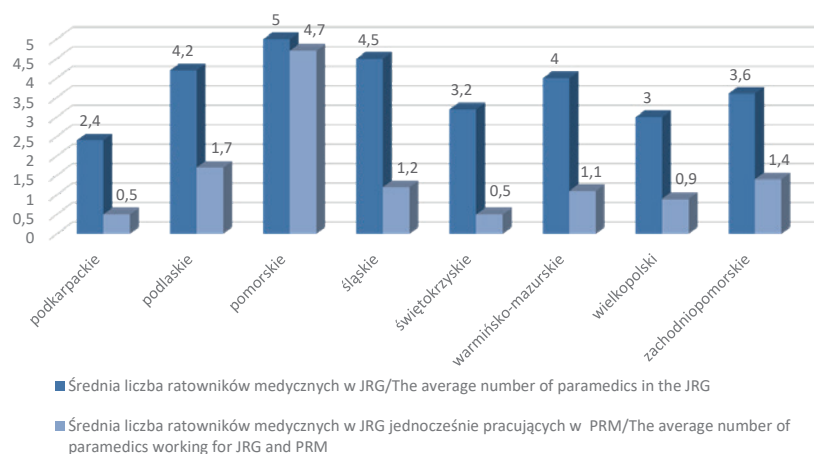
**Figure 3.1 and 3.2.** The number of all paramedics in the PSP and paramedics also working in the PRM in particular voivodeships

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.







**Rycina 4.1 i 4.2.** Średnia liczba ratowników medycznych pracujących w JRG i średnia liczba ratowników medycznych pracujących jednocześnie w JRG i PRM z podziałem na województwa

**Figure 4.1 and 4.2.** The average number of paramedics in the JRG and the average number of paramedics in the JRG also working in the PRM in particular voivodeships

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

Liczba ratowników w poszczególnych województwach Polski jest zróżnicowana. Wynika to z wymogów stawianych kandydatom do służby określonych w ustawie o PSP art. 28 oraz warunków w zakresie predyspozycji psychofizycznej. Dla wielu ratowników medycznych dużą barierą są wymagania w zakresie sprawności fizycznej. Średnio na JRG przypada trzech ratowników medycznych, z których jeden ma równocześnie dyżury w PRM. Biorąc pod uwagę trzymianowy system pracy strażaków, trzeba stwierdzić, że liczba ta jest niewystarczająca. Znaczny odsetek strażaków nie kontynuuje rozwoju zawodowego w zakresie ratownictwa medycznego, co skutkuje utratą uprawnień.

Ważnymi elementami zapewniającymi wysoką jakość działań ratowniczych są duża wiedza i duże umiejętności praktyczne ratowników medycznych. W związku z tym ratownikom medycznym pełniącym służbę w JRG należy umożliwić, w ramach doskonalenia zawodowego, podjęcie pracy w PRM. Należy też stworzyć w PSP zaplecze szkoleniowe, dzięki któremu będą oni mogli uczestniczyć w niezbędnych szkoleniach podnoszących kwalifikacji zgodnie z obecnymi wymogami prawnymi dotyczącymi doskonalenia zawodowego ratowników medycznych.

Aby ratownik medyczny w PSP mógł udzielać świadczeń zdrowotnych innych niż medyczne czynności ratunkowe, musi być wyposażony w niezbędny sprzęt medyczny i w leki. Zakres koniecznego wyposażenia w sprzęt medyczny wymieniony w rozporządzeniu z dnia 20 kwietnia 2016 r. przedstawiono w tabeli 4.

Leki, które ratownik medyczny może podawać w ramach świadczeń zdrowotnych, przedstawiono w tabeli 3. Wydaje się, że na tym etapie wykraczają one poza zakres medykamentów potrzebnych do skutecznego wykonywania zadań ratowniczych przez PSP. W strefie zagrożenia potrzebne są bowiem przede wszystkim środki przeciwbólowe, leki stosowane w resuscytacji oraz płyny infuzyjne. Należy jednak pamiętać o obecnych wymogach prawnych dotyczących zabezpieczenia ćwiczeń, które w ocenie organizatora wiążą się z ryzykiem wystąpienia obrażeń wymagających podjęcia medycznych czynności ratunkowych,

The number of rescuers differs by voivodeship. This results from the requirements provided to applicants specified in Art. 28 of the PSP Act and the requirements with regard to mental and physical aptitude. The physical aptitude requirements are a significant obstacle for many paramedics. On average, there are three paramedics per JRG, one of whom is also on duty in the PRM. Given the three-shift rotation system of firefighters, it should be stressed that this number is insufficient. A high percentage of firefighters stop their professional development in medical rescue, which results in losing their licence.

Important factors ensuring the high quality of rescue activities include the extensive knowledge and high practical skills of paramedics. Due to this, paramedics working in the JRG should be allowed to work in the PRM as part of in-service training. A training base should also be created in the PSP to enable them to participate in the necessary training courses to improve their qualifications in accordance with the current legal requirements for the in-service training of paramedics.

For a PSP paramedic to provide health services other than medical rescue activities, he or she must be provided with the necessary medical equipment and medicines. The range of necessary medical equipment, as listed in the Regulation of 20 April 2016, is presented in Table 4.

The medicines that can be administered by paramedics as part of health services are presented in Table 3. It appears that at this stage they exceed the range of medicinal products required for the effective performance of rescue tasks by the PSP. The primary medicines required within the danger area are analgesics, resuscitation medicine and infusion fluids. However, one should bear in mind the current legal requirements as to securing training events which are believed by their organisers to involve the risk of injury requiring medical rescue activities, which must be secured by a ZRM other than the one on duty in a given area. This provision should be

podczas których wymagane jest zabezpieczenie przez ZRM inny niż pozostający w gotowości na danym terenie. Zapis ten powinien zostać zmieniony ze względu na brak możliwości wykonywania medycznych czynności ratunkowych poza systemem PRM.

amended, as medical rescue activities are not allowed outside of the PRM system.

**Tabela 4.** Sprzęt medyczny obecnie niedostępny w KSRG  
**Table 4.** Medical equipment currently unavailable in the KSRG

Lp./No.	Sprzęt medyczny obecnie niedostępny w KSRG/Medical equipment currently unavailable in the KSRG
1.	Defibrylator manualny /Manual defibrillator
2.	Aparat EKG /ECG monitor
3.	Zestaw do konikopunkcji/Needle cricothyroidotomy kit
4.	Zestaw do intubacji/Intubation kit
5.	Zestaw do kaniulacji żył /Intravenous cannulation kit
6.	Zestaw do odbarczania odmy /Pneumothorax decompression kit
7.	Glukometr /Glucose meter
8.	Zestaw porodowy/Child delivery kit
9.	Zestaw do cewnikowania pęcherza /Bladder catheterisation kit
10.	Termometr do pomiaru temperatury głębokiej ciała /Thermometer for measuring core temperature

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie rozporządzenia z dnia 20 kwietnia 2016 r.

**Source:** Own study based on the Regulation of 20 April 2016.

Inną kwestią prawną wymagającą zmiany jest możliwość prawnego zakupu leków. W rozporządzeniu z dnia 12 grudnia 2002 r. w sprawie podmiotów uprawnionych do zakupu produktów leczniczych w hurtowni farmaceutycznej zawarto zapis wyłącznie możliwości zakupu tlenu medycznego przez jednostki m.in. KSRG. Tam też powinien znaleźć się zapis o możliwości zakupu leków wymaganych w różnych jednostkach ratowniczych.

To, co w jednostkach PSP jest powoli wdrażane, to zatrudnianie ratowników medycznych na stanowiskach dla nich przewidzianych. Proces ten wymaga analizy możliwości kadrowych poszczególnych jednostek oraz zmian regulaminów komend PSP. Oczywiście, nie wiąże się to ze zwiększaniem obsady, lecz jedynie z przesunięciem w grupach zaszerogowania. Wstępnie uzasadnione wydaje się obsadzenie stanowisk koordynatorów i zatrudnienie przynajmniej po jednym instruktora na zmianę służbową, a docelowo – zatrudnienie minimum dwóch instruktorów.

Another legal issue that should be amended involves authorisations to purchase medicines. The Regulation of 12 December 2012 on the entities authorised to purchase medicinal products from a pharmaceutical wholesaler includes a provision that medical oxygen may only be purchased by units of i.a. the KSRG. It should also include a provision permitting the purchase of medicines required in various emergency units.

A practice which is slowly being introduced in PSP units is to employ paramedics on dedicated job positions. This process calls for an analysis of the available human resources within individual units and amendments to the regulations of PSP departments. Naturally, this does not involve increasing the number of staff, but rather changes to employment grades. It seems justified to fill the positions of coordinators and employ at least one instructor per shift as an initial measure, and, eventually, to employ at least two instructors.

## Wnioski

Umożliwienie ratownikowi medycznemu udzielania świadczeń zdrowotnych w zakresie ćwiczeń, szkoleń oraz w strefie zagrożenia będzie miało istotny wpływ na poprawienie bezpieczeństwa strażaków w trakcie ćwiczeń i szkoleń realizowanych przez PSP, a przede wszystkim na jakość działań z zakresu ratownictwa medycznego podejmowanych przez jednostki PSP. Proces ten powinien przebiegać etapowo.

- Aby podczas służby był obecny przynajmniej jeden ratownik medyczny, na wstępnym etapie należy zaplanować obsadę sześciu ratowników medycznych na każdą JRG.

## Conclusions

Facilitating the provision of health services by paramedics as part of practice, training and within the danger zone will greatly contribute to increased safety among firefighters during practice and training activities conducted by the PSP, and particularly on the quality of medical rescue activities conducted by PSP units. This process should be split into several stages.

- To ensure that at least one paramedic at a time is present during duty hours, six paramedics per JRG should be hired at the next stage.

- W tym celu należy rozważyć przyjmowanie do służby najpierw czynnych zawodowo ratowników medycznych albo stworzenie dogodnych warunków dla funkcjonariuszy, którzy chcą zwiększyć swoje kwalifikacje ratownika medycznego lub rozpocząć studia z zakresu ratownictwa medycznego, a po ich zakończeniu wykonywać zadania zgodne ze swoim wykształceniem.
- Ratowników medycznych trzeba wyposażyć w sprzęt medyczny i środki medyczne potrzebne do wykonywania zadań ratownika medycznego, w tym w: środki przeciwbólowe, leki niezbędne w resuscytacji, płyny infuzyjne, zestaw do konikopunkcji, zestaw do intubacji, zestaw do kaniulacji żył i zestaw do odbarczenia odmy.
- Gdy ratownicy medyczni dostaną odpowiednie narzędzia do udzielania świadczeń zdrowotnych, zniknie potrzeba wynajmowania zespołów ratownictwa medycznego, a ćwiczenia i szkolenia będą zabezpieczone adekwatnie do zagrożeń, jakie podczas nich występują.
- Należy opracować własne programy doskonalące dla ratowników medycznych, które będą uwzględniać specyfikę służby, i uzyskać dla nich pozytywną opinię Centrum Egzaminów Medycznych.
- Należy stworzyć własny ośrodek doskonalenia z zakresu ratownictwa medycznego, w którym istotnym elementem wyposażenia będą symulatory wysokiej wierności.
- Na kolejnym etapie należy rozważyć możliwość wprowadzenia do podziału bojowego samochodów specjalnych z obsadą ratowników medycznych.
- In order to do this, active paramedics should first be considered for the positions or favourable conditions should be created for those firefighters who would like to improve their medical rescue skills or take up studies in the field of medical rescue and use their acquired skills at work after graduation.
- Paramedics should be provided with medical equipment and medical supplies required to perform the duties of a paramedic, including analgesics, resuscitation medicine, infusion fluids, a needle cricothyroidotomy kit, an intubation kit, an intravenous cannulation kit and a pneumothorax decompression kit.
- When paramedics are equipped with the appropriate tools to provide health services, hiring medical rescue teams will no longer be necessary and practice and training activities will be properly secured.
- Dedicated professional training programmes for paramedics should be developed, taking into account the specific nature of the profession and obtaining a favourable opinion from the Medical Examinations Center.
- A dedicated professional training centre in the field of medical rescue should be established, featuring high-fidelity simulators.
- The next stage should involve introducing special vehicles manned by paramedics.

## Podsumowanie

Obecnie zwiększa się liczba zdarzeń z udziałem jednostek KSRG i PRM oraz złożoność działań ratowniczych wymagających współdziałania wielu podmiotów specjalistycznych, co wiąże się dla nich z nowymi wyzwaniami. Równocześnie rosną oczekiwania społeczeństwa w zakresie profesjonalizmu i skuteczności systemu ratowniczego, przede wszystkim w obszarze szeroko pojętej pomocy medycznej. Oczywiście, w przypadku zdarzeń codziennych, jednostkowych, zadania ratownicze są realizowane na właściwym poziomie – akcje są prowadzone bezpiecznie przez wyszkolonych ratowników mających dostęp do sprzętu specjalistycznego, a poszkodowani otrzymują należyłą pomoc. Jednak skomplikowane zdarzenia, w tym te masowe, do których szczególnie na drogach dochodzi dziś coraz częściej, wymagają bardzo ścisłej współpracy podmiotów specjalistycznych i zrównania poziomów udzielanej przez nie pomocy medycznej. Zwiększenie liczby ratowników medycznych w jednostkach PSP służy poprawieniu bezpieczeństwa strażaków i podniesieniu poziomu realizowanej pomocy medycznej. Jednostki KSRG nadal są wsparciem, a nie konkurencją dla systemu PRM. W opinii autorów artykułu wdrożenie opisywanych przez nich zmian zwiększy bezpieczeństwo obywateli i pozwoli na jeszcze lepszą współpracę podmiotów ratowniczych.

## Summary

The number of events with KSRG and PRM units is currently increasing, as is the complexity of rescue activities which require the cooperation of numerous specialist entities and bring about additional challenges. At the same time, society's expectations as to the professional attitude and effectiveness of the rescue system are increasing, especially with regard to medical assistance in a broad sense. Naturally, in the case of all-day isolated events, rescue activities are performed at the appropriate level – operations are conducted in a safe manner by trained rescuers who have access to specialist equipment and the casualties receive appropriate assistance. However, complex events, including mass-casualty events, which are more and more common, particularly on roads, require extremely close cooperation between specialist entities and maintaining an equal level of the medical assistance provided. Increasing the number of paramedics in PSP units contributes to the safety of firefighters and improves the quality of medical assistance. KSRG units remain a support measure rather than a competitive entity in relation to the PRM system. The authors believe that the introduction of the changes described in this paper would increase the safety of citizens and allow closer cooperation between rescue entities.

## Literatura / Literature

- [1] Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz. U. z 2016 poz. 1868).
- [2] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2016 r. w sprawie medycznych czynności ratunkowych i świadczeń zdrowotnych innych niż medyczne czynności ratunkowe, które mogą być udzielane przez ratownika medycznego (Dz. U. poz. 587).
- [3] *Zasady organizacji ratownictwa medycznego w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2013, [www.straz.gov.pl/download/1854](http://www.straz.gov.pl/download/1854).
- [4] *Zasady ewidencjonowania zdarzeń w Systemie Wspomagania Decyzji Państwowej Straży Pożarnej*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Krajowe Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności, Warszawa 2014, [www.straz.gov.pl/download/1670](http://www.straz.gov.pl/download/1670).
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz. U. poz. 1319).
- [6] 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).
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie stanowisk służbowych w jednostkach organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. poz. 724).
- [8] Skoczylas J.J., *Prawo ratownicze*, Wydawnictwo Prawnicze LexisNexis, Warszawa 2007.
- [9] System Wspierania Dowodzenia (SWD-ST) – baza danych dotycząca sił i środków KSRG.
- [10] Dane pochodzące z dokumentów kadrowych KW/KM/KP PSP.

**ML. BRYG. DR N. MED. MARIUSZ CHOMONCIK** – ukończył Akademię Medyczną w Białymstoku. Jest specjalistą anesteziologii i intensywnej terapii, koordynatorem ratownictwa medycznego w Szkole Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie. Ponadto pracuje jako wykładowca w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu. Podczas Światowych Dni Młodzieży był dowódcą Komponentu Medycznego PSP.

**BRYG. LEK. JACEK NITECKI** – ukończył Akademię Medyczną w Krakowie. Współtworzył ratownictwo medyczne w Państwowej Straży Pożarnej. Jest Wojewódzkim koordynatorem ratownictwa medycznego w Małopolsce. Ponadto pracuje jako asystent w Zakładzie Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej UJCM w Krakowie. Uczestniczył w przygotowaniu Komponentu Medycznego PSP.

**MGR URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ** – ukończyła Akademię Medyczną we Wrocławiu. Jest specjalistką w dziedzinie pielęgniarstwa zachowawczego. Wykłada w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu na kierunkach ratownictwo medyczne i pielęgniarstwo.

**BRYG. LEK. LESZEK SMOLARCZYK** – ukończył Akademię Medyczną w Krakowie. Jest lekarzem systemu, koordynatorem ratownictwa medycznego służby PSP.

**SUB-BRIGADIER MARIUSZ CHOMONCIK, MD, PH.D.** – he graduated from the Medical University of Białystok. He specialises in anaesthesiology and intensive therapy and coordinates medical rescue operations at the School of State Fire Service in Kraków. He also works as a lecturer at the State University of Applied Sciences in Nowy Sącz. During the World Youth Day he headed the Medical Component of the State Fire Service (PSP).

**BRIGADIER JACEK NITECKI, MD** – he graduated from the Jagiellonian University Medical College. He was one of the creators of medical rescue units in the State Fire Service. He is the voivodeship medical rescue coordinator in the Małopolskie Voivodeship. He also works as an assistant at the Department of Disaster and Emergency Medicine of the Jagiellonian University Medical College in Kraków. He participated in the preparation of the Medical Component of the State Fire Service.

**URSZULA CISOŃ-APANASEWICZ, M.SC.** – she graduated from the Wrocław Medical University. Her specialisation is preventive nursing. She is a lecturer in medical rescue and nursing at the State University of Applied Sciences in Nowy Sącz.

**BRIGADIER LESZEK SMOLARCZYK, MD** – he graduated from the Jagiellonian University Medical College. He is a physician working under the system, and medical rescue coordinator, PSP.



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.





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.  
kablów 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 PRZECIWPÓŻAROWEJ

im. Józefa Tuliszkowskiego

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów | tel. +48 22 769 32 00 | cnbop@cnbop.pl | www.cnbop.pl



dr hab. n. med. Andrzej Wiśniewski, prof. AWF<sup>a)</sup>\*, dr inż. Wojciech Jarosz<sup>b)</sup>, dr Anna Mróz<sup>a)</sup>,  
mgr Marcin Smolarczyk<sup>a)</sup>, dr Anna Czajkowska<sup>a)</sup>, dr Andrzej Magiera<sup>a)</sup>,  
mgr inż. Przemysław Kowalczyk<sup>b)</sup>, mgr Dagmara Zimmerman-Rysz<sup>c)</sup>,  
prof. dr hab. n. med. Marek Kowalczyk<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup>Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie / Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw

<sup>b)</sup>Szkoła Główna Straży Pożarnej / The Main School of Fire Service

<sup>c)</sup>Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II w Lublinie / The John Paul II Catholic University of Lublin

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: wisniewski\_a@poczta.onet.pl

## Wymiary ciała i otłuszczenie zawodowych strażaków

### Body Measurements and Body Fat in Professional Firefighters

### Размеры тела и ожирение среди профессиональных пожарных

#### ABSTRAKT

**Cel pracy:** Celem artykułu jest opisanie wymiarów i składu ciała zawodowych strażaków ze szczególnym uwzględnieniem zawartości tłuszczu w ich organizmie.

**Materiał i metody:** Zbadano kohortę 178 strażaków. Byli to mężczyźni w wieku od 19,5 roku do 53 lat, przy czym średni wiek metrykalny (WM) badanych wynosił prawie 32 lata. Strażaków podzielono na 3 grupy wiekowe. Pierwszą z nich tworzyli ratownicy do 25 roku życia (n = 75, 42% wszystkich badanych, średni WM – prawie 22 lata), drugą – ratownicy w wieku od 25 do 44 lat (n = 79, 44% wszystkich badanych, średni WM – prawie 37 lat), a trzecią – ratownicy powyżej 44 roku życia (n = 24, 14% wszystkich badanych, średni WM – prawie 49 lat). U wszystkich badanych w godzinach porannych mierzono wysokość ciała (WC, cm) i masę ciała (MC, kg). Do pomiarów badani przystępowali w lekkich strojach sportowych, bez butów. Wszystkie pomiary przeprowadzał ten sam zespół badaczy, posługując się tymi samymi urządzeniami. W celu zmierzenia WC posłużono się stadiometrem, a w celu zmierzenia zawartości tłuszczu w organizmie (FM, kg) – metodą bioimpedancji elektrycznej. Do oceny składu ciała wykorzystano analizator wyposażony w cztery elektrody (model tetrapolarny). Masę tłuszczu wyrażano w kilogramach i w stosunku do masy ciała (FM%, PBF). Na podstawie pomiarów WC, MC i FM obliczono wskaźniki masy ciała (BMI, kg/m<sup>2</sup>) oraz wskaźnik otłuszczenia ciała (FMI, kg/m<sup>2</sup>).

**Wyniki:** Stwierdzono, że średnie unormowane wartości masy ciała i wartości wskaźnika masy ciała w grupach zawodowych strażaków w wieku od 25 do 44 lat i powyżej 44 lat sytuują się na górnej granicy lub ponad górną granicę normy populacyjnej (2,0 SDS). W wyniku analizy wartości wskaźnika otłuszczenia potwierdzono, że duży odsetek strażaków powyżej 25 roku życia cechuje nadwaga, a nawet otyłość.

**Wnioski:** Zaobserwowano, że wraz z wiekiem otłuszczenie badanych mężczyzn znacznie się zwiększa i jest na tyle duże, że 1/3 strażaków powyżej 25 roku życia uznano za osoby nadmiernie otłuszczone. Stwierdzono, że: 1. ocenę zdolności do wykonywania zadań ratowniczych należy rutynowo przeprowadzać, dokonując także pomiaru składu ciała ze szczególnym uwzględnieniem pomiaru zawartości tłuszczu w organizmie; 2. wraz z wiekiem, szczególnie po ukończeniu 25 roku życia, masa ciała strażaków zwiększa się z powodu nadmiernego otłuszczenia, co u niektórych z nich prowadzi nawet do otyłości; 3. bez względu na sposób oceny stanu otłuszczenia odsetek osób z nadwagą i otyłych wśród zawodowych strażaków jest znaczący.

**Słowa kluczowe:** strażacy, bioimpedancja elektryczna, masa tłuszczu, wskaźnik otłuszczenia

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

Przyjęty: 28.09.2017; Zrecenzowany: 23.11.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Procentowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu: A. Wiśniewski – 25%, W. Jarosz – 10%, A. Mróz – 10%, M. Smolarczyk – 10%, A. Czajkowska – 10%, A. Magiera – 10%, P. Kowalczyk – 5%, D. Zimmerman-Rysz – 15%, M. Kowalczyk – 5%;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 110–123, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.8;

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 describe body measurements and body composition in professional firefighters, with a particular focus on body fat.

**Material and Methods:** A cohort of 178 firefighters aged from 19.5 to 53 years was examined, with mean chronological age (CA) of almost 32 years. Study participants were divided into 3 age groups: up to 25 years of age (n = 75.42% of all study participants, mean CA = 22 years), from 25 to 44 years (n = 79.44% of all study participants, mean CA = 37 years) and the oldest, aged over 44 years (n = 24.14% of all study participants, mean CA = 49 years). Body height (BH, cm) and body mass (BM, kg) were measured in the morning by means of the same measurement equipment. Body height was measured using a stadiometer. The participants were wearing light sportswear and were barefoot. The measurements were always performed by the same

research team. A stadiometer was used to measure BH and bioelectrical impedance analysis was used to evaluate fat mass in body composition (FM, kg). The evaluation of body composition was performed using the analyser equipped in 4 electrodes (tetrapolar model). Fat mass was expressed in kg and relative to body mass (FM%, PBF). BH, BM and FM measurements were used to calculate body mass index (BMI, kg/m<sup>2</sup>) and fat mass index (FMI, kg/m<sup>2</sup>).

**Results:** It was found that the mean standardised values of body mass and body mass index in groups of firefighters with CA of 25-44 years and those over 44 years are at or over the upper limit for the population standard (2.0 SDS). The analysis of fat mass index (FMI, kg/m<sup>2</sup>) demonstrated that a large percentage of firefighters aged over 25 years were characterised by overweight or even obesity.

**Conclusions:** It was demonstrated that body fat in the study participants increased with age. This tendency is so pronounced that a third of the firefighters aged over 25 years were overweight. It was found that: 1. The evaluation of the ability to perform rescue operations should be routinely conducted using body composition examinations, with a particular focus on body fat; 2. the body mass of professional firefighters increases with age, especially after turning 25, due to excess body fat, which in certain firefighters leads even to obesity; 3. regardless of the method of evaluating body fat, the percentage of overweight and obese individuals among firefighters is considerable.

**Keywords:** firefighters, bioelectrical impedance, fat mass, fat mass index

**Type of article:** review article

Received: 28.09.2017; Reviewed: 23.11.2017; Published: 29.12.2017;

Percentage contribution: A. Wiśniewski – 25%, W. Jarosz – 10%, A. Mróz – 10%, M. Smolarczyk – 10%, A. Czajkowska – 10%, A. Magiera – 10%, P. Kowalczyk – 5%, D. Zimmerman-Rysz – 15%, M. Kowalczyk – 5%;

Please cite as: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 110–123, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.8;

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 исследования:** Цель статьи – описать параметры и состав тела профессиональных пожарных, акцентируя особое внимание на содержании жира в их организме.

**Материал и методы:** Была обследована группа, состоящая из 178 пожарных. В неё вошли мужчины в возрасте от 19,5 до 53 лет, причем средний метрический возраст (WM) исследуемых составлял почти 32 года. Пожарные были разделены на три возрастные группы. Первую из них составляли спасатели в возрасте до 25 лет (n = 75, 42% всех исследуемых, средний WM – почти 22 года), вторую – спасатели в возрасте от 25 до 44 лет (n = 79, 44% всех исследуемых, средний WM – почти 37 лет), а третью – спасатели старше 44 лет (n = 24, 14% всех исследуемых, средний WM – почти 49 лет). У всех исследуемых утром измеряли рост (WC, см) и массу тела (MC, кг). На измерения исследуемые приходили в легкой спортивной одежде, без обуви. Все измерения проводились одной и той же группой исследователей, которая использовала одинаковые устройства. Для измерения WC использовали стadiометр, а для измерения уровня жировой ткани (FM, кг) – метод электрического биоимпеданса. Для диагностики состава тела использовался анализатор, оборудованный четырьмя электродами (тетраполярная модель). Жировую массу выражали в килограммах и по отношению к массе тела (FM%, PBF). На основе измерений WC, MC и FM были рассчитаны индексы массы тела (ИМТ, кг/м<sup>2</sup>) и индекс жировых отложений (FMI, кг/м<sup>2</sup>).

**Результаты:** Было установлено, что средние нормированные значения массы тела и индекса массы тела в группах профессиональных пожарных в возрасте от 25 до 44 лет и старше 44 лет находятся в верхнем пределе или выше верхнего предела нормы для населения (2,0 SDS). В результате анализа показателя уровня жировой ткани было подтверждено, что большой процент пожарных более 25 лет характеризуется избыточным весом и даже ожирением.

**Выводы:** Было отмечено, что вместе с возрастом уровень жировой ткани у исследуемых мужчин настолько увеличивался, что 1/3 пожарных старше 25 лет страдает от лишнего веса. Было установлено, что: 1. оценка способностей выполнения спасательных задач должна проводиться регулярно, а также включать в себя диагностику состава тела с особым учетом измерения содержания жира в организме; 2. с возрастом, особенно после достижения 25 лет, вес пожарных увеличивается из-за чрезмерного увеличения жировых отложений, которые в некоторых случаях приводят даже к ожирению; 3. Независимо от метода оценки уровня жировой ткани, процент людей с избыточным весом и ожирением среди профессиональных пожарных является значительным.

**Ключевые слова:** пожарные, электрический биоимпеданс, жировая масса, индикатор ожирения

**Вид статьи:** обзорная статья

Принята: 28.09.2017; Рецензирована: 23.11.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Процентное соотношение вклада в создание статьи: A. Wiśniewski – 25%, W. Jarosz – 10%, A. Mróz – 10%, M. Smolarczyk – 10%, A. Czajkowska – 10%, A. Magiera – 10%, P. Kowalczyk – 5%, D. Zimmerman-Rysz – 15%, M. Kowalczyk – 5%;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 110–123, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.8;

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

Zdolność strażaków do skutecznego wykonywania zadań ratowniczych, które w wielu przypadkach polegają na ratowaniu życia ludzkiego i mienia, jest ściśle powiązana z określonymi właściwościami psychofizycznymi ratowników. Ze względu na szczególną rolę społeczną strażaków postanowiono przeprowadzić badania

## Background

The ability of firefighters to effectively perform rescue tasks, which often involve saving human lives and protecting people's property, is closely associated with specific psychological and physical characteristics of the representatives of this professional group. Due to the special role played by firefighters

dotyczące wymiarów i składu ciała zawodowych strażaków, co było uzasadnione tym, że dotychczas badacze krajowi stosunkowo rzadko poświęcali uwagę temu zagadnieniu [1–4]. Należy podkreślić, że zbiory danych antropologicznych są przydatne do prowadzenia prac nad nowymi środkami ochrony osobistej ratowników oraz do właściwej oceny ich sprawności i wydolności fizycznej. Uznano, że wobec globalnego problemu nadmiernego otyłszczenia się ludzi szczególnie pożądane jest zbadanie zawartości tłuszczu w organizmie zawodowych strażaków [5, 6]. Zarówno nadmierne, jaki niedostateczne otyłszczenie może być przyczyną pogorszenia się zdolności do wykonywania pracy fizycznej, przy czym – jak wielokrotnie wykazano – nadmierne otyłszczenie znacznie zwiększa ryzyko wystąpienia chorób cywilizacyjnych (*non-communicable diseases*, NCD's) i jest jednym z najpoważniejszych współcześnie problemów w ochronie zdrowia [7–9]. Niedobór tłuszczu w organizmie, szczególnie tłuszczu wewnątrzbrzusznego (wisceralnego, trzewnego), może ograniczać czas w pełni efektywnego wykonywania pracy fizycznej, szczególnie zaś czas podejmowania długotrwałego wysiłku fizycznego [10–11]. W związku z powyższym postanowiono ocenić stan otyłszczenia strażaków, szczególnie że – jak już wspomniano – w piśmiennictwie krajowym temu aspektowi oceny ratowników poświęcono mało miejsca.

## Materiał i metody badań

### Osoby badane

Dobrowolnie zgłaszający się do udziału w pomiarach strażacy ( $n = 178$ ) mieli od 19,5 roku do 53 lat (wiek metrykalny, WM, lat). Najmłodszy badani (WM < 25 lat) byli studentami pożarnictwa w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (SGSP) lub ratownikami stawiającymi pierwsze kroki w zawodzie, pozostali zaś – doświadczeni ratownikami pracującymi w Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

### Materiał

Materiałem do analiz były wyniki pomiarów wysokości i masy ciała strażaków ze szczególnym uwzględnieniem zawartości tłuszczu w organizmie.

### Metody badań

Program badań i sposób przeprowadzania pomiarów zaakceptowała Komisja Etyczna Opiniująca Badania Biomedyczne przy Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej w Warszawie. Wszyscy strażacy dobrowolnie wzięli udział w badaniach. Nabór uczestników prowadzili badacze ze SGSP (Wojciech Jarosz, Przemysław Kowalczyk), rozsyłając drogą elektroniczną zawiadomienia do terenowych komend PSP. Przed przystąpieniem do pomiarów każdy strażak był szczegółowo informowany o celach i przebiegu programu badawczego, a informacji na temat badania udzielała zawsze ta sama osoba (Andrzej Wiśniewski). Po zaakceptowaniu celów i sposobu przeprowadzenia pomiarów uczestnicy podpisali jednolity tekst świadomej zgody na udział w badaniach. Następnie przeprowadzono z nimi wywiad lekarski na temat ich stanu zdrowia, przebytych chorób i doznanych urazów ciała, po czym wykonywano badanie lekarskie (Andrzej Wiśniewski) z osłuchiwaniem serca oraz pomiarem

in society, research was undertaken to analyse the measurements and body composition of professional firefighters. These efforts were justified by the fact that Polish researchers so far have rarely focused on this issue [1–4]. It should be emphasised that anthropological data sets are useful for developing new personal protection means for fire rescuers and for the accurate assessment of their physical fitness and efficiency. It was concluded that in the light of the global problem of excessive fat accumulation in people, it is particularly important to analyse the body fat percentage of professional firefighters [5, 6]. Both excessive and insufficient body fat may decrease the ability to perform physical work, and, as repeatedly demonstrated, excessive body fat increases the risk of non-communicable diseases (NCDs) and is one of the major contemporary healthcare challenges [7–9]. In turn, insufficient body fat, especially visceral, may reduce the time of fully effective physical work, especially long-term physical effort [10–11]. In the context of the above, an analysis of the body fat of firefighters was undertaken, especially that, as already mentioned, in Poland there are few publications focussing on assessing the fitness of fire rescuers.

## Material and method

### The analysed individuals

Firefighters who volunteered to participate in the measurements ( $n = 178$ ) were aged from 19.5 to 53 years (chronological age, CA, years). The youngest of the studied groups (CA < 25 years) consisted of students of firefighting at the Main School of Fire Service (SGSP) or fire rescuers beginning their professional career, and the remaining groups included experienced fire rescuers working for the State Fire Service (SFS).

### Material

The material for the analyses were height and body mass measurements results, including in particular body fat percentage.

### Methods

The programme of the examinations and the method of conducting measurements was accepted by the Ethical Committee for Assessing Biomedical Research at the Military Institute of Aviation Medicine in Warsaw. All the firefighters participated in the study on a voluntary basis. The recruitment of participants was also carried out by SGSP (Wojciech Jarosz and Przemysław Kowalczyk) through emails sent to local SFS departments. Before the measurements each firefighter received detailed information on the objectives and course of the research programme, with information on the study always provided by the same person (Andrzej Wiśniewski). After accepting the objectives and methods of the measurements, the participants signed a uniform informed consent form for participation in the study. After that, their medical history was taken to gather information on their stage of health, diseases and injuries, followed by a medical examination (Andrzej Wiśniewski) with heart auscultation

spoczynkowej częstości skurczów serca i ciśnienia tętniczego. Do udziału w badaniu nie kwalifikowano osób, które w czasie wstępnego badania lekarskiego miały: 1. spoczynkową częstość skurczów serca większą niż 100/min; 2. spoczynkowe ciśnienie skurczowe wyższe niż 139 mm Hg i/lub rozkurczowe wyższe niż 89 mm Hg; 3. rozpoznaną chorobę przewlekłą wymagającą stałego przyjmowania leków albo w okresie trzech miesięcy poprzedzających zgłoszenie się do udziału w badaniach przebyły operację i/lub doznały urazu ciała wymagających długotrwałego leczenia. Jeśli na podstawie wywiadu i badania lekarskiego nie stwierdzono przeciwwskazań do uczestniczenia w pomiarach, to ratownik był dopuszczany do udziału w programie badawczym.

Wszystkie pomiary przeprowadzono w godzinach porannych, posługując się tym samym sprzętem pomiarowym. Wysokość ciała (WC) mierzono za pomocą stadiometru ściennego z dokładnością do 0,1 cm. Do pomiaru WC badani przystępowali w strojach sportowych, po zdjęciu obuwia i skarpet, a w czasie pomiaru pozostawali w pozycji stojącej, swobodnie wyprostowani, plecami do przedniej powierzchni przymiaru, z kończynami górnymi swobodnie opuszczonymi wzdłuż tułowia, a dolnymi wyprostowanymi i złączonymi (pozycja antropometryczna). Każdemu badanemu polecano równomiernie obciążyć stopy i ustawić je w kształcie litery „V”, to jest z piętami złączonymi, a z przednimi częściami stóp nieco rozsuniętymi względem siebie. Głowę badanych ustawiano w płaszczyźnie oczno-usznej, tak aby w czasie przeprowadzania pomiarów patrzyli na punkt znajdujący się na przeciwległej ścianie na wysokości ich oczu. Między pierwszym i drugim oraz drugim i trzecim pomiarem WC polecano osobie badanej przejść swobodnym krokiem przez pracownię (odcinek o długości prawie 5 m), a za wynik przyjmowano średnią arytmetyczną z trzech kolejnych pomiarów [12]. Masę ciała (MC, kg) i skład ciała mierzono, wykorzystując analizator składu ciała marki Tanita, model BC-418 MA. Do pomiaru badani przystępowali w strojach sportowych bez butów i skarpet. Wynik pomiaru masy ciała odnotowywano w dokumentacji badania z dokładnością do 0,1 kg. Skład ciała szacowano przy użyciu zawsze tego samego modelu urządzenia (analizator składu ciała) określającego zawartość tłuszczu w organizmie na podstawie pomiaru oporu tkanek dla prądu elektrycznego (metoda bioimpedancji elektrycznej, *bioelectrical impedance analysis*, BIA). Posługiwano się urządzeniem wyposażonym w cztery elektrody (model tetrapolarny), z których dwie były przeznaczone dla kończyn górnych (uchwyty dla dłoni), a dwie miały postać płyt metalowych, na których badani stawali gołymi stopami. Należy podkreślić, że badanie składu ciała w każdym przypadku poprzedzono pomiarem wysokości ciała, tak aby do pamięci analizatora składu ciała wprowadzać wiarygodne dane. Niestety, producent umożliwia wpisywanie wartości WC tylko z dokładnością do 1 cm, a nie z – wymaganą w antropologii – dokładnością do 0,1 cm [12]. Przed dokonaniem pomiaru proszono badanych o opróżnienie pęcherza moczowego. Masę całkowitą tkanki tłuszczowej (*fat mass*, FM, kg) odnotowywano w dokumentacji badania z dokładnością do 0,1 kg. Po wprowadzeniu wyniku pomiaru FM do komputerowej bazy danych, prowadzonej za pomocą arkusza kalkulacyjnego programu Excel, obliczano, niezależnie od zapisu na wydruku z analizatora, odsetek FM względem MC (*percentage of body fat*, PBF, FM%) oraz wskaźnik tkanki tłuszczowej (*fat mass index*, FMI, całkowita masa tkanki tłuszczowej

and the measurement of resting heart rate and blood pressure. The research did not include individuals who during the initial medical examination had: 1. resting heart rate higher than 100 per minute; 2. resting systolic blood pressure higher than 139 mm Hg and/or diastolic blood pressure higher than 89 mm Hg; 3. been diagnosed with a chronic disease requiring permanent medication or a surgery and/or injury necessitating long-term treatment within the three months preceding the submission to participate in the study. If, based on the medical history and examination, no contra-indications for participating in the measurements were found, the given fire rescuer was accepted into the research programme.

All the measurements were carried out during morning hours using the same measurement equipment. Body height (BH) was measured with a wall-mounted stadiometer with an accuracy of 0.1 cm. BH measurements were taken with the participants in sportswear without shoes or socks, and during the measurements they remained in a standing position, with a loosely straight posture, the back aligned with the measurement surface, hands loosely hanging along the trunk, and straight legs put together (anthropometric position). Each examined individual was instructed to place equal load on the feet and put them in a V shape, i.e. with heels together and the front parts of the feet slightly apart. The participants' heads were placed in an auriculo-orbital plane so that during the measurements they would look at the point on the opposite wall at the level of their eyes. Between the first and the second, and the second and third BH measurement each participant was asked to take an unconstrained walk through the room (almost 5 meters), and the result was established on the basis of the arithmetical mean of three consecutive measurements [12]. The body mass (BM, kg) and body composition were measured with the Tanita body composition analyser, model BC-418 MA. The measurements were taken in sportswear without shoes or socks. The body mass measurement result was recorded in the study documentation with a 0.1 kg accuracy. Body composition was always estimated with the same model of the body composition analyser determining fat content in the body on the basis of the measurement of tissue resistance to electrical current (bioelectrical impedance analysis, BIA). A device with four electrodes (the tetrapolar model), two for upper limbs (handles) and two in the form of metal plates on which the participants stood with bare feet. It should be emphasised that body composition analysis in each case was preceded by body height measurements so as to feed the body composition analyser with reliable data. Unfortunately, the producer provides the maximum BH value accuracy of 1 cm, while the value required for anthropological studies is 0.1 cm [12]. Before the measurement the participants were asked to empty their bladders. Total fat mass (FM, kg) was recorded in the study documentation with an accuracy of 0.1 kg. After entering the FM measurement results in the computer database kept in an Excel spreadsheet, the ratio between FM and MC was calculated regardless of the analyser results (*percentage of body fat*, BFP, FM%), together with the *fat mass index* (FMI, the total fat mass in the body in kilograms divided by body height squared, kg/m<sup>2</sup>). The body



w organizmie wyrażona w kilogramach podzielona przez wysokość ciała podniesioną do kwadratu,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Wyniki szacowania składu ciała odniesiono do wybranych wartości referencyjnych [13–16]. Za wskazujące na nadmierną zawartość tłuszczu przyjęto wartości odpowiednio dla PBF większe niż 25%, a dla FMI równe lub większe od  $6,6 \text{ kg}/\text{m}^2$  [17]. Wyniki pomiaru WC i MC oraz obliczone na tej podstawie zależności wagowo-wzrostowe (wskaźnik masy ciała, *body mass index*, BMI  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) odniesiono do norm populacyjnych opracowanych przez Palczewską i Niedźwiecką na podstawie badań populacyjnych przeprowadzonych w latach 1996–1999 [18]. Za wskazującą na nadwagę przyjmowano klasycznie wartość BMI większą od  $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ , a za wskazującą na otyłość – wartość większą niż  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$  [19].

### Analiza statystyczna

Dane na temat wymiarów i składu ciała gromadzono i porządkowano w bazie danych Excel. Na podstawie dat urodzenia i przeprowadzonych pomiarów obliczono wiek metrykalny każdego badanego (liczba dni, które upłynęły od daty urodzenia do daty badania, podzielona przez 365,25 dni). Zachowując zasady przyjęte w projekcie grantu naukowego numer DOB-BIO6/05/54/2014, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), badaną kohortę strażaków podzielono na trzy grupy WM. Pierwszą tworzyli ratownicy do 25 roku życia ( $\text{WM} < 25 \text{ lat}$ ), drugą – ratownicy mający od 25 do 44 lat, a trzecią – ratownicy, którzy przekroczyli 44 rok życia ( $\text{WM} > 44 \text{ lat}$ ). Dla każdej z mierzonych cech obliczono wartość średnią i wartość jednego odchylenia standardowego od średniej (SD). Wyniki pomiarów WC i MC oraz obliczeń wartości BMI normowano względem krajowych norm populacyjnych [18]. Następnie zbadano istotności różnic między średnimi wartościami poszczególnych cech w wyodrębnionych klasach WM. Przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$  dla różnic między średnimi wartościami porównywanych cech. Siłę związków między poszczególnymi wymiarami ciała oraz WM badano za pomocą testu Pearsona, przyjmując poziom istotności  $p < 0,05$  dla wartości współczynnika korelacji.

## Wyniki

Wartości średnie WM, WC, MC i BMI badanych strażaków przedstawiono w tabeli 1, natomiast wartości unormowane – w tabeli 2. Wyniki szacowania zawartości tłuszczu w organizmie zawarto w tabeli 3. W każdej z tych tabel podano wartości mierzonych cech dla wszystkich badanych oraz dla wyodrębnionych grup wieku metrykalnego.

composition estimation results were set against selected reference values [13–16]. Values pointing to excessive fat content for BFP were above 25% and for FMI – equal to or higher than  $6.6 \text{ kg}/\text{m}^2$  [17]. The BH and BM measurement results and the weight/height ratios calculated on this basis (*body mass index*, BMI  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) were compared with the population norms developed by Palczewska and Niedźwiecka based on population studies carried out in the years 1996–1999 [18]. BMI index pointing to overweight was above  $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ , and that identifying obesity – above  $30 \text{ kg}/\text{m}^2$  [19].

### Statistical analysis

Data on body measurements and composition were collected and organised in an Excel database. Based on dates of birth and the measurements, the chronological age of each participant was calculated (the number of days from his/her birth to the examination date divided by 365.25 days). According to the rules of the scientific grant project number DOB-BIO6/05/54/2014 financed by the National Centre for Research and Development (NCBiR) the studied cohort of firefighters was divided into three CA groups. The first consisted of rescuers up to the age of 25 ( $\text{CA} < 25 \text{ years}$ ), the second – fire rescuers aged 25–44, and the third was composed of firefighters aged more than 44 ( $\text{CA} > 44 \text{ years}$ ). For each of the measured characteristics, the mean value and the value of one standard deviation from the mean (SD) was calculated. The BH, BM and BMI measurements were standardised against national population norms [18]. After that, the significance of differences between the mean values of particular characteristics were analysed for the identified CA classes. The significance level of  $p < 0.05$  was set for differences between the mean values of the compared characteristics. The correspondences between the respective body and CA measurements were analysed with Pearson's test, with a significance level of  $p < 0.05$  for the correlation coefficient value.

## Results

The mean values of CA, BH, BM and BMI for the investigated firefighters are presented in Table 1, while standardised values are included in Table 2. The body fat percentage estimation results are included in Table 3. Each of the tables includes the measured properties values for all the participants and for the identified chronological age groups.



Tabela 1. Wiek metrykalny, wysokość i masa ciała oraz wskaźnik masy ciała (średnia ± SD, zakres) strażaków

Table 1. Chronological age, body height and body mass, Body Mass Index (mean ± SD, range) in professional firefighters

Badani Studied groups	Charakterystyka auksologiczna Auxological characteristics	WM / CA [lat] [years]	WC / BH [cm]	MC / BM [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
	Wszyscy, n = 178 All cases, n = 178	31,89 ± 9,99 19,46 – 53,26	179,61 ± 5,93 165,0 – 198,0	83,92 ± 10,97 63,9 – 119,6	25,99 ± 3,02 19,91 – 36,71
	WM < 25 lat, n = 75 CA < 25 years, n = 75	21,77 ± 1,43 19,46 – 24,92	180,93 ± 6,66 167,2 – 198,0	79,74 ± 8,26 63,0 – 103,6	24,34 ± 1,90 19,91 – 28,96
	WM 25 ÷ 44 lat, n = 79 CA 25 ÷ 44 years, n = 79	36,94 ± 5,43 25,00 – 43,77	176,68 ± 5,21 165,0 – 192,0	85,72 ± 10,32 64,0 – 117,0	26,82 ± 2,79 20,97 – 34,98
	WM > 44 lata, n = 24 CA > 44 years, n = 24	48,88 ± 2,37 44,25 – 53,26	178,57 ± 5,08 167,0 – 187,3	91,04 ± 14,99 67,6 – 119,6	28,44 ± 3,84 22,92 – 36,71

**Legenda:**  
 WM – wiek metrykalny  
 WC – wysokość ciała  
 MC – masa ciała wyrażona  
 BMI – wskaźnik masy ciała

**Notes:**  
 CA – chronological age  
 BH – body height  
 BM – body mass  
 BMI – Body Mass Index

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 2. Unormowana wysokość i masa ciała oraz wskaźnik masy ciała (średnia ± SD, zakres) strażaków

Table 2. Standardised body height, body mass and Body Mass Index (mean ± SD, range) in professional firefighters

Badani Studied groups	Charakterystyka auksologiczna Auxological characteristics	WC / BH [SDS]	MC / BM [SDS]	BMI [SDS]
	Wszyscy, n = 178 All cases, n = 178	0,19 ± 0,93 -2,02 – 3,07	1,50 ± 1,10 -0,60 – 5,09	1,62 ± 1,12 -0,64 – 5,60
	WM < 25 lat, n = 75 CA < 25 years, n = 75	0,39 ± 1,04 <sup>aa</sup> -1,76 – 3,07	1,08 ± 0,83 <sup>bbb</sup> -0,60 – 3,48	1,00 ± 0,71 <sup>ddd</sup> -0,64 – 2,72
	WM 25 ÷ 44 lat, n = 79 CA 25 ÷ 44 years, n = 79	0,04 ± 0,82 -2,02 – 2,21	1,68 ± 1,04 <sup>ccc</sup> -0,50 – 4,83	1,93 ± 1,04 -0,25 – 4,96
	WM > 44 lata, n = 24 CA > 44 years, n = 24	0,02 ± 0,80 -1,69 – 1,39	2,22 ± 1,51 -0,14 – 5,09	2,53 ± 1,43 0,48 – 5,60

**Legenda:**  
 SDS (*standard deviation score*) – wyniki pomiaru odniesione do opracowanych przez Palczewską i Niedźwiecką norm populacyjnych poszczególnych cech [16]

<sup>aa</sup> – unormowana WC ratowników z grupy WM < 25 lat statystycznie większa niż unormowana WC ratowników z grupy WM 25–44 lata oraz z grupy WM > 44 lat, p < 0,01

<sup>bbb</sup> – unormowana MC najmłodszych strażaków statystycznie mniejsza niż unormowana MC strażaków z grupy WM 25–44 lata oraz z grupy WM > 44 lat, dla obu p < 0,001

<sup>ccc</sup> – unormowana MC ratowników z grupy WM 25–44 lata statystycznie mniejsza niż unormowana MC ratowników z klasy WM > 44 lat, p < 0,001

<sup>ddd</sup> – unormowana wartość BMI najmłodszych strażaków statystycznie mniejsza niż unormowana wartość BMI strażaków z grupy WM 25–44 lata oraz z klasy WM > 44 lat, p < 0,001

**Notes:**

SDS (*standard deviation score*) – measurement results set against the population standards for individual characteristics prepared by Palczewska and Niedźwiecka [16]

<sup>aa</sup> – standardised body height (BH) of fire rescuers from the CA < 25 group, statistically significantly greater than for the CA 25–44 group and CA > 44 group, p < 0.01

<sup>bbb</sup> – standardised body mass (BM) of the youngest fire rescuers significantly lower than in the CA 25–44 group and the oldest firefighters, p < 0.001

<sup>ccc</sup> – standardised BM of firefighters from CA > 44 group, p < 0.001

<sup>ddd</sup> – standardised value of Body Mass Index (BMI) of the youngest significantly lower than in firefighters from the CA 25–44 group and CA > 44 group, p < 0.001

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

**Tabela 3.** Otluszczenie strażaków wyrażone (średnia ± SD, zakres) masą tłuszczu (FM, kg) w organizmie, odsetkiem masy tłuszczu względem masy ciała (PBF) oraz wskaźnikiem masy tłuszczu (FMI)

**Table 3.** Body fat percentage in professional firefighters expressed by fat mass (FM, kg), body fat percentage (BFP) and Fat Mass Index (FMI, kg/m) (mean ± SD, range)

Badani Studied groups	Charakterystyka auksologiczna Auxological characteristics			
	FM [kg]	PBF (FM%)	FMI [kg/m <sup>2</sup> ]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
Wszyscy, n = 178 All cases, n = 178	14,16 ± 6,83 2,7 – 35,7	16,36 ± 6,17 3,95 – 30,99	4,40 ± 2,12 0,88 – 10,98	25,99 ± 3,02 19,91 – 36,71
WM < 25 lat, n = 75 CA < 25 years, n = 75	9,39 ± 3,57 <sup>aaa</sup> 2,7 – 20,2	11,62 ± 3,74 <sup>aaa</sup> 3,95 – 20,38	2,87 ± 1,08 <sup>aaa</sup> 0,88 – 5,90	24,34 ± 1,90 19,91 – 28,96
WM 25 ÷ 44 lat, n = 79 CA 25 ÷ 44 years, n = 79	16,58 ± 5,97 <sup>bb</sup> 5,6 – 35,7	18,96 ± 5,16 <sup>bb</sup> 8,26 – 39,99	5,19 ± 1,85 <sup>bb</sup> 2,04 – 10,67	26,82 ± 2,79 20,97 – 34,98
WM > 44 lata, n = 24 CA > 44 years, n = 24	21,12 ± 7,25 8,1 – 34,8	22,61 ± 4,57 10,93 – 30,80	6,57 ± 2,12 2,66 – 10,98	28,44 ± 3,84 22,92 – 36,71

**Legenda:**

<sup>aaa</sup> – średnie wartości FM, PBF i FMI strażaków z grupy WM < 25 lat znacznie mniejsze niż strażaków z grupy WM 25–44 lata oraz z grupy WM > 44 lat, p < 0,001

<sup>bb</sup> – średnie wartości FM, PBF i FMI ratowników z grupy WM 25–44 lata znacznie mniejsze niż ratowników z grupy WM > 44 lat, p < 0,01

**Notes:**

<sup>aaa</sup> – mean values FM, PBF and FMI in the CA < 25 group significantly lower than in the CA 25–44 and CA > 44 groups, p < 0.001

<sup>bb</sup> – mean values of FM, PBF and FMI in the CA 25–44 group significantly lower than in the CA > 44 group, p < 0.01

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

## Omówienie wyników i dyskusja

Ze względu na strukturę wiekową zawodowych strażaków do udziału w pomiarach najtrudniej było włączyć do badania tych, którzy ukończyli 44 lata. Z tego powodu w grupie najstarszych ratowników znalazło się zaledwie 13% wszystkich badanych. Mimo to uznano, że wyniki pomiarów przeprowadzonych wśród 24 osób w wieku od 44 do nieco ponad 53 lat mogą dostatecznie obrazować stan fizyczny najstarszych strażaków [20]. Liczebność dwu pozostałych grup wiekowych, z których każda składała się z ponad 70 osób, uznano za w pełni reprezentatywną, by wnioski można było odnieść do populacji krajowej.

### Wysokość ciała

Różnice w wysokości ciała badanych strażaków oceniano na podstawie wartości unormowanych względem norm populacyjnych opracowanych, jak już powiedziano, na podstawie pomiarów przeprowadzonych pod koniec XX wieku [18]. Zgodnie z oczekiwaniami stwierdzono, że wpływ zjawiska trendów sekularnych ujawnił się w badanej próbie populacji, gdyż najmłodszy ratownicy okazali się znacznie wyżsi niż ich starsi koledzy [21]. Zaobserwowano też, że wśród najmłodszych ratowników (WM < 25 lat) występowała tendencja do wysokorostości, gdyż blisko co dziesiąty mężczyzna z tej grupy WM był znacznie wyższy od ponad 97% mężczyzn z populacji generalnej. Zakłada się, że przy klasycznym rozkładzie wartości cechy w populacji największe wartości występują tylko u 3% osób (wielkość cechy > 97 centyla, ct), a w przypadku wyznaczania granic szerokiej normy populacyjnej za pomocą wartości dwóch odchyłeń standardowych od średniej (wielkość cechy > 2,0 SDS) – nawet

## Results and discussion

Due to the age structure of professional firefighters, it was the most difficult to include individuals aged more than 44 in the measurements performed for the study. Thus, the group of oldest fire rescuers accounted for only 13% of all the studied individuals. However, it was concluded that the results of measurements carried out among 24 individuals aged from 44 to 53 may sufficiently reflect the physical condition of the oldest firefighters [20]. The number of people in the two remaining age groups, i.e. more than 70 individuals in each group, was considered fully representative to draw conclusions for the country's population.

### Body height

Differences in body height of the analysed firefighters were evaluated on the basis of values standardised against population norms developed based on measurements carried out in the 1990s [18]. As expected, it was found that the impact of secular variation is visible in the studied population sample, as the youngest fire rescuers were considerably higher than their older colleagues [21]. It was also observed that among the youngest fire rescuers (CA < 25 years) there was a tendency towards tall stature as almost every tenth man from the CA group was considerably higher from over 97% of men in the total population. It is assumed that with a typical distribution of characteristics in the population, the highest values occur in only 3% of individuals (the value of the characteristic > 97 percentile, pct), and when determining the boundaries of the broad population norm with the value of two standard deviations from the mean (the value of the characteristic > 2.0 SDS) – in even less

u nieco mniej niż 3% osób [20]. Górną granicę szerokiej normy populacyjnej przy posługiwaniu się miarą centylową Palczewska i Niedźwiecka wyznaczyły na 190,3 cm (97 ct), a przy posługiwaniu się miarą odchylenia standardowego – na 191,2 cm (2,0 SDS) [18]. Stwierdzono, że w grupie najmłodszych ratowników tak wysokie osoby (WC > 97 ct) stanowiły aż 8%, przy czym wysokość ich ciała wynosiła od prawie 193 do 198 cm. W związku z zaobserwowaną tendencją do wybierania zawodu strażaka przez wysokorosłych mężczyzn uznano, że w przyszłości uzasadnione byłoby podjęcie badań nad związkami między wysokością ciała i predyspozycjami do wykonywania standardowych czynności ratowniczych.

Porównawszy najmłodszych badanych (WM < 25 lat, pomiary własne z lat 2015–2016) oraz studentów pożarnictwa opisanych przez Bertranda i współpracowników (pomiary w latach 2009–2010), stwierdzono, że wysokość ciała obu kohort jest podobna. Należy podkreślić, że w obu przypadkach pomiarami objęto studentów tej samej uczelni, a mianowicie warszawskiej SGSP [2]. Powyższa obserwacja może świadczyć o tym, że w porównaniu z poprzednimi latami mamy do czynienia z procesem wygasania lub spowalniania oddziaływania trendów sekularnych na wysokość ciała mężczyzn w Polsce [21].

### Masa ciała i wskaźnik masy ciała

Stwierdzono, że zarówno wyrażone w kilogramach, jak i unormowane wartości masy ciała wszystkich badanych korelują dodatnio i znamienne ( $r = 0,365$ ,  $p < 0,001$ ) z ich wiekiem metrykalnym. Zaskoczeniem było to, że wartość średnia unormowanej MC ratowników w wieku od 25 do 44 lat była bliska (MC SDS  $\approx$  2,0 SDS) górnej granicy szerokiej normy populacyjnej, a ratowników najstarszych nawet większa (MC SDS > 2,0 SDS). Równie niepokojące wnioski sformułowano na podstawie analizy wartości wskaźnika masy ciała, który do pewnego stopnia odzwierciedla zależność wagowo-wzrostową osób dorosłych [22, 23, 24]. Okazało się, że tak jak unormowana MC, tak i średnia wartość BMI strażaków w wieku od 25 do 44 lat znajdowała się na górnej granicy szerokiej normy populacyjnej (BMI  $\approx$  2,0 SDS), a najstarszych strażaków – znacznie powyżej tej granicy (BMI = 2,5 SDS). Przedstawione obserwacje pozwalają przypuszczać, że w krótkim czasie od ukończeniu studiów lub szkoły aspirantów straży pożarnej podaż energii na aktywność fizyczną, co nieuchronnie prowadzi do postępującego otyśnięcia, a w wyniku tego – do nadmiernego przyrostu masy ciała. Zatem mimo że strażacy mają formalny obowiązek systematycznego przeprowadzania treningu fizycznego, okazują się osobami, których dotyczy zwiększone ryzyko występowania chorób cywilizacyjnych, co może ograniczać ich zdolność do pełnienia służby [7, 9]. W pracy posłużono się terminem „choroby cywilizacyjne”, który jest nadal rozpoznawany w krajowym piśmiennictwie, choć już niestosowany w piśmiennictwie zagranicznym, gdzie zastąpiono go terminem *non-communicable diseases* (NCS's). Do klasycznych chorób cywilizacyjnych zalicza się: choroby układu krążenia (m.in. nadciśnienie tętnicze), zaburzenia tolerancji glukozy i cukrzycę typu II, a także niektóre choroby nerek. Należy podkreślić, że choroby cywilizacyjne są następstwem przewlekłego zaburzenia bilansu energetycznego spowodowanego przewlekłym niedostatkami

than 3% of individuals [20]. The upper limit of the broad population norm was determined by Palczewska and Niedźwiecka with a percentile measurement at 190.3 cm (97 pct), and with the standard deviation method – at 191.2 cm (2.0 SDS) [18]. It was found that in the group of the youngest fire rescuers individuals with a BH > 97 pct accounted for as many as 8%, with their body height amounting from almost 193 to 198 cm. Due to the observed tendency to choose the firefighting profession by men with high posture it was concluded that in the future it would be justified to perform studies on the relationship between body height and predispositions for carrying out standard rescue operations.

As a result of comparing the youngest participants (CA < 25 years, own measurements from the years 2015–2016) and fire rescue students described by Bertrand et al. (measurements from 2009–2010) it was found that the body height of both cohorts is similar. It should be emphasised that in both cases the measurements were performed on students from the same university, i.e. SGSP in Warsaw [2]. The above may indicate that in comparison with the previous years we are experiencing a decline or deceleration of the impact of secular variation on the body height of men in Poland [21].

### Body mass and body mass index

Positive and significant correlations were identified between body mass values of all the participants expressed in kilograms and standardised ( $r = 0.365$ ,  $p < 0.001$ ) and their chronological age. It was surprising that the mean value of the standardised BM of firefighters aged 25–44 years was close (MC SDS  $\approx$  2.0 SDS) to the upper limit of the broad population norm, and for the oldest fire rescuers the value was even above the limit (BH SDS > 2.0 SDS). Alarming conclusions were also formulated on the basis of the analysis of body mass index values, which to a certain degree reflects the weight/height ratio in adults [22, 23, 24]. It turned out that both standardised BH and the mean BMI of firefighters aged 25–44 was at the upper limit of the broad population norm (BMI  $\approx$  2.0 SDS), and for the oldest firefighters – much above the limit (BMI = 2.5 SDS). The presented observations make it possible to conclude that shortly after graduation from a university or college energy supply in the fire rescuers' diet consistently exceeds energy expenditure on physical activity, which inevitably leads to progressing adiposity and excessive body mass increase. Therefore, despite the fact that firefighters are formally obligated to exercise regularly, they are under an increased risk of non-communicable diseases, which may limit their ability to perform their service [7, 9]. The typical non-communicable diseases include cardiovascular system diseases (including arterial hypertension), glucose tolerance disorders and type 2 diabetes, and also some kidney diseases. It should be emphasised that non-communicable diseases are a consequence of a chronically disturbed energy balance caused by permanently insufficient physical activity, which, as already stated, results in excessive fat tissue deposition and leads to overweight, and with time – to obesity. It should be recalled that BMI was developed for estimating the risk of non-communicable diseases and is one of the longest

aktywności fizycznej, co, jak już powiedziano, skutkuje nadmiernym odkładaniem się tkanki tłuszczowej i prowadzi do nadwagi, a po pewnym czasie – do otyłości. Trzeba przy tym przypomnieć, że wskaźnik BMI opracowano z myślą o szacowaniu ryzyka występowania w populacji chorób cywilizacyjnych i jest on jednym z najdłużej stosowanych narzędzi epidemiologicznych służących ocenie stanu zdrowia nowoczesnych i postnowoczesnych populacji [19]. Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (*World Health Organization*, WHO) osoby, których wartość BMI wynosi lub przekracza 25 kg/m<sup>2</sup>, zalicza się do grupy o zwiększonym ryzyku wystąpienia chorób cywilizacyjnych [13, 19]. Tymczasem w badanej kohorcie nadmierną wartość wskaźnika masy ciała (BMI  $\geq$  25) stwierdzono aż u blisko 60% badanych, przy czym na podstawie rekomendacji WHO prawie połowę uznano za osoby z nadwagą (n = 31, BMI 25–29,9), a prawie 10% – za osoby otyłe. Wśród otyłych przeważał I stopień otyłości (n = 15, BMI 30–34,5), ale u niektórych ratowników stwierdzono nawet II stopień otyłości (n = 3, BMI 35–39,9). Należy przy tym podkreślić, że od pewnego czasu użyteczność wskaźnika masy ciała w ocenie zależności wagowo-wzrostowych jest w piśmiennictwie dyskutowana, a nawet podważana [23, 24, 25]. Wobec tego rodzi się pytanie, czy na podstawie analizy średnich wartości BMI tak niekorzystna jak przedstawiona powyżej ocena – przewaga przypadków nadwagi i otyłości w badanej kohorcie strażaków – jest dostatecznie uzasadniona. Za krytycznym i ostrożnym podejściem do tego, by ogłaszać stan epidemii nadwagi i otyłości w populacji strażaków, mogłoby przemawiać to, że wielu spośród badanych deklarowało (wszystkich zapytano o rodzaj i częstość podejmowanej aktywności fizycznej, co będzie przedmiotem odrębnej publikacji), że: systematycznie przeprowadza trening fizyczny, ma w koszarach dostęp do instalacji i sprzętu treningowego (siłownię, sale gimnastyczne, boiska), a nawet uczestniczy w zawodach sportowo-pożarniczych. Powyższe wątpliwości rozwiązała jednak ocena zawartości tłuszczu w organizmach osób badanych, na podstawie której jednoznacznie stwierdzono liczne przypadki nadmiernego otłuszczenia ratowników. Tym samym to masa tkanki tłuszczowej, a nie masa znakomicie rozwiniętych mięśni szkieletowych, spowodowała, że średnia wartość wskaźnika masy ciała strażaków powyżej 25 roku życia okazała się tak niekorzystna w kontekście stanu zdrowia.

### Zawartość tłuszczu w organizmie

Zagadnienie szacowania zawartości tłuszczu w organizmie przedstawiano w piśmiennictwie już wielokrotnie, gdyż kwestia ta jest ściśle związana z: występowaniem wielu chorób, wzrastającymi kosztami leczenia osób otyłych i niedożywionych oraz zdolnością do podejmowania wysiłku fizycznego [12, 17, 26–33]. Wykazano, że zarówno nadmierna, jak i niedostateczna zawartość tłuszczu w organizmie prowadzi do wystąpienia poważnych zaburzeń stanu zdrowia oraz zmniejsza zdolność do podejmowania wysiłku fizycznego, co w przypadku zawodowych strażaków jest szczególnie istotne [34]. Niedobór tłuszczu w organizmie powoduje zmniejszenie się zdolności do długotrwałego wysiłku fizycznego, gdyż ogranicza możliwości wytwarzania energii z wolnych kwasów tłuszczowych w czasie długotrwałej pracy fizycznej [10, 11]. Z kolei nadmierna zawartość tłuszczu w organizmie, zawsze oznaczająca nadwagę lub otyłość badanych, nieuchronnie prowa-

applied epidemiological tools for assessing the health condition of modern and post-modern populations [19]. In line with the World Health Organization (WHO) guidelines, individuals whose BMI amounts to 25 kg/m<sup>2</sup> or more are in the group of increased risk of non-communicable diseases [13, 19]. In the studied cohort the increased body mass index (BMI  $\geq$  25) was identified in as many as almost 60%, and based on WHO recommendations nearly half of them would be considered overweight (n = 31, BMI 25–29.9), and almost 10% – obese. Among the obese fire rescuers, 1st degree of obesity was dominant (n = 15, BMI 30–34.5), and in some of them 2nd degree of obesity was identified (n = 3, BMI 35–39.9). It should be emphasised that recently the usefulness of the body mass index in assessing correlations between weight and height in literature on the subject has been disputed and questioned [23, 24, 25]. Therefore, a question arises whether on the basis of the mean BMI value the unfavourable assessment presented above pointing to the prevalence of overweight and obesity in the studied cohort of firefighters is plausible. A critical and cautious approach to the issue preventing the authors from announcing the overweight and obesity epidemics in the population of firefighters might be justified by the fact that many participants, when asked about the type and frequency of physical activity practised by them (which is going to be the subject of a separate publication) declared that they performed regular physical training, had access to training equipment at their barracks (gyms, fitness rooms, playing fields), and even participated in sports competitions for firefighters. These doubts were dispelled by the assessment of the fat percentage in the bodies of the participants, on the basis of which numerous cases of adiposity of the fire rescuers were confirmed. At the same time, this was not the weight of greatly developed muscles but the weight of the adipose tissue that contributed to the unfavourable mean body mass index among the firefighters above 25 years of age in the context of their health condition.

### Body fat percentage

The issue of estimating body fat percentage has been repeatedly raised in the literature on the subject as it is closely associated with many diseases, increased treatment costs of obese and underweight individuals and the ability to perform physical effort [12, 17, 26–33]. It has been demonstrated that both excessive and insufficient body fat percentage leads to serious health disorders and reduces the ability to perform physical effort, which is especially important in the case of professional firefighters [34]. Insufficient body fat percentage reduces the ability to perform physical effort for prolonged periods as it limits the possibility of producing energy from free fatty acids during extended periods of physical work [10, 11]. In turn, excessive body fat percentage, which is always related to overweight or obesity, inevitably leads to a limitation of the ability to perform any type of physical work. Therefore, it



dzi do ograniczenia zdolność do wykonywania każdego rodzaju pracy fizycznej. Wobec tego zasadnicze znaczenie ma wyznaczenie zakresu zawartości tłuszczu w organizmie. Niestety, wyniki pomiaru tej cechy różnią się znacznie zależnie od zastosowanej metody, a dotychczas opracowano ich kilkanaście [17, 35]. Okazało się, że wyniki pomiarów metodą BIA, szeroko rozpowszechnioną ze względu na łatwość jej stosowania, różnią się w zależności od rodzaju urządzenia (m.in. modele bipolarne *versus* tetrapolarne), producenta, a nawet modelu aparatów tego samego wytwórcy. Z tego powodu opracowanie uniwersalnych norm populacyjnych było i wciąż wydaje się zadaniem niewykonalnym. Należy podkreślić, że zakresy wartości referencyjnych zawartości tłuszczu w organizmie są często opracowywane przez producentów urządzeń do analizy składu ciała (np. Tanita; dla mężczyzn w wieku 20–39 lat i 40–59 lat wartość PBF w kategorii „zdrowie” [ang. *healthy*] wynosi odpowiednio 7–20% i 10–22%, a w kategorii „nadmiar” – od 20% i 22%), a jednak w praktyce badawczej i klinicznej najpowszechniej wykorzystywane są standardy rekomendowane przez WHO [13, 14]. Na przełomie XX i XXI wieku eksperci WHO zalecili, aby za otyłych uznawać tych dorosłych mężczyzn, u których zawartość tłuszczu w organizmie jest równa lub większa niż 25% masy ciała [12]. Natomiast Jeukendrup i Gleeson w rozdziale książki *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance* poświęconej żywieniu w sporcie przedstawili bardziej rygorystyczne – niż propozycje WHO i marki Tanita – normy zawartości tłuszczu w organizmie [16]. Wymienieni autorzy uważają bowiem, że średnia populacyjna wartość PBF dla mężczyzn w wieku do 30 lat oraz w wieku 30–50 lat powinna wynosić odpowiednio 9–15% i 11–17%. Jednocześnie badacze ci za najmniejszą wartość PBF uznają 3%, a w przypadku osób aktywnych fizycznie jako właściwą wartość przyjmują 5–10%. Uważają oni także, że zalecana wartość PBF dla dorosłych mężczyzn to 11–14%, a akceptowalna – 15–20%, począwszy zaś od 21% rozpoznają nadwagę, a od 24% – otyłość. Wobec powyższych przedstawionych różnic w zalecanych wartościach rozgraniczających „prawidłową” zawartość tłuszczu w organizmie od nadmiernej jego zawartości dokonanie oceny otluszczenia badanej kohorty strażaków tylko na podstawie wartości PBF okazało się utrudnione. Analizując stan otluszczenia badanych na podstawie stosunku masy tłuszczu do masy ciała (PBF) stwierdzono bowiem, że bez względu na zastosowane wartości referencyjne – zarówno te proponowane przez WHO, markę Tanita, jak i te zalecane przez Jeukendrupa i Gleesona – średnią wartość PBF wszystkich badanych należy uznać za prawidłową (PBF = 16%), podobnie jak średnią wartość PBF ratowników w wieku od 25 do 44 lat (PBF = 19%). Tylko najstarszych strażaków od razu uznano za grupę obciążoną nadwagą, ponieważ średni odsetek tłuszczu w ich organizmie okazał się zbyt duży względem zalecanego (PBF = 22,6%). Gdy jednak przeanalizowano zawartość tłuszczu w organizmie poszczególnych strażaków, stwierdzono, że wśród ratowników powyżej 25 roku życia co trzeci ma nadmiar tłuszczu, a kilku jest nawet otyłych. Wobec tego dalsze badanie stanu otluszczenia ratowników oparto na analizie wartości wskaźnika otluszczenia FMI. Okazało się, że średnia wartość FMI w grupie strażaków w wieku od 25 do 44 lat jest bliska, a w grupie strażaków powyżej 44 roku życia – równa wartości uznawanej za miarę otyłości ( $FMI \geq 6,6 \text{ kg/m}^2$ ) [15]. Na podstawie oceny wartości FMI stwierdzono, że otyłość cechuje aż połowę

is of vital importance to develop a scale for body fat percentage. Unfortunately, the results of the measurement differ significantly depending on the method used, with over a dozen methods developed so far [17, 35]. It turned out that the results of measurements made with the BIA method, which is widespread due to the ease of its use, vary depending on the type of equipment (i.a. bipolar versus tetrapolar models), the manufacturer and the model of the device by the same manufacturer). For this reason, developing universal population norms has been impossible. It should be emphasised that reference value ranges for body fat percentage are often developed by the manufacturers of body composition analysers (e.g. Tanita; for men aged 20-39 and 40-59 the BFP in the healthy category amounts to, respectively, 7-20% and 10-22%, and in the “overfat” category – from 20% and 22%). However, in the research and clinical practice the standards recommended by the WHO are most commonly used [13, 14]. At the turn of the 21st century WHO experts issued a guideline for determining obesity in adult men, stating that body fat percentage in the case of obesity in this group should be 25% of body mass or more [12]. However, Jeukendrup and Gleeson in the chapter of the book *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance* focussing on sports nutrition presented more stringent body fat percentage norms than those proposed by the WHO or the Tanita brand [16]. The said authors claim that the mean BFP value for the population of men aged up to 30 and 30-50 years should be 9-15% and 11-17% respectively. At the same time, the researchers assumed 3% as the lowest BFP value, and for physically active individuals they considered the value of 5-10% as normal. They also claimed that the BFP value recommended for adult men is 11-14%, with acceptable BFP at 15-20%, overweight starting from 21% and obesity – from 24%. In the light of the aforementioned differences in recommended values separating normal and excessive body fat percentage, assessing the body fat of the analysed cohort of firefighters only on the basis of BFP values proved to be difficult. The analysis of the adiposity of the participants based on the fat mass to body mass ratio (BFP) made it possible to establish that regardless of the applied reference values proposed by the WHO and the Tanita brand, and recommended by Jeukendrup and Gleeson, the mean BFP value for all the studied individuals should be considered normal (BFP = 16%), similarly to the mean BFP value of fire rescuers aged 25-44 (BFP = 19%). Only the oldest firefighters were initially considered the group with overweight problems, as the mean body fat percentage turned out to be too high as compared to the recommended value (BFP = 22.6%). However, the analysis of body fat percentage of particular firefighters showed that in the group of fire rescuers aged more than 25 every third is overweight and several are obese. Therefore, further examinations of the fire rescuers’ body fat were based on the analysis of the FMI. The analysis demonstrated that the mean FMI value in the group of firefighters aged 25-44 is close to, and in the group above 44 years of age, equal to the value considered a measure of obesity ( $FMI \geq 6.6 \text{ kg/m}^2$ ) [15]. Based on the assessment of FMI values, obesity was found in as many as half of the firefighters from the oldest age group and almost  $\frac{1}{3}$  of fire rescuers aged



najstarszych ratowników oraz blisko  $\frac{1}{3}$  ratowników w wieku od 25 do 44 lat. Posługując się wartością odcięcia FMI  $\geq 6,6 \text{ kg/m}^2$ , rozpoznano więcej przypadków otyłości (16% osób i kolejne 3% osób zagrożonych otyłością z uwagi na wartość FMI 6,2–6,5) niż posługując się wartością BMI  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ . Należy podkreślić, że wartości zarówno masy tłuszczu w organizmie, odsetka tłuszczu, jak i wskaźnika otłuszczenia wszystkich badanych znamienne dodatnio korelowały z wiekiem metrykalnym (dla każdej z wyżej wymienionych cech znamienne korelacji z WM  $p < 0,001$ , wartości  $r$  odpowiednio: 0,653, 0,705 i 0,671). W związku z powyższym nie dziwiło, że przypadki niedoboru tłuszczu w organizmie odnotowano wyłącznie wśród najmłodszych ratowników. U zaledwie kilku badanych ( $n = 4$ , 5% osób w WM  $< 25$  lat) wartość PBF okazała się mniejsza niż 5%, co sugeruje, że ich zdolność do wytwarzania energii z wolnych kwasów tłuszczowych w czasie długotrwałego wysiłku fizycznego może być ograniczona [16]. Jednak u żadnego z badanych wartość PBF nie przekroczyła krytycznej granicy 3% zawartości tłuszczu w organizmie, a najmniejsza odnotowana wynosiła 3,9% [34]. Trzeba podkreślić, że z powodu otyłości lub zbyt dużego niedoboru tłuszczu w organizmie łącznie 5% wszystkich badanych ( $n = 8$ ) można uznać za osoby o potencjalnie zmniejszonej zdolności do wykonywania niektórych czynności ratowniczych.

Podsumowując, stwierdzono nie tylko, że wraz z wiekiem znamienne zwiększa się otłuszczenie badanych, ale przede wszystkim, że  $\frac{1}{3}$  zawodowych strażaków powyżej 25 roku życia jest nadmiernie otłuszczone. Jednocześnie wykazano, że badanie składu ciała, szczególnie zawartości tłuszczu w organizmie, może być cennym elementem w przeprowadzaniu oceny gotowości strażaka do wykonywania zadań ratowniczych, gdyż analiza wyniku pomiaru masy ciała (wynik ważenia) i/lub zależności wagowo-wzrostowych ratowników nie pozwala na obiektywne ustalenie, który składnik – masa mięśni szkieletowych czy masa tkanki tłuszczowej – przeważa. Trzeba podkreślić, że wynik taniego, łatwego do wykonania i powszechnie zalecanego pomiaru obwodu talii może w przypadku otyłości wisceralnej (otyłość typu MONW, *metabolically obese normal weight*) nie prowadzić do właściwego zakwalifikowania badanego. Jest to możliwe dopiero po uwzględnieniu wyniku badania składu ciała [36, 37, 38].

## Wnioski

Na podstawie analizy wyników pomiaru wysokości i masy ciała oraz zawartości tłuszczu w organizmie zawodowych strażaków sformułowano następujące wnioski:

- Ocenę zdolności strażaków do wykonywania zadań ratowniczych rutynowo należy przeprowadzać z uwzględnieniem wyniku analizy składu ciała, przede wszystkim w wyniku analizy zawartości tłuszczu w organizmie.
- Wraz z wiekiem, szczególnie po ukończeniu 25. roku życia, masa ciała strażaków zwiększa się z powodu nadmiernego otłuszczenia, co u niektórych prowadzi nawet do otyłości.

25–44. Using the FMI cut-off value  $\geq 6.6 \text{ kg/m}^2$ , more cases of obesity were identified (16% and a further 3% at risk of obesity with FMI value of 6.2–6.5) than using the BMI value  $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ . It should be emphasised that body fat mass and percentage values as well as the fat mass index of all the individuals under study positively correlated with chronological age (for each of the mentioned characteristics the significance of the correlation with the CA was  $p < 0.001$ , with the following values: 0.653, 0.705 and 0.671). Due to the above, it was not surprising that body fat deficiencies were observed only in the group of the youngest fire rescuers. In the case of several participants ( $n = 4.5\%$  of individuals in CA  $< 25$  years) turned out to be lower than 5%, which suggests that their ability to produce energy from free fatty acids over extended periods of physical effort may be limited [16]. However, in none of the studied firefighters the BFP value exceeded the critical body fat percentage limit of 3%, with the lowest recorded value amounting to 3.9% [34]. It should be emphasised that due to obesity or insufficient body fat percentage a total of 5% of the studied individuals ( $n = 8$ ) may be considered to have a reduced ability of performing certain rescue operations.

To sum up, it was not only demonstrated that the studied firefighters' body fat increases with age, but also, more importantly, that  $\frac{1}{3}$  of professional firefighters aged more than 25 are characterised with excessive body fat values. At the same time, it was shown that body composition analysis, especially with regard to body fat percentage, can be a valuable element of evaluating firefighters' preparedness for rescue operations, as the body mass measurement (weighting) and/or weight to height ratios do not make it possible to objectively determine which element dominates – muscle mass or adipose tissue mass. It is necessary to stress that results of the inexpensive, easy to perform and generally recommended waist circumference measurement may not lead to the proper classification of the examined individual in the case of abdominal obesity (*metabolically obese normal weight*, MONW). This is possible only after taking into consideration body composition in the examination [36, 37, 38].

## Conclusions

On the basis of the analysis of the height, body mass and body fat percentage measurement results for professional firefighters, the following conclusions were formulated:

- Assessments of firefighters' ability to perform rescue operations should be routinely performed with the inclusion of the body composition analysis result, in particular the body fat percentage analysis.
- With age, especially after reaching the age of 25, the body mass of some firefighters increases due to excessive body fat, which in some cases leads to obesity.

- Bez względu na rodzaj wskaźnika zastosowanego do oceny stanu otyłości odsetek osób mających nadwagę i osób otyłych wśród zawodowych strażaków jest znaczący.

Pomiary umożliwiające opisanie wymiarów ciała strażaków przeprowadzono w ramach projektu badawczego numer DOB-BIO6/05/54/2014, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

## Wykaz stosowanych skrótów

NCD's – *non-communicable diseases* (w polskim piśmiennictwie nadal często stosuje się termin „choroby cywilizacyjne”)  
 SGSP – Szkoła Główna Służby Pożarniczej  
 WM – wiek metrykalny  
 WC – wysokość ciała  
 MC – masa ciała  
 BIA – *bioelectrical impedance analysis*, metoda bioimpedancji elektrycznej  
 FM – *fat mass*, masa tkanki tłuszczowej w organizmie  
 PBF – *percentage of body fat*, odsetek masy tłuszczu względem masy ciała (FM%)  
 FMI – *fat mass index*, wskaźnik tkanki tłuszczowej  
 BMI – *body mass index*, wskaźnik masy ciała  
 SD – *standard deviation*, odchylenie standardowe  
 SDS – *standard deviation score*, jednostki odchylenia standardowego  
 ct – centyl

- Regardless of the type of index used to evaluate adiposity, the percentage of overweight and obese people among professional firefighters remains significant.

The examinations enabling the description of the body measurements of firefighters were carried out within research project No. DOB-BIO6/05/54/2014 financed by the National Centre for Research and Development.

## List of abbreviations

NCDs – *non-communicable diseases*  
 SGSP – the Main School of Fire Service  
 CA – chronological age  
 BH – body height  
 BM – body mass  
 BIA – *bioelectrical impedance analysis*  
 FM – fat mass  
 BFP – body fat percentage (FM%)  
 FMI – fat mass index  
 BMI – body mass index  
 SD – standard deviation  
 SDS – standard deviation score  
 pct – percentile

## Literatura/Literature

- [1] Sterkowicz S., *Wyniki uczestników mistrzostw sportu pożarniczego w świetle wskaźników doświadczenia i rozwoju fizycznego*, w: *Współczesne kierunki rozwoju kultury fizycznej w formacjach obronnych*, R.M. Kalina, K. Klukowski, K. Jędrzejak, A. Kaczmarek (red.), Polskie Towarzystwo Naukowe Kultury Fizycznej. Sekcja Kultury Fizycznej w Wojsku, Warszawa 2000, 5, 75–87.
- [2] Bertrand J., Kłos A., Szymańska W., *Ocena stanu uwapnienia kości studentów I roku Szkoły Głównej Służby Pożarniczej*, „Probl. Hig. Epidemiol.” 2011, 92(1), 110–113.
- [3] Michnik K., *Komponenty ciała pracowników służb pożarniczych*, „Aktywność Ruchowa Ludzi w Różnym Wieku” 2005, 5, 276–279.
- [4] Pawłowski R., *Rozwój i sprawność fizyczna kandydatów do Wyższej Oficerskiej Szkoły Pożarniczej*, „Kultura Fizyczna” 1977, 31(1), 15–18.
- [5] Milewicz A., *Fenotyp otyłości a skład masy ciała i profil metaboliczny*, „Endokrynol. Otyłość” 2015, 1(1), 15–19.
- [6] Rywik S., *Epidemiologia otyłości na podstawie 17-letnich badań populacji Warszawy w średnim wieku – badanie Pol-MONIKA Warszawa i Pol-Monika-BIS*, „Med. Metabol.” 2002, 4, 16–17.
- [7] Dean E., Söderlund A., *What is the role of lifestyle behaviour change associated with non-communicable disease risk in managing musculoskeletal health conditions with special reference to chronic pain?*, „BMC Musculoskeletal Disord.” 2015, 16, 87.
- [8] Oni T., Unwin N., *Why the communicable/non-communicable disease dichotomy is problematic for public health control strategies: implications of multimorbidity for health systems in an era of health transition*, „Int. Health” 2015, 7(6), 390–399.
- [9] Lee I.M., Shiroma E.J., Lobelo F., Puska P., Blair S.N., Katzmarzyk P.T.; Lancet Physical Activity Series Working Group, *Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy*, „Lancet” 2012, 380(9838), 219–229.
- [10] Bratland-Sanda S., Sundgot-Borgen J., *Eating disorders in athletes: overview of prevalence, risk factors and recommendations for prevention and treatment*, „Eur. J. Sport Sci.” 2013, 13(5), 499–508.
- [11] Fagerberg P., *Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review*, „Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.” 2017, 2016–0332.
- [12] Dzygadło B., Łepecka-Klusek C., Pilewski B., *Wykorzystanie analizy impedancji bioelektrycznej w profilaktyce i leczeniu nadwagi i otyłości*, „Probl. Hig. Epidemiol.” 2012, 93(2), 274–280.
- [13] *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation*, WHO Technical Report Series 894, World Health Organization, Geneva 2000.
- [14] [www.tanitapolska.pl/analizatory-skladu-ciala-tanita.html](http://www.tanitapolska.pl/analizatory-skladu-ciala-tanita.html) [dostęp: 2.08.2017].

- [15] Jaffrin M.Y., Morel H., *Body fluid volumes measurements by impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods*, „Med. Eng. Phys.” 2008, 30(10), 1257–1269.
- [16] Jeukendrup A., Gleeson M., *Normal ranges of body weight and body fat*, w: *Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance*, A. Jeukendrup, M. Gleeson (red.), Second Edition, Human Kinetics, 2010.
- [17] Peltz G., Aguirre M.T., Sanderson M., Fadden M.K., *The role of fat mass index in determining obesity*, „Am. J. Hum. Biol.” 2010, 22(5), 639–647.
- [18] Palczewska I., Niedźwiecka Z., *Wskaźniki rozwoju somatycznego dzieci i młodzieży warszawskiej*, „Med. Wieku Rozwoj.” 2001, 5(supp. 1), 19–118.
- [19] Ferro-Luzzi A., Sette S., Franklin S., James W.P.T., *A simplified approach of assessing adult chronic energy deficiency*, „Eur. J. Clin. Nutr.” 1992, 46, 173–186.
- [20] Stupnicki R., Dobosz J., Tomaszewski P., Milde K., *Ilościowa analiza zmiennych w przebiegu rozwoju*, w: *Metody statystyczne w antropologii*. J. Chazewska (red.), Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Warszawa 2003, 33–43.
- [21] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC), *A century of trends in adult human height*, „eLife” 2016, 5, e13410, 1–29.
- [22] Flegal K.M., Kit B.K., Graubard B.I., *Body mass index categories in observational studies of weight and risk of death*, „Am. J. Epidemiol.” 2014, 180(3), 288–296.
- [23] Friedman G.D., *Editorial: body mass index and risk of death*, „Am. J. Epidemiol.” 2014, 180(3), 233–234.
- [24] Stupnicki R., *Relacje wagowo-wzrostowe i stosowanie wskaźnika BMI u dzieci i młodzieży*, e-Wydawnictwo NCBKF, 2014, 33–38.
- [25] Ng M., Liu P., Thomson B., Murray C.J., *A novel method for estimating distributions of body mass index*, „Popul. Health Metr.” 2016, 14, 6.
- [26] Socha M., Jonak W., Bolanowski M., Chwałczyńska A., *Assessment of body fat content in young men by using selected somatic indices and skinfolds*, „Physical Educ. Sport” 2008, 52, 84–87.
- [27] Socha M., Bolanowski M., Jonak W., Lewandowski Z., *Otłuszczenie ogólne i dystrybucja tkanki tłuszczowej u mężczyzn w starszym wieku*, „Endokrynol. Otyłość” 2007, 3(4), 73–78.
- [28] Deurenberg P., Deurenberg-Yap M., *Validation of skinfold thickness and hand-held impedance measurements for estimation of body fat percentage among Singaporean Chinese, Malay and Indian subjects*, „Asia Pac. J. Clin. Nutr.” 2002, 11, 1–7.
- [29] Dittmar M., *Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass*, „Am. J. Hum. Biol.” 2004, 16, 593–597.
- [30] Vasudev S., Mohan A., Mohan D., Farooq S., Raj D., Mohan V., *Validation of body fat measurement by skinfolds and two bioelectric impedance method with DEXA – the Chennai urban rural epidemiology study [CURES-3]*, „J. Ass. Phys. Ind.” 2004, 52, 877–881.
- [31] Chin M.K., Kiew O.F., Girandola R.N., *A comparison of body fat measurement by BodPod, skinfolds, and three bioelectrical impedance analysis techniques in Chinese college student*, „Int. J. Phys. Educ.” 2006, 43, 77–85.
- [32] Nichols J., Going S., Loftin M., Stewart D., Nowicki E., Pickrel J., *Comparison of two bioelectrical impedance analysis instruments for determining body composition in adolescent girls*, „Int. J. Body Compos Res.” 2006, 4, 153–160.
- [33] Dehghan M., Merchant A.T., *Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies?*, „Nutr. J.” 2008, 7, 26.
- [34] Friedl K.E., Moore R.J., Martinez-Lopez L.E., Vogel J.A., Askew E.W., Marchitelli L.J., Hoyt R.W., Gordon C.C., *Lower limit of body fat in healthy active men*, „J. Appl. Physiol. (1985)” 1994, 77(2), 933–940.
- [35] Lewitt A., Mądro E., Krupienicz., *Podstawy teoretyczne i zastosowania analizy impedancji bioelektrycznej (BIA)*, „Endokrnol. Otyłość” 2007, 3(4), 79–84.
- [36] Shea J.L., King M.T., Yi Y., Gulliver W., Sun G., *Body fat percentage is associated with cardiometabolic dysregulation in BMI-defined normal weight subjects*, „Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.” 2012, 22(9), 741–747.
- [37] Oliveros E., Somers V.K., Sochor O., Goel K., Lopez-Jimenez F., *The concept of normal weight obesity*, „Prog. Cardiovasc. Dis.” 2014, 56(4), 426–433.
- [38] Stefan N., Schick F., Häring H.U., *Causes, Characteristics, and Consequences of Metabolically Unhealthy Normal Weight in Humans*, „Cell Metab.” 2017, 26(2), 292–300.

**DR HAB. N. MED. ANDRZEJ WIŚNIEWSKI** – ukończył Wydział Lekarski Akademii Medycznej w Warszawie. W latach 1989–2003 był asystentem, a następnie adiunktem w Klinice Endokrynologii Instytutu „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”. Jest badaczem w Centralnym Laboratorium Badawczym Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Zajmuje się fizjologią wysiłku fizycznego oraz rozwojem fizycznym dzieci i młodzieży.

**ST. BRYG. DR INŻ. WOJCIECH JAROSZ** – ukończył Szkołę Główną Służby Pożarniczej. Doktoryzował się na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Jest kierownikiem Katedry Techniki Pożarniczej na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

**DR N. O KULTURZE FIZYCZNEJ ANNA MRÓZ** – ukończyła Akademię Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Pracuje w Zakładzie Fizjologii AWF w Warszawie. Zajmuje się fizjologią wysiłku fizycznego.

**ANDRZEJ WIŚNIEWSKI, MD WITH A POST-DOCTORAL DEGREE** – graduated from the Faculty of Medicine of the Medical Academy in Warsaw. In the years 1989–2003 he was Assistant Lecturer and later Assistant Professor at the Endocrinology Clinic of the Children’s Memorial Health Institute. He is a researcher at the Central Research Laboratory of the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. His research focussed on the physiology of physical exercise and the physical development of children and adolescents.

**WOJCIECH JAROSZ, SENIOR BRIG. PH.D. ENG.** graduated from the Main School of Fire Service. He obtained his DSc degree from the Faculty of Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology. He is the Head of the Fire Technology Department at the Faculty of Fire Safety Engineering of the Main School of Fire Service

**ANNA MRÓZ, PH.D. IN PHYSICAL EDUCATION** – A graduate of Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. Currently employed at the Department of Physiology of the University of Physical Education in Warsaw. Her research interests focus on the physiology of physical exercise.

**MGR MARCIN SMOLARCZYK** – ukończył Akademię Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Jest asystentem w Zakładzie Lekkoatletyki i Gier Sportowych AWF w Warszawie, trenerem piłki ręcznej z tytułem European Handball Federation Master Coach oraz trenerem Klubu Piłki Ręcznej Legionowo i reprezentacji Polski juniorów młodszych.

**DR N. O KULTURZE FIZYCZNEJ ANNA CZAJKOWSKA** – ukończyła Wydział Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Pracuje w Zakładzie Teorii Rekreacji Wydziału Turystyki i Rekreacji Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Zajmuje się fizjologią wysiłku fizycznego.

**DR ANDRZEJ MAGIERA** – ukończył Akademię Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Pracuje w Zakładzie Fizjologii Wydziału Rehabilitacji AWF w Warszawie. Specjalizuje się w zagadnieniach dotyczących fizjologicznych uwarunkowań aktywności fizycznej osób niepełnosprawnych oraz komputerowego wspomaganie oceny wydolności fizycznej. Jest współautorem Systemu Oceny Zdolności Wysiłkowej (CAE, sterowanie obciążeniem wysiłkowym przez częstość skurczów serca).

**MGR PRZEMYSŁAW KOWALCZYK** – ukończył Szkołę Główną Służby Pożarniczej w Warszawie. Pracuje na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP.

**MGR DAGMARA ZIMMERMAN-RYSZ** – ukończyła Wydział Chemii na Uniwersytecie Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz Wydział Wychowania Fizycznego w Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie Filia w Białej Podlaskiej. Jest doktorantką w Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.

**PLK W ST. SP. PROF. DR HAB. N. MED. MAREK KOWALCZYK** – ukończył Wojskową Akademię Medyczną w Łodzi. Jest specjalistą w zakresie neurologii i toksykologii. W latach 1992–2009 był Naczelnym Specjalistą Wojskowej Służby Zdrowia w dziedzinie toksykologii klinicznej. Kieruje projektem NCBiR DOB-BIO6/05/54/14. Jest autorem i współautorem licznych prac naukowych z zakresu neurofarmakologii, neurotoksykologii i neurofizjologii, w tym książek: *NBC Risks* (Kluwer Academic Publisher Netherlands, 1999), *Epidemiologia działań wojennych i katastrof* (Wydawnictwo Medyczne Alfa-Medica Press, 2001), *Medycyna katastrof chemicznych* (PZWL, 2004), *Toksykologia współczesna* (PZWL, 2005), *Aktualne problemy immunodiagnostyki i immunotoksykologii* (SPW Edycja, 2007) oraz *Mózg a stres* (Wydawnictwo Platan, 2009).

**MARCIN SMOLARCZYK, M.SC.** – graduated from the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. Assistant lecturer at the Department of Athletics and Sports Games of the University of Physical Education in Warsaw, handball coach with the European Handball Federation Master Coach title, training the Legionowo Handball Club and Poland's under-17 national handball team.

**ANNA CZAJKOWSKA, PH.D. IN PHYSICAL EDUCATION** – graduated from the Faculty of Biology of the University of Warsaw. She is currently employed at the Department of Recreation Theory of the Faculty of Tourism and Recreation, the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. In her research she deals with the physiology of physical exercise.

**ANDRZEJ MAGIERA, PH.D.** – graduated from the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw. Currently employed at the Department of Physiology of the Faculty of Rehabilitation, the University of Physical Education in Warsaw. He specialises in the physiological determinants of physical activity of disabled people and computer-assisted assessment of physical efficiency. A co-author of the Exercise Capacity Assessment System (CAE, heart-rate-regulated physical effort).

**PRZEMYSŁAW KOWALCZYK, M.SC.** – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw. Works at the Faculty of Fire Safety Engineering of the Main School of Fire Service.

**DAGMARA ZIMMERMAN-RYSZ, M.SC.** – graduated from the Faculty of Chemistry of the Maria Curie-Skłodowska University in Lublin and the Faculty of Physical Education of the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw, Branch in Biała Podlaska. A D. Sc. student at the Józef Piłsudski University of Physical Education in Warsaw.

**RET. COL. PROFESSOR MAREK KOWALCZYK, MD WITH A POST-DOCTORAL DEGREE** – graduated from the Military Medical Academy in Łódź. A specialist in neurology and toxicology. In 1992–2009 he was the Chief Specialist of the Military Healthcare Service in clinical toxicology. He manages project DOB-BIO6/05/54/14 of the National Centre for Research and Development. He has authored and co-authored a number of scientific studies in neuropharmacology, neurotoxicology and neurophysiology, including: *NBC Risks* (Kluwer Academic Publisher Netherlands, 1999), *Epidemiologia działań wojennych i katastrof* (Epidemiology of military operations and disasters) (Wydawnictwo Medyczne Alfa-Medica Press, 2001), *Medycyna katastrof chemicznych* (Medicine of chemical disasters) (PZWL, 2004), *Toksykologia współczesna* (Modern toxicology) (PZWL, 2005), *Aktualne problemy immunodiagnostyki i immunotoksykologii* (Current issues in immunodiagnosics and immunotoxicology) (SPW Edycja, 2007) and *Mózg a stres* (The brain and stress) (Wydawnictwo Platan, 2009).



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. Grzegorz Ścieranka<sup>a)\*</sup><sup>a)</sup>Politechnika Śląska / Silesian University of Technology

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: grzegorz.scieranka@polsl.pl

## Krytyczna ocena wymagań przeciwpożarowych dotyczących sieci wodociągowych

### Firefighting Water-supply System Requirements – a Critical Assessment

### Критическая оценка требований пожарной защиты для сетей водоснабжения

#### ABSTRAKT

**Cel:** W artykule podjęto próbę interpretacji wybranych obowiązujących wymagań w zakresie wydajności sieci wodociągowych przeciwpożarowych. Zwrócono uwagę na występujące w tych wymaganiach nieścisłości, które mogą powodować trudności w podejmowaniu decyzji na etapie projektowania sieci oraz utrudniać proces uzgadniania projektu. Celem artykułu jest wywołanie dyskusji prowadzącej do wprowadzenia odpowiednich zmian w przepisach prawnych.

**Wprowadzenie:** Projekt sieci wodociągowej wyposażonej w hydranty będące źródłem wody do celów przeciwpożarowych wymaga uzgodnienia z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Nie zwalnia to jednak projektanta z odpowiedzialności za zawarte w projekcie rozwiązania. Obowiązujące wymagania ujęte w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych [1] mogą powodować trudności interpretacyjne w zakresie wydajności wodociągu, warunków wykonywania badania wydajności hydrantów oraz zasad doboru średnic rurociągów.

**Metodologia:** W artykule przedstawiono analizę zapisów rozporządzenia dotyczących wydajności sieci wodociągowych przeciwpożarowych dla jednostek osadniczych. Zwrócono uwagę na niejasność wymogu jednoczesnego poboru wody z dwóch sąsiednich hydrantów zewnętrznych dla sieci wodociągowych przeciwpożarowych, dla których łączna wymagana ilość wody przekracza 20 dm<sup>3</sup>/s. Podjęto próbę interpretacji rozporządzenia w zakresie wymaganej wydajności każdego z dwóch sąsiednich hydrantów. Ponadto zwrócono uwagę na konieczność uściślenia tego, dla jakich obiektów wydajność wodociągu służącego nie tylko do celów przeciwpożarowych może być wyliczana z ograniczeniem wydajności na cele bytowo-gospodarcze i przemysłowe. W celu wyjaśnienia tych wątpliwości sięgnięto do historycznych regulacji prawnych [2–6] będących źródłem przywołanego rozporządzenia [7].

**Wnioski:** Obecnie obowiązujące rozporządzenie [1] zawiera szereg nieścisłości utrudniających jego interpretację. Część zapisów zatraciło pierwotny sens w wyniku wielokrotnych nowelizacji. Konieczne jest zatem wprowadzenie w nim odpowiednich zmian regulujących kwestie sporne. W ciągu ostatnich lat obserwuje się znaczne rozpowszechnienie modelowania numerycznego sieci wodociągowych. Na jego podstawie można między innymi wykonywać analizy pracy sieci w warunkach poboru wody do celów przeciwpożarowych. Należy rozważyć możliwość dokonywania oceny wydajności sieci wodociągowej przeciwpożarowej oraz doboru średnic rurociągów dzięki wykorzystaniu takich analiz.

**Słowa kluczowe:** sieci wodociągowe przeciwpożarowe, wydajność wodociągu, średnice rurociągów, modelowanie numeryczne

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

---

Przyjęty: 31.05.2017; Zrecenzowany: 04.12.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 124–136, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.9;

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

---

#### ABSTRACT

**Aim:** This paper is an attempt to interpret selected current requirements concerning the capacity of firefighting water supply networks. It points out inaccuracies which can cause difficulties in decision-making at the design stage and hinder the process of project coordination. The purpose of the paper is to initiate a discussion leading to appropriate legal changes.

**Introduction:** The design of a water supply system with fire hydrants needs to be agreed on with a fire surveyor. However, the designer is not released from responsibility for the solutions used in the design. The binding requirements set out in the Minister of the Interior and Administration Regulation of 24 July 2009 on Fire-Fighting Water Supply and Fire Access Roads [1] might cause interpretation issues regarding the capacity of water supply systems, the conditions for testing hydrant flow rates and the rules for selecting pipe diameters.

**Methodology:** The paper presents an analysis of the existing regulations concerning the capacity of firefighting water supply systems for settlements. It addresses the problem of ambiguity related to the requirement for simultaneous water use from two adjacent fire hydrants for water supply systems with a total water demand exceeding 20 l/s. In this context, the paper attempts to interpret the Regulation governing the required flow rate of each of the two adjacent hydrants. Moreover, it draws attention to the need for clarifying for which structures the capacity of water supply systems used not only for fire protection can be calculated on the basis of reduced capacity for household and industrial purposes. In order to resolve these issues, the paper takes into consideration historical regulations underlying the mentioned Regulation [2–6].



**Conclusions:** The existing Regulation [1] contains a number of inaccuracies which make its interpretation difficult. Some of its provisions have lost their original meaning as a result of multiple amendments. Hence, it is necessary to introduce appropriate amendments to resolve the ambiguities. Over the past few years, the numerical modelling of water supply systems has come into wide use. Among other things, it allows the analysis of how water supply systems operate when used for firefighting purposes. Such analysis should be considered a measure to assess the capacity of firefighting water supply systems and facilitate the choice of pipeline diameters.

**Keywords:** firefighting water supply system, the capacity of a water supply system, pipeline diameters, numerical modelling

**Type of article:** review article

Received: 31.05.2017; Reviewed: 04.12.2017; Published: 30.12.2017;

Please cite as: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 124–136, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.9;

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:** В статье предпринята попытка интерпретировать выбранные действующие требования относительно эффективности сетей противопожарного водоснабжения. Внимание было обращено на их неточности, которые могут создавать трудности при принятии решений на этапе проектирования сети и усложнять процесс согласования проекта. Цель статьи – инициировать дискуссию, ведущую к внесению соответствующих изменений в закон.

**Введение:** Проект сети водоснабжения, оборудованной гидрантами, являющимися источником воды для целей пожаротушения, должен быть согласован с экспертом по вопросам противопожарной защиты. Однако это не освобождает проектировщика от ответственности за принятые в проекте решения. Действующие требования, которые включены в распоряжение Министра Внутренних Дел и Администрации от 24 июля 2009 года о противопожарном водоснабжении и пожарных дорогах [1], могут оказать трудности с интерпретацией эффективности водоснабжения, условий проведения оценки эффективности гидрантов и правил подбора диаметров труб.

**Методология:** В статье представлен анализ положений распоряжения, касающихся эффективности сети противопожарного водоснабжения для населённых пунктов. Было обращено внимание на неоднозначность требования одновременной подачи воды с двух соседних внешних гидрантов для сетей противопожарного водоснабжения, для которых общее требуемое количество воды превышает 20 дм<sup>3</sup>/с. Была сделана попытка интерпретировать распоряжение с точки зрения необходимой эффективности/мощности каждого из двух соседних гидрантов. Кроме того, было обращено внимание на необходимость определения того, для каких объектов эффективность водоснабжения, служащая не только для противопожарных целей, может быть рассчитана с уменьшением её эффективности для хозяйственно-бытовых и промышленных целей. Чтобы выяснить эти вопросы были использованы исторические правовые нормы [2–6], являющиеся источником упомянутого положения [7].

**Выводы:** Действующее в настоящее время распоряжение [1] содержит ряд неточностей, которые усложняют его интерпретацию. Некоторые из записей потеряли свое первоначальное значение в результате многочисленных поправок. Поэтому необходимо внести в него соответствующие поправки, регулирующие спорные вопросы. В последние годы наблюдается значительная популяризация численного моделирования сетей водоснабжения. На его основе можно, в частности, проводить анализ работы сети в условиях водозабора для целей пожаротушения. На основании таких анализов следует рассмотреть возможность введения оценки эффективности сети противопожарного водоснабжения и выбора диаметра трубопроводов.

**Ключевые слова:** пожарные сети водоснабжения, эффективность сети водоснабжения, диаметры трубопроводов, численное моделирование

**Вид статьи:** обзорная статья

Принята: 31.05.2017; Рецензирована: 04.12.2017; Опубликована: 30.12.2017;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 124–136, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.9;

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

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (dalej: rozporządzenie z 2009 r.) [1] definiuje między innymi:

- „rodzaje obiektów wymagających zapewnienia przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru”,
- „sposoby określania wymaganej ilości wody do celów przeciwpożarowych”,
- „wymagania przeciwpożarowe dla sieci wodociągowych”.

Wśród obiektów, które po spełnieniu określonych kryteriów wymagają zapewnienia przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru, wyszczególniono:

## Introduction

The Minister of the Interior and Administration Regulation of 24 July 2009 on Fire-Fighting Water Supply and Fire Access Roads [1] (hereinafter the 2009 Regulation) defines, *i.a.*, the following:

- “the types of structures which require the provision of firefighting water supply for fire hydrants”;
- “the methods to determine firefighting water demand”;
- “fire requirements for water supply systems”.

The Regulation lists the structures which must be provided with firefighting water supply for fire hydrants after meeting certain criteria. These include settlements, public buildings, multi-occupancy buildings, manufacturing and storage

jednostki osadnicze, budynki użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego, obiekty budowlane produkcyjne i magazynowe, obiekty budowlane niebędące budynkami oraz obiekty budowlane gospodarki rolnej.

W większości przypadków źródłem wody do celów zewnętrznego gaszenia pożaru jest sieć wodociągowa, która równocześnie zaopatruje ludność w wodę. Dwufunkcyjność sieci wodociągowej ma szereg zalet, do których należą:

- obniżenie kosztów inwestycyjnych i uproszczenie rozwiązań technicznych dzięki wykorzystaniu jednego rurociągu do obu celów,
- utrzymywanie ciągłego przepływu wody w sieci,
- zapewnienie niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę przez odpowiednio zorganizowane i wyposażone przedsiębiorstwa wodociągowe.

Między innymi z tych względów – co odpowiada zapisom rozporządzenia z 2009 r. [1] – woda do celów przeciwpożarowych „powinna być dostępna w szczególności z urządzeń zaopatrujących w wodę ludność zgodnie z regulaminem dostarczania wody i odprowadzania ścieków”, który obowiązuje na terenie danej gminy i jest aktem prawa miejscowego. Rozporządzenie z 2009 r. precyzuje, że to sieć wodociągowa doprowadzająca wodę do jednostki osadniczej powinna zapewniać wymaganą ilość wody do celów przeciwpożarowych.

## Obowiązujące wymagania

Wymagana ilość wody (wydajność wodociągu) do celów przeciwpożarowych dla jednostek osadniczych została podana w tabeli 1 Załącznika do rozporządzenia z 2009 r.

Table 1. Wymagana ilość wody do celów przeciwpożarowych dla jednostek osadniczych [1]

Table 1. Firefighting water demand for settlements [1]

Liczba mieszkańców jednostki osadniczej/Population of settlements	Wydajność wodociągu [dm <sup>3</sup> /s]/The capacity of water supply pipelines [l/s]
≤ 2000	5
2001–5000	10
5001–10,000	15
10,001–25,000	20
25,001–100,000	40
> 100,000	60

Wydajność ta w zależności od liczby mieszkańców jednostki osadniczej waha się od 5 do 60 dm<sup>3</sup>/s. Zgodnie z § 4 ust. 2 rozporządzenia z 2009 r. [1] możliwe jest niezależne traktowanie dzielnic i osiedli oddzielonych pasami niezabudowanego terenu o szerokości co najmniej 100 m, na których dopuszcza się występowanie drzewostanu liściastego lub mieszanego składającego się co najmniej w 50% z drzew liściastych. W praktyce pasy takie powinny być ujęte w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, jeżeli takie zostały sporządzone dla danej jednostki osadniczej.

Dla pozostałych obiektów budowlanych wymagających zaopatrzenia w wodę do celów zewnętrznego gaszenia pożaru

facilities, non-building structures and permanent agricultural structures.

In most cases, water is supplied to fire hydrants from water supply systems which also provide household water. By serving these two purposes, it provides a range of advantages, including:

- reduced project costs and simplified technical solutions, since a single pipeline is used for both purposes;
- continuous water flow in the supply system is maintained;
- well-organised and equipped water undertakers ensure that water supply systems are reliable.

These are some of the reasons – in accordance with the 2009 Regulation [1] – why firefighting water “*should be available in particular from public water supply systems operating in line with the rules for water supply and conveyance of wastewater*” which apply within communes as local enactments. The 2009 Regulation makes it clear that it is the system which supplies water to a settlement that should provide the water required for firefighting purposes.

## Applicable requirements

The firefighting water demand (water supply pipeline capacity) for settlements is provided in Table 1 of the Annex to the 2009 Regulation.

Depending on the population size, this capacity ranges from 5 to 60 l/s. In accordance with § 4 (2) of the 2009 Regulation [1], districts and residential developments separated by open-space areas with a width of at least 100 m where deciduous-tree stands, or mixed-tree stands comprised of at least 50% deciduous trees, are allowed may be considered independent settlements. In practice, such areas should be included in local development plans, if such plans exist.

For other permanent structures which must be supplied with water for fire hydrants the required capacity of water supply pipelines is 10 to 60 l/s and varies between types of structures

wymagana wydajność wodociągu wynosi od 10 do 60 dm<sup>3</sup>/s w zależności od rodzaju obiektu i wybranych parametrów technicznych. Zgodnie z § 3 ust. 1 rozporządzenia z 2009 r. do obiektów tych należą między innymi:

- budynki użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego oraz obiekty budowlane produkcyjne i magazynowe znajdujące się poza granicami jednostek osadniczych wskazanych powyżej, o kubaturze brutto przekraczającej 2500 m<sup>3</sup> lub o powierzchni przekraczającej 500 m<sup>2</sup>, z wyjątkiem stacji paliw płynnych ze zbiornikami o łącznej pojemności do 200 m<sup>3</sup> i stacji gazu płynnego;
- obiekty budowlane niebędące budynkami, przeznaczone na potrzeby użyteczności publicznej lub do zamieszkania zbiorowego, w których znajduje się strefa pożarowa mająca powierzchnię przekraczającą 1000 m<sup>2</sup> lub przeznaczona do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób;
- obiekty budowlane gospodarki rolnej o powierzchni strefy pożarowej przekraczającej 1000 m<sup>2</sup>.

Wymagana ilość wody do celów zewnętrznego gaszenia pożaru dla:

- budynków użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego oraz innych obiektów budowlanych o takim przeznaczeniu zależy od kubatury i powierzchni wewnętrznej tych obiektów;
- dla obiektów budowlanych produkcyjnych i magazynowych zależy od powierzchni strefy pożarowej i gęstości obciążenia ogniowego;
- dla zbiorników z cieczami i gazami palnymi zależy od pojemności tych zbiorników;
- dla urządzeń technologicznych oraz składów i magazynów z cieczami i gazami palnymi zależy od zajmowanej przez nie powierzchni.

W przypadku niewystarczającej wydajności wodociągu dopuszcza się stosowanie uzupełniających źródeł wody (§ 4 ust. 5 rozporządzenia z 2009 r.), a w przypadku braku odpowiedniego źródła wody – wykorzystanie na czas określony zastępczych źródeł wody (§ 8 ust. 1 rozporządzenia z 2009 r.) przy zachowaniu odpowiednich procedur postępowania [8]. W szczególnie uzasadnionych przypadkach, gdy spełnienie wymagań dotyczących przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę jest niemożliwe ze względu na lokalne uwarunkowania lub gdy uzasadnione jest przyjęcie innych rozwiązań, dopuszcza się rozwiązania zamiennie [9] na warunkach określonych w § 8 ust. 3 rozporządzenia z 2009 r.

## Problemy interpretacyjne

Chociaż przywołane wymagania w zakresie wydajności wodociągu do celów przeciwpożarowych wydają się klarowne, to jednak w praktyce projektowej i eksploatacyjnej oraz w kontekście wymagań przeciwpożarowych dotyczących sieci wodociągowych zawartych w rozdz. 4 rozporządzenia z 2009 r. mogą one powodować pewne trudności interpretacyjne.

Pierwsza wątpliwość dotyczy podejścia do praktycznego egzekwowania wymaganej wydajności wodociągu. Zgodnie z § 9 ust. 6 przedmiotowego rozporządzenia: „Sieć wodociągową

and selected technical parameters. Under § 3 (1) of the 2009 Regulation, these structures include

- public buildings, multi-occupancy buildings and manufacturing and storage facilities located beyond the boundaries of the above-mentioned settlements, with a total internal gross volume of 2500 m<sup>3</sup>, or an area of more than 500 m<sup>2</sup>, excluding liquid-fuel filling stations with tanks of a total capacity of 200 m<sup>3</sup> and liquefied-gas filling stations;
- non-building structures intended for public use or multiple occupancy which contain a fire compartment with an area of more than 1000 m<sup>2</sup> or an area intended for use by more than 50 people at a time;
- permanent agricultural structures with a fire compartment of more than 1000 m<sup>2</sup>.

The required fire-hydrant water demand for

- public buildings, multi-occupancy buildings and other permanent structures with an equivalent purpose depends on their total internal volume and floor space;
- manufacturing and storage facilities depends on the area of the fire compartment and the fire load density;
- tanks with combustible liquids and gases depends on their capacity;
- machinery and storage facilities containing combustible liquids and gases depends on their area.

Where a water supply pipeline has inadequate capacity, auxiliary water sources may be used (§ 4 (5) of the 2009 Regulation), and if no appropriate water source is available, substitute water sources (§ 4 (1) of the 2009 Regulation) may be used, subject to applicable procedures [8]. In extraordinary cases where firefighting water supply requirements cannot be met due to local conditions, or where it is reasonable to adopt alternative solutions, it is permitted to adopt such alternative solutions [9], subject to § 8 (3) of the 2009 Regulation.

## Interpretation issues

At face value, firefighting water supply requirements may seem to be clear, but in the design and operational practice, as well as in the context of the fire requirements for water supply systems laid down in Chapter 4 of the 2009 Regulation, they might pose certain interpretation problems.

First, it is not clear how the required water supply pipeline capacities should be enforced in practice. According to § 9 (6) of the 2009 Regulation, “Fire-water supply systems for which the total water demand is more than 20 l/s shall be designed

przeciwpożarową, dla której łączna wymagana ilość wody przekracza 20 dm<sup>3</sup>/s, należy tak zaprojektować i budować, aby możliwe było jednoczesne pobieranie wody z dwóch sąsiednich hydrantów zewnętrznych”. Czy zapis ten oznacza, że cała ilość wody do celów przeciwpożarowych dla jednostek osadniczych liczących ponad 25 000 mieszkańców, dla których w zależności od wielkości tych jednostek wynosi ona 40 lub 60 dm<sup>3</sup>/s, ma być pobierana równocześnie tylko z dwóch sąsiednich hydrantów? Należy zaznaczyć, że wydajność nominalna hydrantu o średnicy nominalnej (DN) 80 przy ciśnieniu nominalnym 0,2 MPa nie może być mniejsza niż 10 dm<sup>3</sup>/s.

Aby wyjaśnić tę niejasność, należy przestudiować pierwotny obowiązuje rozporządzenie z 2009 r. Choć pierwszy przepis ujmujący zagadnienia zaopatrzenia w wodę do celów zewnętrznego gaszenia pożaru przy użyciu sieci wodociągowej przybrała kształt rozporządzenia tuż przed wybuchem II wojny światowej [2], to jednak za faktyczny pierwowzór – ze względu na treść oraz formę – obowiązującego aktu normatywnego można uważać rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 15 czerwca 1964 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego (dalej: rozporządzenie z 1964 r.) [3]. W rozporządzeniu tym po raz pierwszy wprowadzono zróżnicowane wymagania w zakresie sposobu wyznaczania zapotrzebowania na wodę do celów przeciwpożarowych w zależności od wielkości jednostki osadniczej. Wymagania te były identyczne z obecnie obowiązującymi, jednak rozporządzenie z 1964 r. uwzględniało dodatkowo liczbę pożarów mogących powstać równocześnie (tab. 2).

and constructed in such a way that it is possible to take water from two adjacent fire hydrants at the same time”. This begs the question of whether all the firefighting water for settlements of more than 25,000 people – for which the fire-water demand is 40 or 60 l/s depending on the population size – should be taken at the same time only from two adjacent hydrants. It should be emphasised that the nominal flow rate of a hydrant with a nominal diameter of (DN) 80 may not be lower than 10 l/s at a nominal pressure of 0.2 MPa.

In order to resolve this ambiguity, we should examine the original version of the currently applicable 2009 Regulation. While the first regulation addressing the supply of water to fire hydrants from water supply systems was enacted shortly before World War II [3], it is the Minister of the Interior Regulation of 15 June 1964 on firefighting water supply (“the 1964 Regulation”) [2] that, judging on its content and form, can be considered the actual blueprint for the existing legislation. This was the first piece of legislation to have introduced firefighting water demand requirements which varied depending on the settlement size. These requirements were essentially the same as those currently in place, but the 1964 Regulation additionally accounted for the number of fires which could occur simultaneously (Table 2).

Tabela 2. Wymagana wydajność wodociągu do celów przeciwpożarowych dla jednostek osadniczych zgodnie z rozporządzeniem z 1964 r. [3]

Table 2. The required capacity of firefighting water pipelines for settlements under the 1964 Regulation [3]

Liczba mieszkańców jednostki osadniczej/ Population of settlements	Liczba pożarów mogących powstać równocześnie/ Number of simultaneous fires	Niezbędna ilość wody [dm <sup>3</sup> /s]/ Water demand [l/s]
up to 2000	1	5
2001–5000	1	10
5001–10,000	1	15
10,001–25,000	1	20
25,001–100,000	2	40
> 100,000	3	60

Analizując obowiązujące rozporządzenie z 2009 r. w kontekście zapisów historycznych, można przyjąć, że np. w przypadku jednostki osadniczej liczącej ponad 100 000 mieszkańców sieć wodociągowa przeciwpożarowa powinna zapewnić wydajność co najmniej 60 dm<sup>3</sup>/s łącznie w trzech dowolnych miejscach sieci, przy czym dla każdego z tych miejsc (pożarów) pobór wody powinien być możliwy z dwóch sąsiednich hydrantów o wydajności nie mniejszej niż 20 dm<sup>3</sup>/s. Takie podejście wiąże się z koniecznością zapewnienia wymaganej wydajności dla przewodu magistralnego doprowadzającego wodę do jednostki osadniczej, a w poszczególnych odcinkach pierścieni sieci rozdzielczej wydajność ta będzie odpowiednio mniejsza w zależności od układu sieci i potencjalnych miejsc wystąpienia pożaru [10]. W praktyce badanie wydajności przeciwpożarowej sieci wodociągowej w jednostkach osadniczych, dla których łączna wymagana ilość wody do celów zewnętrznego gaszenia pożaru przewidziana do bezpośredniego poboru z sieci wodociągowej przekracza

If we consider the 2009 Regulation in the context of historical legislation, we can assume that for a settlement of more than 100,000 people, a firefighting water supply system should ensure a capacity of at least 60 l/s in any three sites within the system, but for each of these sites (fires), it should be possible to take water from two adjacent hydrants with a flow rate of at least 20 l/s. This approach makes it necessary to ensure the required capacity for the trunk main which supplies water to the settlement, while for individual branches of the distribution system, this capacity will be accordingly lower depending on the layout of the system and the potential fire sites [10]. In practice, however, investigations of the capacity of fire-fighting water supply networks in settlements in which the demand for firefighting water to be taken in directly from the supply system exceeds 20 l/s assume that the water is taken only from two adjacent hydrants either way. Therefore, higher-capacity requirements for water supply systems equipped only with DN



20 dm<sup>3</sup>/s, i tak sprowadza się do jednoczesnego pobierania wody jedynie z dwóch sąsiednich hydrantów. Zatem wymagania dla wyższych wydajności sieci wodociągowych wyposażonych jedynie w hydranty o DN 80 nie podlegają weryfikacji. Rozwiązaniem jest przeprowadzenie pomiarów na hydrantach o DN 100 lub 150 i wydajności nominalnej nie mniejszej niż 20 dm<sup>3</sup>/s, o ile występują na badanej sieci (§ 10 ust. 9 rozporządzenia z 2009 r.).

Należy zwrócić uwagę na to, że wymagania dotyczące wydajności przeciwpożarowej sieci wodociągowych w zależności od wielkości jednostki osadniczej nie zmieniły się od przeszło 50 lat. Choć w większości pożarów podstawowym środkiem gaśniczym nadal jest woda, to jednak w tym czasie ze względu na postęp techniczny i organizacyjny znacznie poprawiła się skuteczność gaszenia pożarów. Równocześnie reformowano przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej [11–14]. Zmieniają się również wymagania w zakresie dopuszczenia wyrobów budowlanych do obrotu [15–16]. Działania te sprzyjają poprawie warunków ochrony przeciwpożarowej. Jednocześnie od wielu lat obserwuje się spadek zapotrzebowania na wodę do celów bytowo-gospodarczych [17–18]. Można się spodziewać, że w przykładowej jednostce osadniczej liczącej 15 000 mieszkańców, dla której – zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu z 2009 r. – minimalne zapotrzebowanie na wodę do celów przeciwpożarowych wynosi 20 dm<sup>3</sup>/s, zapotrzebowanie na wodę do celów bytowo-gospodarczych będzie wynosić ok. 40 dm<sup>3</sup>/s. Szacunek ten wynika z przyjęcia jednostkowego zapotrzebowania na wodę w ilości 100 dm<sup>3</sup>/d·Mk przy współczynniku nierównomierności godzinowej  $N_h = 2$  i stratach wody na poziomie 10% obliczonej wielkości. Pobór ten będzie rozłożony na całej sieci wodociągowej w przeciwieństwie do punktowego poboru wody do celów gaszenia pożaru. W konsekwencji zapewnienie minimalnej wydajności sieci do celów przeciwpożarowych oraz wymóg stosowania odpowiednich średnic rurociągów zależnie od struktury sieci może prowadzić do przewymiarowania przewodów dla pozostałych celów. Będzie to skutkowało wydłużeniem się czasów zatrzymania wody, co jest jedną z przyczyn pogorszenia się jej jakości w systemie dystrybucji [19–21].

Kolejna wątpliwość dotyczy ustalenia tego, jaka powinna być wydajność każdego z hydrantów wtedy, gdy woda jest pobierana za pomocą dwóch sąsiednich tego typu urządzeń. W rozporządzeniu z 2009 r. podano wprawdzie wydajności hydrantów, ale tylko jako wartości nominalne przy ciśnieniu nominalnym 0,2 MPa. Przy braku jednoznacznych wskazań pojawia się pytanie, czy można przyjąć, że podczas poboru wody z dwóch sąsiednich hydrantów wymagania będą spełnione, jeżeli zsumowana wydajność tych urządzeń wyniesie min. 20 dm<sup>3</sup>/s?

Następna niejasność wiąże się zarówno z założeniami dotyczącymi projektowania na terenach jednostek osadniczych sieci wodociągowych dostarczających równocześnie wodę do celów przeciwpożarowych, jak i z warunkami, w jakich należy przeprowadzać próbę wydajności hydrantów. Woda do celów przeciwpożarowych może być pobierana w dowolnym momencie. Tym samym sieć wodociągowa służąca równocześnie zaopatrzeniu jednostki osadniczej w wodę musi zapewnić możliwość jej poboru z hydrantów przez co najmniej dwie godziny, również w czasie szczytowego zapotrzebowania na wodę. Jednak obowiązujące

80 hydrantów nie jest weryfikowane. A możliwym rozwiązaniem byłoby przeprowadzenie pomiarów na DN 100 i DN 150 hydrantach z nominalną przepływnością przynajmniej 20 l/s, o ile badany system posiada takie hydranty (§ 10 (9) rozporządzenia z 2009 r.).

Ważne jest również pamiętać o tym, że wymagania dotyczące pojemności systemu dostawy wody do celów gaszenia pożarów w zależności od wielkości osiedla nie zmieniły się od przeszło 50 lat. Woda nadal jest podstawowym środkiem gaszenia, ale technologiczne i organizacyjne postępy znacznie poprawiły skuteczność działań. W tym samym czasie legislacja w zakresie bezpieczeństwa pożarowego została zaktualizowana [11–14]. Wymagania dotyczące dopuszczenia wyrobów budowlanych do obrotu zmieniały się również [15–16]. Wszystko to przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa pożarowego. Ponadto, zapotrzebowanie na wodę w gospodarstwach domowych od wielu lat maleje [17–18]. Wypowiedzenie osiedla o populacji 15 000 osób, dla którego – zgodnie z rozporządzeniem z 2009 r. – minimalna pojemność systemu dostawy wody do celów gaszenia pożarów musi wynosić 20 l/s – może być oszacowane na 40 l/s. Ta ocena zakłada jednostkowe zapotrzebowanie na wodę 100 dm<sup>3</sup>/d·Mk przy godzinowym współczynniku zmienności  $N_h = 2$  i stratach wody 10%. Ta konsumpcja będzie rozłożona na całej sieci dostawy wody, w przeciwieństwie do lokalnego poboru wody do celów gaszenia pożarów. W rezultacie, wymagania dotyczące minimalnej pojemności systemu dostawy wody i stosowania odpowiednich średnic rurociągów w zależności od struktury sieci mogą prowadzić do nadmiernej wielkości rurociągów do innych celów. To z kolei spowoduje dłuższe czasy zatrzymania wody, które są jedną z przyczyn pogorszenia jakości wody w systemie dystrybucji [19–21].

Drugim punktem do rozważenia jest wymagana pojemność hydrantów, w których woda jest pobierana z dwóch sąsiednich hydrantów. Rozporządzenie z 2009 r. określa pojemności hydrantów, ale tylko jako wartości nominalne przy nominalnym ciśnieniu 0,2 MPa. Brak wyraźnych wskazań budzi pytanie, czy można przyjąć, że wymagania będą spełnione, jeśli łączna pojemność tych hydrantów wynosi przynajmniej 20 l/s.

Ważne jest również wyjaśnienie założeń dotyczących projektowania systemów dostawy wody do celów gaszenia pożarów w osiedlach, jak i warunków, w jakich należy przeprowadzać próbę przepływności hydrantów. Woda do celów gaszenia pożarów musi być dostępna w dowolnym momencie. W tym celu sieć wodociągowa musi zapewnić możliwość poboru wody z hydrantów przez co najmniej dwie godziny, również w czasie szczytowego zapotrzebowania na wodę. Jednak obowiązujące

„A water supply pipeline which is intended not only for firefighting purposes should have the capacity to meet the combined water demand for

- 1) firefighting purposes;
- 2) household purposes, reduced to 15%;
- 3) industrial purposes, as required to keep machinery operational”.



rozporządzenie z 2009 r. nie zawiera takiego wymagania. W § 7 ust. 2 tego aktu normatywnego czytamy:

„Wodociąg, który służy nie tylko do celów przeciwpożarowych, powinien mieć wydajność zapewniającą łącznie wymaganą ilość wody dla potrzeb:

- 1) przeciwpożarowych;
- 2) bytowo-gospodarczych, ograniczonych do 15%;
- 3) przemysłowych, ograniczonych do niezbędnej obsługi urządzeń technologicznych”.

Identyczny zapis pojawił się po raz pierwszy w poprzednio obowiązującym rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych [3] i mógł być interpretowany jako możliwość obniżenia wymagań dotyczące wydajności dla nowo projektowanych sieci wodociągowych tego rodzaju [22]. Zapis o podobnej treści funkcjonował również w starszych przepisach i normach, jednak początkowo ograniczał się do zakładów pracy [2], a następnie – do obiektów przemysłowych [4–5]. Dla nich bowiem można stworzyć warunki techniczne umożliwiające zmniejszenie poboru wody na pozostałe cele na wypadek zaistnienia pożaru. Trudno sobie jednak wyobrazić skuteczne wprowadzenie takiego ograniczenia na terenie dowolnej jednostki osadniczej. Obecnie obowiązująca regulacja prawna sprawia, że można podważyć negatywny wynik badania wydajności hydrantów zewnętrznych przeprowadzonego w warunkach większej wydajności w celach bytowo-gospodarczych i przemysłowych niż w warunkach wydajności wynikającej z dopuszczalnych ograniczeń. W praktyce tak zaprojektowana na terenie jednostki osadniczej sieć wodociągowa w niektórych przypadkach zapewniałaby skuteczne dostarczanie wody do celów przeciwpożarowych prawdopodobnie tylko przez kilka godzin nocnych, w których rozbiory wody są na poziomie mniejszym niż 15% wartości średnich. W przypadku jednostek osadniczych szczyt zapotrzebowania na wodę może przypadać na różne godziny w ciągu doby w zależności od dnia tygodnia czy pory roku. Wpływ na niego mają również takie czynniki, jak np.: temperatura powietrza, występowanie dni świątecznych, a nawet program telewizyjny. W typowej jednostce osadniczej w przeciętnej dobie obserwuje się dwa szczyty zapotrzebowania na wodę: poranny (wynikający z aktywności związanej z wychodzeniem do pracy i szkoły, przypadający w godzinach 6.00–8.00) oraz – zwykle większy – wieczorny (przypadający około godziny 21.00). Szczyty te są charakterystyczne dla danej sieci wodociągowej i można je łatwo wyznaczyć na podstawie odczytów z urządzeń pomiarowych. Należy rozważyć wprowadzenie zmian w obowiązującym rozporządzeniu z 2009 r., tak by badanie wydajności pożarowej sieci wodociągowej przeprowadzać właśnie w okresie maksymalnych poborów wody. Warunki takiego badania mogłyby być określane indywidualnie w regulaminie dostarczania wody i odprowadzania ścieków obowiązującym na terenie gminy. Wydaje się konieczne, żeby projekt takiego regulaminu, opracowywany przez przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne, był w tym zakresie uzgadniany z właściwym miejscowo komendantem Państwowej Straży Pożarnej (PSP).

Wydajność sieci wodociągowej przeciwpożarowej wynika z jej punktu pracy, czyli miejsca przecięcia się charakterystyki hydraulicznej układu (pompowego lub grawitacyjnego) dostarczającego

The Minister of the Interior and Administration Regulation of 16 June 2003 on Fire-Fighting Water Supply and Fire Access Roads [3] contained the same provision. This provision could have been interpreted as giving the option to reduce the capacity requirements for newly designed water supply systems of this type [22]. Older legislation had similar provisions, but initially, it was limited to workplaces [2], and later to industrial facilities [4–5]. For such structures, it is possible to define the technical conditions which, in case of fire, would allow a lower use of water for purposes other than firefighting. It is, however, hard to imagine any settlement where such a limitation could be imposed effectively. Under the existing Regulation, a fire-hydrant test result which does not meet the specified flow-rate criteria can be disproved if it was conducted under such conditions where the capacity for household purposes was higher than the capacity resulting from acceptable reductions. In practice, it is probable that such a water supply system in a settlement would in some cases ensure effective firefighting water supply for only a few hours at night, when the water demand constitutes 15% of the average. For settlements, peak water demand might occur at different times of the day depending on the day and season. Other relevant factors include air temperature, holidays and even TV shows. On an average day in a typical settlement, there are usually two water demand peaks: the morning peak (between 6:00 and 8:00, when people do their morning routines before school and work) and the evening peak (at about 21:00), which is usually higher. These peaks are specific to each water supply system and can be easily determined based on meter readouts. Hence, an amendment of the applicable 2009 Regulation should be considered to allow the testing of firefighting water supply systems at times of peak water demand. The conditions for such testing could be specified on an individual basis in the rules for water supply and conveyance of wastewater, as applicable in communes. Such rules should be drafted by water and sewerage undertakers in conjunction with chiefs of local fire departments.

The capacity of a firefighting water supply system is strictly related to its design point, which is the intersection of the characteristic system (pump or gravity) curve with the effective pipeline curve. One of the factors having an effect on the pipeline-curve shape is the pipeline's diameter. The 2009 Regulation (§ 9(7)) lays down the requirements for minimum nominal diameters of pipelines with fire hydrants. Water supply pipelines to which fire hydrants are to be connected, and which are made of non-steel materials, should have internal diameters equivalent to the respective nominal diameters of steel pipes, expressed in millimetres, of at least:

- DN 100 – for looped water distribution systems;
- DN 125 – for cross-tied water distribution systems;
- for branches of looped water distribution systems – according to hydraulic calculations;
- DN 80 – for extensions or upgrades of existing water supply pipelines with a capacity of 5 l/s in settlements with a population of up to 2,000.

Nowadays, the large majority of water supply systems are made of polyethylene (PE) pipes, with only a small pro-

wodę do sieci z wypadkową charakterystyką rurociągu. Jednym z czynników wpływających na kształt charakterystyki rurociągu jest jego średnica. W § 9 ust. 7 rozporządzenia z 2009 r. zawarto wymagania dotyczące minimalnych średnic nominalnych rurociągów uzbrojonych w hydranty zewnętrzne. Przewody wodociągowe, na których przewiduje się instalowanie hydrantów zewnętrznych przeciwpożarowych, a które zostały wykonane z materiałów innych niż stalowe, powinny mieć średnice wewnętrzne równoważne odpowiednim nominalnym średnicom rur stalowych wyrażonym w milimetrach, wynoszącym co najmniej:

- DN 100 – w sieci obwodowej;
- DN 125 – w sieci rozgałęzieniowej;
- w odgałęzieniach sieci obwodowej – według obliczeń hydraulicznych;
- DN 80 – przy rozbudowie lub modernizacji istniejącego wodociągu o wydajności 5 dm<sup>3</sup>/s w jednostce osadniczej, w której liczba mieszkańców nie przekracza 2000.

Współcześnie zdecydowaną większość sieci wodociągowych wykonuje się z rur polietylenowych (PE), a niewielką część sieci – również z rur z żeliwa sferoidalnego. Pozostałe rozwiązania materiałowe praktycznie nie mają zastosowania w budowie sieci wodociągowych rozdzielczych. W przypadku rur polietylenowych stosuje się zwykle jeden z dwóch szeregów wymiarowych: SDR 17 lub SDR 11. W tabeli 3 zestawiono średnice wewnętrzne przewodów polietylenowych dla tych szeregów wymiarowych w zakresie średnic nominalnych DN 90-DN 160.

portion of systems being made of ductile iron. Other materials have little to no application in the construction of water distribution networks. In the case of PE pipes, one of the two following standard dimension ratios is usually applied – SDR 17 or SDR 11. Table 3 lists internal diameters of polyethylene pipes for these size ranges for the nominal diameters DN-90 – DN 160.

**Tabela 3.** Średnice wewnętrzne rurociągów polietylenowych z szeregów wymiarowych SDR 17 i SDR 11

**Table 3.** Internal diameters of polyethylene pipelines with SDR 17 and SDR 11 standard dimension ratios

Średnice nominalne rurociągów polietylenowych [DN, mm]/Nominal polyethylene pipeline diameters [DN, mm]	Średnice wewnętrzne rurociągów polietylenowych z szeregu wymiarowego SDR 17 [mm]/Internal diameters of SDR 17 polyethylene pipelines [mm]	Średnice wewnętrzne rurociągów polietylenowych z szeregu wymiarowego SDR 11 [mm]/Internal diameters of SDR 11 polyethylene pipelines [mm]
90	79,2	73,6
110	96,8	90,0
125	110,2	102,2
140	123,4	114,6
160	141,0	130,8

**Źródło:** Opracowanie własne.

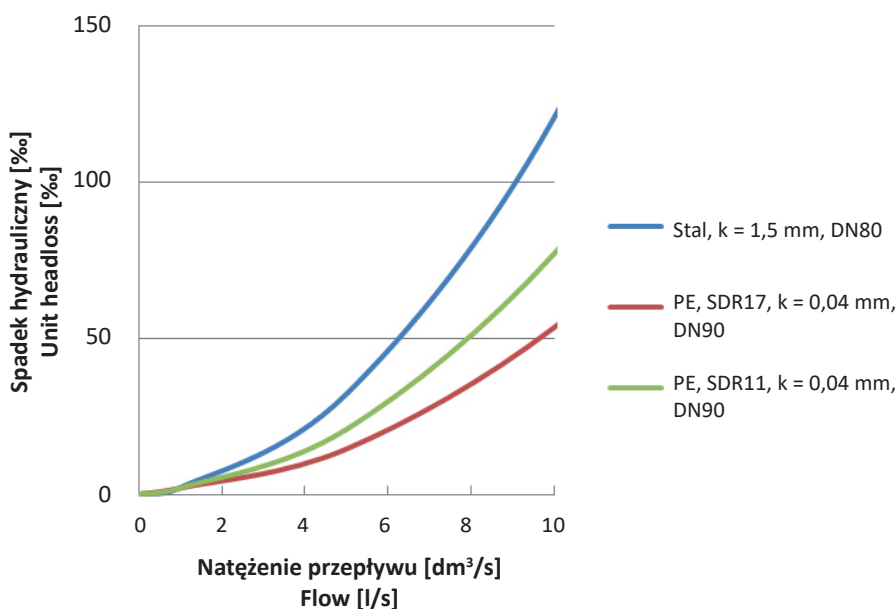
**Source:** Own elaboration.

Wprowadzone w rozporządzeniu z 2009 r. pojęcie średnicy wewnętrznej równoważnej dla rurociągów innych niż stalowe może powodować pewne trudności interpretacyjne. W największym uproszczeniu jako jedyne kryterium równoważności można by przyjąć zachowanie średnicy wewnętrznej nie mniejszej niż dla przewodów z rur stalowych. Bardziej uzasadnione wydaje się jednak zachowanie przepustowości rurociągu, co znalazło potwierdzenie w *Wyjaśnieniach w zakresie stosowania przepisów ochrony przeciwpożarowej* sformułowanych przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej w 2010 roku [23]. Mówimy zatem o równoważności hydraulicznej, czyli o sytuacji, w której dla określonej wartości natężenia przepływu opory przepływu uzyskane w rurociągu polietylenowym nie będą większe niż te uzyskane w rurociągu stalowym. Na rycinach 1, 2 i 3 przedstawiono porównanie spadków hydraulicznych dla rurociągów stalowych i rurociągów polietylenowych z szeregów wymiarowych SDR 17 i SDR 11. Dla

The “internal diameter equivalent to non-steel pipelines” term introduced in the 2009 Regulation might pose interpretation issues. As a gross simplification, an internal diameter of no less than the diameter of steel pipes could be considered the only equivalence criterion. It seems more reasonable, however, to ensure a certain pipeline flow capacity, as confirmed by *Explanatory notes for the application of fire safety legislation* produced by the National Headquarters of the State Fire Service in 2010 [23]. This involves hydraulic equivalence, which is a situation where for a specific flow rate, the flow resistances in a polyethylene pipeline are not higher than those of a steel pipeline. Figures 1, 2 and 3 show a comparison of unit head losses for SDR 17 and SDR 11 steel and polyethylene pipelines. Steel pipelines are assumed to have an equivalent roughness coefficient ( $k$ ) of 1.5 mm for used pipes [24]. This coefficient can exhibit high variability in time for steel pipe-

rurociągów stalowych przyjęto współczynnik chropowatości zastępczej  $k$  równy 1,5 mm, jak dla rur używanych [24]. Wartość tego współczynnika dla rurociągów stalowych charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie i zależy od wielu czynników, m.in. od: jakości wody wodociągowej, wieku rurociągu oraz jakości stali, i może osiągać wartości wyższe niż 1,5 mm. Według danych producentów wartość współczynnika  $k$  dla rurociągów polietylenowych nie przekracza 0,04 mm i w niektórych warunkach eksploatacji może również zmieniać się w czasie w wyniku tworzenia się biofilmu i odkładania się osadów [25]. W obliczeniach uwzględniono dodatkowe opory przepływu na wypływkach połączeń zgrzewanych w odległościach co 10 m, przyjmując wartość współczynnika straty miejscowej  $\xi = 0,1$  dla każdego połączenia [26]. Z porównania wykresów spadków hydraulicznych wynika, że rurociągi polietylenowe o średnicy nominalnej 90 mm wykazują mniejsze opory przepływu (bez względu na szereg wymiarowy SDR) niż rurociąg stalowy o DN 80 (ryc. 1). Tym samym przy założeniu, że pozostałe miejscowe straty ciśnienia będą porównywalne, można uznać je za równoważne hydraulicznie. Podobna zależność występuje w przypadku rurociągów polietylenowych o DN 110 i rurociągu stalowego o DN 100 (ryc. 2). W porównaniu z rurociągiem stalowym o DN 125 tylko rurociąg polietylenowy o DN 125 z szeregu wymiarowego SDR 17 generuje mniejsze opory przepływu. Wyraźne zmniejszenie średnicy wewnętrznej rurociągu polietylenowego o DN 125 z szeregu wymiarowego SDR 11 powoduje znaczący wzrost prędkości przepływu o blisko 50% w porównaniu z rurociągiem stalowym i tym samym większe straty ciśnienia. W takim przypadku, jeżeli wymagania techniczne wymuszają konieczność zastosowania rur z szeregu wymiarowego SDR 11, konieczne będzie przyjęcie rurociągu o większej średnicy nominalnej, np. 140 (ryc. 3).

lines and depends on many factors such as pipeline water quality, pipeline age and steel quality, and can exceed 1.5 mm. According to manufacturers' specifications, the value of  $k$  for polyethylene pipelines does not exceed 0.04 mm and in some service environments, it may also change over time as a result of biofilm formation and sediment deposition [25]. The calculations accounted for additional flow resistances at welded connections' beads of molten material at distances of every 10 meters, assuming a local loss coefficient of  $\xi = 0.1$  for each connection [26]. A comparison of the head-loss charts shows that polyethylene pipelines with a nominal diameter of 90 mm exhibit lower flow resistances (at any SDR) than DN 80 steel pipelines (Figure 1). By extension, assuming that the remaining local pressure losses will be comparable, these pipes can be considered hydraulically equivalent. A similar pattern can be observed for DN 110 polyethylene pipelines and DN 100 steel pipelines (Figure 2). Compared to DN 125 steel pipelines, only DN 125 SDR 17 polyethylene pipelines provide lower flow resistances. A considerable reduction in the internal diameter of DN 125 SDR 11 polyethylene pipelines causes a substantial increase of 50% in the flow velocity compared to steel pipelines, thus entailing larger pressure losses. In such a case, if the technical requirements make it necessary to use SDR 11 pipes, a pipeline with a larger nominal diameter must be considered – e.g. 140 (Figure 3).

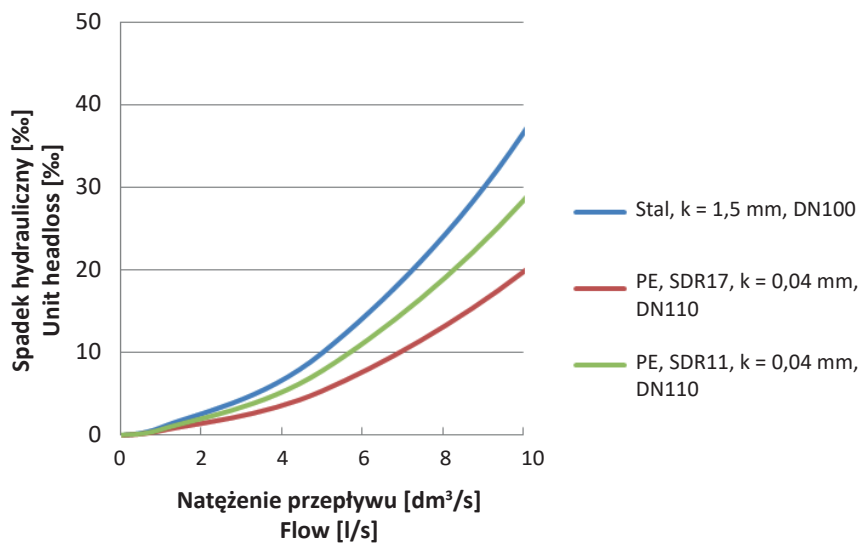


Rycina 1. Spadek hydrauliczny w rurociągach polietylenowych o DN 90 i w rurociągu stalowym o DN 80

Figure 1. Unit head loss in DN 90 polyethylene pipes and DN 80 steel pipes

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

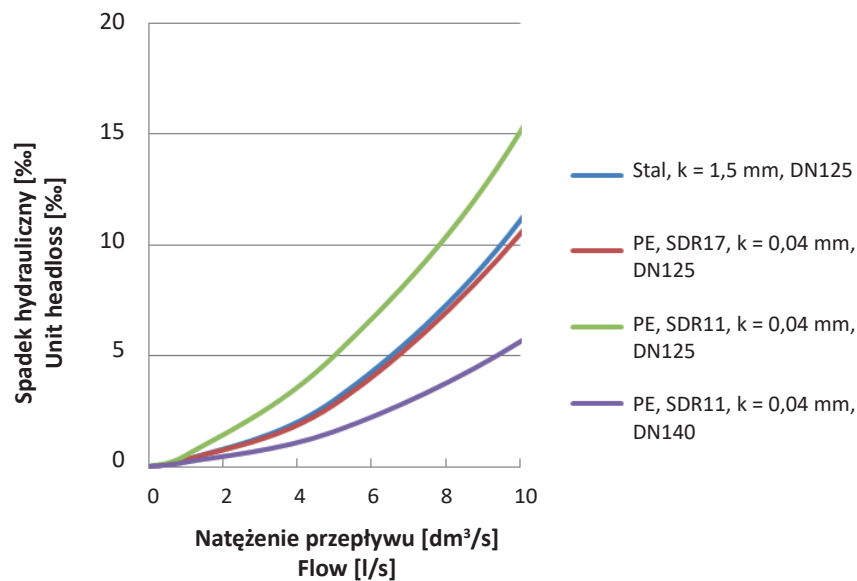


Rycina 2. Spadek hydrauliczny w rurociągach polietylenowych o DN 110 i w rurociągu stalowym o DN 100

Figure 2. Unit head loss in DN 110 polyethylene pipes and DN 100 steel pipes

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Rycina 3. Spadek hydrauliczny w rurociągach polietylenowych o DN 125 i 140 oraz w rurociągu stalowym o DN 125

Figure 3. Unit head loss in DN 125 and DN 140 polyethylene pipes and DN 125 steel pipes

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Dobrane w ten sposób jako równoważne hydraulicznie średnice rurociągów polietylenowych będą mniejsze, niż wynikałoby to tylko z zachowania minimalnych średnic wewnętrznych, nie mniejszych niż dla rurociągów stalowych.

Dla odgałęzień sieci obwodowej dopuszcza się dobór średnic przewodów na podstawie obliczeń hydraulicznych. Do niedawna wykonywanie takich obliczeń dla całych sieci było procesem żmudnym (wręcz niemożliwym), zwłaszcza w przypadku sieci obwodowych. Współcześnie coraz więcej przedsiębiorstw wodociągowych wprowadza modele numeryczne sieci wodociągowych

The equivalent hydraulic diameters of polyethylene pipelines chosen on this basis will be smaller than might be assumed on the single basis that minimum internal diameters, not smaller than those of steel pipelines, have been ensured.

For branches of looped water distribution systems, it is permitted to choose pipe diameters on the basis of hydraulic calculations. Until only recently, making such calculations was a laborious (if not infeasible) task, especially in the case of looped water distribution systems. Now, a growing number of water undertakers are employing numerical modelling of water

pozwalające na przeprowadzenie analiz pracy sieci również w warunkach pożarowych. Badanie scenariuszy pożarowych jest obecnie możliwe dla doboru średnic wszystkich przewodów na podstawie obliczeń hydraulicznych bez ograniczeń wynikających z zapisów analizowanego rozporządzenia z 2009 r. W przypadku sieci obwodowych scenariusze takie powinny obejmować sprawdzenie możliwości poboru wymaganej ilości wody do celów przeciwpożarowych w godzinach maksymalnych rozbiórów wody również w warunkach awarii, tak by możliwe było zasilanie hydrantów. Uzasadnione byłoby, żeby wyniki takiej analizy wykonanej przez przedsiębiorstwo wodociągowe podlegało uzgodnieniu z właściwym miejscowo komendantem PSP.

### Podsumowanie

Rozporządzenie z 2009 r. jest głównym aktem normatywnym regulującym zasady projektowania dwufunkcyjnej sieci wodociągowej, w tym sieci dla potrzeb przeciwpożarowych. Jest to piąta nowelizacja od czasu wejścia w życie jego pierwotnego w 1964 roku. Bazujący na tym rozporządzeniu projektanci oraz uzgadniający projekty budowlane rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych trafiają na trudności interpretacyjne niektórych jego zapisów. Wątpliwości dotyczą między innymi kwestii wydajności sieci wodociągowej i hydrantów przeciwpożarowych. Głównym zagadnieniem jest dobór średnic rurociągów sieci wodociągowej przeciwpożarowej zapewniający spełnienie stawianych wymagań. Dzięki wynikom analiz uzyskanym z modeli numerycznych można między innymi: optymalizować dobór średnic rurociągów, analizować pracę pompowni i warunki współpracy ze zbiornikami sieciowymi, a także badać zdolność sieci do dostarczania wody w celach przeciwpożarowych w wymaganej ilości, pod odpowiednim ciśnieniem i w wymaganym czasie [27, 28, 29, 30].

### Wnioski

Analiza obowiązującego rozporządzenia z 2009 r. [1] wskazała na problemy z jego interpretacją w kilku podstawowych kwestiach związanych z wydajnością sieci wodociągowych przeciwpożarowych. Wśród nich należy wyróżnić warunki jednoczesnego poboru wody z dwóch sąsiednich hydrantów zewnętrznych dla sieci wodociągowych przeciwpożarowych, dla których łączna wymagana ilość wody przekracza  $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Szczególną wątpliwość mogą budzić również zasady przyjmowania minimalnych średnic rurociągów dopuszczające dobór tych średnic na podstawie obliczeń hydraulicznych tylko w jednym z przypadków.

Należy rozważyć wprowadzenie odpowiednich poprawek do rozporządzenia z 2009 r., zwłaszcza w zakresie procedur określania wydajności sieci wodociągowych, dla których łączna wymagana ilość wody do celów zewnętrznego gaszenia pożaru przekracza  $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ . W tym zakresie proponuje się powrót do zapisów rozporządzenia z 1964 r. [2], które łączyły wymaganą wydajność wodociągu z liczbą mogących równocześnie

supply systems to study how the systems work when needed for firefighting purposes. Fire scenarios can now be studied for the purposes of selecting diameters of all pipes based on hydraulic calculations without the 2009 Regulation limitations. For looped water distribution systems, such fire scenarios should check whether the required amounts of firefighting water can be supplied to fire hydrants at times of peak water demand, also in the event of a failure. It would be reasonable to consult the findings of such water undertakers' studies with chiefs of local fire departments.

### Summary

The 2009 Regulation is the primary piece of legislation governing the design of dual-function water supply systems, including systems for firefighting purposes. It is the fifth amendment of the original regulation which came into force in 1964. The designers and fire surveyors consulted on building plans and specifications who rely on this regulation have had difficulties interpreting some of its provisions. One of the disputable issues is the capacity of water supply systems and fire hydrants. The central problem here has to do with choosing the diameters of fire-water supply pipelines which meet the requirements. Analyses based on numerical models have provided insights which can be used to optimise the choice of pipeline diameters, study the operation of fire pump rooms and their interaction with fire protection tanks in water supply systems, as well as to investigate the capability of systems to supply firefighting water as required in terms of the amount, pressure and timing [27–30].

### Conclusions

The analysis of the 2009 Regulation [1] presently in force has pointed to issues with its interpretation regarding a number of fundamental aspects related to the capacity of fire-fighting water supply systems. One of the primary issues involves the requirements for taking water simultaneously from two fire hydrants connected to firefighting water supply systems for which the total water demand exceeds  $20 \text{ l/s}$ . In particular, there is no clarity about how to interpret the rules for defining minimum pipeline diameters, as according to these, the choice of the diameters can be made on the basis of hydraulic calculations considering only one of the cases.

Consideration should be given to making appropriate amendments to the 2009 Regulation. In particular, this should include the procedures to determine the capacity of water supply systems for which the total water demand for fire hydrants exceeds  $20 \text{ l/s}$ . A possible solution worth considering would be to reintroduce the provisions of the 1964 Regulation [2], which addressed both the pipeline capacity and the number of



powstać pożarów, uwzględniając warunek, że pożary tę mogą wystąpić w najniekorzystniejszych punktach sieci wodociągowej. Jednocześnie mając na uwadze postęp techniczny i organizacyjny w zakresie gaszenia pożarów, podejmowane działania prewencyjne oraz obowiązujące wymagania dotyczące wyrobów budowlanych należy rozważyć możliwość zmniejszenia wymaganej wydajności wodociągu wynikającej z równoczesności występowania pożarów w jednostkach osadniczych. Pomocne w tym zakresie może być prognozowanie sytuacji pożarowej na podstawie m.in. metod szacowania ryzyka [31]. Wszelkie działania powinny być jednak bardzo ostrożne, aby nie prowadziły do pogorszenia warunków ochrony przeciwpożarowej.

Ze względu na występujące nierównomierności rozbiórów wody warunki badania wydajności sieci wodociągowej przeciwpożarowej zaopatrującej w wodę jednostkę osadniczą powinny zostać bardziej szczegółowo określone, tak by zapewniona była wymagana wydajność wodociągu o dowolnej godzinie. Wystarczającym oraz możliwym technicznie i organizacyjnie rozwiązaniem wydaje się wyznaczenie w ramach konkretnych sieci wodociągowych godzin, dla których współczynniki nierównomierności godzinowej osiągają statystycznie maksymalne wartości, i wprowadzenie wymogu badania wydajności właśnie w tych godzinach.

W przypadku braku wymaganej wydajności sieci wodociągowej należy pamiętać o możliwości stosowania uzupełniających źródeł wody i zbiorników przeciwpożarowych. Zastosowanie zbiorników przeciwpożarowych na terenie jednostek osadniczych i zakładów pracy może być alternatywą pozwalającą na zmniejszenie średnic projektowanych sieci wodociągowych (§ 4 ust. 5 rozporządzenia z 2009 r.).

Konieczne jest doprecyzowanie, dla których obiektów wydajność wodociągu do celów nie tylko przeciwpożarowych może być obliczana z ograniczeniem wydajności na cele bytowo-gospodarcze i przemysłowe. Sugeruje się, żeby taką możliwość zawęzić do obiektów, w przypadku których realne jest szybkie powiadomienie użytkowników o zaistnieniu pożaru i konieczności ograniczenia poboru wody na inne cele niż przeciwpożarowe. Wydaje się, że ponowne odniesienie tego zapisu do zakładów pracy, być może z rozszerzeniem o wybrane obiekty użyteczności publicznej wyposażone w system powiadamiania pożarowego, jest rozsądną propozycją.

W rozwiązywaniu przedstawionych problemów można skutecznie wspomagać się wykorzystaniem modeli numerycznych sieci wodociągowych. Wprowadzenie zmian w obowiązujących przepisach prawnych, tak by dopuszczały dobór średnic rurociągów na podstawie analiz scenariuszy pożarowych opartych na modelach numerycznych sieci wodociągowych, należy obecnie traktować jako realną propozycję.

fires which might occur at the same time, accounting for the fact that these fires might occur at the most disadvantageous points of water supply systems. Also, given the technological and organisational advancements in firefighting, as well as the preventive measures in place and applicable requirements for construction materials, it might be a good idea to consider reducing the pipeline capacity requirement for the event involving simultaneous fires in a settlement. Fire projection using risk estimation and other methods might prove useful in this regard [31]. Whatever steps are taken, however, they must be very cautious. Otherwise, fire safety conditions might be inadvertently worsened.

As water demand varies at different times of the day, the conditions for testing the capacity of firefighting water supply systems which serve settlements should be defined in more detail so as to make sure that the system has the required capacity at any time of the day. One solution, which seems feasible both technologically and organisationally, would be to define for specific water supply systems the hours in which the hourly diversity factors are statistically at their peak, and to introduce a requirement that the capacity be tested during these hours.

Where a water supply system does not have the required capacity, auxiliary water sources and firefighting reservoirs should be considered. Firefighting reservoirs within settlements and workplaces could provide an alternative in this regard, thus making it possible to reduce the diameters of the designed water supply systems – § 4 (5) of the 2009 Regulation.

The legislation must be more specific about the structures and buildings for which it is permitted to calculate the capacity of pipelines intended not only for firefighting purposes based on a reduced capacity for household and industrial purposes. A possible solution would be to restrict such calculations to structures and buildings whose users could be rapidly notified of the fire, and the resulting need to reduce the use of water for purposes other than firefighting. It seems that re-incorporating workplaces in these provisions, and perhaps adding selected institutional facilities equipped with fire alarm systems, would be a good solution.

Numerical modelling of water supply systems could be effectively employed for solving the issues discussed. Making amendments to existing legislation so that it permits the selection of pipeline diameters on the basis of fire-scenario analyses relying on numerical water supply system models should be considered a valid option.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. poz. 124, Nr 1030).
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 15 czerwca 1964 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego (Dz. U. poz. 25 Nr 163).
- [3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz. U. poz. 121, Nr 1139).
- [4] PN-B-02864:1971: Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie. Przeciwpożarowe zaopatrzenie wodne. Zasady obliczania zapotrzebowania wody do celów przeciwpożarowych do zewnętrznego gaszenia pożaru.

- [5] PN-B-02864:1997: Ochrona przeciwpożarowa budynków. Przeciwożarowe zaopatrzenie wodne. Zasady obliczania zapotrzebowania na wodę do celów przeciwpożarowych do zewnętrznego gaszenia pożaru.
- [6] Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. poz. 121, Nr 1138).
- [7] Ścieranka G., *Przeciwpożarowe sieci wodociągowe – ewolucja wymagań prawnych*, „Rynek Instalacyjny” 2010, 6, 72–75.
- [8] Rochala P., *Kształtowanie zaopatrzenia w wodę*, „Przegląd Pożarniczy” 2016, 11, 42–46.
- [9] Łozowski T., *Przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę – szczególne przypadki stosowania rozwiązań zamiennych zapewniających nie pogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w kontekście realizacji obowiązku zapewnienia przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę dla jednostek osadniczych*, seminarium naukowo-techniczne „Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie”, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Pożarnictwa Oddział Małopolska, 2014, 27–35.
- [10] Łozowski T., *Zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru*, „Ochrona Przeciwożarowa” 2005, 2, 34–38.
- [11] Rochala P., *Krótkie dzieje przepisów przeciwpożarowych (cz. 10)*, „Przegląd Pożarniczy” 2016, 1, 46–49.
- [12] Rochala P., *Krótkie dzieje przepisów przeciwpożarowych (cz. 11)*, „Przegląd Pożarniczy” 2016, 2, 46–49.
- [13] Rochala P., *Krótkie dzieje przepisów przeciwpożarowych (cz. 12)*, „Przegląd Pożarniczy” 2016, 3, 46–49.
- [14] Rochala P., *Krótkie dzieje przepisów przeciwpożarowych (cz. 13)*, „Przegląd Pożarniczy” 2016, 3, 48–51.
- [15] Pastuszka K., Mroczo G., *Ocena zgodności wyrobów budowlanych stosowanych w ochronie przeciwpożarowej*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2012.
- [16] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L 88 z 4.04.2011).
- [17] Hiedrich Z., Jędrzejkiewicz J., *Analiza zużycia wody w miastach polskich w latach 1995–2005*, „Ochrona Środowiska” 2007, 29, 4, 29–34.
- [18] Batóg B., Batóg J., *Analiza tendencji zużycia wody w polskich miastach w sektorze gospodarstw domowych*, „Zarządzanie i Finanse” 2013, 11, 3/2, 89–100.
- [19] Denczew S., *Wpływ sposobu zaopatrzenia przeciwpożarowego na jakość wody w sieci wodociągowej*, „Ochrona Środowiska” 2003, 25, 4, 37–38.
- [20] Mrowiec M., Herczyk T., Kuliński E., *Analiza zmienności parametrów jakościowych wody pitnej w układzie dystrybucji*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska” 2016, 19 (1), 27–35.
- [21] Świderska-Bróz M., Wolska, M., *Główne przyczyny wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji*, „Ochrona Środowiska” 2006, 28 (4), 29–34.
- [22] Litwin A., Gruszecki T., *Charakterystyka sieci wodociągowej wobec przepisów ochrony przeciwpożarowej*, „Ochrona Przeciwożarowa” 2007, 2, 28–33.
- [23] Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, *Wyjaśnienia w zakresie stosowania przepisów ochrony przeciwpożarowej*, 22 marca 2010, [http://www.straz.gov.pl/panstwowa\\_straz\\_pozarna/wyjasnienia\\_kgpsp](http://www.straz.gov.pl/panstwowa_straz_pozarna/wyjasnienia_kgpsp) [dostęp: 2.12.2017].
- [24] PN-92/B-01706: Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
- [25] Hołota E., Kowalska B., Kowalski, D., *Badanie współczynników chropowatości zastępczej wybranych rurociągów rzeczywistej sieci wodociągowej*, „Instal” 2013, 9, 61–64.
- [26] Kuś K., Grajper P., Ścieranka G., *Identyfikacja strat ciśnienia w rurociągach polietylenowych*, „Instal”, 2008, wydanie specjalne, 46–49.
- [27] Ścieranka G., *Modelowanie hydrauliczne sieci wodociągowych – wybrane aspekty*, „Napędy i Sterowanie” 2016, 1, 201, 58–61.
- [28] Walski T.M. et al., *Advanced water distribution modeling and management*, Haestad Methods, Waterbury 2003.
- [29] Studzinski J., *Waternet modelling and model calibration for the waterworks management*, „Studia i Materiały PSZW” 2009, t. 24.
- [30] Pawlak A., *Modelowanie i optymalizacja układu dystrybucji wody. Raport IBS PAN. RB 07/2008*, Warszawa 2008.
- [31] *Czerwona księga pożarów*, t. II, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2016.

**DR INŻ. GRZEGORZ ŚCIERANKA** – w 1998 roku ukończył Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, na którym w 2004 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Instytutu Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej. Ma uprawnienia budowlane do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji oraz urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych bez ograniczeń. W swoich zainteresowaniach naukowych skupia się na modelowaniu hydraulicznym sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz na instalacjach i sieciach wodociągowych przeciwpożarowych.

**GRZEGORZ ŚCIERANKA, PH.D. ENG.** – graduated from the Faculty of Energy and Environmental Engineering, the Silesian University of Technology, in 1998. In 2004 he was awarded the degree of Doctor of Technical Sciences in Environmental Engineering. He is a research and teaching fellow at the Institute of Water and Wastewater Engineering, the Silesian University of Technology. He is also a fully licensed civil engineer specialising in the installation of heat networks, heating systems and heating, ventilation and gas appliances, and water supply and wastewater piping systems. His research focuses on the hydraulic modelling of water supply and wastewater systems, as well as firefighting systems and firefighting water supply systems.



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.



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



ADMITTANCE  
OF FIRE PROTECTION  
PRODUCTS



EUROPEAN AND  
NATIONAL CERTIFICATION  
OF CONSTRUCTION  
PRODUCT



CERTIFICATION OF  
ENTITIES OFFERING FIRE  
PROTECTION SERVICES



EUROPEAN AND  
NATIONAL TECHNICAL  
ASSESSMENTS



TESTS OF  
equipment of fire protection units  
fixed firefighting systems  
chemicals and fires  
combustion and explosion processes  
firefighting systems and automatics



VOLUNTARY  
CERTIFICATION OF  
FIRE PROTECTION  
PRODUCTS



TESTING  
OF INNOVATIVE  
PRODUCTS



FIRE  
PROTECTION  
TRAINING



TECHNICAL OPINIONS  
AND EXPERTISE

CNBOP-PIB SCIENTIFIC AND RESEARCH CENTRE FOR FIRE PROTECTION  
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE

Nadwiślńska 213, 05-420 Józefów, Poland | tel. +48 22 789 11 11 | cnbop@cnbop.pl | www.cnbop.pl

kpt. mgr Krzysztof Sobkowicz<sup>a)</sup>\*<sup>a)</sup>Komenda Wojewódzka PSP w Opolu / Opolskie Headquarters of the State Fire Service

\*Autor korespondencyjny / Corresponding author: schirin@wp.pl



## Zbigniew Jacorzyński

Збигнев Яцожински

### ABSTRAKT

Pułkownik Zbigniew Jacorzyński to postać wybitnie zasłużona dla polskiego pożarnictwa. Urodził się 8 sierpnia 1921 roku w Cieszynie. Był synem oficera Wojska Polskiego. W młodości udzielał się w polskim harcerstwie. W 1937 roku stanął do poboru i dostał przydział do broni pancernej, głównie z powodu fascynacji motoryzacją. W 1939 roku ukończył liceum o profilu matematyczno-fizycznym, po czym odbył obowiązkową sześciotygodniową służbę w Junackich Hufcach Pracy w Równym, na granicy Polesia i Wołynia. W dniu 17 września 1939 roku, kiedy Sowieci przekroczyli polską granicę, cały hufiec został zmobilizowany i skierowany na odsiecz Brzeźcia nad Bugiem, zajętego wówczas przez Niemców. Po drodze żołnierze zostali otoczeni przez Rosjan, rozbrojeni i wzięci do niewoli. Wywieziono ich na Syberię. Zbigniew, pracując w tamtejszym obozie przy wyrębie drzew, zachorował i trafił szpitala. Życie uratowała mu funkcja sanitariusza w łagrze. Z obozu udało mu się zbiec dzięki temu, że ukrył się pomiędzy szczapami drewna w wagonie kolejowym. Po ucieczce rozpoczął poszukiwania rodziny, którą odnalazł w Krakowie. Jeszcze podczas wojny, w Pińczowie, po raz pierwsze zetknął się ze strażą pożarną. Zapisał się tam do Ochotniczej Straży Pożarnej, która – oprócz ćwiczeń strażackich – prowadziła również działalność konspiracyjną. Była to jednostka Szarych Szeregów. Po wojnie Zbigniew Jacorzyński podjął pracę w ochronie przeciwpożarowej w Wojewódzkim Inspektoracie Pożarniczym w Szczecinie. Pracując i ucząc się, uzyskał pożarnicze wykształcenie oficerskie. W latach 1951–1952 był komendantem Szkoły Pożarniczej w Mielenku w województwie koszalińskim, a następnie przez dwa lata – oficerem szkoleniowym w Szkole Pożarniczej w Poznaniu. Stamtąd przeniesiono go do Wałbrzycha, gdzie doceniono jego zaangażowanie, w wyniku czego w 1967 roku został komendantem Podoficerskiej Szkoły Pożarnictwa nr 5 w Wałbrzychu w stopniu kapitana pożarnictwa. W latach 1966–1976 kierował Szkołą Podoficerów Pożarnictwa w Krakowie-Nowej Hucie, którą w 1973 roku przekształcono w Szkołę Chorążych Pożarnictwa. Przez 16 lat pracy dydaktycznej wykształcił kilkuset młodych adeptów pożarnictwa. W 1976 roku podjął służbę w Komendzie Wojewódzkiej Straży Pożarnych w Bielsku-Białej na stanowisku starszego inspektora wojewódzkiego do spraw szkolenia i doskonalenia zawodowego. Na emeryturę przeszedł 31 sierpnia 1981 roku w stopniu pułkownika pożarnictwa. Był urodzonym nauczycielem oraz cenionym wychowawcą kadry podoficerskiej i młodzieży strażackiej, wśród której czuł się bardzo dobrze. Zmarł 24 sierpnia 1996 roku w wieku 75 lat.

**Słowa kluczowe:** Zbigniew Jacorzyński, twórca powojennego pożarnictwa, szkoły pożarnicze, działalność konspiracyjna – Szare Szeregi, zsyłka na Syberię, patriota

Przyjęty: 01.02.2017; Zrecenzowany: 06.06.2017; Opublikowany: 29.12.2017;

Proszę cytować: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 138–142, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.10;

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

### ABSTRACT

Colonel Zbigniew Jacorzyński rendered great service to firefighting in Poland. He was born on 8 August 1921 in Cieszyn to an officer of the Polish Army. When he was young, he joined the Polish scouts. In 1937, he conscripted into the army and was assigned to an armoured fighting vehicles unit, mainly due to his passion for motor vehicles. In 1939 he graduated from high school with extended curriculum in Mathematics and Physics. Then, he completed compulsory six-week service in the Labour Corps in Równe, a city tucked between Polesia and Volyn. On 17 September 1939, when the Soviets invaded Poland, the Labour Corps were mobilised and sent to the relief of the German-occupied Brest-on-the-Bug. On their way, they were surrounded, disarmed and deported by Russians to Siberian labour camps. Zbigniew, working in the camp as a tree cutter, fell ill and went to hospital. Later, he started working as a stretcher-bearer in the labour camp, and thanks to this profession he managed to save his life. He escaped from the camp, hiding beneath logs of wood on a railway wagon. After the escape, he set out to find his family and eventually found it in Cracow. The war was still in progress when he made his first encounter with the fire service in Pińczów. He joined the Volunteer Fire Department, which, apart from fire drills, engaged in underground resistance operations. It was a unit of Grey Ranks. After the war, he found a job in the Provincial Fire Inspectorate in Szczecin. In addition to working, he got himself educated to become a fire-service officer. In the years 1951–1952, he headed the Firefighting School in Mielenko, Koszalin Province, and then served as a training officer at the Firefighting School in Poznan. Then, he was reassigned to Wałbrzych, where in 1967 he was appointed Chief of the Firefighting School for Non-Commissioned Officers No. 5 in Wałbrzych in the rank of a Fire-Service Captain. Between 1967 and 1976, he supervised the Firefighting Academy for Non-Commissioned Officers in Cracow, Nowa Huta, which in 1973 changed its status to become the Officer's Training School for Fire Fighters. He educated several hundred young firefighters. In 1976, he became a senior provincial inspector for training and in-service training in the Provincial Fire Brigade Headquarters in Bielsko-Biała. He retired on 31 August 1981 in the rank of a Fire-Service Colonel. He was a natural-born



teacher and a superb educator for students and young firefighters, with whom he had a unique rapport. He died on 24 August 1996 at the age of 75. He was decorated with many medals for his life professional achievements.

**Keywords:** Zbigniew Jacorzyński, a formative figure in the post-war history of Polish firefighting, firefighting schools, underground resistance – Grey Ranks, exile to Siberia, patriot

Received: 01.02.2017; Reviewed: 06.06.2017; Published: 29.12.2017;

Please cite as: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 138–142, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.10;

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

Полковник Збигнев Яцожински это заслуженный работник пожарной охраны в Польше. Он родился 8 августа 1921 года в городе Чешин, был сыном офицера Войска Польского. В молодости был членом скаутского движения. В 1937 году вступил в армию в бронетанковые войска в основном из-за его увлечения моторизацией. В 1939 году он закончил физико-математический лицей. Потом провел шестинедельную службу в Юношеских центрах труда, в Ровно на границы Полесья и Волыни. 17 сентября 1939 года, когда СССР пересек польскую границу, целая организация была мобилизована и отправилась с помощью в Брест над Бугом, который был захвачен немцами. По дороге солдаты были окружены советской армией, обезоружены и взяты в плен, позже были сосланы в Сибирь. Збигнев, работая в находящимся там лагере при вырубке леса, заболел и попал в больницу. Должность санитаря в лагере спасла ему жизнь. Ему удалось сбежать из лагеря, прячась между брёвнами древесины в железнодорожном вагоне. После побега он начал поиски семьи, которую позже нашел в Кракове. Во время войны в Пинчове начались его первые контакты с пожарной охраной. Он вступил в Добровольные Отряды Пожарной Службы, которые кроме пожарных учений проводили также конспиративную деятельность. Это было отделение Серых Шеренг. После войны он устроился на работу в пожарную службу в Областной Инспекции пожарной охраны в г. Щецин. Он одновременно работал и учился, получил пожарное офицерское образование. В 1951–1952 гг. был комендантом Пожарной Школы в г. Меленек, в Кошалинском воеводстве, а затем два года работал офицером по учебной части в Пожарной Школе в Познани. Оттуда его перевели в Валбжих, где высоко оценили его инициативность/работу, и в результате в 1967 году он стал Комендантом Подофицерской Школы пожарной охраны № 5 в Валбжихе в звании капитана пожарной охраны. В период 1966–1976 он руководил Школой Подофицеров пожарной охраны в Кракове – Новой Хуте, которая была изменена в 1973 году в Школу Прапорщиков Пожарной Службы. За 16 лет дидактической работы он выучил несколько сотен молодых работников пожарной охраны. В 1976 году он начал службу в Воеводской Комендатуре Пожарной Службы в г. Бельско-Бяла в качестве старшего воеводского инспектора по вопросам обучения и повышения квалификации. На пенсию он вышел 31 августа 1981 года в звании полковника пожарной охраны. Он был прирожденным учителем и известным воспитателем для офицеров и молодежи, в компании которой он прекрасно себя чувствовал. Умер 24 августа 1996 года в возрасте 75 лет.

**Ключевые слова:** Збигнев Яцожински, создатель послевоенной пожарной охраны, пожарные школы, конспирационная деятельность, Серые Шеренги, ссылка в Сибирь, патриот

Принята: 01.02.2017; Рецензирована: 29.06.2017; Опубликована: 29.12.2017;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 138–142, doi: 10.12845/bitp.48.4.2017.10;

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

Pułkownik pożarnictwa Zbigniew Jacorzyński to syn oficera Wojska Polskiego, były komendant Szkoły Podoficerów Pożarnictwa w Krakowie-Nowej Hucie, w 1973 roku przemianowanej na Szkołę Chorążych Pożarnictwa. W młodości udzielał się w polskim harcerstwie. Podczas wojny walczył z niemieckim okupantem, niejednokrotnie wystawiając siebie i swoich najbliższych na duże niebezpieczeństwo. Po wojnie musiał uciekać z rodzinnych stron, z miejsc, w których działał, przed radzieckimi i polskimi służbami bezpieczeństwa. Wstąpił do straży pożarnej, podejmował naukę w szkołach pożarniczych, przez cały czas doskonaląc się w pożarniczym fachu.

W pierwszych latach powojennej działalności odbudowywał i prowadził szkoły pożarnicze w województwach: szczecińskim, koszalińskim, wałbrzyskim, poznańskim. Do 1976 roku kierował Krakowską Szkołą Pożarniczą. W 1976 roku podjął służbę w Komendzie Wojewódzkiej Straży Pożarnych w Bielsku-Białej na stanowisku starszego inspektora wojewódzkiego do spraw szkolenia i doskonalenia zawodowego. Na emeryturę przeszedł 31 sierpnia 1981 roku w stopniu pułkownika

pożarnictwa. Tworzył podwaliny dzisiejszego systemu edukacyjnego. Mimo pełnego zaangażowania w problemy straży udało mu się założyć rodzinę, stworzyć normalny dom. Celem niniejszego artykułu jest ocalenie od zapomnienia trudnych, ale i pięknych lat w historii powojennego pożarnictwa, a przede wszystkim ukazanie postaci znaczącej – człowieka, który tworzył swoisty koloryt służby.

## Dzieciństwo

Zbigniew Jacorzyński urodził się 8 sierpnia 1921 roku w Cieszynie. Jego ojciec był komendantem Szkoły Podchorążych przy 4 Pułku Strzelców Podhalańskich w Cieszynie. W 1932 roku przeniesiono go razem z rodziną do Stanisławowa, do 48 Pułku Piechoty. Matka Zbigniewa, Elżbieta z domu Weingartner, nie pracowała – zajmowała się domem i wychowywaniem dzieci. W wieku sześciu lat mały Zbyszek rozpoczął naukę w szkole podstawowej w Cieszynie. Po ukończeniu tej czteroletniej szkoły zaczął uczęszczać do gimnazjum, gdzie zdał tzw. małą maturę. W 1937 roku stanął do poboru i dostał przydział do



broni panczernej, głównie z powodu fascynacji motoryzacją. W 1939 roku ukończył liceum o profilu matematyczno-fizycznym, po czym odbył obowiązkową sześciotygodniową służbę w Junackich Hufcach Pracy w Równym, na granicy Polesia i Wołynia. Budowano tam system schronów i innych wojskowych zabezpieczeń dla wojska.

Żoną Zbigniewa Jacorzyńskiego została Anna z domu Korzeniowska, urodzona 21 września 1924 roku. Przyszli małżonkowie znali się od najmłodszych lat. Po raz pierwszy spotkali się podczas wypoczynku z rodzicami na nartach w górach. On miał wówczas lat 19, ona miała lat 15. Wspólne życie w koszarach, przebywanie w tym samym środowisku umocniły łączące ich więzy, których nie rozerwała nawet długa rozłąka, kiedy to Zbigniew walczył w oddziałach partyzanckich.

### W czasie wojny

Od rozpoczęcia działań wojennych, tj. od 17 września 1939 roku, kiedy to Sowieci przekroczyli polską granicę, cały hufiec został zmobilizowany do 84 Pułku Piechoty i skierowany na odsiecz Brześcia nad Bugiem, zajętego wówczas przez Niemców. Po drodze żołnierze otoczeni przez Rosjan, rozbrojeni i wzięci do niewoli, zostali wywiezieni do Ostaszkowa. Ponieważ w Ostaszkowie z powodu napływającej coraz większej liczby jeńców zaczęło brakować miejsca, więc grupę naszego bohatera przewieziono do miejscowości Talica (300 km na północny wschód od Moskwy). Zbigniew, pracując w tamtejszym obozie przy wyrębie tajgi, przeziębił się i zachorował (miał problemy z nogami). Trafił do szpitala. Po wyleczeniu pracował w nim jako sanitariusz. W listopadzie 1939 roku zostało podpisane porozumienie pomiędzy III Rzeszą a ZSRR o wymianie więźniów w ramach łączenia rodzin. Wkrótce zaczęła się wymiana. Jacorzyński jako członek personelu szpitala opiekujący się chorymi razem z nimi przedostał się do Generalnej Guberni. Trafił do stalagu 2E w Gross-Born (obecnie Borne Sulinowo), ogromnego obozu jenieckiego zbudowanego specjalnie dla Polaków. Podczas pracy przy wyrębie lasu schował się pomiędzy szczapami drewna w wagonie kolejowym i w ten sposób udało mu się zbiec z obozu. Po ucieczce rozpoczął poszukiwania rodziny, którą ostatni raz widział przed wybuchem wojny. W Krakowie odnalazł ojca i razem z nim wyjechał do Pińczowa (w dawnym województwie kieleckim).

Anna natomiast, jako najstarsza córka, musiała ciężko pracować, aby utrzymać chorą matkę i młodszą o trzy lata siostrę Danusię. Najpierw pracowała w polu, następnie udało jej się dostać do klasztoru sióstr boromeuszek, w którym ukończyła półroczy kurs języka niemieckiego. Dzięki temu zdobyła pracę w biurze, gdzie pracowała aż do zakończenia wojny.

### Okres konspiracji

Właśnie w Pińczowie Zbigniew Jacorzyński po raz pierwszy zetknął ze strażą pożarną, a następnie rozwinął swoją karierę strażacką. Zapisał się tam do Ochotniczej Straży Pożarnej, która – oprócz ćwiczeń strażackich – prowadziła również działalność

konspiracyjną (o czym nie wszyscy wiedzieli). Była to jednostka Szarych Szeregów. Niemcy tolerowali OSP, nie utrudniali jej działalności, nie domyślając się wszystkiego. W 1944 roku jednostka została wcielona do Armii Krajowej. Podczas wycofywania się Niemców i przybliżania się frontu (na przełomie lipca i sierpnia 1944 roku) Zbigniew brał udział w wyzwaniu tzw. Republiki Pińczowsko-Kazimierskiej. Po styczniowej ofensywie wojsk radzieckich front został przerwany. Gdy wkroczyli Rosjanie, ich służba bezpieczeństwa zaczęła się interesować osobami będącymi w ruchu oporu oraz osobami, które przed wojną były zaangażowane w działalność patriotyczną. Nasz bohater, aby uniknąć aresztowania, wrócił do rodzinnego Cieszyna i 25 czerwca 1946 roku ożenił się z Anną. Najpierw wzięli ślub cywilny, a tuż przed narodzinami pierwszego dziecka – ślub kościelny. Z powodu niepewnej sytuacji Jacorzyński został zmuszony do wyjazdu na tereny odzyskane. Początkowo na Dolny Śląsk, następnie na Pomorze Zachodnie do Koszalina. Tam to 15 sierpnia 1945 roku (oficjalnie 20 sierpnia 1945 roku) rozpoczął pracę w Wojewódzkim Inspektoracie Pożarnictwa (WIP).

### W straży pożarnej

Szefem WIP był wtedy płk Pągowski. W lipcu 1946 roku Zbigniew wyjechał do Warszawy na pierwszy turnus kursu oficerskiego pożarnictwa [7]. Była to wówczas Centralna Oficerska Szkoła Pożarnicza (COSP). Nasz bohater ukończył kurs z pierwszą lokatą, ze średnią 4,8. Po ukończeniu szkoły wrócił do Koszalina, skąd wkrótce został przeniesiony do Szczecina, ponieważ tam znajdował się urząd wojewódzki. Powierzono mu m.in. organizowanie szkoleń pożarniczych. Wówczas była to najistotniejsza sprawa, bo w pierwszych latach po wojnie brakowało strażaków i kadry do szkolenia zawodowego. Zawodowe straże pożarne były obsadzone przez tzw. grupy operacyjne – w Szczecinie przez grupy z Poznania, a w Koszalinie w przez grupy z Gniezna. Pierwszy oficjalny kurs w Ośrodku Szkolenia Pożarniczego w Szczecinie zakończył się 11 kwietnia 1947 roku.

Zbigniew Jacorzyński jako organizator szkoleń pożarniczych jeździł po wszystkich komendach powiatowych i inspektoratach województwa szczecińskiego, gdzie je przeprowadzał i nadzorował ich przebieg. Podczas pobytu w Szczecinie Anna podjęła pracę w Polskim Radiu i przepracowała tam dwa lata. Ponieważ budynek WIP mieścił także ośrodek, więc wraz z przejmowaniem nowych zadań przybywało coraz więcej osób. Szybko zdano sobie sprawę z tego, że w niedługim czasie znacznie brakowało miejsca, co w przyszłości może prowadzić do konfliktów. Stworzono zatem ośrodek szkolenia w Sarbinowie niedaleko Kołobrzegu. Szkolenia jednak nie odbywały się tam długo.

W kwietniu 1948 roku straż przejęła byłą szkołę pożarniczą w Mielenku koło Drawska. Obiekt był zdewastowany, rozgrabiony przez opuszczających go Niemców oraz przez okoliczną ludność. Warunki lokalowe były bardzo złe. Jacorzyński i trzech inni oficerowie wraz z rodzinami mieszkali w jednym pokoju, każda rodzina w swoim kącie. Dopiero po odrestaurowaniu budynków otrzymali własne mieszkania. Tam 29 czerwca 1948 roku żona Zbigniewa urodziła ich pierwsze dziecko, córkę Joasię. (Tuż przed porodem Anna odbyła męczącą podróż z Mielenka do

szczecińskiego szpitala w ciężarowym zile. Podróż tę opłacał ciężkim stanem zdrowia). Szkołę remontowali we własnym zakresie, podejmując się rozmaitych zajęć, np. obecny płk Piechocki pracował jako elektryk i hydraulik, Jacorzyński zaś zajmował się szkleniem okien i ślusarką. W ten sposób własnymi siłami doprowadzili ośrodek do stanu umożliwiającego prowadzenie zajęć w znośnych warunkach. W trakcie trwania kursu słuchacze szkoły wykonywali dalsze prace remontowe.

W Mielenku prowadzono dwa kursy jednocześnie, z których każdy gromadził po czterdzieści osób (nieraz uczestników było dwukrotnie więcej). Odbywały się tam szkolenia różnego typu, ale tylko dla zawodowych straży pożarnych. Były to szkolenia podoficerskie z obsługi sprzętu motorowego i motopomp. Kursanci ćwiczyli na sprzęcie, który później zabierali do swoich jednostek. Pani Anna, namówiwszy pozostałe kobiety, zaczęła wraz z nimi rozwijać życie kulturalne w szkole. Otworzono świetlicę, utworzono amatorski teatr (w którym wystawiano m.in. *Most i Matkę Szaniawskiego*). Na przedstawienia przychodzili nie tylko kursanci z ośrodka szkoleniowego, ale także ludzie z pobliskiej wsi. W pierwszych latach po wojnie była to jedyna rozrywka oraz możliwość zapoznania się z sąsiadami.

Zdzisław Jacorzyński służył w Mielenku do 1953 roku, a następnie został przeniesiony do Szkoły Podoficerów Pożarnictwa mieszczącej się w Poznaniu. Szkoła znajdowała się w nowym budynku i zatrudniała nowy personel. Tam przyszło na świat drugie dziecko Zbigniewa i Anny. Komendantem szkoły był wówczas ppłk Antoni Michalak, a Jacorzyński pełnił obowiązki dowódcy kompanii. Wspólnie prowadzili szkolenia podoficerskie i techniczne. W 1952 roku w Poznaniu powołano Szkołę Oficerów Polityczno-Wychowawczych. Zbigniew nie przystawał do nowych warunków. Zaczęto pomawiać go o pijaństwo, co spowodowało, że chciał opuścić Poznań ze względów osobistych. W końcu nadarzyła się ku temu doskonała okazja – został wezwany do Warszawy, gdzie płk Kwiatkowski skierował go do Wałbrzycha [6].

Tam 3 kwietnia 1953 roku Zbigniew Jacorzyński został powołany na stanowisko komendanta Ośrodka Szkolenia Pożarniczego Szkoły Podoficerów Pożarnictwa. Przejął obowiązki od por. poż. Bronisława Szewczyka. Placówka bardzo mu odpowiadała, ponieważ mógł w niej zajmować się tym, co go interesowało: obsługą sprzętu motorowego, ćwiczeniami ze sprzętem specjalnym i ćwiczeniami z drabinami mechanicznymi. W ośrodku prowadzono też kursy szkolące kierowców-mechaników. Komendantem Jacorzyński był do 3 grudnia 1957 roku. Po likwidacji szkoły przez rok pracował w Zawodowej Straży Pożarnej w Wałbrzychu jako oficer do spraw specjalnych, zajmując się szkoleniem, prewencją, sprawami wojskowymi, opiniowaniem dokumentacji tajnej. Jego żona była tam zatrudniona jako główna księgowa w Wodociągach i Kanalizacji. (W Wałbrzychu poznała żonę płk. Rusieckiego – Elfydę Rusiecką, teściową płk. Filingiera). W tym okresie nasz bohater zaczął działać społecznie w Lidze Przyjaciół Żołnierza. Brał udział w zajęciach klubu motorowego. W ramach pracy w klubie wyremontował swoją starą SHL-kę i zaczął uczestniczyć w rajdach motorowych. W jednym z nich, podczas Pucharu Polski, otrzymał dyplom za zajęcie III miejsca w rajdzie motocykli do 125 cm<sup>3</sup>.

Wkrótce, 7 lutego 1959 roku, Zbigniew Jacorzyński ukończył z wynikiem bardzo dobrym sześciotygodniowy kurs

specjalizujący I stopnia o profilu pedagogicznym w Szkole Oficerów Pożarnictwa w Warszawie. W 1960 roku Szkołę Podoficerów Pożarnictwa przeniesiono z Nysy do Nowej Huty (obecnie Szkoła Aspirantów PSP) [1, 4]. Znajdował się tam duży obiekt niewykorzystany w całości przez Zawodową Straż Pożarną (KTP) [1]. Jako kapitan Zbigniew został mianowany zastępcą komendanta szkoły. Komendantem był wtedy płk Eugeniusz Rusiecki. Pierwszy kurs pożarniczy rozpoczęto już 2 listopada. Od tego czasu prowadzono tam kursy podoficerów KTP, kursy specjalizujące w zakresie profilaktyki pożarowej oraz kursy dla kierowców-mechaników ZSP. Niezależnie od tego nadzorowano od strony dydaktycznej kursy organizowane przez komendy wojewódzkie straży pożarnej. Kadre nauczycielską tworzyli wówczas m.in.: płk Eugeniusz Rusiecki, płk Zbigniew Jacorzyński, mjr Zenon Sawicki, mjr Henryk Kaliciecki, kpt. Andrzej Dańda, kpt. Stanisław Jędrzejczyk, por. Stanisław Włosek, por. Aleksander Matuzik, por. Feliks Dela, ppor. Jan Kielin, st. ogn. Marian Śmierciak, st. ogn. Józef Basista, st. ogn. Tadeusz Stecura, st. ogn. Józef Baran, st. str. Danuta Szczęch [2]. W międzyczasie Zbigniew ukończył Szkołę Oficerów Pożarnictwa w Warszawie i zdobył kwalifikacje oficera Korpusu Technicznego Pożarnictwa.

W 1966 roku komendant Rusiecki przeszedł do Komendy Głównej Straży Pożarnej, a Jacorzyński zajął jego miejsce. W 1973 roku Szkoła Podoficerów Pożarnictwa została przemianowana na Szkołę Chorążych Pożarnictwa [1]. Od początku istnienia szkoły w Nowej Hucie [8, 9] teoria, z którą zapoznawali się w niej słuchacze, była poparta dużą liczbą zajęć praktycznych i ćwiczeń [1]. Wykładowcy i płk Jacorzyński wychodzili z założenia, że aby dobrze przekazać wiedzę, należy nie tylko coś pokazać, omówić, lecz także stworzyć takie warunki (niekiedy ekstremalne), by słuchacze mogli się sprawdzić. Ćwiczenia odbywały się w Ojcowie na wzgórzu zwanym „103”, ponieważ wysokość wzniesienia wynosiła właśnie 103 m n.p.m. Uczestnicy najpierw musieli robić kalkulację sił i środków, dokonując obliczeń, a dopiero później wykonywać ćwiczenia. W tym czasie w szkole słynne były „dni gazowe” przypadające w każdy czwartek. W te dni słuchacze byli wyposażeni w sprzęt ochrony dróg oddechowych, który nosili przy sobie. Na odpowiednią komendę zakładali go i tak uczestniczyli w dalszych zajęciach. Ćwiczenie to miało za zadanie przyzwyczaić ich do uciążliwego noszenia sprzętu. W związku ze zmianą profilu kształcenia pod koniec lat 60. zlikwidowano „dni gazowe”. Na początku lat 70. powstała koncepcja rozbudowy szkoły lub budowy nowej – w Krakowie lub w jego pobliżu. W tym celu opracowano stosowną dokumentację projektową. W kolejnych latach zarzucono jednak plany budowy szkoły. Zbigniew Jacorzyński przeniósł się do Bielska-Białej [5]. Przyjął tam stanowisko starszego inspektora wojewódzkiego (odpowiednik drugiego zastępcy komendanta), na którym pracował do 1981 roku, kiedy to przeszedł na emeryturę. Przez wiele lat był tam jeszcze zatrudniony na pół etatu jako oficer do spraw specjalnych – zajmował się planami mobilizacyjnymi, planami obrony na wypadek wojny itp. W 1990 roku, mając prawie siedemdziesiąt lat, przeszedł w stan spoczynku. Jednak osobiście nie rozstał się jeszcze ze strażą i szkołą. Jak sam mówił, szkoła śniła mu się po nocach, tęsknił za nią – wszak zajmował się szkoleniem przez ponad 30 lat (od 1945 do 1976 roku). Właśnie szkolenie pożarnicze było jego życiowym powołaniem, które

## PEOPLE INVOLVED IN FIREFIGHTING

dawało mu największą satysfakcję i możliwości samorealizacji. Cieszyli go rezultaty nauczania, praca nad i z ludźmi, gdy przychodzili chłopcy bez konkretnych planów życiowych, a wychodzili dobrze przygotowani do zawodu młodzieńcy. Przez ręce płk. Jacorzyńskiego „przeszło” około 30 tys. osób kształcących się w rzemiośle strażackim.

Dzieci pan Zbigniewa wspominają go jako człowieka pogodnego, wesołego, o żywym, przedsiębiorczym usposobieniu. Dzięki temu, że mieszkali z ojcem i matką w szkołach i ośrodkach szkoleniowych, miały oboje rodziców obok siebie. Nieraz ich dom od sali wykładowej oddzielała tylko ściana. Żonę Annę częste zmiany mieszkania doprowadzały do rozpaczki – nigdy nie mogła zbierać całego wyposażenia domowego, bo ciągle przeprowadzki zmuszały ją do sprzedawania lub pozostawiania mebli i ubrań w dawnym miejscu zamieszkania. Zawsze gdy zbliżało się święto rodzinne, obawiała się, czy starczy jej talerzy, łyżek i innych przedmiotów niezbędnych w takim momencie. Jednakże dzięki niespożytej energii zawsze udawało jej się stworzyć rodzinną atmosferę. Niestety, cały ciężar wychowywania dzieci spadał na nią. Jak to często bywa, praca, trudne życie odbiły się na jej zdrowiu – zachorowała na serce. Pan Zbigniew cały wolny czas, którego niestety nie miał w nadmiarze, spędzał jednak z rodziną – głównie na zwiedzaniu zabytków, pomników przyrody (m.in. Wawel, kopalnia soli, Pieskowa Skała, Ojców, liczne kościoły i klasztory). Ale również wtedy zwracał uwagę na zabezpieczenia przeciwpożarowe, nie przestając myśleć kategoriami strażaka.

### Fascynacja motoryzacją

Zbigniew Jacorzyński uzyskał prawo jazdy w 1936 roku, mając 16 lat, i jako jedyny w tak młodym wieku mógł prowadzić samochody. A to dzięki listowi, który napisał do gazety „Polska Zbrojna”: „Cały świat się motoryzuje, w Polsce młodzi ludzie też chcieliby, tylko że im się tego nie ułatwia” (wtedy prawo jazdy można było zrobić w wieku 21 lat). Pierwszym pojazdem, jaki prowadził, był amerykański samochód marki Dodge, który miał drewniane koło kierownicy i skrzynię biegów na błotniku. Prawo jazdy na motocykle Zbigniew uzyskał, zdawszy egzamin na amerykańskiej maszynie marki Indiana o pojemności silnika 1100 cm<sup>3</sup>. Stale rozszerzał uprawnienia kierowcy i w rezultacie miał zezwolenie na jazdę prawie wszystkimi pojazdami. Gdy pracował w Wałbrzychu, był członkiem klubu motorowego. Uczestniczył w rajdach, w których często odnosił sukcesy.

### Większe akcje pożarnicze

Pierwszą akcją pożarniczą, w której brał udział Zbigniew Jacorzyński, była operacja przeciwpowodziowa w 1947 roku w Szczecinie. Aby ratować mosty prowadzące do miasta i te znajdujące się w samym mieście, saperzy musieli wysadzić wały przeciwpowodziowe, co doprowadziło do wylania się wezbranej fali powodziowej na stronę niemiecką. W tym samym roku doszło do pożaru lasu pod Dębem Szczecińskim – ogień objął obszar około 400 ha. Akcję utrudniały pozostałości po dopiero co zakończonej drugiej wojnie światowej (sprzęt wojskowy,

amunicja, miny itp.). Las był bardzo zaniedbany, pasy pożarowe były pozarastane. Podczas tej akcji zginęło czterech cywilów biorących w niej udział. Nasz bohater jako dowodzący akcją gaśniczą po raz pierwszy zastosował tzw. przeciwogień, znany mu dotychczas tylko z teorii.

Kolejnym wielkim wydarzeniem był pożar fabryki terpentyny w Tuszy koło Szczecina, który trwał przeszło trzy tygodnie. Tylko dzięki temu, że sprowadzono z Warszawy spychacze, które usuwały zwały ścinek nasyconych terpentyną, udało się go ugasić. Pan Zbigniew brał również udział w gaszeniu pożaru w Czechowicach-Dziedzicach. Za tę akcję został odznaczony Kawalerskim Krzyżem Orderu Odrodzenia Polski. Z innych odznaczeń za swą działalność zawodową i społeczną otrzymał: Złoty Krzyż Zasługi, Srebrny Krzyż Zasługi, Złoty Znak Związku OSP, Medal Zasługi dla Pożarnictwa (którym został odznaczony dwa razy), Medal za Obronność oraz Krzyż Armii Krajowej nadany w Londynie.

Zbigniew Jacorzyński zasłużoną emeryturę spędził w Bielsku-Białej. Często odwiedzał tamtejszą Komendę Wojewódzką Państwowej Straży Pożarnej, gdzie wspierał radą młodszych kolegów. Bywał też częstym gościem w „swojej umiłowanej szkole”.

Pułkownik poż. w st. spocz. Zbigniew Jacorzyński zmarł 24 sierpnia 1996 roku w wieku 75 lat [3].

## Literatura

- [1] Bielicki P., *Krakowska Szkoła Pożarnicza w latach 1960–1995, Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie*, Kraków 1995.
- [2] Strona internetowa Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, <http://www.psp.krakow.pl/historia6.php/> [dostęp: 15.01.2018].
- [3] *Był urodzonym nauczycielem i wychowawcą* [brak inf. o aut.], „Przeгляд Pożarniczy” 1996, 11.
- [4] Strona internetowa Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, [https://sapspl/index.php/pl\\_pl/inne-informacje/historia-sa-ppsp/trudne-lata-2](https://sapspl/index.php/pl_pl/inne-informacje/historia-sa-ppsp/trudne-lata-2) [dostęp: 15.01.2018].
- [5] Strona internetowa Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Bielsku-Białej, <http://www.straz.bielsko.pl/historia/historia-bielskiej-strazy> [dostęp: 15.01.2018].
- [6] Strona internetowa Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Wałbrzychu, [http://www.straz.walbrzych.pl/kartka\\_z\\_kalendarza\\_lipiec.html](http://www.straz.walbrzych.pl/kartka_z_kalendarza_lipiec.html) [dostęp: 15.01.2018].
- [7] Strona internetowa Zarządu Głównego Związku Emerytów i Rencistów Pożarnictwa, <http://www.archiwum.zgzeirp.pl/kalendarium?start=10> [dostęp: 15.01.2018].
- [8] Kociołek, K., *50 lat Krakowskiej Szkoły Pożarniczej 1960–2010*, Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie, Kraków 2010.
- [9] Kociołek, K., *55 lat Krakowskiej Szkoły Pożarniczej 1960–2015*, Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie, Kraków 2015.

**KPT. MGR KRZYSZTOF SOBKOWICZ** – ukończył Wydział Historyczno-Pedagogiczny Uniwersytetu Opolskiego. Od 1998 roku jest funkcjonariuszem Państwowej Straży Pożarnej. Obecnie pracuje jako dyżurny operacyjny stanowiska kierownika opolskiego komendanta wojewódzkiego. Jest autorem publikacji dotyczących św. Floriana. Interesuje się historią Opolszczyzny.

# Recenzenci / Reviewers 2017

- Bartkowiak Danuta, dr** – Wyższa Szkoła Bezpieczeństwa
- Biedugnis Stanisław, prof. zw. dr hab. inż.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Politechnika Warszawska
- Bieńkowski Paweł, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Politechnika Wrocławska
- Boduszek Daniel, dr hab. prof.** – University of Huddersfield
- Borecka-Biernat Danuta, dr hab. prof. nadzw.** – Uniwersytet Wrocławski
- Budzyński Mieczysław, prof. zw. dr hab.** – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
- Cebula Grzegorz Marek, dr n. med.** – Uniwersytet Jagielloński
- Chwała Wiesław, dr hab.** – Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie
- Czarnocki Krzysztof, dr inż.** – Politechnika Lubelska
- Dworecki Stanisław, prof. zw. dr hab. inż.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Dydała Roman, prof. zw. dr hab.** – Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica
- Dymek Stanisław, prof. zw. dr hab. inż.** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
- Dziubiński Marek, prof. zw. dr hab. inż.** – Politechnika Łódzka
- Fehler Włodzimierz, dr hab. prof. UPH** – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
- Feltynowski Mariusz, bryg. dr inż.** – CNBOP-PIB
- Garstka Tomasz, dr inż.** – Politechnika Częstochowska
- Glema Adam – dr hab. inż. prof. nadzw.** – Politechnika Poznańska
- Gor'kova Irina Alekseevna, prof.** – Herzen State Pedagogical University of Russia, Rosja
- Grabarek Iwona, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Politechnika Warszawska
- Grabowski Andrzej, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB
- Grajewski Sylwester, dr inż.** – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- Guzewski Piotr, dr** – Szkoła Aspirantów PSP w Poznaniu
- Gwizdała Tomasz, dr hab.** – Uniwersytet Łódzki
- Kalinenko Ludmiła, dr** – Ukraiński Instytut Naukowo-Badawczy Obrony Cywilnej, Ukraina
- Karczewski Jerzy, dr**
- Kaszuwara Waldemar, prof. dr hab. inż.** – Politechnika Warszawska
- Każmierski Tomasz, dr inż.** – Politechnika Poznańska
- Kielin Jan, st. bryg. w st. spocz. mgr inż.** – CNBOP-PIB
- Kieliszek Sylwester, st. bryg. w st. spocz. dr inż.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Klukowski Krzysztof, prof. dr hab. n. med.** – Olsztyńska Szkoła Wyższa im. Rusieckiego
- Konieczny Jerzy, prof. zw. dr hab.** – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
- Kosowski Bogdan, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Uniwersytet Jagielloński
- Kovalev A.I., dr** – Uniwersytet w Czerkasach, Ukraina
- Kowalski Marek, nadbryg. w st. spocz.**
- Krzyżyńska Renata, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Politechnika Wrocławska
- Kubiak Krzysztof, prof. zw. dr hab.** – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
- Kubiak Tomasz, dr** – Wojewódzki Koordynator Ratownictwa Medycznego
- Kubiak Tomasz, prof. dr hab. inż.** – Politechnika Łódzka
- Kubicki Grzegorz, dr inż.** – Politechnika Warszawska
- Kulbik Marian, dr hab. inż.** – Politechnika Gdańska
- Kwietniewski Marian, prof. dr hab. inż.** – Politechnika Warszawska
- Lachiewicz Stefan, prof. zw. dr hab.** – Politechnika Łódzka
- Leszczyński Piotr Konrad, dr** – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
- Longwic Rafał, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Politechnika Lubelska
- Malara Zbigniew, prof. zw. dr hab. inż.** – Politechnika Wrocławska
- Mizerski Andrzej, st. bryg. dr hab. inż. prof. nadzw.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Młynarczyk Mariusz, ppłk dr** – Akademia Sztuki Wojennej
- Nogalski Bogdan, prof. zw. dr hab.** – Uniwersytet Gdański
- Obolewicz Jerzy, dr inż.** – Politechnika Białostocka
- Pecio Mariusz, mł. bryg. dr inż.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Pich Robert, mjr dr inż.** – Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. Generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu
- Piechowiak-Lamparska Joanna Maria, dr** – Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
- Płaczek Adam, dr** – Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie
- Pozierak Andrzej, st. bryg. w st. spocz. mgr inż.**
- Półka Marzena st. bryg. dr hab. prof. nadzw.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Rak Janusz, prof. zw. dr hab. inż.** – Politechnika Rzeszowska
- Roguski Jacek, dr inż.** – CNBOP-PIB
- Runkiewicz Leonard, prof. dr hab. inż.** – Instytut Techniki Budowlanej
- Rutkiewicz Artur, dr inż.** – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- Rzeszut Katarzyna, dr hab. inż.** – Politechnika Poznańska
- Salomonowicz Zdzisław, mł. bryg. dr inż.** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- Schroeder Maciej, nadbryg. w st. spocz.**
- Sekizawa Ai, dr prof.** – Tokyo University of Science, Japonia
- Selianinau Mikhail, dr hab. prof. nadzw.** – Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
- Skomra Witold, dr inż.** – Rządowe Centrum Bezpieczeństwa
- Skowroński Wojciech, prof. zw. dr hab. inż.** – Politechnika Wrocławska
- Słota Krzysztof, dr inż.** – Politechnika Śląska
- Smyk Stanisław, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Akademia Sztuki Wojennej
- Sobczyk Bartosz, dr inż.** – Politechnika Gdańska
- Sokołowski Grzegorz, ks., dr hab. prof. nadzw.** – Papieski Wydział Teologiczny we Wrocławiu
- Sowizdraniuk Piotr, st. kpt. dr inż.** – SA PSP w Krakowie
- Stec Małgorzata, dr** – Uniwersytet Rzeszowski
- Stelcer Bogusław, dr** – Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
- Suligowski Ziemowit, prof. dr hab. inż.** – Politechnika Gdańska
- Sygit Bogusław, prof. zw. dr hab.** – Uniwersytet Łódzki
- Szczerba Jacek, dr hab. inż. prof. nadzw.** – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
- Szopa Tadeusz, prof. dr hab. inż.** – Politechnika Warszawska
- Ścibiorek Zbigniew, prof. dr hab. inż.** – Akademia Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki
- Ścieranka Grzegorz, dr inż.** – Politechnika Śląska w Gliwicach
- Talarek Marcin, mgr inż.** – Instytut Techniki Górniczej
- Terelak Jan F., prof. dr hab.** – Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
- Traciłowski Tomasz, bryg. mgr inż.** – SA PSP w Krakowie
- Turkowski Romuald, prof. dr hab.** – Uniwersytet Warszawski
- Urban Józef, ks. dr hab. nauk teologicznych** – Uniwersytet Opolski
- Wagner Peter, dr** – Międzynarodowy Komitet Techniczny Prewencji i Zwalczania Pożarów
- Węgrzyński Wojciech, dr inż.** – Instytut Techniki Budowlanej
- Wiszniowski Robert, prof. dr hab.** – Uniwersytet Wrocławski
- Witkowski Artur, dr** – The University of Central Lancashire, Wielka Brytania
- Wojewódzka-Żeleznikowicz Marzena, dr hab. med.** – Uniwersytet Medyczny w Białymstoku
- Wolff Andrzej, dr hab. inż.** – Politechnika Warszawska
- Zawadzki Dariusz, dr n. med.** – Wojewódzki Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli w Zgierzu
- Zboina Jacek, bryg. dr inż.** – CNBOP-PIB
- Zeńczak Michał, dr hab. inż., prof. nadzw.** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie





# 45 LAT CNBOP-PIB

## UTWORZENIE OBROP

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwopozarowej (OBROP) w Józefowie-Dębinie na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r.



1972

1974



## OŚRODEK NORMALIZACYJNY MSW

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych.

## OBROP -> CNBOP

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwopozarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZIR KG SP Nr 1-2, poz.3).

1984

1992



## JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA PSP

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

1996

## AKREDYTOWANE LABORATORIA

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez: Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, numer certyfikatu L 60/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, certyfikat akredytacji Nr AB 060 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej, numer certyfikatu L 59/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr AB 059 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).



1997



## PATRON CNBOP - JÓZEF TULISZKOWSKI

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszkowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz. Urz. MSWiA Nr 2. poz. 22).

1998

## UTWORZENIE JEDNOSTKI CERTYFIKUJĄCEJ

Utworzenie w CNBOP Jednostki Certyfikującej w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

## KOLEJNA AKREDYTACJA

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez Zakład-Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej.



### AKREDYTACJA JEDNOSTKI CERTYFIKUJĄCEJ

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji (obecnie Polskie Centrum Akredytacji) przez Jednostkę Certyfikującą.



# 1999

# 2000

# 2003

# 2004

# 2010

# 2014

# 2016



### AKREDYTACJA DLA TRZECH LABORATORIÓW

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze: Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwożarowych, Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego, Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia.

### JEDNOSTKA BADAWCZO-ROZWOJOWA

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w jednostkę badawczo-rozwojową, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego Rejestru Sądowego.

### AUTORYZACJA MINISTRA GOSPODARKI

Uzyskanie przez CNBOP autoryzacji Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

### STATUS PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU BADAWCZEGO

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwożarowej im. Józefa Tuliszowskiego w Józefowie statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych.



### NOTYFIKACJA KOMISJI EUROPEJSKIEJ

Uzyskanie przez CNBOP notyfikacji Komisji Europejskiej (numer identyfikacji 1438) w zakresie dyrektyw: 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej, 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

### AUTORYZACJA MINISTRA INFRASTRUKTURY

Uzyskanie przez CNBOP autoryzacji Ministra Infrastruktury w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

### ISO 9001:2009

Uzyskanie przez CNBOP-PIB certyfikatu potwierdzającego, że system zarządzania jakością Instytutu jest zgodny z normą ISO 9001:2009.

### EUROPEJSKA JEDNOSTKA OCENY TECHNICZNEJ

Uzyskanie przez CNBOP-PIB statusu Europejskiej Jednostki Oceny Technicznej. Kompetencje Instytutu w tym zakresie potwierdził Minister Infrastruktury i Budownictwa decyzją nr 1/JOT/WB/16 z 22 czerwca 2016.



### ZJEDNOCZONE EMIRATY ARABSKIE

Komenda Główna Obrony Cywilnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Zjednoczonych Emiratów Arabskich (ang. General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE) uznała działalność Jednostki Certyfikującej i Laboratorium badawczego BA CNBOP-PIB w zakresie urządzeń sygnalizacji alarmu pożaru i automatyki pożarniczej. W związku z tym faktem, CNBOP-PIB może wydawać certyfikaty zgodności, które są uznawane na rynku ZEA, w oparciu o posiadane przez Klientów i wydane przez CNBOP-PIB certyfikaty stałości właściwości użytkowych (CPR).



# 45 YEARS OF CNBOP-PIB

## FOUNDING OF OBROP

Founding of the Research and Development Centre for Fire Protection (OBROP) in Józefów-Dębinka on the basis of Regulation no. 81 of August 14, 1972 issued by the Ministry of Home Affairs.



## OBROP -> CNBOP

The transformation of OBROP into the Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) on the basis of Regulation no. 9/84 of the Minister of Home Affairs of January 28, 1984. (Dz. ZiR KG SP [Official Journal of the National Headquarters of the State Fire Service of Poland No. 1-2, item 3]).

## ACCREDITED LABORATORIES

Obtaining the Polish Centre for Testing and Accreditation certificates by: Laboratory for Testing Fire Properties of Materials, certificate no. L 6/1/96 (then called Department - Laboratory for Testing Fire Properties of Materials; certificate AN 060 issued by the Polish Centre of Accreditation), Laboratory of Pumps and Water-Foam fittings, certificate L 59/1/96 (then called Laboratory Department of Technical Equipment for Fire Service and Technical Fire Protection, certificate AB 059 issued by the Polish Department of Accreditation).



## ESTABLISHMENT OF CERTIFICATION DEPARTMENT

Establishing at CNBOP a Certification Department aimed at the assessment of the compliance of marketed products used for fire protection.

## ANOTHER ACCREDITATION

Department – Laboratory of Fire Signalling and Fire Automation gained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation.

1972

1974



## CENTRE OF STANDARDIZATION IN THE DEPARTMENT OF HOME AFFAIRS

Granting OBROP the status of the centre of standardization in the Department of Home Affairs on the basis of the Regulation No. 66/67 of the Minister of Home Affairs.

1984

1992



## ORGANISATIONAL UNIT OF THE STATE FIRE SERVICE

Inclusion of CNBOP into State Fire Service organisational units in accordance with the State Fire Service act of August 24, 1991.

1996

1997



## CNBOP-PIB PATRONAGE - JÓZEF TULISZKOWSKI

CNBOP was named after Józef Tuliszkowski under Regulation no. 4 of the Minister of Interior and Administration of January 23, 1997 (Official Journal of the Ministry of Interior and Administration No. 2 item 22).

1998

#### ACCREDITATION FOR CERTIFICATION DEPARTMENT

CNBOP Certification Department obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation no 63/Cw-69/99 (Polish Centre for Accreditation).



# 1999

# 2000



#### ACCREDITATION FOR THREE LABORATORIES

Another three laboratories obtained the accreditation of the Polish Centre for Testing and Administration: Department – Laboratory of Technical Fire Protection, Laboratory of Extinguishing Media and Portable Equipment and Laboratory of Vehicles and Equipment.

#### RESEARCH AND DEVELOPMENT UNIT

Transformation of CNBOP from a public-budget entity into a research and development unit in accordance with the Act of July 25, 1985 on Research and Development Entities. Registration of CNBOP in the National Court Register.

#### AUTHORISATION THE MINISTER OF ECONOMY

CNBOP obtained authorisation of the Minister of Economy, Labour and Social Policy under the Directive no. 89/686/EWG of December 21, 1989 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to personal protection products.

# 2004



#### NOTIFICATION OF THE EU COMMISSION

CNBOP obtained notification of the European Commission (notification no. 1438) within the scope of the following Directives: 89/686/EWG of December 21, 1989 on the approximation of law provisions of the Member States relating to personal protective equipment; 89/106/EWG of December 21, 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.

#### AUTHORISATION OF THE MINISTER OF INFRASTRUCTURE

CNBOP obtained authorisation of the Minister of Infrastructure under the Directive no. 89/106/EWG of December 21, 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.

#### STATUS OF NATIONAL RESEARCH INSTITUTE

Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) was granted the status of a National Research Institute (Journal of Laws, no. 181, item 1219) thus joining the elite group of a few national research institutes.

# 2010

# 2014



#### UNITED ARAB EMIRATES

The General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior of the United Arab Emirates recognized CNBOP-PIB Certification Department and BA Research Laboratory in the scope of fire alarm equipment. Consequently, CNBOP-PIB can issue certificates of conformity, which are respected in the UAE market, based on constancy of performance certificates (CPR) held by the Clients and issued by CNBOP-PIB.

#### ISO 9001:2008

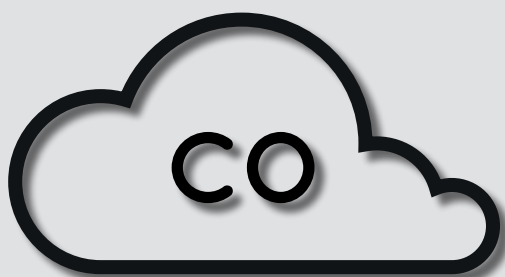
CNBOP-PIB was granted the certificate which confirms that its quality management system meets the requirements of PN-EN ISO 9001:2009.

#### EUROPEAN BODY OF TECHNICAL ASSESSMENT

CNBOP-PIB obtained a status of the Technical Assessment Body. Institute's competence in this area was confirmed by the Minister of Infrastructure and Construction pursuant to the decision no. 1/JOT/WB/16 of 22 June 2016.

# 2016

# 10 PYTAŃ O TLENEK WĘGLA



NA KTÓRE KAŻDY POWINIEN  
ZNAĆ ODPOWIEDŹ

BEATA WOJTASIAK  
KAROLINA RÓWNICKA  
CNBOP-PIB

## 01 CZYM JEST TLENEK WĘGLA?

Tlenek węgla (pot. czad) to silnie trujący, bezbarwny i bezwonny gaz, nieco lżejszy od powietrza.

## 02 SKĄD SIĘ BIERZE?

Powstaje w wyniku niepełnego spalania wielu paliw (np. drewna, oleju, gazu, benzyny, nafty, propanu, węgla, ropy) spowodowanego brakiem odpowiedniej ilości tlenu.

## 03 W JAKICH SYTUACJACH MOŻE DOJŚĆ DO ULATNIANIA SIĘ CZADU?

Czad może powstać, gdy do urządzenia, w którym następuje spalanie (np. piecyka łazienkowego), nie dopływa świeże (zewnątrzne) powietrze – np. z powodu zanieczyszczenia, zużycia lub złej regulacji palnika gazowego, przedwczesnego zamknięcia paleniska pieca, czy też zapchanego i nieszczelnego przewodu kominowego lub uszkodzonego połączenia między kominami i piecami.

## 04 DLACZEGO CZAD JEST TAK GROŹNY?

Jest niewyczuwalny dla człowieka. Przy oddychaniu wchłania się do krwiobiegu, wiąże się z hemoglobiną i blokuje dopływ tlenu do organizmu. Stwarza poważne zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka, powoduje uszkodzenia mózgu oraz innych narządów wewnętrznych. Następstwem ostrego zatrucia czadem może być nieodwracalne uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, niewydolność wieńcowa i zawał albo nawet śmierć.

## 05 CO WPŁYWA NA WZROST ZAGROŻENIA ZATRUCIEM?

Szczelnie pozamykane okna (czasami dodatkowo uszczelnione), pozaklejane kratki wentylacyjne, brak otworów wentylacyjnych w drzwiach łazienkowych, brak regularnych kontroli drożności przewodów wentylacyjnych i kominowych.

06

## KTO JEST NAJBARDZIEJ NARAŻONY NA DZIAŁANIE CZADU?

Na działanie tlenku węgla narażony jest każdy, kto przebywa w skażonym nim środowisku. Istnieją jednak grupy osób, dla których czad jest szczególnie groźny.

noworodki  
i niemowlęta

dzieci

kobiety  
ciążarne

osoby  
w podeszłym  
wieku

osoby z wadami  
serca i chorobami  
oskrzelowo-  
-płucnymi

osoby z wadami  
serca oraz  
niewydolnością  
układu  
oddechowego

osoby wykonujące  
prace związane  
z dużym wysiłkiem  
fizycznym, które  
znacznie szybciej  
pochłaniają dawki  
trujące, a nawet  
śmiertelne



07

## JAKIE SĄ PIERWSZE OBJAWY ZATRUCIA?

ból głowy

zaburzenia  
koncentracji

zawroty  
głowy

utrata  
przytomności

śpiączka

zaburzenia  
tętna

osłabienie

wymioty

konwulsje,  
drgawki





# 08

## JAK ZAPOBIEGAĆ ZATRUCIU?



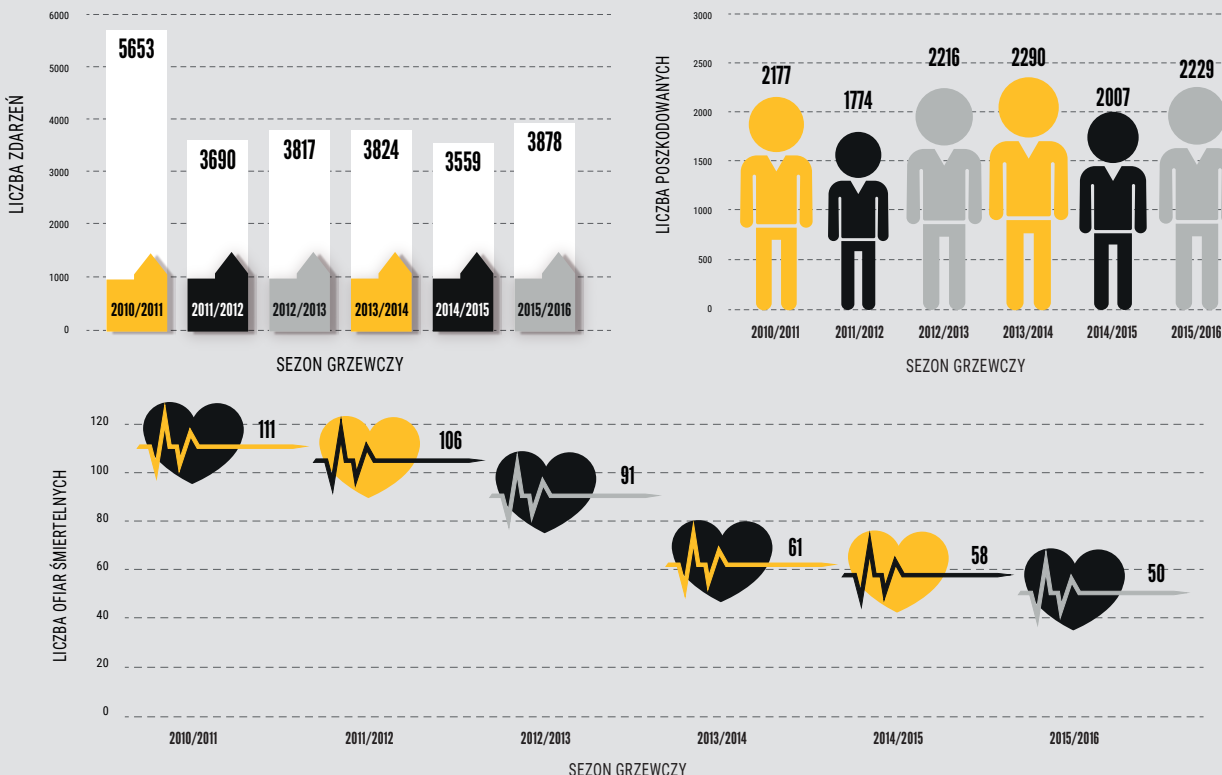
# 09 JAK POMÓC OSOBIE ZATRUTEJ TLENKIEM WĘGLA?

Postępowanie krok po kroku



# 10 JAKA JEST SKALA TEGO ZJAWISKA?

Według danych KG PSP w sezonie grzewczym 2015/2016 miało miejsce ponad 3800 zdarzeń związanych z tlenkiem węgla, w wyniku których 2229 osób zostało poszkodowanych, a 50 zmarło.



Grafiki: Aranjujemedina / Freepik.com, Zarubin-Leonid / Freepik.com, Katemangostar / Freepik.com, Freepik.com

# W

*Relacje z konferencji,  
sympoziów, szkoleń, targów  
oraz innych wydarzeń  
dotyczących bezpieczeństwa  
i ochrony przeciwpożarowej.  
Zapraszamy do lektury!*



## KONFERENCJA TECHNICZNA

### „Awaryjne przemyśle – zapobieganie i zwalczanie”

Ochrona środowiska, to ważna dziedzina naszego życia, bez której w dzisiejszych czasach już nie wyobrażamy sobie bezpiecznego funkcjonowania całego globu. To również zapewnienie bardzo skomplikowanych systemów zabezpieczeń przed pożarami, wybuchami oraz przedostaniem się do środowiska substancji niebezpiecznych.

O tym wszystkim można od wielu lat rozmawiać i prezentować nowe technologie podczas Międzynarodowych Targów Ochrony Środowiska POL-ECO-SYSTEM, które co roku odbywają się w Poznaniu. Nie może na nich zabraknąć środowiska pożarniczego.

To dlatego już po raz kolejny Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu wraz z Oddziałem Wielkopolskiego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa przygotowali konferencję o tematyce przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym. Tym razem pod hasłem „Awaryjne przemyśle – zapobieganie i zwalczanie” przedstawiono ciekawe referaty o technicznych i organizacyjnych aspektach tych zagadnień.

W konferencji wzięło udział około 150 osób – przedstawiciele gmin i powiatów, na terenie których znajdują się zakłady dużego i zwiększonego ryzyka, zarządów i specjalistów z tych zakładów, zakładowych służb ratowniczych, rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, ekspertów i służb PSP.

Partnerem strategicznym konferencji był **Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM Spółka Akcyjna**, którego przedstawi-



ciela na czele z Panem **Wojciechem Łojewskim** – Zastępcą Dyrektora Oddziału GAZ-SYSTEM w Poznaniu, brali czynny udział w konferencji. Obowiązki prowadzącego zakład w kontekście wdrożenia Dyrektywy Seveso III, doświadczenia z przeprowadzonych kontroli w zakładach oraz nieprawidłowości związane z klasyfikacją zakładów do Zwiększonego i Dużego Ryzyka omówili przedstawiciele Wydziału Kontrolno-Rozpoznawczego KW PSP w Poznaniu z prowadzącym konferencję – **st. kpt. Markiem Piekutowskim** – Naczelnikiem tego Wydziału. Były to praktyczne informacje, analizy i wnioski wynikające z pracy wydziału, w tym na przykładzie zakładu, który nie dopełniając podstawowych wymagań otrzymał decyzję o zakazie działalności.

Nie mniej ciekawe były dwa kolejne referaty. Pierwszy dotyczący zabezpieczenia przeciwpożarowego terminalu skroplonego gazu ziemnego LNG w Świnoujściu wygłosił **Marek Podgórski** – członek SITP, były Dyrektor Biura Rozpoznawania Zagrożeń KG PSP. Zabezpieczenie przeciwpożarowe tej wielkiej inwestycji było nie lada wyzwaniem dla projektantów, rzeczoznawców oraz inżynierów realizujących projekt.

Ostatni referat był analizą zdarzenia awaryjnego – uszkodzenia rurociągu i pożaru gazu ziemnego, na podstawie zaistniałego kilka lat temu zdarzenia w Jankowie Przygodzkim. Wygłosił go Pan **mł. bryg. Piotr Lesiak** z CNBOP im. Józefa Tuliszowskiego w Józefowie. Wnioski z tego zdarzenia niech będą przestrożą na przyszłość. **CNBOP – Państwowy Instytut Badawczy** – objęło patronat nad konferencją, a kwartalnik naukowy CNBOP „**BITP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza / Safety & Fire Technique**” był patronem medialnym tego wydarzenia.

Po konferencji odbył się pokaz ratownictwa chemicznego przygotowany przez Komendę Miejską PSP w Poznaniu.

Więcej informacji wraz z udostępnionym referatem autorstwa mł. bryg. Piotra Lesiaka na stronie [www.sitp.poznan.pl](http://www.sitp.poznan.pl).

Tekst: Lech Janiak  
Zdjęcia: Sławomir Brandt



**Najważniejsze informacje w jednym miejscu\***

## **Kieszonkowy poradnik kierującego działaniem ratowniczym**

Informacje i listy  
kontrolne dla dowódców

**Markus Gunter**

**Rolf Hermsen**

**Martin Neuhaus**

Tłumaczenie i redakcja: Jan Kielin



**po raz pierwszy w Polsce!**



zawiera **podstawowe informacje i wskazówki** dotyczące akcji ratowniczo-gaśniczych



**poradnik składa się z 4 działów tematycznych** oznaczonych innymi kolorami: Zagadnienia ogólne (biały), **Pożary (czerwony)**, **Ratownictwo techniczne (niebieski)** i **CBRN (zielony)**



poradnik wydrukowany **na papierze wodoodpornym**

**ZAMÓW SWÓJ EGZEMPLARZ NA [WWW.CNBOP.PL](http://WWW.CNBOP.PL)**

\* Publikacja stanowi przekład z języka niemieckiego. Uwzględniono w niej regulacje obowiązujące w Polsce, które funkcjonują w poszczególnych obszarach.





Bitp.cnbop.pl

