

# SFT

SAFETY &amp; FIRE TECHNOLOGY

## Unification of the Construction of Tank Vehicles as an Important Element in Improving the Safety of Transport and Rescue Operations

p. 120

## Unifikacja budowy cystern jako istotny element poprawy bezpieczeństwa transportu i prowadzenia działań ratowniczych

s. 120

Factors Contributing to Increased Building Fire Incidents in Sri Lanka

**p. 54**

Czynniki przyczyniające się do zwiększonej liczby pożarów budynków na Sri Lance

**s. 64**

Analysis of the Issue of Special Clothing in the Operation of Fire Protection Units

**p. 64**

Analiza problematyki ubrań specjalnych w zakresie ich eksploatacji przez jednostki ochrony przeciwpożarowej

**s. 64**

Formal and Legal Requirements for Rescue Entities for the Identification of Chemical Hazards in Poland

**p. 102**

Wymagania formalnoprawne wobec podmiotów ratowniczych dotyczące rozpoznawania zagrożeń chemicznych w Polsce

**s. 102**



**EDITORIAL COMMITTEE / KOMITET REDAKCYJNY**

st. bryg. dr inż. Paweł Janik – Editor-in-Chief / Redaktor Naczelny

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina  
dr hab. Maria Zielecka  
prof. dr hab. Anna Rabajczyk  
nadbryg. dr inż. Mariusz Feltynowski, prof. SGSP  
prof. Bogdan Z. Długogórski  
prof. dr inż. Aleš Dudaček  
prof. Arief E. Dahoe  
dr Monika Wyszomirska  
dr Agnieszka Siłuszzyk

Language editing / Redakcja językowa:

mgr Aleksandra Grzęda  
mgr Anna Golińska  
mgr Elżbieta Muszyńska-Poleć

Cover design / Projekt okładki: Małgorzata Żurniewicz-Turno

ISSN 2657-8808

e-ISSN 2658-0810

DOI: 10.12845/sft

© by Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej  
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Józefów 2023.  
Pewne prawa zastrzeżone. Artykuły udostępnione na licencji CC BY-SA 4.0 /  
Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research  
Institute, 2022. Some rights reserved. The articles are published under  
Creative Commons License the CC BY-SA 4.0

Editorial Office / Redakcja:

ul. Nadwiślańska 213,  
05-420 Józefów k. Otwocka

tel. 22 769 33 20

e-mail: [sft@cnbop.pl](mailto:sft@cnbop.pl)

[www.sft.cnbop.pl](http://www.sft.cnbop.pl)

Publisher / Wydawca:



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

Circulation / Nakład: 50 egz.

Typesetting / Skład: Małgorzata Żurniewicz-Turno

Print and binding / Druk i oprawa: [www.drukujzsensem.pl](http://www.drukujzsensem.pl)

**EDITORIAL ADVISORY BOARD / RADA NAUKOWA**

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

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  
State Fire Service College of North-Rhine Westphalia,  
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

dr hab. Iwona Szwach,  
prof. ICSO The Łukasiewicz Research Network  
– Institute of Heavy Organic Synthesis "Blachownia",  
Poland

dr Jason Yunlong Liu, FIEAust  
(<https://www.jasonyunlong.com/>), USA

prof. dr Qiang Xu,  
Nanjing University of Science and Technology,  
School of Mechanical Engineering, China

prof. Milosh Puchovsky  
Worcester Polytechnic Institute, USA

**INDEXING IN DATABASES / INDEKSACJA W BAZACH**

EBSCO  
BazTech  
Index Copernicus (ICV 2021: 100)  
DOAJ  
J-GATE  
VINITI  
Ulrich's Periodicals Directory  
ProQuest  
Google Books / Google Play  
ERIH PLUS

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

Electronical Journals Library, University of Regensburg  
Verнадsky National Library of Ukraine  
Federacja Bibliotek Cyfrowych  
CEON Biblioteka Nauki  
e-publikacje Nauki Polskiej  
[ibuk.pl](http://ibuk.pl)

# CONTENT

- 6** Rescue and Firefighting Operations During Incidents Involving Alternatively Powered Vehicles. Gas Propulsion  
Jan Kielin, Jacek Zboina, Grzegorz Bugaj, Jacek Zalech, Damian Bąk
- 32** Evaluation of the Parameters of the Dispersed Stream Generated by Various Types of Water Nozzles  
Wiktor Wąsik
- 54** Factors Contributing to Increased Building Fire Incidents in Sri Lanka  
Nalaka Prasanna Jayarathna Liyanapeli, Amiya Bhaumik, Udayanga Idunil Galappaththi, Deepthi Wickramasinghe
- 64** Analysis of the Issue of Special Clothing in the Operation of Fire Protection Units  
Anna Rabajczyk, Robert Wolański
- 86** Selected Aspects of Transformation of Textile Elements of Firemen's Personal Protection  
Robert Wolański, Anna Rabajczyk
- 102** Formal and Legal Requirements for Rescue Entities for the Identification of Chemical Hazards in Poland  
Bogdan Kołcz
- 120** Unification of the Construction of Tank Vehicles as an Important Element in Improving the Safety of Transport and Rescue Operations  
Bogdan Kosowski, Robert Piec, Arkadiusz Kielin
- 132** Analysis of Selected Issues of the CPR Proposal, Taking into Account the Specifics of Fire Alarm Systems  
Grzegorz Mroczo, Robert Śliwiński
- 152** Logistic Protection of Volunteer Firefighting Units of the National Rescue and Firefighting System during Long-Term Rescue Operations on the Example of Floods  
Karolina Chmiel, Michał Chmiel, Stanisław Smyk
- 166** Motor Boats in the Technology of HDPE with RIB Type Construction  
Oksana Telak, Jerzy Telak, Tomasz Niemczewski

# SPIS TREŚCI

- 6** Działania ratowniczo-gaśnicze podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem alternatywnym.  
Napędy gazowe  
Jan Kielin, Jacek Zboina, Grzegorz Bugaj, Jacek Zalech, Damian Bąk
- 32** Ocena parametrów strumieni rozpylonych wytwarzanych przez dysze wodne różnego typu  
Wiktor Wąsik
- 54** Czynniki przyczyniające się do zwiększonej liczby pożarów budynków na Sri Lance  
Nalaka Prasanna Jayarathna Liyanapeli, Amiya Bhaumik, Udayanga Idunil Galappaththi,  
Deepthi Wickramasinghe
- 64** Analiza problematyki ubrań specjalnych w zakresie ich eksploatacji przez jednostki ochrony przeciwpożarowej  
Anna Rabajczyk, Robert Wolański
- 86** Wybrane aspekty transformacji tekstylnych elementów ochron osobistych strażaków  
Robert Wolański, Anna Rabajczyk
- 102** Wymagania formalnoprawne wobec podmiotów ratowniczych dotyczące rozpoznawania zagrożeń chemicznych w Polsce  
Bogdan Kołcz
- 120** Unifikacja budowy cystern jako istotny element poprawy bezpieczeństwa transportu i prowadzenia działań ratowniczych  
Bogdan Kosowski, Robert Piec, Arkadiusz Kielin
- 132** Analiza wybranych zagadnień projektu CPR z uwzględnieniem specyfiki systemów sygnalizacji pożarowej  
Grzegorz Mroczko, Robert Śliwiński
- 152** Zabezpieczenie logistyczne jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego podczas długotrwałych akcji ratowniczych na przykładzie powodzi  
Karolina Chmiel, Michał Chmiel, Stanisław Smyk
- 166** Łodzie motorowe w technologii HDPE z konstrukcją typu RIB  
Oksana Telak, Jerzy Telak, Tomasz Niemczewski

Jan Kielin<sup>a)\*</sup>, Jacek Zboina<sup>a)</sup>, Grzegorz Bugaj<sup>b)</sup>, Jacek Zalech<sup>c)</sup>, Damian Bąk<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>b)</sup> *Central Institute for Labour Protection – National Research Institute (CIOP-PIB) / Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>c)</sup> *National Headquarters of the State Fire Service of Poland / Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: jkielin@cnbop.pl*

## Rescue and Firefighting Operations During Incidents Involving Alternatively Powered Vehicles. Gas Propulsion

### Działania ratowniczo-gaśnicze podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem alternatywnym. Napędy gazowe

#### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this article is to present the most important information and conclusions about gas-powered motor vehicles and the associated risks during fires and local emergencies. An additional area of consideration for the article's authors is the challenges that emergency services may encounter during rescue and firefighting operations involving such vehicles.

**Introduction:** Technological advances in propulsion systems used in vehicles and machinery pose a variety of challenges for fire protection. It results in the evolution of known threats and the emergence of new ones. Among other things, these developments have a significant impact on the technologies of rescue operations during fires and traffic accidents involving vehicles with different propulsion systems (increasingly using gaseous fuels). Equally important is ensuring fire safety when operating such vehicles.

**Methodology:** On the basis of a review and analysis of the literature on the subject, as well as available research results, conclusions have been formulated regarding the fire safety of gas-powered vehicles. Aspects relevant to conducting rescue and firefighting operations involving such vehicles were taken into account.

**Conclusions:** Necessary measures to improve fire protection, including the conduct of effective rescue and firefighting operations during incidents involving alternatively powered vehicles include:

1. Keeping as accurate a record as possible of fires and local emergencies involving the vehicles in question.
2. Urgently developed and updated educational materials that allow training, both for the rescuers and commanders of KSRG units, in blended learning mode, and systematically conducted such training.  
An example of this is the educational platform prepared by CNBOP-PIB in 2009 for OSP rescuers (rescue operations) and rural residents (handling emergency situations). The platform is still in place today, and although it needs updating, it has been used successfully for many years for training and professional development of a wide range of the rescuers.
3. A rescue database of vehicles involved in incidents urgently prepared and made available to the rescuers of firefighting units that are part of the KSRG. Such a base should be established immediately or be available on terms convenient to the rescue units (such as CRS or ERG).

**Keywords:** alternative propulsion, CNG, LNG, methane, LPG, ethane, propane, methanol, fuel cells, emergency cards, fire safety

**Type of article:** review article

---

**Received:** 28.04.2023; **Reviewed:** 11.05.2023; **Accepted:** 11.05.2023;

Authors' ORCID IDs: J. Kielin – 0000-0002-3506-5424; J. Zboina – 0000-0002-9436-5830; G. Bugaj – 0000-0003-1650-023X; J. Zalech – 0000-0001-7948-2812; D. Bąk – 0000-0002-2549-3855;

Percentage contribution: J. Kielin – 30%; J. Zboina – 20%; G. Bugaj – 20%; J. Zalech – 15%; D. Bąk – 15%;

**Please cite as:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 6–31, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.1>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie najważniejszych informacji i wniosków dotyczących pojazdów mechanicznych z napędami gazowymi oraz związanego z nimi ryzyka podczas pożarów i miejscowych zagrożeń. Dodatkowym obszarem rozważań autorów artykułu są wyzwania, na jakie mogą napotkać służby ratownicze podczas działań ratowniczo-gaśniczych z udziałem takich pojazdów.

**Wprowadzenie:** Postęp technologiczny w zakresie napędów stosowanych w pojazdach i maszynach stawia przed ochroną przeciwpożarową różnorodne wyzwania. Skutkuje ewolucją znanych zagrożeń i powstawaniem nowych. Rozwój ten ma między innymi istotny wpływ na technologie działań ratowniczych podczas pożarów i wypadków komunikacyjnych, w których uczestniczą pojazdy o różnych napędach (coraz częściej na paliwa gazowe). Równie ważną kwestią jest zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego podczas eksploatacji takich pojazdów.

**Metodologia:** Na podstawie przeglądu i analizy literatury przedmiotu, a także dostępnych wyników badań sformułowano wnioski w zakresie bezpieczeństwa pożarowego pojazdów o napędach gazowych. Uwzględniono przy tym aspekty istotne z punktu widzenia prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych z udziałem takich pojazdów.

**Wnioski:** Do niezbędnych działań na rzecz doskonalenia ochrony przeciwpożarowej, w tym prowadzenia skutecznych działań ratowniczo-gaśniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem alternatywnym należy:

1. Prowadzenie możliwie dokładnej ewidencji pożarów i miejscowych zagrożeń, w których uczestniczą omawiane pojazdy.
2. Pilne opracowanie i aktualizowanie materiałów edukacyjnych pozwalających na prowadzenie szkoleń, zarówno dla ratowników, jak i dowódców jednostek KSRG, w trybie *blended learning* oraz systematyczne prowadzenie takich szkoleń. Przykładem może tu być przygotowana przez CNBOP-PIB w 2009 roku platforma edukacyjna dla ratowników OSP (działania ratownicze) oraz mieszkańców terenów wiejskich (postępowanie w sytuacjach kryzysowych). Platforma ta funkcjonuje do dziś i choć wymaga aktualizacji, przez wiele lat była z powodzeniem wykorzystywana do szkolenia i doskonalenia zawodowego szerokiej grupy ratowników.
3. Niezwłoczne przygotowanie i udostępnienie ratownikom jednostek straży pożarnych wchodzących w skład KSRG bazy danych ratowniczych dotyczących pojazdów biorących udział w zdarzeniach. Baza taka powinna jak najszybciej powstać lub być dostępna na warunkach dogodnych dla jednostek ratowniczych (jak CRS czy ERG).

**Słowa kluczowe:** napędy alternatywne, CNG, LNG, metan, LPG, etan, propan, metanol, ogniwa paliwowe, karty ratownicze, bezpieczeństwo pożarowe

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 28.04.2023; **Zrecenzowany:** 11.05.2023; **Zaakceptowany:** 11.05.2023;

Identyfikator ORCID autorów: J. Kielin – 0000-0002-3506-5424; J. Zboina – 0000-0002-9436-5830; G. Bugaj – 0000-0003-1650-023X; J. Zalech – 0000-0001-7948-2812; D. Bąk – 0000-0002-2549-3855;

Procentowy wkład merytoryczny: J. Kielin – 30%; J. Zboina – 20%; G. Bugaj – 20%; J. Zalech – 15%; D. Bąk – 15%;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 6–31, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.1>;

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

## Introduction

Vehicles powered by natural gas (CNG, LNG) or liquefied petroleum gas/autogas (LPG) have been in use for a long time. According to the *Obserwator Logistyczny* [1] portal, two and a half million vehicles in Poland are equipped with LNG installation. It is widely believed that the potential dangers of using such cars have already been well understood. However, the authors are not convinced about this thesis. After all, it should be borne in mind that a severe accident of a truck or bus powered by liquefied or compressed natural gas can happen not only in a large city, but also in a small town far from a major metropolitan area. It can be assumed that in such a case the first rescue operations will be undertaken by the nearest OSP unit, and the effectiveness of the entire action, as well as the safety of KSRG rescuers, will be determined by the knowledge, skills and experience of the leader of rescue operations of this very unit.

This article, which expands on the work entitled *Rescue and Firefighting Operations During Incidents Involving Alternatively Powered Vehicles. Electric Vehicles* [2], aims, among other things, to provide the rescuers with practical knowledge to help them carry out rescue operations during incidents (such as accidents and fires) involving vehicles with alternative propulsion systems – particularly gas propulsion systems. The abbreviations and definitions used in this article have already been presented in the work mentioned above [2]. At the end of the article is their supplement.

## Wprowadzenie

Pojazdy napędzane gazem ziemnym (CNG, LNG) lub gazem płynnym/autogazem (LPG) są użytkowane już od dawna. Według danych portalu *Obserwator Logistyczny* [1] dwa i pół miliona pojazdów w Polsce wyposażonych jest w instalację LNG. W powszechnej opinii potencjalne zagrożenia związane z użytkowaniem takich samochodów zostały już dobrze poznane. Autorzy nie są jednak co do tej tezy przekonani. Należy mieć bowiem na uwadze, że ciężki wypadek samochodu ciężarowego lub autobusu napędzanego skroplonym lub sprężonym gazem ziemnym może zdarzyć się nie tylko w dużym mieście, ale także w niewielkiej miejscowości, oddalonej od większej aglomeracji. Można założyć, że w takim przypadku pierwsze działania ratownicze podejmie najbliższa jednostka OSP, a o skuteczności całej akcji, a także o bezpieczeństwie ratowników KSRG, zadecydują wiedza, umiejętności i doświadczenie kierującego działaniami ratowniczymi właśnie tej jednostki.

Niniejszy artykuł, będący rozwinięciem pracy pt. *Działania ratowniczo-gaśnicze podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem alternatywnym. Pojazdy elektryczne* [2], ma na celu m.in. dostarczenie ratownikom praktycznej wiedzy pomocnej w prowadzeniu działań ratowniczych podczas zdarzeń (takich jak wypadki i pożary) z udziałem pojazdów, w których zastosowane są napędy alternatywne – w szczególności napędy gazowe. Skróty oraz definicje używane w tym artykule zostały już przedstawione we wspomnianej wyżej pracy [2]. Na końcu artykułu znajduje się ich uzupełnienie.

Due to the volume of the subject under review, the authors intentionally omitted the topic of hydrogen propulsion. This topic will be the subject of a separate publication, reported in the journal "Safety & Fire Technology."

Ze względu na objętość analizowanej tematyki autorzy celowo pominieli wątek napędów na wodór. Temat ten będzie przedmiotem odrębnej publikacji, zgłoszonej do czasopisma „Safety & Fire Technology”.

### Types of used gas alternative propulsion systems, basic dangers of their use, physicochemical properties, rules of conduct during rescue and firefighting operations

### Rodzaje stosowanych gazowych napędów alternatywnych, podstawowe zagrożenia wynikające z ich stosowania, właściwości fizykochemiczne, zasady postępowania podczas działań ratowniczo-gaśniczych

#### Drives powered by natural gas (CNG/LNG)

Natural gas is a mixture of methane and ethane with a blend ratio of 85:15. Its synonyms are CNG (compressed natural gas) or LNG (liquefied natural gas). Natural gas drives are most often designed as bivalent drives. This means that vehicles with such propulsion usually have an engine that runs on two different fuels: gasoline and natural gas (a mixture of methane and ethane). Bus engines, on the other hand, are often powered solely by natural gas (monovalent drives), with the majority of natural gas-powered vehicles being trucks. Passenger cars can also be equipped with monovalent natural gas technology.

Trucks powered by cryogenic liquid methane (LNG) have gained major importance in the heavy road transport sector in the recent years. About 12,000 LNG-powered trucks are currently registered in Europe.

#### Napędy zasilane gazem ziemnym (CNG/LNG)

Gaz ziemny jest mieszaniną metanu i etanu o proporcji mieszanki 85:15. Jego synonimami są CNG (sprężony gaz ziemny) lub LNG (skroplony gaz ziemny). Napędy na gaz ziemny są najczęściej projektowane jako napędy biwalentne. Oznacza to, że pojazdy o takim napędzie mają zazwyczaj silnik zasilany dwoma różnymi paliwami: benzyną i gazem ziemnym (mieszaniną metanu i etanu). Natomiast silniki autobusów często zasilane są wyłącznie gazem ziemnym (napędy monowalentne), przy czym większość pojazdów napędzanych gazem ziemnym to pojazdy ciężarowe. Samochody osobowe również można wyposażać w technologię gazu ziemnego z napędem monowalentnym.

Samochody ciężarowe zasilane kriogenicznym ciekłym metanem (LNG) zyskały w ostatnich latach duże znaczenie w sektorze ciężkiego transportu drogowego. W Europie zarejestrowanych jest aktualnie ok. 12 tys. samochodów ciężarowych zasilanych LNG.

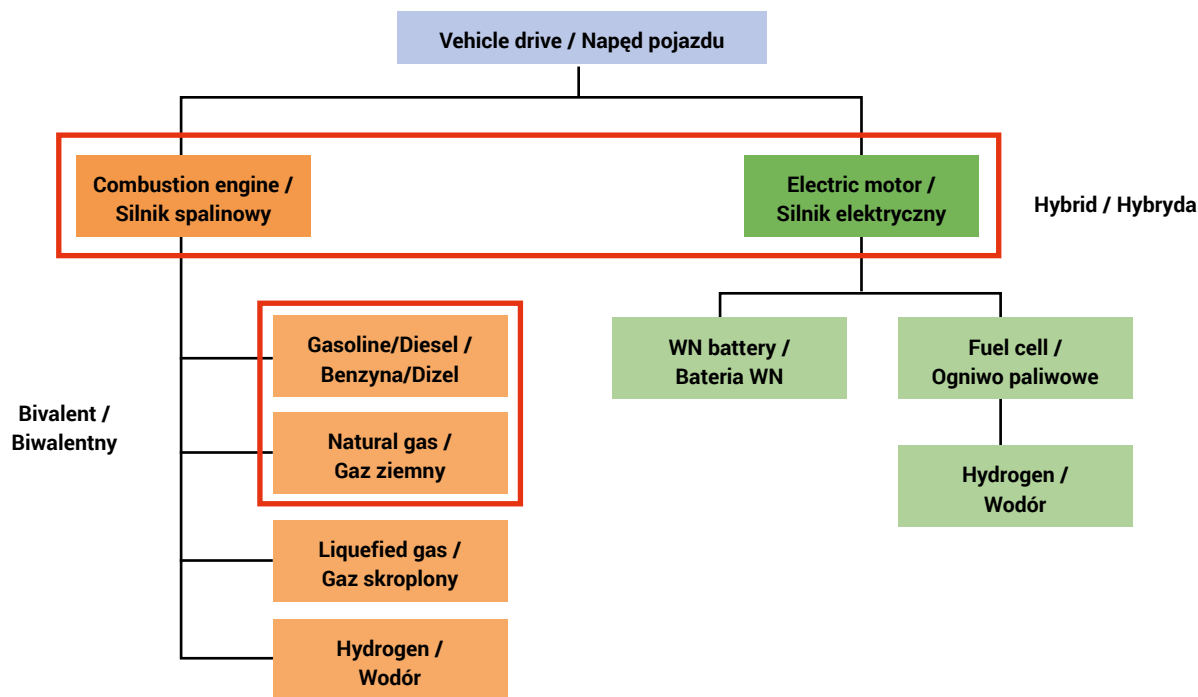


Figure 1. Classification of motor vehicles by propulsion system  
Rycina 1. Klasyfikacja pojazdów samochodowych według napędów

Source: Own elaboration based on: J. Heck, *Alternative Fahrzeugantriebe im Feuerwehreinsatz*, Kohlhammer 2018 [3].  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Heck, *Alternative Fahrzeugantriebe im Feuerwehreinsatz*, Kohlhammer 2018 [3].



### Properties of CNG

Compressed CNG natural gas contains mainly methane. It is colourless and odourless. Its lower explosive limit is 5%, its upper limit is 15%. The density of the gas at 1013 hPa is equal to 72 g/dm<sup>3</sup>. The flash point of methane is about -188°C, the auto-ignition temperature is 580°C.

### Advantages of CNG as a fuel:

1. Low emissions due to the low percentage of carbon (the main component is methane, CH<sub>4</sub>).
2. Combustion is slower, the engine runs quieter than one powered by gasoline or diesel.
3. If the cylinder or system is unsealed, the gas quickly disperses (it does not spill like gasoline and does not sit near the ground like LPG).
4. Fully airtight refuelling and storage system, no gas vapour emissions into the atmosphere.
5. Cars with a factory-installed CNG system are available for sale.
6. The highest calorific value among motor fuels (for CNG: 50.05 MJ/kg, for gasoline: 45 MJ/kg). The installation for the car is selected by the manufacturer, adapting the engine controller to this type of power supply; cylinders with significant capacity are usually located under the chassis, not limiting the functionality of the vehicle.
7. Significant fuel savings, even for a compression-ignition engine.
8. It is not manufactured from petroleum.
9. No impact of the refuelling station on the quality of the gas – it comes directly from the city's medium-pressure pipeline, not from the station's tanks.
10. Natural gas is delivered to the station via the city's gas pipeline, and there is no need to transport CNG by tanker trucks.

### Właściwości CNG

Sprężony gaz ziemny CNG zawiera głównie metan. Jest bezbarwny i bezzapachowy. Jego dolna granica wybuchowości wynosi 5%, górna – 15%. Gęstość gazu przy ciśnieniu 1013 hPa jest równa 72 g/dm<sup>3</sup>. Temperatura zapłonu metanu wynosi ok. -188°C, temperatura samozapłonu – 580°C.

### Zalety CNG jako paliwa:

1. Niska emisja zanieczyszczeń ze względu na małą zawartość procentową węgla (główny składnik to metan, CH<sub>4</sub>).
2. Spalanie przebiega wolniej, silnik pracuje ciszej niż ten zasilany benzyną czy olejem napędowym.
3. W razie rozszczelnienia butli lub instalacji gaz szybko ulega rozproszeniu (nie rozlewa się jak benzyna i nie zalega przy ziemi jak LPG).
4. W pełni hermetyczna instalacja tankowania oraz składowania, brak emisji oparów gazu do atmosfery.
5. W sprzedaży dostępne są auta z zamontowaną fabrycznie instalacją CNG. Instalację do auta dobiera producent, dostosowując do tego rodzaju zasilania sterownik silnika; butle o znacznej pojemności zwykle są umieszczone pod podwoziem, nie ograniczając funkcjonalności pojazdu.
6. Najwyższa wartość opałowa wśród paliw silnikowych (dla CNG: 50,05 MJ/kg, dla benzyny: 45 MJ/kg).
7. Znaczna oszczędność na paliwie, nawet dla silnika z zapłonem samoczynnym.
8. Nie jest produkowany z ropy naftowej.
9. Brak wpływu stacji tankowania na jakość gazu – pochodzi on bezpośrednio z miejskiego gazociągu średniego ciśnienia, a nie ze zbiorników danej stacji.
10. Gaz ziemny jest dostarczany do stacji za pomocą gazociągu miejskiego, nie ma konieczności transportu CNG autocysternami.



**Figure 2.** Compressed gas cylinders for CNG propulsion  
**Rycina 2.** Butle ze sprężonym gazem dla napędu CNG

**Source / Źródło:** Landesschule und Technische Einrichtung für Brand- und Katastrophenschutz, *Alternative Antriebe für Kraftfahrzeuge. Eine Broschüre für die Feuerwehren Brandenburgs*, 2021 [4, p. 4].

In its original state, natural gas is colourless and odourless. For further distribution, natural gas is odorized (admixture of odorant).

Natural gas is stored in pressurized gas tanks (cylinders) made of stainless steel or plastic (composites) with a permissible working pressure of up to 250 bar. The cylinders are installed on the chassis and must be equipped with safety valves. All pressure lines are made of stainless steel.

### CNG and LNG refuelling systems

The illustrative diagrams of LNG and LNG – CNG refuelling stations with detailed descriptions of its components are available at [5].

### CNG tanks

The car's tank has a pressure of 20 MPa when fully fuelled. While driving the car, it steadily decreases in proportion to gas consumption. The tank's fittings provide pressure control inside the tank, the gas is discharged safely, gradually to the outside. The flame will decrease with the loss of gas. It should be borne in mind that this will be a process that causes the tank to cool down, since the reduction in pressure from 20 to 0.1 MPa is accompanied by a sharp drop in gas temperature. Such a low fuel temperature causes the small-diameter holes to become covered with a layer of ice and prevents further escape of the gas until the ice plug melts. It will build up steadily until the tank is completely emptied and the pressure inside is equalized with atmospheric pressure [6].

CNG refuelling involves steps similar to those when refuelling liquid fuels. Therefore, the same safety rules should be applied as when refuelling liquid fuels. Methane is pumped into the dispenser hose, through which it enters the vehicle connection and the vehicle tank, but only after the gun is properly connected with the vehicle. If this connection is leaking, refuelling will be stopped immediately. CNG dispensers – like gasoline dispensers – are equipped with breakaway connectors that should work if the dispenser's connection to the car is unsealed. The use of such a valve eliminates the dangerous repercussions of, for example, driving away a car connected to the distributor.

The distributors, are always placed in a protective enclosure, which protects them from being invaded by vehicles.

### Vehicles equipped with CNG system

Features of a CNG-equipped vehicle include an additional CNG connection spigot next to the fuel filler and two fuel gauges.

According to ECE-R 110 regulation [7], each tank must be equipped with the following safety devices (as a rule, one tank valve combines all safety devices):

1. Solenoid shut-off valve.
2. Flow restrictor.

Ad. 1. The solenoid shut-off valve is opened by the engine control unit during natural gas operation. If no current is flowing,

W swoim pierwotnym stanie gaz ziemny jest bezbarwny i bezwonny. Do dalszej dystrybucji gaz ziemny jest nawaniany (domieszka substancji zapachowej).

Gaz ziemny jest przechowywany w ciśnieniowych zbiornikach gazu (butlach) wykonanych ze stali nierdzewnej lub z tworzywa sztucznego (kompozyty) o dopuszczalnym ciśnieniu roboczym do 250 barów. Butle są zainstalowane na podwoziu i muszą być wyposażone w zawory bezpieczeństwa. Wszystkie przewody ciśnieniowe są wykonane ze stali nierdzewnej.

### Instalacje służące do tankowania CNG i LNG

Poglądowe schematy stacji tankowania LNG oraz LNG i CNG wraz ze szczegółowymi opisami jego elementów są dostępne na stronie internetowej [5].

### Zbiorniki CNG

W zbiorniku samochodu przy pełnym zatankowaniu panuje ciśnienie 20 MPa. Podczas jazdy samochodem systematycznie spada, proporcjonalnie do zużycia gazu. Osprzęt zbiornika zapewnia kontrolę nad ciśnieniem w jego wnętrzu, gaz odprowadzany jest bezpiecznie, stopniowo na zewnątrz. Płomień będzie małał wraz z ubytkiem gazu. Należy pamiętać, że będzie to proces powodujący studzenie zbiornika, gdyż redukcji ciśnienia z 20 do 0,1 MPa towarzyszy gwałtowny spadek temperatury gazu. Tak niska temperatura paliwa powoduje, że otwory o małych średnicach pokrywają się warstwą lodu i uniemożliwiają dalsze ujście gazu do czasu roztopienia korka lodowego. Będzie się on tworzył systematycznie, aż do całkowitego opróżnienia zbiornika i wyrównania ciśnienia w jego wnętrzu z ciśnieniem atmosferycznym [6].

Tankowanie CNG polega na wykonywaniu czynności podobnych do tych podczas tankowania paliw płynnych. Należy zatem stosować takie same zasady bezpieczeństwa jak podczas tankowania paliw płynnych. Metan jest pompowany do węży dystrybutora, poprzez który dostaje się do przyłącza samochodowego i zbiornika pojazdu, lecz tylko po prawidłowym połączeniu pistoletu z pojazdem. W przypadku nieszczelności tego połączenia tankowanie zostanie natychmiast przerwane. Dystrybutory CNG – podobnie jak dystrybutory benzyn – wyposażane są w złącza zrywne, które powinny zadziałać w przypadku rozszczelnienia połączenia dystrybutora z samochodem. Zastosowanie takiego zaworu eliminuje niebezpieczne następstwa, jakie może nieść ze sobą np. odjechanie samochodu połączonego z dystrybutorem.

Dystrybutory, umieszczane są także w obudowie ochronnej, co zabezpieczana przed najechniem na nie przez pojazdy.

### Pojazdy wyposażone w instalację CNG

Cechy pojazdu wyposażonego w instalację CNG obejmują dodatkowy króciec przyłączeniowej instalacji CNG obok wlewu paliwa oraz dwa wskaźniki paliwa.

Zgodnie z regulacją ECE-R 110 [7] każdy zbiornik musi być wyposażony w następujące urządzenia zabezpieczające (z reguły jeden zawór zbiornika łączy w sobie wszystkie urządzenia zabezpieczające):

1. Elektromagnetyczny zawór odcinający.
2. Ogranicznik przepływu.

Ad. 1. Elektromagnetyczny zawór odcinający jest otwierany przez jednostkę sterującą silnika podczas pracy na gazie

it closes automatically. During refuelling, it opens under the pressure of pumped natural gas (CNG).

It is opened by the engine control unit when running on natural gas. The valve closes:

- while the engine is stopped;
- in gasoline mode;
- when 12 V power supply is disconnected (not in concentrations > 20% DGW);
- by the airbag control unit when an accident is detected with airbag and/or belt pretensioner triggering (for factory-built vehicles only). To protect solenoid valves in the event of a side impact, they are usually placed in a protective cage.

Ad. 2. If the natural gas line or gas pressure regulator is damaged in an accident, the flow restrictor inhibits uncontrolled gas outflow. It is located in the gas tank connection. If the natural gas tanks are fully filled, the process takes up to several hours. It can be interrupted by operating a manual shut-off valve (if it can be done safely). This does not disable any safety devices.

The thermal fuse (TPRD)<sup>1</sup> can be designed as a fuse liner or as a glass plate. However, the common feature of both solutions is that they are triggered at  $100^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  and thus open a hole for pressure reduction. If an ignition source is present, escaping natural gas is ignited and jet combustion (flare) occurs. This prevents the spread of natural gas that would occur if the tank were to burst. The process can no longer be stopped. Natural gas flows out until the tank is completely empty. This process can take up to 90 seconds for each fully filled natural gas tank [3, p. 17]. Importantly, natural gas tank thermal fuses can react with a delay. This time cannot be precisely determined.

<sup>1</sup> TPRD – thermal pressure relief device.

ziemnym. Jeżeli nie płynie prąd, zamyka się on automatycznie. Podczas tankowania otwiera się pod wpływem ciśnienia tłoczego gazu ziemnego (CNG).

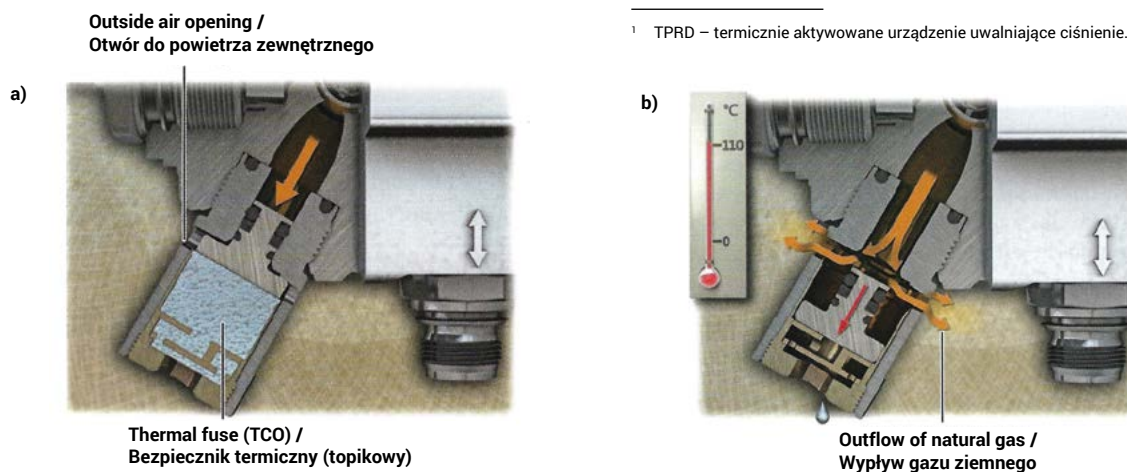
Jest on otwierany przez jednostkę sterującą silnika podczas pracy na gazie ziemnym. Zawór zamyka się:

- podczas postoju silnika;
- w benzynowym trybie pracy;
- po odłączeniu zasilania 12 V (nie w stężeniach > 20% DGW);
- przez jednostkę sterującą poduszkami powietrznymi po wykryciu wypadku z wyzwoleniem poduszki powietrznej i/lub napinacza pasa (tylko w przypadku pojazdów w wykonaniu fabrycznym). W celu zabezpieczenia zaworów elektromagnetycznych na wypadek uderzenia bocznego zazwyczaj umieszcza się je w klatce ochronnej.

Ad. 2. Jeśli w wyniku wypadku uszkodzony zostanie przewód gazu ziemnego lub reduktor ciśnienia gazu, ogranicznik przepływu hamuje niekontrolowany wypływ gazu. Znajduje się on w przyłączy zbiornika gazu. Jeśli zbiorniki na gaz ziemny są całkowicie napełnione, proces ten trwa nawet kilka godzin. Można go przerwać poprzez uruchomienie ręcznego zaworu odcinającego (jeśli można to zrobić bezpiecznie). Nie powoduje to wyłączenia żadnych urządzeń zabezpieczających.

Bezpiecznik termiczny (TPRD)<sup>1</sup> może być zaprojektowany jako wkładka topikowa lub jako płytkę szklaną. Wspólną cechą obu rozwiązań jest jednak to, że są one wyzwolane w temperaturze  $100^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  i w ten sposób otwierają otwór do redukcji ciśnienia. W przypadku obecności źródła zapłonu, ulatniający się gaz ziemny ulega zapaleniu i dochodzi do spalania strumieniowego (pochodnia). Zapobiega to rozprzestrzenianiu się gazu ziemnego, do którego doszłoby w przypadku rozerwania zbiornika. Procesu nie da się już zatrzymać. Gaz ziemny wypływa na zewnątrz aż do całkowitego opróżnienia zbiornika. Proces ten może trwać do 90 sekund dla każdego całkowicie napełnionego zbiornika gazu ziemnego [3, s. 17]. Co ważne, bezpieczniki termiczne zbiorników na gaz ziemny mogą reagować z opóźnieniem. Czasu tego nie da się precyzyjnie określić.

<sup>1</sup> TPRD – termicznie aktywowane urządzenie uwalniające ciśnienie.



**Figure 3.** Natural gas cylinder: a) closed thermal fuse of natural gas cylinder valve; b) triggered thermal protection of natural gas cylinder valve

**Rycina 3.** Butla z gazem ziemnym: a) zamknięty bezpiecznik termiczny zaworu butli z gazem ziemnym; b) wyzwolone zabezpieczenie termiczne zaworu butli z gazem ziemnym

**Source / Źródło:** T. Hellmann, U. Cimolino, *Alternative Fahrzeugantriebe*, Ecomed Sicherheit, 2022 [8, p. 84–85].

### Manual shut-off valve

If there is a leak, it is still possible to close the valve with a manual shut-off valve, if this can be done safely. Each gas tank must be separately closed. It may be necessary to lift the vehicle and remove the covers to access the relevant valves. Their technical design varies from manufacturer to manufacturer, as the shut-off valve itself is not standardized. Therefore, other tools may be needed in this case. Necessary information on items and required tools can be found in the rescue datasheets. A handwheel can also be used.

### Ręczny zawór odcinający

Jeśli wystąpiła nieszczelność, istnieje jeszcze możliwość zamknięcia zaworu za pomocą ręcznego zaworu odcinającego, o ile da się to przeprowadzić bezpiecznie. Każdy zbiornik gazu musi być oddzielnie zamknięty. Konieczne może okazać się podniesienie pojazdu i zdjęcie osłon w celu uzyskania dostępu do odpowiednich zaworów. Ich konstrukcja techniczna różni się w zależności od producenta, ponieważ sam zawór odcinający nie jest znormalizowany. Dlatego w tym przypadku mogą być potrzebne inne narzędzia. Niezbędne informacje o pozycji i wymaganych narzędziach można znaleźć w kartach katalogowych ratownictwa. Można użyć również kółka ręcznego.

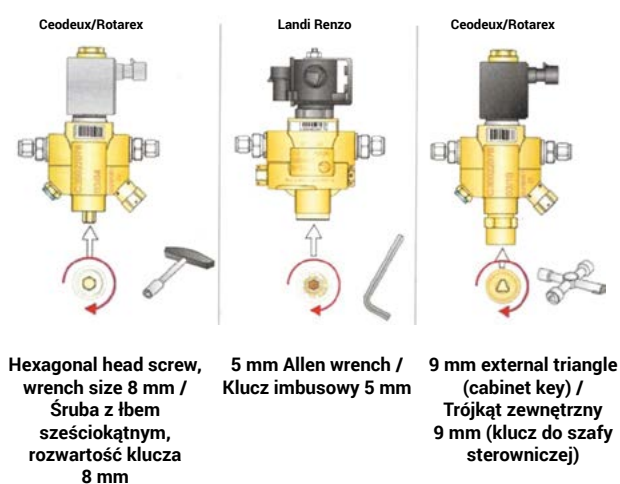


Figure 4. Possible key designs for various natural gas tank valves

Rycina 4. Możliwe wykonania kluczy do różnych zaworów zbiornikowych na gaz ziemny

Source / Źródło: J. Heck, *Alternative Fahrzeugantriebe im Feuerwehreinsatz*, Kohlhammer [3, p. 52].

### Physical and chemical properties of LNG [9]:

1. Liquefied natural gas (LNG) consists of 90% methane and is liquefied by cooling to  $-162^{\circ}\text{C}$ .
2. Cooling to  $-162^{\circ}\text{C}$  reduces the volume of LNG by a factor of 600, i.e. one litre of LNG corresponds to 600 litres of gas at  $0^{\circ}\text{C}$ .
3. Colourless and odourless (odour is not technically added).
4. It displaces oxygen and has a suffocating effect.
5. It does not dissolve in water and is lighter than water.
6. It is not toxic, caustic or corrosive.
7. Expansion factor of 600 (1 litre of LNG = 600 litres of natural gas at  $0^{\circ}\text{C}$ ).
8. Density  $0.42\text{--}0.52\text{ g/ml}$   $\rightarrow$  1 litre LNG = 0.5 kg LNG.
9. Flash point of  $595^{\circ}\text{C}$ .
10. Explosive limits: Vd – 4.1% by volume.; Vg – 16.5% by volume.
11. Burning LNG is faintly visible and can be identified at most by a flicker in the air (comparable to heat flicker). Further away, the flames become more yellow as the higher hydrocarbons begin to burn.

### Właściwości fizykochemiczne LNG [9]:

1. Skroplony gaz ziemny (LNG) składa się w 90% z metanu i jest skraplany poprzez schłodzenie do temperatury  $-162^{\circ}\text{C}$ .
2. Schłodzenie do temperatury  $-162^{\circ}\text{C}$  zmniejsza objętość LNG o współczynnik 600, tj. jeden litr LNG odpowiada 600 litrom gazu w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ .
3. Bezbarwny i bezwonny (zapach nie jest dodawany technicznie).
4. Wypiera tlen i ma działanie duszące.
5. Nie rozpuszcza się w wodzie, jest lżejszy od wody.
6. Nie jest toksyczny, nie jest żrący ani nie powoduje korozji.
7. Współczynnik rozszerzalności 600 (1 litr LNG = 600 litrów gazu ziemnego w temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ ).
8. Gęstość  $0,42\text{--}0,52\text{ g/ml}$   $\rightarrow$  1 litr LNG = 0,5 kg LNG.
9. Temperatura zapłonu  $595^{\circ}\text{C}$ .
10. Granice wybuchowości: Vd – 4,1% objętości.; Vg – 16,5% objętości.
11. Palący się LNG jest słabo widoczny i można go rozpoznać co najwyżej po migotaniu w powietrzu (porównywalnym do migotania ciepła). W dalszej odległości płomienie

12. Burning methane is characterized by high thermal radiation (about 60% higher than that of diesel fuel).
13. LNG is highly flammable and explosive.
14. Hazardous areas result from the amount of LNG are gas leakage, threatening BLEVE or fire.

#### Identification features of LNG-fuelled vehicles

Natural gas vehicles can be recognized by the following characteristics, among others:

1. Marking of the vehicle in accordance with ISO 17840 – currently in Poland such marking is not required by law.
2. Fuel tank design (cylindrical tank made of stainless steel):
  - filling connection on the rear wall of the tank;
  - pressure indicator;
  - LNG marking.

stają się bardziej żółte, ponieważ zaczynają się palić wyższe węglowodory.

12. Spalany metan charakteryzuje się wysokim promieniowaniem cieplnym (ok. 60% wyższym niż w przypadku oleju napędowego).
13. LNG jest wysoce łatwopalny i wybuchowy.
14. Obszary niebezpieczne wynikają z ilości LNG to wyciek gazu, grożący BLEVE lub pożar.

#### Cechy identyfikacyjne pojazdów napędzanych LNG

Pojazdy zasilane gazem ziemnym można rozpoznać m.in. na podstawie następujących charakterystycznych cech:

1. Oznaczenie pojazdu zgodnie z normą ISO 17840 – aktualnie w Polsce takie oznakowanie nie jest wymagane przez prawo.
2. Konstrukcja zbiornika paliwa (zbiornik cylindryczny wykonany ze stali nierdzewnej):
  - przyłącze do napełniania na tylnej ścianie zbiornika;
  - wskaźnik ciśnienia;
  - oznaczenie znakiem LNG.

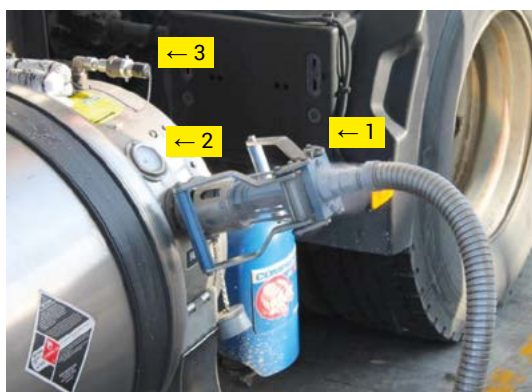


Figure 5. LNG refueling

Rycina 5. Tankowanie LNG

Source / Źródło: RETEX – Wymiana doświadczeń CTIF, Wypadek z udziałem samochodu ciężarowego napędzanego LNG [10, p. 18].

Refuelling is done by connecting the nozzle, which in the above figure is marked as 1. The connector must be very tight. This is because leaks can lead to icing. Depending on the type of dispenser, it may be necessary to lower the tank pressure before refuelling (sometimes below 10 bar). The pressure is indicated on the pressure gauge marked as 2 in the figure. The vent valve is marked as 3.

#### LNG tank

LNG is stored in double-walled insulated vehicle tanks at a pressure of about 3 to 16 bars. At filling stations, the pressure of stored LNG ranges from 1.5 to about 10 bar. There are two phases in an LNG tank: a liquid phase and a gas phase. The gas phase must be present for the liquid phase to expand with

Tankowanie odbywa się poprzez podłączenie dyszy, którą w powyższej rycinie oznaczono 1. Złącze musi być bardzo szczelne. Nieszczelności mogą bowiem prowadzić do oblodzenia. W zależności od rodzaju dystrybutora konieczne może być obniżenie ciśnienia w zbiorniku przed zatankowaniem (czasami poniżej 10 bar). Ciśnienie jest wskazywane na manometrze oznaczonym na rycinie jako 2. Zawór odpowietrzający oznaczono jako 3.

#### Zbiornik LNG

LNG jest przechowywany w dwupłaszczowych izolowanych zbiornikach samochodowych pod ciśnieniem od ok. 3 do 16 barów. Na stacjach napełniania ciśnienie przechowywanego LNG wynosi od 1,5 do ok. 10 barów. W zbiorniku LNG występują dwie fazy: ciekła i faza gazowa. Faza gazowa musi być obecna,

increasing temperature. When the temperature of the liquid phase rises, the volume increase is very limited and there is an increase in tank pressure.

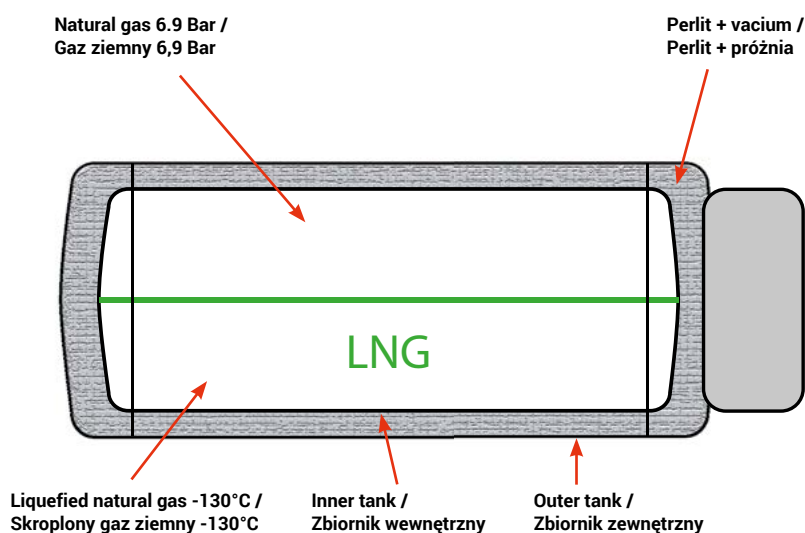
The vehicle's LNG tank also has a coolant circuit connected to it. If it is damaged, it can cause a large leak. The loss of the coolant is indicated on indicators in the driver's cabin. The pressure in the coolant circuit is about 1.5 bar.

LNG is stored in insulated double-walled containers. As a rule, a vacuum-insulated tank is used, in which the space between the inner and outer walls consists almost entirely of vacuum. In addition, the intermediate space is still filled with an insulating material – perlite, which limits the loss of insulation in case of vacuum loss. The inner tank as well as the pipes are made of stainless steel due to its resistance to cold. The external tank is often made of high-strength steel.

aby faza ciekła mogła się rozszerzać przy wzroście temperatury. Gdy temperatura fazy ciekłej wzrasta, wzrost objętości jest bardzo ograniczony i następuje wzrost ciśnienia w zbiorniku.

Zbiornik LNG w pojeździe posiada również połączony z nim obieg płynu chłodzącego. W przypadku jego uszkodzenia może spowodować duży wyciek. Utrata płynu chłodzącego jest sygnalizowana na wskaźnikach w kabinie kierowcy. Ciśnienie w obiegu płynu chłodzącego wynosi ok. 1,5 bara.

LNG jest przechowywany w izolowanych pojemnikach o podwójnych ścianach. Z reguły stosuje się zbiornik izolowany próżniowo, w którym przestrzeń między ścianą wewnętrzną a zewnętrzną składa się prawie w całości z próżni. Dodatkowo przestrzeń pośrednia jest jeszcze wypełniona materiałem izolacyjnym – perlitem, co ogranicza utratę izolacji w przypadku utraty próżni. Zbiornik wewnętrzny, jak i rury wykonane są ze stali nierdzewnej ze względu na jej odporność na zimno. Zbiornik zewnętrzny często wykonany jest ze stali o wysokiej wytrzymałości.



**Figure 6.** Cross-section of a double-walled LNG tank  
**Rycina 6.** Przekrój dwupłaszczowego zbiornika LNG

**Source/ Źródło:** RETEX – Wymiana doświadczeń CTIF, *Wypadek z udziałem samochodu ciężarowego napędzanego LNG* [10, p. 22].

The tank is filled to 90% of its volume. According to ADR guidelines, cryogenic tanks for liquefied, chilled and flammable gases are filled to such an extent that the compressible gas phase prevents the pressure increase and consequent rupture of the tank by the increase in volume of the liquid phase caused by the rising temperature. In addition, the incomplete filling of the tank with liquid phase prevents its release through the safety valve.

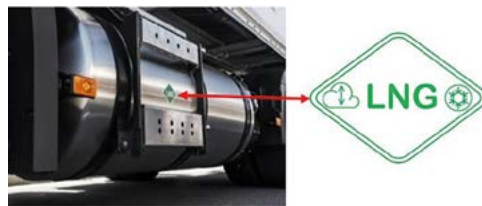
The tanks are protected from many external factors. One of them is the occurrence of a fire. Its source can be the installation itself, but also other equipment in the vehicle or fire sources outside the vehicle.

Zbiornik napełniany jest do 90% objętości. Zgodnie z wytycznymi ADR zbiorniki kriogeniczne dla gazów skroplonych, schłodzonych i palnych napełniane są w takim stopniu, że ściśliwa faza gazowa zapobiega wzrostowi ciśnienia, a w konsekwencji rozerwaniu zbiornika przez wzrost objętości fazy ciekłej, powodowany przez rosnącą temperaturę. Dodatkowo niecałkowite wypełnienie zbiornika fazą ciekłą zapobiega uwalnianiu jej przez zawór bezpieczeństwa.

Zbiorniki chronione są przed wieloma czynnikami zewnętrznymi. Jednym z nich jest wystąpienie pożaru. Jego źródło stanowić może sama instalacja, ale również inne urządzenia w pojeździe bądź źródła ognia znajdujące się poza nim.

“In the event of a fire in the engine compartment, insulation in the tank system should not allow the flames to directly affect the inner tank of LNG. As a result, it is likely that the vacuum insulation will unseal and the fuel will slowly start to heat up. The main safety valve will gradually vent excess pressure to the area above the roof of the bus, where combustion or the formation of a flammable methane-air mixture will occur. A similar situation occurred on 23 April 2010 during a test drive of a serial bus” [11]. Although the bus was completely burned during that accident and the tank lost its insulation, there was no explosion. The safety valve was not damaged and removed the evaporating gas from the tank.

„W przypadku wystąpienia pożaru w komorze silnika izolacja w układzie zbiorników nie powinna dopuścić do bezpośredniego oddziaływania płomieni na zbiornik wewnętrzny z LNG. W związku z tym prawdopodobnie rozszczelnieniu ulegnie izolacja próżniowa i paliwo zacznie się powoli ogrzewać. Główny zawór bezpieczeństwa będzie stopniowo upuszczał nadmiar ciśnienia do strefy nad dachem autobusu, gdzie nastąpi jego spalanie lub tworzenie palnej mieszaniny metanu z powietrzem. Do podobnej sytuacji doszło 23 kwietnia 2010 r. podczas jazdy testowej seryjnego autobusu” [11]. Choć podczas tamtej awarii autobus uległ całkowitemu spalaniu, a zbiornik utracił izolację, nie doszło do wybuchu. Zawór bezpieczeństwa nie został uszkodzony i usuwał parujący gaz ze zbiornika.



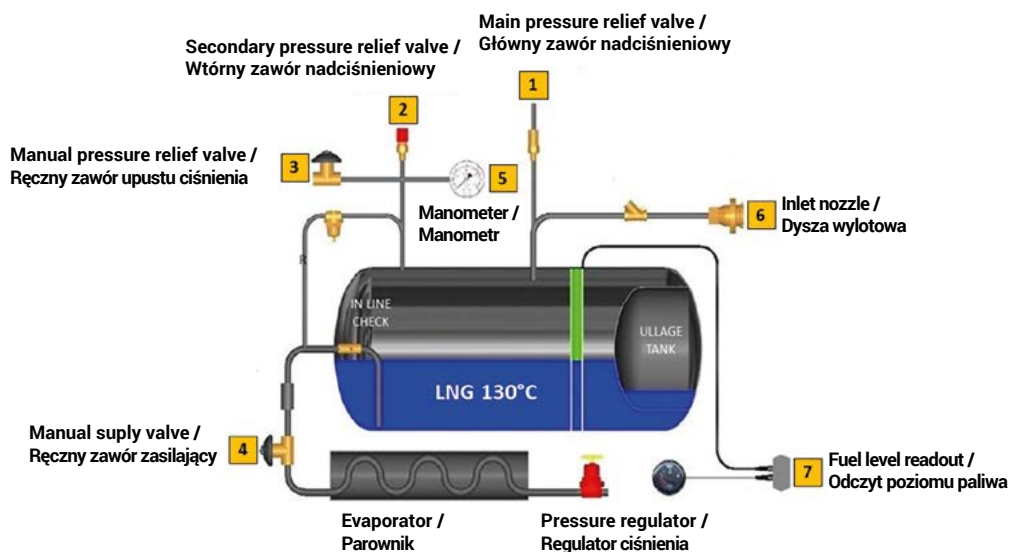
**Figure 7.** Cross-section of a double-walled LNG tank

**Rycina 7.** Zbiornik LNG w samochodzie ciężarowym i jego oznaczenie

**Source / Źródło:** Unfallhilfe & Bergen bei LNG-Fahrzeugen. Antworten auf häufig gestellte Fragen / FAQ (Frequently Asked Questions) [9].

Natural gas (CNG) tanks are more stable and heat-resistant than those dedicated to LNG. The figure below shows the components of the car's LNG system and the gas flow diagram.

Zbiorniki na gaz ziemny (CNG) są bardziej stabilne i odporne na działanie wysokich temperatur od tych dedykowanych LNG. Na poniższym rysunku przedstawiono elementy instalacji LNG w samochodzie i schemat przepływu gazu.



**Figure 8.** Components of LNG system in a car, gas flow diagram

**Rycina 8.** Elementy instalacji LNG w samochodzie, schemat przepływu gazu

**Source / Źródło:** RETEX – Wymiana doświadczeń CTIF, Wypadek z udziałem samochodu ciężarowego napędzanego LNG [10, p. 23].

### Proceedings during rescue and firefighting operations with LNG

In the event of a spill, LNG collects in the depressions in the area. The evaporating gas is colourless, but a mist sometimes appears at the site of evaporation caused by the cooling of water vapour in the air. Spilled LNG burns similarly to gasoline. In confined spaces and tunnels, evaporating natural gas collects near the ceiling. This can lead to an explosion if the gas reaches sufficient concentration and an ignition source appears. Depending on the location of the hole on the surface of the tank from which the LNG is leaking, some of the liquid phase may also escape, initially forming a liquid puddle that then evaporates.

Additional risks that do not arise with traditional fuels are the possibility of a jet fire if the tank is unsealed, and the occurrence of frostbite and cryogenic burns when liquefied gas comes into contact with the skin.

Since LNG increases in volume by as much as 600 times when it enters a gaseous state, damage to the tank's thermal shielding can lead to an explosion. However, this is a highly unlikely event due to the safety features and safety valves used.

Risks to the rescuers include:

1. Inhalation – the gas displaces oxygen from the air, so at too high a concentration it can cause suffocation, especially in confined spaces. Danger of lung damage from inhalation of very low temperature gas/air.
2. Skin contact – due to low temperatures, direct contact with LNG can cause frostbite.
3. Eye damage – contact with eyes may cause immediate serious injury.

When conducting reconnaissance of a hazardous materials incident involving a natural gas-powered vehicle, there should be used the information: obtained from the rescue card in the vehicle, taken from <https://kartyratownicze.pl>, or contained in applications available for smartphones, tablets or computers: Crash Recovery System, Euro RESCUE, Rescue Code and:

- turn off the engine/ignition (solenoid valve closes);
- check the battery disconnection (there is a risk of spark jumping);
- ensure that the firefighting current can be applied;
- keep potential sources of ignition (radios, cell phones, etc.) at a safe distance from the possible explosion cloud;
- in case of gas leakage and concentration in the explosive range of the gas-air mixture, the mixture (e.g. inside the vehicle) can be diluted with a fan;
- ventilate the interior of the vehicle – note: when opening the door, the light comes on (possible sparks)!
- carry out a measurement of the concentration of flammable gases (LEL – lower explosive limit) in the cavities in and around the vehicle;
- ventilate not only the interior of the vehicle, but also the recesses – fenders, engine compartment, as well as windows, drains, etc. in the place of operation. Gas can form an explosive mixture if it volatilizes (e.g. in cavities);
- do not extinguish the gas flame to prevent the appearance / spread of an explosive atmosphere, and also take into account that:
  - methane is lighter than air and burns completely;

### Postępowanie podczas działań ratowniczo-gaśniczych z LNG

W przypadku wycieku LNG zbiera się w zagłębieniach terenu. Parujący gaz jest bezbarwny, jednak w miejscu parowania pojawia się niekiedy mgła wywołana schłodzeniem pary wodnej znajdującej się w powietrzu. Rozlany LNG pali się podobnie jak benzyna. W pomieszczeniach zamkniętych i tunelach parujący gaz ziemny gromadzi się przy suficie. Może to doprowadzić do wybuchu, jeśli gaz osiągnie odpowiednie stężenie i pojawi się źródło zapłonu. W zależności od lokalizacji otworu na powierzchni zbiornika, z którego wycieka LNG, może wydostać się również część fazy ciekłej, z której początkowo tworzy się płynna kałuża, która następnie odparowuje.

Dodatkowe zagrożenia, które nie pojawiają się przy stosowaniu tradycyjnych paliw, to możliwość wystąpienia pożaru strumieniowego w przypadku rozszczelnienia zbiornika oraz występowanie odmrożeń i poparzeń kriogenicznych przy kontakcie skroplonego gazu ze skórą.

Ponieważ LNG, przechodząc w stan gazowy, zwiększa swoją objętość aż 600 razy, uszkodzenie termicznej osłony zbiornika może prowadzić do jego eksplozji. Jest to jednak zdarzenie bardzo mało prawdopodobne ze względu na stosowane zabezpieczenia i zawory bezpieczeństwa.

Zagrożenia dla ratowników obejmują:

1. Wdychanie – gaz wypiera tlen z powietrza, dlatego przy zbyt dużym stężeniu może spowodować uduszenie, zwłaszcza w zamkniętych pomieszczeniach. Niebezpieczeństwo uszkodzenia płuc w wyniku wdychania gazu/powietrza o bardzo niskiej temperaturze.
2. Kontakt ze skórą – ze względu na niskie temperatury, bezpośredni kontakt z LNG może powodować odmrożenia.
3. Uszkodzenie oczu – kontakt z oczami może spowodować natychmiastowe poważne obrażenia.

Podczas przeprowadzania rozpoznania zdarzenia z udziałem materiałów niebezpiecznych, w którym uczestniczy pojazd napędzany gazem ziemnym, należy wykorzystać informacje: pozyskane w oparciu o kartę ratowniczą znajdującą się w pojeździe, zaczerpnięte ze strony <https://kartyratownicze.pl>, lub zawarte w aplikacjach dostępnych na smartfony, tablety lub komputery: Crash Recovery System, Euro RESCUE, Rescue Code oraz:

- wyłączyć silnik/zapłon (zawór elektromagnetyczny zamyka się);
- sprawdzić odłączenie akumulatora (istnieje ryzyko przeskoczenia iskry);
- zapewnić możliwość podania prądu gaśniczego;
- potencjalne źródła zapłonu (radia, telefony komórkowe, itp.) utrzymywać w bezpiecznej odległości od możliwej chmury wybuchowej;
- w przypadku wycieku gazu i stężenia w zakresie wybuchowym mieszaniny gazowo-powietrznej, mieszaninę (np. wewnątrz pojazdu) można rozcieńczyć za pomocą wentylatora;
- przewietrzyć wnętrze pojazdu – uwaga: przy otwieraniu drzwi zapala się światło (możliwe iskry)!
- przeprowadzić pomiar stężenia gazów palnych (ang. *lower explosive limit*, LEL), dolny graniczny poziom wybuchowości) w zagłębieniach w pojeździe i wokół niego;
- przewietrzyć nie tylko wnętrze pojazdu, ale również



- compressed gas tanks are mounted in the chassis, on the roof (buses) or in the luggage compartment.

### Liquefied petroleum gas (LPG) propulsion systems

Vehicles powered by liquefied petroleum gas usually have bivalent propulsion. The engine can run on two types of fuel: gasoline on one side and liquefied petroleum gas (mixture of propane-butane) on the other.

Most LPG vehicles are retrofitted with LPG technology – but mass-produced vehicles are also available. Refuelling is done at the gas station using a special connection. Gas stations are supplied with LPG by tanker trucks adapted to carry LPG. In addition, liquefied petroleum gas is also transported by rail or ship.

### Identification features

1. Vehicle markings – not required.
2. Additional fuel filler spigot (e.g. on the bumper or in the fuel filler flap).
3. Additional fuel level indicator in the tank.
4. Control device for switching from LPG to gasoline.

### Properties of LPG

LPG is mainly known as autogas or LPG. It is refuelled and stored in liquid form at a pressure of 5–10 bar. LPG is heavier than air (LPG/air density ratio is about 1.55), so it should be expected to accumulate in shafts and pits. The lower explosive limit is 1.4%, the upper limit is 10.9%.

Originally liquefied gas is colourless and odourless, but it is odorized for distribution. The liquefied gas is stored in tanks that can be installed under the vehicle, but also in the spare wheel compartment. Due to the individual retrofitting of the vehicle with such an installation, the exact location of the tanks is not predictable.

LPG retrofitting is possible on vehicles with a variety of gasoline engines, which means that no reliable characteristics or salvage sheets are available.

LPG is a mixture of propane and butane. The mixing ratio is 40:60 in the summer and 60:40 in the winter.

Propane ( $C_3H_8$ ) – an organic chemical compound from the alkane group, a colourless and odourless gas. It has a higher density than air. Propane is insoluble in water and is soluble in ethanol and diethyl ether. It is found in small amounts in natural gas and in larger amounts in crude oil. The boiling point is  $-43^\circ C$ .

Butane ( $C_4H_{10}$ ) – an organic chemical compound from the group of saturated hydrocarbons. The boiling point is  $-1^\circ C$ . Evaporation of butane stops at ca.  $-0,5^\circ C$ . This gas does not freeze, but simply stops boiling. And when the gas does not evaporate

zagłębienia – błotniki, komorę silnika, jak również szyby, wpusty itp. w miejscu eksploatacji. Gaz może tworzyć mieszanke wybuchową, jeżeli się ulatnia (np. w pustych przestrzeniach);

- nie należy gasić płomienia gazu, aby zapobiec pojawieniu / rozprzestrzenianiu się atmosfery wybuchowej, a także uwzględnić, że:
- metan jest lżejszy od powietrza i spala się całkowicie;
- zbiorniki na sprężony gaz są montowane w podwoziu, na dachu (autobusy) lub w przestrzeni bagażowej.

### Napędy na gaz skroplony LPG

Pojazdy zasilane gazem płynnym mają zazwyczaj napęd bivalentny. Silnik może być zasilany dwoma rodzajami paliwa: z jednej strony benzyną, a z drugiej gazem płynnym (mieszaniną propan-butanu).

Większość pojazdów zasilanych LPG jest modernizowana z zastosowaniem technologii LPG – ale dostępne są też pojazdy produkowane seryjnie. Tankowanie odbywa się na stacji paliw za pomocą specjalnego przyłącza. Stacje paliw są zaopatrywane w gaz LPG przez samochody-cysterny przystosowane do przewozu gazu LPG. Ponadto gaz płynny jest również transportowany koleją lub statkami.

### Cechy identyfikacyjne

1. Oznaczenia pojazdów – nie jest wymagane.
2. Dodatkowy króciec wlewu paliwa (np. na zderzaku lub w klapce wlewu paliwa).
3. Dodatkowy wskaźnik poziomu paliwa w zbiorniku.
4. Urządzenie sterujące do przełączania z LPG na benzynę.

### Właściwości LPG

Gaz płynny znany jest głównie jako autogas lub LPG. Jest tankowany oraz przechowywany w postaci ciekłej pod ciśnieniem 5–10 barów. LPG jest cięższy od powietrza (stosunek gęstości LPG/powietrze wynosi ok. 1,55), dlatego należy spodziewać się jego nagromadzenia w szybach i wykopach. Dolna granica wybuchowości wynosi 1,4%, górna – 10,9%.

Pierwotnie gaz skroplony jest bezbarwny i bezwonny, ale do dystrybucji jest nawaniany. Skroplony gaz jest przechowywany w zbiornikach, które mogą być zainstalowane pod pojazdem, ale także w komorze koła zapasowego. Ze względu na indywidualne wyposażenie pojazdu w taką instalację, dokładna lokalizacja zbiorników nie jest przewidywalna.

Doposażenie w LPG jest możliwe w pojazdach z różnymi silnikami benzynowymi, co oznacza, że nie są dostępne wiarygodne charakterystyki ani karty ratunkowe.

LPG jest mieszaniną propanu i butanu. Proporcje mieszania wynoszą 40:60 w okresie letnim oraz 60:40 w okresie zimowym.

Propan ( $C_3H_8$ ) – organiczny związek chemiczny z grupy alkanów, bezbarwny i bezwonny gaz. Ma większą gęstość od powietrza. Propan jest nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszcza się w etanolu i eterze dietylowym. Występuje w niewielkich ilościach w gazie ziemnym oraz w większych – w ropie naftowej. Temperatura wrzenia wynosi  $-43^\circ C$ .

Butan ( $C_4H_{10}$ ) – organiczny związek chemiczny z grupy węglowodorów nasyconych. Temperatura wrzenia to  $-1^\circ C$ . Parowanie butanu ustaje w temperaturze ok.  $-0,5^\circ C$ . Gaz ten nie zamarza,

– the gas system does not work. If we filled the LPG tank with pure butane, at  $-5^{\circ}\text{C}$ , the gas would be liquid. Winter temperatures drop as low as  $-30^{\circ}\text{C}$ , so LPG also includes propane, which stops boiling only at  $-43^{\circ}\text{C}$ . Therefore, winter gas contains about 60% propane and 40% butane – in this way the vapour pressure (volatility) of the gas is increased. The winter blend is refuelled at gas stations from December 1 to April 1, while the summer blend is refuelled from April 1 to December 1.

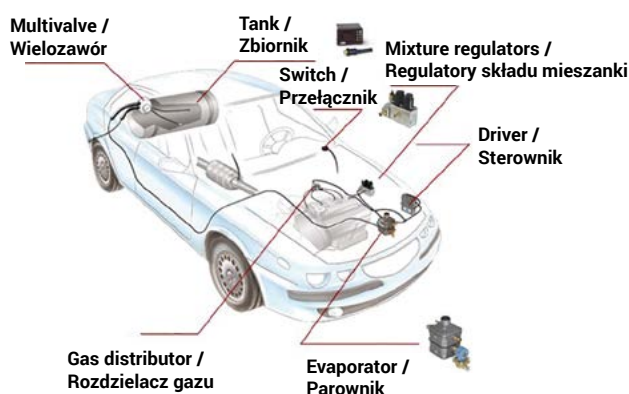
lecz po prostu przestaje wrzeć. A gdy gaz nie paruje – instalacja gazowa nie działa. Gdybyśmy zatankowali do zbiornika LPG czysty butan, to przy temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$ , gaz byłby płynny. Temperatury w zimie spadają nawet do  $-30^{\circ}\text{C}$ , dlatego w skład LPG wchodzi też propan, który przestaje wrzeć dopiero przy  $-43^{\circ}\text{C}$ . Dlatego gaz zimowy zawiera ok. 60% propanu, a butanu 40% – w ten sposób zostaje zwiększona prężność (lotność) par gazu.

Mieszanka zimowa jest tankowana na stacjach paliw w okresie od 1 grudnia do 1 kwietnia, letnia – od 1 kwietnia do 1 grudnia.

**Table 1.** Properties of LPG  
**Tabela 1.** Właściwości LPG

Parameter / Parametr	Gas in liquid state (liquefied) / Gaz w stanie ciekłym (skroplony)
Chemical formula / Formuła chemiczna	$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10}$
Density [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] / Gęstość [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	2.0–2.7
Colour / Barwa	Colourless / Bezbarwny
Smell / Zapach	Odourless / Bez zapachu
State of concentration / Stan skupienia	Gas / Gaz
Explosive limits [% vol] / Granice wybuchowości [% obj.]	1.5–9.5
Temperature class / Klasa temperaturowa	T2
Ignition energy [mJ] / Energia zapłonu [mJ]	0.29

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.



**Figure 9.** Diagram of LPG system in a passenger car  
**Rycina 9.** Schemat instalacji LPG w samochodzie osobowym  
Source / Źródło: <https://artgaz.pl/instalacje-gazowe-lpg/> [12].

**LPG tank [8]**

There are two basic shapes of containers:

- torus – capacity from 60 to 95 litres;
- cylindrical shape – capacity up to 200 litres.

Liquid gas is stored in a tank in liquid form at a pressure of 8–10 bar.

Safety features of the tank according to ECE-R-67 regulation [13]:

- material of the tank: LPG-1 – metal (steel in accordance with EN 10120:2017-10 [14]); LPG-4 – fully composite design (acceptable if the tanks have the same safety features (e.g. fully composite design));
- working pressure: 8-10 bar (permissible working pressure is 30 bar);
- burst pressure: at least 2.25 times the working pressure: 67 bar;

Below is an example of a liquid gas tank structure.

**Safety devices**

1. Electromagnetic shut-off valve.  
When the ignition is turned on, the valve opens and LPG flows into the engine. If the ignition is turned off again or the airbag control computer detects an accident, the valve closes automatically.
2. Adjusting the tank volume.  
LPG tank valves have a “float” that only allows 80% refuelling. This allows the gas to expand when exposed to heat.
3. Protection against wire breakage.  
The overflow protection valve closes in case of leaks or accidents.
4. Protection against overpressure in the tank.  
Prevents the LPG tank from bursting due to a high increase in pressure, For example, as a result of a fire. The overpressure protection is installed in such a way that it is possible to blow LPG outside the passenger compartment. This protection opens at > 27 bar and closes at < 27 bar.

If the vehicle is lying on its side or roof, the resulting flames may affect rescuers when the pressure relief valve is activated, as it is normally drained under the tank. Overpressure protection, i.e. as soon as the pressure inside the LPG tank rises to the permissible value, the valve opens. When the pressure is then reduced, the valve closes again. This does not mean that the tank is completely emptied, as with CNG – some residual amount always remains in the tank.

**Zbiornik LPG [8]**

Istnieją dwa podstawowe kształty pojemników:

- torus – pojemność od 60 do 95 litrów;
- kształt cylindryczny – pojemność do 200 litrów.

Gaz płynny jest przechowywany w zbiorniku w postaci ciekłej pod ciśnieniem 8–10 barów.

Cechy bezpieczeństwa zbiornika zgodnie z regulacją ECE-R-67 [13]:

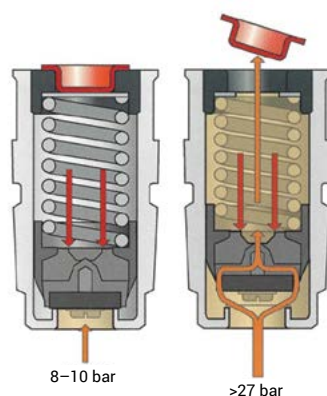
- materiał zbiornika: LPG-1 – metal (stal zgodnie z normą PN-EN 10120:2017-10 [14]); LPG-4 – konstrukcja całkowicie zespolona (dopuszczalne, jeśli zbiorniki mają takie same cechy bezpieczeństwa (np. konstrukcja całkowicie zespolona));
- ciśnienie robocze: 8–10 barów (dopuszczalne ciśnienie robocze wynosi 30 barów);
- ciśnienie rozrywające: co najmniej 2,25-krotność ciśnienia roboczego: 67 barów;

Poniżej przedstawiono przykładową strukturę zbiornika na gaz płynny.

**Urządzenia zabezpieczające**

1. Elektromagnetyczny zawór odcinający.  
Po włączeniu zapłonu zawór otwiera się i LPG płynie do silnika. Jeżeli zapłon zostanie ponownie wyłączony lub komputer kontrolujący poduszki powietrzne wykryje wypadek, zawór zamyka się automatycznie.
2. Regulacja objętości zbiornika.  
Zawory zbiorników LPG mają „pływak”, który pozwala na tankowanie tylko w 80%. Dzięki temu gaz może się rozszerzać pod wpływem ciepła.
3. Ochrona przed pęknięciem przewodu.  
Zawór zabezpieczający nadmierny wypływ zamyka się w przypadku wycieków lub wypadków.
4. Ochrona przed nadciśnieniem w zbiorniku.  
Zapobiega rozerwaniu zbiornika LPG na skutek wysokiego wzrostu ciśnienia, np. w wyniku pożaru. Zabezpieczenie przed nadciśnieniem jest zainstalowane w taki sposób, że możliwe jest wydmuchiwanie LPG poza przedział pasażerski. Zabezpieczenie to otwiera się przy > 27 barach a zamyka się przy < 27 barach.

Jeżeli pojazd leży na boku lub na dachu, powstające płomienie mogą przy uruchomieniu zaworu nadciśnieniowego oddziaływać na ratowników, ponieważ w normalnych warunkach jest on odprowadzany pod zbiornik. Zabezpieczenie przed nadciśnieniem, tzn. gdy tylko ciśnienie wewnątrz zbiornika LPG wzrośnie do wartości dopuszczalnej, zawór otwiera się. Gdy ciśnienie zostanie następnie zredukowane, zawór ponownie się zamyka. Nie oznacza to, że zbiornik jest całkowicie opróżniany, jak w przypadku CNG – pewna ilość resztkowa zawsze pozostaje w zbiorniku.



**Figure 10.** Operation of the pressure relief valve  
**Rycina 10.** Działanie zaworu nadciśnieniowego

**Source / Źródło:** Volkswagen AG.

### Conducting firefighting and rescue operations

In the event of a leak, LPG will collect in depressions in the area because the mixture is nearly twice as heavy as air. In flat terrain, the gas will trickle down, creating an explosion hazard zone. The size of this zone may depend on the weather conditions. Strong winds reduce the risk of explosion. Propane-butane is colourless. To measure concentrations, use explosimeters or multi-gas meters that are equipment for firefighting units.

Moreover:

1. During the reconnaissance, it is important to remember to visually inspect the exterior of the car; visually inspect underneath the car – whether there is gas coming out.
2. When conducting reconnaissance of an incident involving dangerous goods, involving an LPG vehicle, the information obtained from the driver or the use of transport documents should be applied.
3. For vehicle design information, rescue cards and QR code systems and the Crash Recovery System – if we have access (the system is licensed) should be used.
4. Close valves and shut-off devices, if possible.
5. Turn off the engine/ignition (solenoid valve closes).
6. Disconnect the battery, as there is a risk of sparking.
7. Ensure that firefighting current can be administered.
8. Beware of the smell of gas and the concentration of gas, LPG is heavier than air, so measurements should be taken in cavities (ditches, sewers, basements, etc.).
9. Keep potential sources of ignition (radios, cell phones) away.
10. In the event of a gas leak and a concentration in the explosive range of the gas-air mixture, the mixture (e.g. inside the vehicle) can be removed with a fan.
11. Note: when opening the door, the light comes on (possible sparking!).
12. Do not extinguish a burning gas flame to prevent the spread/appearance of an explosive atmosphere.

### Postępowanie podczas działań gaśniczych i ratowniczych

W przypadku wycieku, LPG będzie zbierał się w zagłębieniach terenu, ponieważ mieszanina jest blisko dwukrotnie cięższa od powietrza. W płaskim terenie gaz będzie ścielił się, tworząc strefę zagrożenia wybuchem. Wielkość tej strefy może zależeć od warunków atmosferycznych. Silny wiatr powoduje zmniejszenie ryzyka wybuchu. Propan-butan jest bezbarwny. Do pomiaru stężenia należy używać eksplozometrów lub mierników wielogazowych stanowiących wyposażenie jednostek straży pożarnej.

Ponadto:

1. Podczas rozpoznania należy pamiętać o oględzinach zewnętrznych samochodu; oględzinach pod samochodem – czy nie wypływa gaz.
2. Przy przeprowadzaniu rozpoznania zdarzenia z udziałem towarów niebezpiecznych, w którym uczestniczy pojazd napędzany gazem LPG, należy wykorzystać informacje uzyskane od kierowcy lub skorzystać z dokumentów przewozowych.
3. W celu uzyskania informacji dotyczących konstrukcji pojazdów należy korzystać z kart ratowniczych i systemów kodów QR oraz systemu Crash Recovery System – jeśli mamy dostęp (system jest licencjonowany).
4. Zamknąć zawory i urządzenia odcinające, jeśli to możliwe.
5. Wyłączyć silnik/zapłon (zawór elektromagnetyczny zamyka się).
6. Odłączyć akumulator, ponieważ istnieje ryzyko iskrzenia.
7. Zapewnić możliwość podania prądu gaśniczego.
8. Uważać na zapach gazu i stężenie gazu, LPG jest cięższy od powietrza, dlatego pomiary należy wykonywać w zagłębieniach (rowach, kanałach, piwnicach itp.).
9. Trzymać z dala potencjalne źródła zapłonu (radia, telefony komórkowe).
10. W przypadku wycieku gazu i stężenia w zakresie wybuchowym mieszaniny gazowo-powietrznej, mieszaninę (np. wewnątrz pojazdu) można usunąć za pomocą wentylatora.
11. Uwaga: przy otwieraniu drzwi zapala się światło (możliwość iskrzenia!).
12. Nie należy gasić palącego się płomienia gazu, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się/pojawieniu się atmosfery wybuchowej.

## Proceedings during firefighting of gas-powered alternative vehicles

The technical solutions and safeguards used in the vehicles are taken into account when developing procedures and instructions for conducting rescue and firefighting operations. Such solutions include, for example, triggering the airbags and shutting down the vehicle's engine by the control unit of the vehicle's active safety systems. In a conventionally driven vehicle, this usually happens by turning off the fuel pump and shutting off the fuel supply from the fuel tank through an automatically controlled shut-off valve. This prevents further leakage of flammable liquid – of course, only if the tank itself is not damaged. In addition, there is also often a so-called safe battery terminal, where the positive terminal to the starter is automatically disconnected by a pyrotechnic device. Disconnection prevents the starter wire from becoming trapped in electrically conductive parts of the body and causing a short circuit. All other receivers, as well as the airbags, are still supplied with voltage, so the presence of the safety battery terminal does not exempt the emergency services from disconnecting the 12-volt battery.

Disconnection should always take place before the vehicle is handed over to a towing service. It is important to remember to first disconnect the earthing, which in modern vehicles is usually the negative terminal, and then the second terminal, usually the positive one. Note: in older vehicles, such as old English or American vintage cars, the reverse may also be true.

Use personal protective equipment when disconnecting the positive terminal. The positive terminal also needs to be disconnected, as there is a possibility of a short circuit after a traffic accident if a metal object penetrates the battery.

In gas-powered vehicles, the tripping of the airbag results in the supply valves being closed and gas no longer flowing out. However, in electric, hybrid and fuel cell vehicles, the protective relays in the high-voltage battery open in such a situation. Therefore, the first important clue to the rescuer about the automatic shutdown of the vehicle's propulsion system may be the fact that the vehicle's safety cushion is deployed. During reconnaissance, those in charge of operations should look at the airbags as early as possible to ensure that the automatic safety measures indicated above have been initiated. If the airbags have not deployed, consider that the vehicle may not have them, or that it has not registered an accident, thus no automatic shutdown of the drive.

If the airbags have not deployed, approach the vehicle involved in the accident with extreme caution and turn off the ignition as soon as possible.

Hazards when the ignition is turned on:

- the vehicle may unintentionally start driving;
- airbags are still active, it is possible to deploy them later;
- fuel leakage (increased fire hazard).

Turning off the ignition causes the following:

- deactivation of the drive;

## Postępowanie podczas gaszenia pożaru pojazdów o gazowym napędzie alternatywnym

Stosowane w pojazdach rozwiązania i zabezpieczenia techniczne są uwzględniane podczas tworzenia procedur i instrukcji prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Do takich rozwiązań należy np. zadziałanie poduszek powietrznych i wyłączenie silnika pojazdu przez zespół sterujący aktywnymi systemami bezpieczeństwa w pojeździe. W konwencjonalnie napędzanym pojeździe dzieje się to najczęściej poprzez wyłączenie pompy paliwowej i zamknięcie dopływu paliwa ze zbiornika paliwa przez automatycznie sterowany zawór odcinający. Zapobiega to dalszemu wydostawaniu się łatwopalnej cieczy – oczywiście tylko wtedy, gdy sam zbiornik nie jest uszkodzony. Dodatkowo często występuje również tzw. bezpieczny zacisk akumulatora, gdzie dodatni zacisk do rozrusznika jest automatycznie odłączany przez urządzenie pirotechniczne. Rozłączenie zapobiega uwięzieniu przewodu rozrusznika w częściach nadwozia przewodzących prąd elektryczny i spowodowaniu zwarcia. Wszystkie pozostałe odbiorniki, a także poduszki powietrzne są nadal zasilane napięciem, dlatego obecność zacisku akumulatora bezpieczeństwa nie zwalnia służb ratowniczych z odłączenia akumulatora 12 V.

Odłączenie powinno nastąpić zawsze przed przekazaniem pojazdu do serwisu holowniczego. Należy pamiętać, aby najpierw odłączyć uziemienie, które w nowoczesnych pojazdach jest zwykle zaciskiem ujemnym, a następnie drugi zacisk, zwykle dodatni. Uwaga: w starszych pojazdach, np. w starych angielskich lub amerykańskich samochodach zabytkowych, może być również odwrotnie.

Podczas odłączania zacisku dodatniego należy stosować środki ochrony osobistej. Odłączenia wymaga także zacisk dodatni, ponieważ po wypadku drogowym istnieje możliwość wystąpienia zwarcia, jeśli metalowy przedmiot wbije się w akumulator.

W pojazdach zasilanych gazem zadziałanie poduszki powietrznej skutkuje tym, że zawory zasilające są zamknięte i gaz już nie wypływa. Natomiast w pojazdach elektrycznych, hybrydowych i z ogniwami paliwowymi w takiej sytuacji otwierają się przełączniki ochronne w akumulatorze wysokiego napięcia. Dlatego pierwszą ważną wskazówką dla ratownika o automatycznym wyłączeniu napędu pojazdu może być fakt uruchomienia poduszki bezpieczeństwa w pojeździe. Podczas rozpoznania kierujący działaniami powinni jak najwcześniej przyjrzeć się poduszkom powietrznym, aby upewnić się że zostały zainicjowane wskazane powyżej automatyczne środki bezpieczeństwa. Jeśli nie doszło do rozwinięcia poduszek powietrznych, należy wziąć pod uwagę, że pojazd może ich nie mieć lub że nie zarejestrował on wypadku, tym samym nie nastąpiło automatyczne wyłączenie napędu.

Jeśli nie doszło do rozwinięcia poduszek powietrznych, należy ze szczególną ostrożnością podejść do pojazdu uczestniczącego w wypadku i jak najszybciej wyłączyć zapłon.

Zagrożenia przy włączonym zapłonie:

- pojazd może w sposób niezamierzony rozpocząć jazdę;
- poduszki powietrzne są nadal aktywne, możliwe jest ich późniejsze rozwinięcie;

- interruption of voltage supply to the airbag control unit<sup>2</sup>;
- disconnection of energy storage (batteries) e.g., by solenoid shut-off valves<sup>3</sup>;
- opening of protective relays of high-voltage batteries.

These automatic shutdown processes after an accident do not relieve the emergency services from checking that the vehicle's ignition is still on!

First of all, always turn off the vehicle's ignition, even if the automatic shutdown process was initiated due to an airbag deployment. Emergency services should pay attention to this element when conducting rescue operations. However, it is important to remember that before turning off the ignition, the possibility of using all electrical receivers helpful in freeing the victims, such as seats, steering wheel or power windows, should be taken advantage of, and only then turn off the ignition. If your vehicle has a so-called memory function for seat and steering wheel adjustment, you should also remove the ignition key from the ignition to prevent the seats from unintentionally returning to a previously programmed position. Turning off the ignition usually also prevents the vehicle from unintentionally starting and moving, such as a fire, but does not completely rule it out! Therefore, vehicles must always be secured against rolling or driving away.

Energy storage batteries are mounted in the vehicle with as much protection as possible from the effects of a crash, usually in the rear axle region or in the chassis. These are the areas that are usually damaged allowing safety systems to act with a delay and are best protected in the event of a very severe frontal impact.

Furthermore, appropriate safety devices for alternative fuel storage systems are used to prevent the tank from bursting (e.g. due to excessive pressure).

Proper identification of the vehicle's propulsion by the emergency manager is crucial to the effectiveness of the operations, the safety of the injured and the rescuers. Therefore, an important duty of the commander is to determine the type of vehicle propulsion system and communicate this information to all the participants.

### Safe distance

Proper distances should be maintained:

- 350 meters in the event of a BLEVE threat;
- in case of visible gas/fog cloud at least 25 meters from the cloud.

<sup>2</sup> Preventing further airbag triggers. Note: Do not damage the airbag modules / components!

<sup>3</sup> Not for all vehicles (e.g. older models).

- wyciek paliw (zwiększone zagrożenie pożarowe).

Wyłączenie zapłonu powoduje:

- wyłączenie napędu;
- przerwanie dopływu napięcia do zespołu sterującego poduszek powietrznych<sup>2</sup>;
- odłączenie magazynu energii (baterii) np. przez elektromagnetyczne zawory odcinające<sup>3</sup>;
- otwarcie przekaźników ochronnych baterii wysokiego napięcia.

Te automatyczne procesy wyłączania po wypadku nie zwalniają służb ratowniczych od sprawdzenia, czy stacyjka pojazdu jest jeszcze włączona!

Przed wszystkim należy zawsze wyłączyć zapłon pojazdu, nawet jeśli proces automatycznego wyłączania został zainicjowany w związku z zadziałaniem poduszki powietrznej. Służby ratownicze powinny zwrócić uwagę na ten element podczas prowadzenia czynności ratowniczych. Trzeba jednak pamiętać, że przed wyłączeniem zapłonu należy wykorzystać możliwość użycia wszystkich odbiorników elektrycznych pomocnych przy uwalnianiu poszkodowanych, takich jak fotele, kierownica czy elektryczne szyby, a dopiero wówczas wyłączyć zapłon. Jeśli pojazd posiada tzw. funkcję pamięci regulacji foteli i kierownicy, należy również wyjąć kluczyk ze stacyjki, aby zapobiec niezamierzonemu powrotowi foteli do wcześniej zaprogramowanej pozycji. Wyłączenie zapłonu zazwyczaj zapobiega również niezamierzonemu uruchomieniu i przemieszczeniu się pojazdu, np. w wyniku pożaru, jednak nie wyklucza tego całkowicie! Dlatego też pojazdy muszą być zawsze zabezpieczone przed stoczeniem się lub odjechaniem.

Baterie magazynujące energię są montowane w pojeździe z zapewnieniem jak największej ochrony przed skutkami zderzenia, zwykle w rejonie tylnej osi lub w podwoziu. Są to obszary, które zazwyczaj ulegają uszkodzeniu z opóźnieniem pozwalającym zadziałać systemom bezpieczeństwa i w przypadku bardzo silnego uderzenia czołowego są najlepiej chronione.

Ponadto stosuje się odpowiednie urządzenia zabezpieczające dla układów magazynowania paliwa alternatywnego, które mają za zadanie zapobiegać rozerwaniu zbiornika (np. z powodu nadmiernie wysokiego ciśnienia).

Prawidłowa identyfikacja napędu pojazdu przez kierującego działaniami ratowniczymi ma kluczowe znaczenie dla skuteczności prowadzonych działań, bezpieczeństwa poszkodowanych i ratowników. Dlatego ważnym obowiązkiem dowódcy jest ustalenie rodzaju układu napędowego pojazdu i przekazanie tej informacji wszystkim uczestnikom.

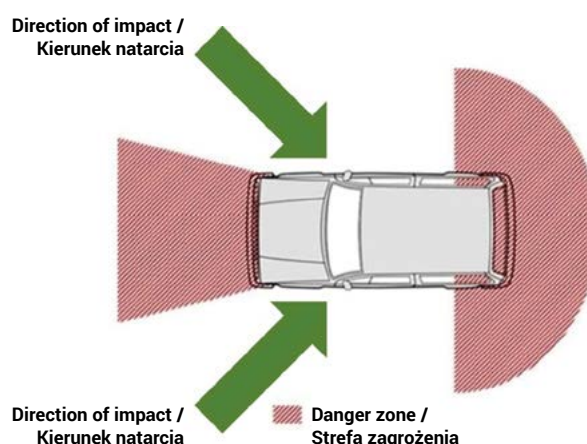
### Bezpieczna odległość

Należy zachować właściwe odległości:

- 350 metrów w przypadku zagrożenia wystąpieniem BLEVE;
- w przypadku widocznej chmury gazu/mgły co najmniej 25 metrów od chmury.

<sup>2</sup> Zapobieganie kolejnym wyzwoleniom poduszek powietrznych. Uwaga: Nie wolno uszkodzić modułów / komponentów poduszek powietrznych!

<sup>3</sup> Nie dla wszystkich pojazdów (np. starszych modeli).



**Figure 11.** Danger zones and impact paths during an alternative-powered car fire

**Rycina 11.** Strefy zagrożenia i drogi natarcia podczas pożaru samochodu z napędem alternatywnym

**Source / Źródło:** Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, *Informationsblatt E 20 Einsatz mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen und deren Peripherie* [15].

## Markings for alternative propulsion vehicles and their accessories introduced by ISO 17840-4

Detailed information in accordance with ISO 17840 should be developed and made available to emergency services on the vehicle brand's website:

- Rescue Card (Part 2);
- Emergency Response Guide: ERG (Part 3).

Always use the following 10 sections and symbols according to ISO 17840 Road vehicles – Information for first and second responders – Part 4: Propulsion energy identification [16]. Cards and guidelines should always be available in all necessary language versions.

## Oznakowania dotyczące pojazdów z napędami alternatywnymi i ich osprzętu wprowadzone normą ISO 17840-4

Szczegółowe informacje zgodnie z ISO 17840 powinny być opracowane i udostępnione służbom ratowniczym na stronie internetowej marki pojazdu:

- Karta Ratownicza (część 2);
- Przewodnik Działań Ratowniczych: ERG (część 3).

Zawsze należy stosować 10 poniższych rozdziałów oraz symbole zgodnie z ISO 17840 Road vehicles – Information for first and second responders – Part 4: Propulsion energy identification [16]. Karty i przewodniki powinny być zawsze dostępne we wszystkich niezbędnych wersjach językowych.

1. Identification/reconnaissance / Identyfikacja/rozpoznanie
2. Immobilization/stabilization/lifting / Unieruchomienie/stabilizacja/podnoszenie
3. Elimination of immediate danger/security requirements / Likwidacja bezpośredniego zagrożenia/wymogi bezpieczeństwa
4. Access to passengers / Dostęp do pasażerów
5. Energy sources/liquids/gases/solids / Źródła energii/ciecze/gazy/ciała stałe
6. Handling of a fire / Postępowanie w przypadku pożaru
7. Handling of immersion / Postępowanie w przypadku zanurzenia
8. Towing/transport/storage / Holowanie/transport/przechowywanie
9. Additional relevant information / Dodatkowe istotne informacje
10. Explanations of the used pictograms / Objaśnienia użytych piktogramów

**Figure 12.** Elements of the Rescue Card

**Rycina 12.** Elementy Karty Ratowniczej

**Source / Źródło:** RETEX – Wymiana doświadczeń CTIF, *Wypadek z udziałem samochodu ciężarowego napędzanego LNG* [10, p. 45].

In the event of an emergency, quick and correct identification of how the rescue team will power the vehicle's propulsion system is crucial to making correct decisions on rescue operations for the vehicle model. Information about the type of propulsion system and its risks should be up-to-date to the extent necessary and understandable. The following is an example scheme for identifying the power (energy) source of a vehicle's propulsion system.

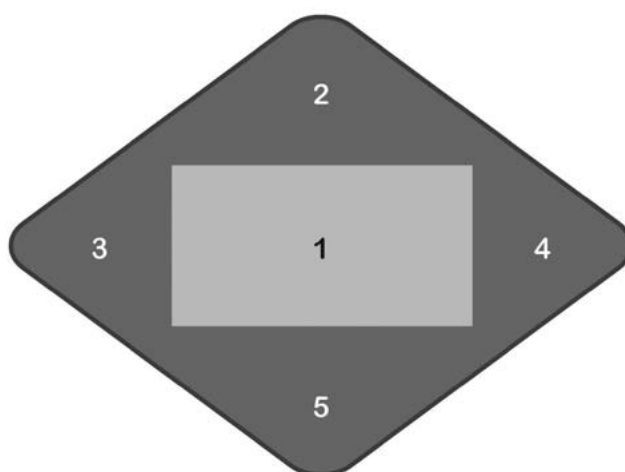
#### Layout and content of the identification label of type of drive energy

The label is in the shape of a rhombus with specific zones as shown in the figure below. All information on the label is presented in the form of a pictogram. The appearance of the label is identical throughout the world.

W przypadku zagrożenia szybka i prawidłowa identyfikacja sposobu zasilania napędu pojazdu przez zespół ratowniczy jest kluczowa dla podjęcia prawidłowych decyzji dotyczących działań ratowniczych w odniesieniu do modelu pojazdu. Informacje o rodzaju napędu i związanych z nią zagrożeniach powinny być aktualne w niezbędnym zakresie i zrozumiałe. Poniżej przedstawiony został przykładowy schemat identyfikacji źródła zasilania (energii) napędu pojazdu.

#### Układ i treść etykiety identyfikacyjnej rodzaju energii napędowej

Etykieta ma kształt rombu z określonymi strefami zgodnie z poniższym rysunkiem. Wszystkie informacje na etykiecie są przedstawione w formie piktogramu. Wygląd etykiety jest identyczny na całym świecie.



**Figure 13.** Label appearance and zones (1 – centre zone, 2 – upper zone, 3 – left zone, 4 – right zone, 5 – lower zone)

**Rycina 13.** Wygląd etykiety i podział na strefy (1 – strefa środkowa, 2 – strefa górna, 3 – strefa lewa, 4 – strefa prawa, 5 – strefa dolna)

**Source / Źródło:** ISO 17840-4:2018 Road vehicles – Information for first and second responders – Part 4: Propulsion energy identification [16].

The different zones on the label are reserved for the categories of information shown in Table 2.

Poszczególne strefy na etykiecie są zarezerwowane dla kategorii informacji przedstawionych w tabeli 2.

**Table 2.** Zones on the identification label

**Tabela 2.** Podział stref na etykiecie identyfikacyjnej

Zone / Strefa	Information category / Kategoria informacji
Centre / Środkowa	First energy source / Pierwsze źródło energii
Upper / Górna	Second energy source / Drugie źródło energii
Left / Lewa	Gas behaviour due to density / Zachowanie się gazu w zależności od gęstości
Right / Prawa	State of aggregation of stored gaseous fuel / Stan skupienia składowanego paliwa gazowego
Lower / Dolna	Reserved for future use / Zarezerwowane do przyszłego użytku

**Source:** Own elaboration based on [16].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [16].



Depending on the used drive, use the colour according to Table 3.

W zależności od zastosowanego napędu należy stosować kolor według tabeli 3.

**Table 3.** Use of colours for the identification label depending on the type of drive used

**Tabela 3.** Zastosowanie kolorów do oznaczenia etykiety identyfikacyjnej w zależności od zastosowanego rodzaju napędu

Colour / Kolor	Propulsion energy / Energia napędu
Grey / Szary	Liquid group 1 (diesel, bio diesel, ...) / Grupa płynów 1 (diesel, biodiesel, ...)
Dark red / Ciemnoczerwony	Liquid group 2 (petrol/gasoline, ethanol, ...) / Grupa płynów 2 (benzyna, etanol, ...)
Light blue / Jasnoniebieski	Hydrogen group (including fuel cell propulsion) / Wodór (w tym napęd na ogniwa paliwowe)
Green / Zielony	Compressed, Liquid Gas group (CNG, LPG, DME, ...) / Sprężony gaz ziemny (CNG, LPG, DME, ...)
White	Cryogen Gas Group (LNG, ...) / Skroplony gaz ziemny (LNG, ...)
Orange / Pomarańczowy	High voltage (class B voltage) / Wysokie napięcie (napięcie klasy B)

Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].

The background of the label is the colour of the first energy source. In case of hybrid or alternative fuel vehicles, the following order of occurrence applies to the first energy source shown in the middle zone:

- gaseous fuel;
- electric energy;
- liquid fuel.

With reference to the above, the label uses pictograms and zone descriptions as below.

Tło etykiety jest w kolorze głównego źródła energii. W przypadku pojazdów z napędem hybrydowym lub na paliwo alternatywne, w odniesieniu do pierwszego źródła energii pokazanego w strefie środkowej stosuje się następującą kolejność występowania:

- paliwo gazowe;
- energia elektryczna;
- paliwo płynne.




W nawiązaniu do powyższego na etykiecie stosuje się piktoqramy i opisy stref jak poniżej.

**Table 4.** Pictograms placed in the centre zone of the label

**Tabela 4.** Piktogramy umieszczane w strefie środkowej etykiety

First energy source / Pierwsze źródło energii	Pictogram (middle zone) / Piktogram (strefa środkowa)	Order of appearance / Kolejność występowania
Liquefied Petroleum Gas / Skroplony gaz płynny	<b>LPG</b>	1
Compressed Natural Gas / Sprężony gaz ziemny	<b>CNG</b>	1
Liquefied Natural Gas / Skroplony gaz ziemny	<b>LNG</b>	1
Di-Methyl Ether (gas) / Eter dimetylowy	<b>DME</b>	1
Hydrogen / Wodór	<b>H<sub>2</sub></b>	1





Ciąg dalszy tabeli na następnej stronie

Electric High Voltage (class B) / Wysokie napięcie (napięcie klasy B)		2
Fuel of liquid group 1 (diesel, biodiesel, ...) / Grupa płynów 1 (diesel, biodiesel, ...)		3
Fuel of liquid group 2 (petrol/gasoline, ethanol, ...) / Grupa płynów 2 (benzyna, etanol, ...)		3

Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].




**Table 5.** Pictograms placed in the upper zone of the label  
**Tabela 5.** Piktogramy umieszczane w strefie górnej etykiety

Second energy source / Drugie źródło energii	Pictogram (upper zone) / Piktogram (strefa górna)
Electric High Voltage (class B) / Wysokie napięcie (napięcie klasy B)	
Fuel of liquid group 1 (diesel, biodiesel, ...) / Grupa płynów 1 (diesel, biodiesel, ...)	
Fuel of liquid group 2 (petrol/gasoline, ethanol, ...) / Grupa płynów 2 (benzyna, etanol, ...)	
High pressure hydraulic oil accumulator (powered by compressed gas) / Wysokociśnieniowy akumulator oleju hydraulicznego (zasilany sprężonym gazem)	

Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].




**Table 6.** Pictograms placed in the lower zone of the label  
**Tabela 6.** Piktogramy umieszczane w strefie lewej etykiety

Gas behaviour due to density / Zachowanie się gazu w zależności od gęstości	Pictogram (left zone) / Piktogram (strefa lewa)
Gas, lighter than air / Gaz lżejszy od powietrza	
Gas, heavier than air / Gaz cięższy od powietrza	
Gas, heavier or lighter than air e.g. LNG / Gaz cięższy lub lżejszy od powietrza np. LNG	

Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].

**Table 7.** Pictograms placed in the right zone of the label  
**Tabela 7.** Piktogramy umieszczane w strefie prawej etykiety

State of aggregation of stored gaseous fuel / Stan skupienia magazynowanego paliwa gazowego	Pictogram (right zone) / Piktogram (strefa prawa)
Liquid / Ciecz	
Compressed / Sprężony	
Cryogenic / Kriogeniczny	












Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].

In accordance with the principles outlined above, Table 8 shows examples of the label designs that vehicles with a given propulsion system should have.

Zgodnie z zasadami przedstawionymi powyżej, w tabeli 8 przedstawione zostały przykładowe wzory etykiet, które powinny posiadać pojazdy z danym napędem.

**Table 8.** Example of sample labelling  
**Tabela 8.** Przykładowe oznakowanie etykiet identyfikacyjnych

Description / Opis	Label / Etykieta	Description / Opis	Label / Etykieta
Vehicle on CNG / Pojazd na CNG		Hybrid electric vehicle on fuel of liquid group 2 / Pojazd elektryczny hybrydowy na paliwo z grupy płynów 2	
Vehicle on LPG / Pojazd na LPG		Vehicle on hydrogen fuel cell electric vehicle / Pojazd na wodór Pojazd elektryczny na napęd na ogniwa paliwowe	
Vehicle on LNG / Pojazd na LNG		Vehicle on fuel of liquid group 1 / Pojazd na paliwo z grupy płynów 1	
Vehicle on DME / Pojazd na DME		Vehicle on fuel of liquid group 2 / Pojazd na paliwo z grupy płynów 2	
Dual fuel – CNG and diesel / Podwójne paliwo – CNG i diesel		Hybrid hydraulic oil vehicle on fuel of liquid group 1 / Hybrydowy pojazd z wysokociśnieniowym akumulatorem oleju hydraulicznego (zasilany sprężonym gazem) na paliwo z grupy płynów 1	
Electric vehicle / Pojazd elektryczny			

Source: Own elaboration based on [16].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [16].

## Conclusion

Gas propulsion systems – alternatives to the combustion ones (gasoline and diesel) - have been in use for more than a dozen years, to varying extents and scales. New technologies and fuels are being systematically implemented. The applied systems are being improved, including additional technical solutions and safeguards. This reality poses challenges that need to be adequately and systematically prepared for – through training, professional development, as well as the adaptation and implementation of new technologies, equipment and rescue facilities.

The authors also recognize the need to keep records of fires and local emergencies involving vehicles with different propulsion systems, as well as to collect data to develop accurate analyses and formulate conclusions about the hazards that occurred and the rescue and firefighting operations carried out, including their effectiveness. Further needs can be identified in the area of in-service training and education, including the development and updating of educational materials for training and improvement of rescuers and commanders of KSRG units. Such training should be conducted systematically using available effective methods in blended learning mode, for example, according to dedicated, customized and updated programs. It is also reasonable to urgently prepare and make available to the rescuers of fire protection units that are part of the KSRG a rescue database containing the information found in the rescue cards. Such a database should be created immediately and made available for ongoing in-service training, but especially for those directing rescue operations. Other needs that can be identified relate to general knowledge of today's alternative-propulsion vehicles. This is the information needed to conduct rescue operations and make the right decisions. The scope of this knowledge ranges from design, technical solutions and safety features to experience or tactics for conducting operations, as well as handling specific situations, with specific drives currently used in vehicles.

## List of abbreviations and definitions

**BLEVE (ang. boiling liquid xxpanding vapour explosion)** – an explosion caused by the release of energy associated with the rapid vaporization of a liquid, flammable or not, upon its sudden release from a container in which the liquid was at a pressure higher than atmospheric pressure and at a temperature exceeding its boiling point at atmospheric pressure. BLEVE is a phenomenon most often associated with the failure of pressure vent valves, tanks containing LNG with temperatures above its boiling point. The result can be an increase in the pressure and temperature of the gas cushion in the tank, followed by damage to the tank and a rapid discharge of gas. If a vessel containing superheated boiling pressurized liquid is suddenly damaged, the

## Podsumowanie

Napędy gazowe – alternatywne dla tych spalinowych (benzynowych i na olej napędowy) – są stosowane od kilkunastu lat w różnym zakresie i skali. Systematycznie wdrażane są nowe technologie i paliwa. Doskonalone są stosowane instalacje, m.in. w zakresie dodatkowych rozwiązań i zabezpieczeń technicznych. Rzeczywistość ta stawia wyzwania, do których należy się odpowiednio i systematycznie przygotowywać – poprzez szkolenia, doskonalenie zawodowe, a także dostosowywanie i wdrażanie nowych technologii, sprzętu oraz wyposażenia ratowniczego.

Autorzy dostrzegają również potrzebę prowadzenia ewidencji pożarów i miejscowych zagrożeń, w których uczestniczą pojazdy o różnych napędach oraz gromadzenia danych pozwalających na opracowywanie dokładnych analiz i formułowania wniosków dotyczących zaistniałych zagrożeń i prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych, w tym ich skuteczności. Kolejne potrzeby można wskazać w zakresie doskonalenia zawodowego i edukacji, w tym opracowywania i aktualizacji materiałów edukacyjnych na potrzeby szkolenia i doskonalenia ratowników oraz dowódców jednostek KSRG. Takie szkolenia powinny być systematycznie prowadzone z wykorzystaniem dostępnych efektywnych metod na przykład w trybie nauczania hybrydowego (ang. *blended learning*), według dedykowanych, dostosowywanych i aktualizowanych programów. Zasadne jest także pilne przygotowanie i udostępnienie ratownikom jednostek ochrony przeciwpożarowej wchodzących w skład KSRG bazy danych ratowniczych zawierających informacje znajdujące się w kartach ratowniczych. Baza taka powinna niezwłocznie powstać i być udostępniona na potrzeby bieżących szkoleń doskonalących, ale przede wszystkim kierującym działaniami ratowniczymi. Inne potrzeby, jakie można wskazać, dotyczą wiedzy ogólnej na temat współczesnych pojazdów z napędami alternatywnymi. To informacje niezbędne do prowadzenia działań ratowniczych i podejmowania właściwych decyzji. Zakres tej wiedzy dotyczy zarówno konstrukcji, rozwiązań technicznych i zabezpieczeń, jak i doświadczeń czy taktyki prowadzenia działań, a także postępowania w określonych sytuacjach, z konkretnymi napędami stosowanymi aktualnie w pojazdach.

## Wykaz skrótów i definicje

**BLEVE (ang. boiling liquid expanding vapour explosion)** – wybuch spowodowany wyzwoleniem energii związanym z gwałtownym odparowaniem cieczy, palnej lub nie, w momencie jej nagłego uwolnienia ze zbiornika, w którym ciecz ta znajdowała się pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego i w temperaturze przekraczającej jej temperaturę wrzenia pod ciśnieniem atmosferycznym. BLEVE jest zjawiskiem związanym najczęściej z niewydolnością ciśnieniowych zaworów odpowietrzających, zbiorników zawierających LNG o temperaturze przekraczającej jego temperaturę wrzenia. W wyniku tego może nastąpić wzrost ciśnienia i temperatury poduszki gazowej w zbiorniku, a następnie uszkodzenie zbiornika i gwałtowny wypływ gazu.

vaporized gas has several times the volume of the liquid. The resulting pressure increase leads to the generation of an explosive pressure wave (physical explosion) and comes solely from the adiabatic expansion of steam (gas). Thus, the main cause of a BLEVE is the rapid adiabatic evaporation of a liquid (in this case LNG).

A sample video illustration for this definition is available on YouTube [17].

**Lost energy (orphaned)** – any situation in which electricity remains in the battery without an effective way to remove it. If the battery is damaged and the circuit is broken, the stored energy cannot be removed, creating a hazard. Other than recycling, there is no approved way to remove lost energy [18].

**Secondary ignition** – secondary ignition is a new cell failure in a defective battery, resulting from the first failure. The term re-ignition is not an appropriate term for what happened, as it implies that the initial incident was not completed [18].

**Extreme behaviour of fire** – highly flammable gases released during thermal runaway quickly accumulate in compartments that reach upper explosive limits. When access is gained to these compartments, gases move with the air path and are lowered into the explosive compartment, where they can be ignited by arcing, short-circuiting or fire, resulting in extreme fire behaviour (EFB) [18].

**Thermal inspection** by the rescuers using a thermal imaging camera to determine the area of greatest heat on the battery's outer casing. Temperature checks should be carried out regularly during cooling operations after the cooling streams are turned off [18].

**Regenerative braking** – during braking, the electric engine acts as a generator, using the energy to charge the battery, thus recovering energy [18].

Jeżeli zbiornik zawierający przegrzaną wrzącą ciecz pod ciśnieniem zostaje nagle uszkodzony, odparowywany gaz ma kilka razy większą objętość niż objętość cieczy. Powstały wzrost ciśnienia prowadzi do generowania fali ciśnienia wybuchowego (wybuch fizyczny) i pochodzi wyłącznie z adiabaticznego rozprężania pary (gazu). Tak więc główną przyczyną BLEVE jest gwałtowne adiabaticzne odparowanie cieczy (w tym przypadku LNG).

Przykładowa filmowa ilustracja do tej definicji jest dostępna na YouTube [17].

**Energia utracona (osierocona)** – każda sytuacja, w której energia elektryczna pozostaje w akumulatorze bez skutecznego sposobu jej usunięcia. W przypadku uszkodzenia akumulatora i przerwania obwodu, zgromadzona energia nie może być usunięta, co stwarza zagrożenie. Poza recyklingiem nie ma zatwierzonego sposobu na usunięcie energii osieroconej [18].

**Zapłon wtórny** – zapłon wtórny to nowe uszkodzenie ogniwa w zepsutym akumulatorze, powstałe w wyniku pierwszej awarii. Zapłon wtórny może wystąpić po godzinach, dniach lub tygodniach od pierwszej awarii i bez ostrzeżenia. Określenie ponowny zapłon nie jest właściwym określeniem tego, co się stało, ponieważ sugeruje, że początkowy incydent nie został zakończony [18].

**Ekstremalne zachowanie się ognia** (ang. *extreme fire behaviour*, EFB) – wysoce łatwopalne gazy uwalniane podczas ucieczki termicznej szybko gromadzą się w przedziałach osiagających górne granice wybuchowości. Gdy uzyskuje się dostęp do tych przedziałów, gazy przemieszczają się wraz z torem powietrznym i są obniżane do przedziału wybuchowego, gdzie mogą zostać zapalone przez łuk elektryczny, zwarcie lub pożar, co powoduje ekstremalne zachowanie się ognia [18].

**Kontrola termiczna** przeprowadzana przez ratowników za pomocą kamery termowizyjnej w celu ustalenia obszaru największego nagrzania na obudowie zewnętrznej akumulatora. Kontrole temperatury powinny być przeprowadzane regularnie podczas operacji chłodzenia po wyłączeniu strumieni chłodzenia [18].

**Hamowanie regeneracyjne** – podczas hamowania silnik elektryczny działa jak generator, wykorzystując energię do ładowania akumulatora, odzyskując w ten sposób energię [18].

## Literature / Literatura

- [1] Portal Obserwator Logistyczny, <https://obserwatorlogistyczny.pl/2022/05/03/ile-jest-aut-z-lpg-w-polsce-na-swiecie-wyprzedza-nas-tylko-turcja/> [dostęp: 02.02.2023].
- [2] Zboina J., Kielin J., Bugaj G., Zalech J., Bąk D, *Działania ratowniczo-gaśnicze podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem alternatywnym cz.1 Pojazdy elektryczne*, „Safety & Fire Technology”, SFT vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 8–40, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.1>.
- [3] Heck J., *Alternative Fahrzeugantriebe im Feuerwehreinsatz*, Kohlhammer, 2018.
- [4] Landesschule und Technische Einrichtung für Brand- und Katastrophenschutz, *Alternative Antriebe für Kraftfahrzeuge. Eine Broschüre für die Feuerwehren Brandenburgs*, 2021.
- [5] <https://duon.pl/lepiejngaz/schemat-stacji-tankowania-pojazdow-lng-i-lcng> [dostęp: 11.03.2023].
- [6] *Bezpieczeństwo CNG/LNG/BIOMETAN. Bezpieczeństwo użytkowania paliwa w pojazdach*, <https://cng.auto.pl/bezpieczenstwo-cng/> [dostęp: 10.03.2023].
- [7] Regulamin nr 110 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji: I. Specjalnych elementów składowych pojazdów silnikowych wykorzystujących w swoim układzie napędowym sprężony gaz ziemny (CNG) lub skroplony gaz ziemny (LNG); II. Pojazdów w odniesieniu do montażu homologowanych specjalnych elementów składowych służących do wykorzystywania w ich układzie napędowym sprężonego gazu ziemnego (CNG) lub skroplonego gazu ziemnego (LNG) [2015/999], [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0630\(01\)&from=BG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0630(01)&from=BG) [dostęp: 11.03.2023].
- [8] Hellmann T., Cimolino U., *Alternative Fahrzeugantriebe*, Eco-med Sicherheit, 2022.
- [9] *Unfallhilfe & Bergen bei LNG-Fahrzeugen. Antworten auf häufig gestellte Fragen / FAQ (Frequently Asked Questions)*, Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.), 2021.
- [10] RETEX – Wymiana doświadczeń CTIF, *Wypadek z udziałem samochodu ciężarowego napędzanego LNG*, 2018.
- [11] Leszczuk K., *Bezpieczne LNG*, „Przegląd Pożarniczy” 2014, 1, 32.
- [12] *Instalacje LPG w Polsce*, witryna internetowa firmy ART-GAZ J. Płotkowiak, <https://artgaz.pl/instalacje-gazowe-lpg/> [dostęp: 12.03.2023].
- [13] Regulamin nr 67 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKGONZ) – Jednolite przepisy dotyczące: I. Homologacji specjalnego wyposażenia pojazdów kategorii M i N wykorzystujących w układzie napędowym skroplony gaz ropopochodny (LPG); II. Homologacji pojazdów kategorii M i N wyposażonych w specjalny układ wykorzystujący w układach napędowych skroplony gaz ropopochodny w zakresie montażu tego wyposażenia [2016/1829], [dostęp: 12.03.2023].
- [14] PN-EN 10120:2017-10 Blachy i taśmy stalowe na spawane butle do gazów.
- [15] Österreichischer Bundesfeuerwehrverband, *Informationsblatt E 20 Einsatz mit alternativ angetriebenen Fahrzeugen und deren Peripherie*, 2021.
- [16] ISO 17840-4:2018 Road vehicles - Information for first and second responders – Part 4: Propulsion energy identification.
- [17] BLEVE, film demonstracyjny, [https://www.youtube.com/watch?v=UM0jtD\\_OWL&list=PLp3CIPnuRs8AhYQYc6tOXpqqpmgPjRx0](https://www.youtube.com/watch?v=UM0jtD_OWL&list=PLp3CIPnuRs8AhYQYc6tOXpqqpmgPjRx0) [1.10.2022].
- [18] Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council, *Incidents Involving Electric Vehicles* (AFAC Publication No. 3096), AFAC, Melbourne 2022.
- [19] Bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci gazowych, [https://grupasilesia.com.pl/files/1714/1890/8208/Materialy\\_do\\_pobrania\\_-\\_g3.pdf](https://grupasilesia.com.pl/files/1714/1890/8208/Materialy_do_pobrania_-_g3.pdf) [dostęp: 10.03.2023].

**SEN. BRIG. JACEK ZBOINA, D.SC.** – Deputy Director for Certification and Acceptance at CNBOP-PIB. He graduated from the Main School of Fire Service, the Warsaw School of Economics and the Polish Naval Academy in Gdynia. In 2023 he obtained habilitation in the field of social sciences in the discipline of health sciences at the Faculty of Command and Naval Operations of the Naval Academy in Gdynia. He worked as Fire Risk Surveyor under the Chief Commandant of the State Fire Service. His research and professional interests include safety, fire protection, technical fire security systems, and compliance assessment. He is the author or co-author of several dozen scientific and specialist papers on safety, fire protection, technical security systems, product testing and certification, the practical use of new technologies, and the development of innovations. He has been involved in the implementation and management of research and research & development projects.

**ST. BRYG. DR HAB. INŻ. JACEK ZBOINA** – Z-ca Dyrektora ds. Certyfikacji i Dopuszczeń CNBOP-PIB. Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie oraz Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. W 2023 roku uzyskał stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk społecznych w dyscyplinie nauk o bezpieczeństwie na Wydziale Dowodzenia i Operacji Morskich Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Rzeczoznawca Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych. Jego zainteresowania badawcze oraz praca zawodowa obejmują: bezpieczeństwo, ochronę przeciwpożarową, techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz ocenę zgodności. Autor i współautor kilkudziesięciu publikacji naukowych oraz branżowych w zakresie bezpieczeństwa, ochrony przeciwpożarowej, technicznych systemów zabezpieczeń, badań, testowania i certyfikacji wyrobów, a także wykorzystania w praktyce nowych technologii i tworzenia innowacji. W działalności badawczej i zawodowej uczestniczy w pracach w projektach badawczych i badawczo-rozwojowych – zarówno w roli wykonawcy, jak i kierownika.

**SEN. BRIG. (RETD.) JAN KIELIN, M.SC. ENG.** – he graduated from the School of Fire Service Officers in Warsaw and the Higher School of Fire Service Officers in Warsaw. In 1975 he became a licensed fire risk surveyor. He has authored many publications and translations on fire protection.

**SEN. BRIG. GRZEGORZ BUGAJ, M.SC. ENG.** – a graduate of the Main School of Fire Service, master's degree in firefighting engineering. He completed postgraduate studies in the areas of: Safety and Protection of Man in the Work Environment (Central Institute for Labour Protection in Warsaw), Emergency Medicine (Medical Academy in Poznan), Safety of Nuclear Energy (Main School of Fire Service), CBRN security manager (Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz). Long-time commander of the Specialized Chemical and Ecological Rescue Group and member of the "CBRNDet Module" of the European Civil Protection Mechanism. Former Vice-Chancellor-Deputy Commandant for Operations at the Main School of Fire Service.

**SEN. BRIG. JACEK ZALECH, M.SC. ENG.** – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw, as well as postgraduate studies in emergency management. He also completed postgraduate Executive Master of Business Administration (MBA). He is an officer with 28 years of experience. He currently serves at the National Headquarters of the State Fire Service as Director of the Bureau of Operations Planning. Author or co-author of documents affecting the safe conduct of rescue operations. In particular, these are: standard rules for dealing with incidents involving acetylene cylinders, standard rules for dealing with incidents involving electric passenger vehicles, standard rules for dealing with incidents following a construction disaster.

**DAMIAN BAŁ, M.SC. ENG.** – a graduate of the Military University of Technology, Faculty of Electronics, field of study: electronics and telecommunication. An engineering and technical specialist at Certification Department at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB).

**ST. BRYG. W ST. SP. MGR INŻ. JAN KIELIN** – absolwent Szkoły Oficerów Pożarnictwa w Warszawie oraz Wyższej Oficerskiej Szkoły Pożarniczej w Warszawie. W roku 1975 uzyskał uprawnienia rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń ppoż. Autor wielu publikacji oraz tłumaczeń z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

**ST. BRYG. MGR INŻ. GRZEGORZ BUGAJ** – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, magister inżynier pożarnictwa. Ukończył studia podyplomowe na kierunkach: Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy (Centralny Instytut Ochrony Pracy w Warszawie), Medycyna ratunkowa (Akademia Medyczna w Poznaniu), Bezpieczeństwo energetyki jądrowej (Szkoła Główna Służby Pożarniczej), CBRN security manager (Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki). Wieloletni dowódca Specjalistycznej Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego oraz członek „Modułu CBRNDet” w ramach europejskiego mechanizmu ochrony ludności. Były Prorektor-Zastępca Komendanta ds. Operacyjnych Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

**ST. BRYG. MGR INŻ. JACEK ZALECH** – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, a także studiów podyplomowych z zakresu zarządzania w stanach zagrożenia. Ukończył również studia podyplomowe Executive Master of Business Administration (MBA). Jest oficerem z 28-letnim doświadczeniem. Obecnie pełni służbę w Komendzie Głównej Państwowej Straży Pożarnej na stanowisku Dyrektora Biura Planowania Operacyjnego. Autor lub współautor dokumentów mających wpływ na bezpieczeństwo prowadzenia działań ratowniczych. Są to w szczególności: standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z udziałem butli z acetylenem, standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z samochodami osobowymi z napędem elektrycznym, standardowe zasady postępowania po wystąpieniu katastrofy budowlanej.

**MGR INŻ. DAMIAN BAŁ** – absolwent Wojskowej Akademii Technicznej na wydziale Elektroniki na kierunku Elektronika i telekomunikacja. Specjalista inżynierjno-techniczny w Jednostce Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego.

Wiktor Wąsik<sup>a)</sup><sup>a)</sup> *The Main School of Fire Service / Szkoła Główna Służby Pożarniczej*  
Corresponding author / Autor korespondencyjny: [wwasik@sgsp.edu.pl](mailto:wwasik@sgsp.edu.pl)

## Evaluation of the Parameters of the Dispersed Stream Generated by Various Types of Water Nozzles

### Ocena parametrów strumieni rozpylonych wytwarzanych przez dysze wodne różnego typu

#### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of the research was to determine the parameters of the micro- and macro-structure of the streams generated by nozzles of different types, and to identify potential applications of the tested water nozzles, including firefighting and air pollution removal.

**Project and methods:** TF6 FCN, TF6 V, NF 15 and CW 50 water nozzles were tested. At supply pressures of 0.2 MPa, 0.4 MPa and 0.6 MPa, the basic parameters of micro- and macrostructure of the streams were measured and determined: flow rate, spray angle, mass distribution of liquid on the surface (spray intensity), non-uniformity of spray density distribution, and average droplet diameters and spray spectrum. A sputter spectrum analyser, using the photoelectric method, was used to determine the microstructural parameters of the stream.

**Results:** The tested nozzles generated dispersed streams with different parameters. Among the analysed nozzles, the highest degree of dispersion was obtained for the TF 6 FCN sample, whose average Sauter mean diameter (SMD) reached a value of 217.3  $\mu\text{m}$ . In comparison, for the NF15 nozzle, this parameter was 945  $\mu\text{m}$ . The spray spectra indicate a high homogeneity of water dispersion in the stream produced by the nozzles TF 6 FCN and CW 50. From the distribution of mass sprinkling density, the CW 50 nozzle shows the greatest uniformity of spraying. At the same time, however, it reports a small amount of water, since the value of the spray density for this product did not exceed 100  $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , while for the NF 15 nozzle it was more than 2,700  $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ . The obtained spray angles were close to those declared by the nozzle manufacturer. In the tests of all samples, a slight effect of supply pressure on the values of this parameter was observed.

**Conclusions:** Among other things, the tests made it possible to conclude that in the range of supply pressures of 0.2–0.6 MPa, the values of disperse angle and spray area of the analysed nozzles were constant or the recorded differences were insignificant. In addition, it was determined that in the case of nozzles with full spray cones, an increase in supply pressure (within the range of declared operating values) has little effect on changing the parameters of the micro- and macro-structure of the stream. The conducted tests showed the potential use of two nozzles (TF6 FCN, CW 50) in low-pressure fog extinguishing systems producing fog with SMD droplet diameters > 200  $\mu\text{m}$ . For the absorption of hazardous substances, it is recommended to use nozzles with a large spray angle and a full spray cone, which, as tests have shown, produce uniform streams with small droplet diameters.

**Keywords:** water nozzles, water spray, spray spectrum, mass spray density, water mist

**Type of article:** original research article

---

Received: 17.04.2023; Reviewed: 08.05.2023; Accepted: 10.05.2023;

Author's ORCID ID: 0000-0002-0934-3961;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 32–52 <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.2>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem badań było określenie parametrów mikro- i makrostruktury strumieni wytwarzanych przez dysze różnego typu oraz wskazanie potencjalnych zastosowań badanych dysz wodnych, w tym do gaszenia pożarów i usuwania zanieczyszczeń z powietrza.

**Projekt i metody:** Badaniom poddano dysze wodne TF6 FCN, TF6 V, NF 15 oraz CW 50. Przy ciśnieniu zasilania równym 0,2 MPa, 0,4 MPa oraz 0,6 MPa zmierzono i wyznaczono podstawowe parametry mikro- i makrostruktury strumieni: natężenie przepływu, kąt rozpylenia, rozkład masowy cieczy na powierzchni (intensywność zraszania), nierównomierność rozkładu gęstości zraszania oraz średnie średnice kropeł i widmo rozpylenia. Do określenia parametrów mikrostrukturalnych strumienia zastosowano analizator widma rozpylenia, wykorzystujący metodę fotoelektryczną.

**Wyniki:** Badane dysze generowały strumienie rozpylone o różnych parametrach. Wśród analizowanych dysz największy stopień dyspersji uzyskano dla próbki TF 6 FCN, której średnia średnica Sautera (SMD) dochodziła do wartości 217,3  $\mu\text{m}$ . Dla porównania w przypadku dyszy NF15 parametr ten wynosił 945  $\mu\text{m}$ . Widma rozpylenia wskazują na dużą jednorodność dyspersji wody w strumieniu wytworzonym przez dysze: TF 6 FCN i CW 50. Z rozkładu masowej gęstości zraszania wynika, że dysza CW 50 wykazuje największą równomierność zraszania. Jednocześnie podaje ona jednak małą ilość wody, ponieważ



wartość gęstości zraszania dla tego wyrobu nie przekroczyła  $100 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , podczas gdy dla dyszy NF 15 wynosiła ona ponad  $2700 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ . Uzyskane kąty rozpylenia były zbliżone do deklarowanych przez producenta dysz. W badaniach wszystkich próbek zaobserwowano niewielki wpływ ciśnienia zasilania na wartości tego parametru.

**Wnioski:** Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić m.in., że w przedziale ciśnień zasilania  $0,2\text{--}0,6 \text{ MPa}$  wartości kąta rozpylenia oraz powierzchni zraszania analizowanych dysz były stałe lub zarejestrowane różnice były nieznaczne. Dodatkowo ustalono, że w przypadku dysz o pełnych stożkach zraszania wzrost ciśnienia zasilania (w zakresie deklarowanych wartości pracy) ma mały wpływ na zmianę parametrów mikro- i makrostruktury strumienia. Przeprowadzone badania wykazały możliwości potencjalnego zastosowania dwóch dysz (TF6 FCN, CW 50) w niskociśnieniowych mgłowych systemach gaśniczych wytwarzających mgłę o średnicy kropelek  $\text{SMD} > 200 \mu\text{m}$ . Do celów absorpcji substancji niebezpiecznych rekomenduje się zastosowanie dysz o dużym kącie rozpylenia i pełnym stożku zraszania, które – jak pokazały testy – wytwarzają jednorodne strumienie o małej średnicy kropelek.

**Słowa kluczowe:** dysze wodne, rozpylanie wody, widmo rozpylenia, masowa gęstość zraszania, mgła wodna

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 17.04.2023; Zrecenzowany: 08.05.2023; Zaakceptowany: 10.05.2023;

Identyfikator ORCID autora: 0000-0002-0934-3961;

Proszę cytować: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 32–52, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.2>;

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

## Introduction

Liquid dispersion involves the breakup of a stream into droplets as a result of the supply of mechanical energy to the stream. Devices used to atomize liquids are called atomizers or spray nozzles [1–2]. Sprayed liquids are used, among other things:

- in agriculture when spraying and irrigating plants [3–5];
- in automobiles when spraying fuel introduced into the combustion chamber [6–7];
- in fire protection – in firefighting equipment and firefighting devices [8–12];
- in industry – in cooling, purification and neutralization systems for hazardous substances and dusts [13–20].

In addition, liquid spraying is now widely used in medicine, including, for example, for disinfection, especially important during the COVID 19 pandemic [21–23]. The multitude and variety of applications of atomized liquid streams makes the technical parameters and designs of nozzles very diverse. For this reason, some of the spray devices include:

- nozzles using the energy of the liquid itself (such as jet nozzles, vortex nozzles, vortex-jet nozzles, impact nozzles);
- nozzles using gas energy (such as pneumatic nozzles) or
- nozzles using other types of energy (such as rotary, electrostatic, acoustic and ultrasonic nozzles) [1–2].

Of the aforementioned, stream, vortex and stream-vortex nozzles have the largest range of applications. This is due to their simple design, low power requirements, low failure rate and price competitiveness compared to other nozzles [24–25]. Unfortunately, their limitation is the production of streams that exhibit very different parameters, usually more polydisperse compared to at least air atomizers. This is confirmed by numerous scientific studies conducted in Poland and abroad [19, 21, 26–30]. When selecting a spray device for a given application, a detailed analysis of the stream produced by the nozzle is necessary, mainly in terms of parameters such as flow rate, spray angle,

## Wstęp

Dyspersja cieczy wiąże się z rozpadem strugi na krople w wyniku dostarczania jej energii mechanicznej. Urządzenia służące do rozpylania cieczy nazywane są rozpylaczami lub dyszami rozpylającymi [1–2]. Rozpylone ciecze wykorzystywane są między innymi:

- w rolnictwie podczas oprysków i nawadniania roślin [3–5];
- w motoryzacji przy rozpylaniu paliwa wprowadzanego do komory spalania [6–7];
- w ochronie przeciwpożarowej – w sprzęcie pożarniczym i urządzeniach gaśniczych [8–12];
- w przemyśle – w układach chłodzenia, oczyszczania i neutralizacji substancji niebezpiecznych i pyłów [13–20].

Ponadto rozpylanie cieczy ma obecnie szerokie zastosowanie w medycynie, w tym np. do dezynfekcji, szczególnie ważnej w czasie pandemii COVID 19 [21–23]. Mnogość i różnorodność zastosowań rozpylonych strumieni cieczy sprawia, że parametry techniczne i konstrukcje rozpylaczy są bardzo zróżnicowane. Z tego względu wśród urządzeń rozpylających można wymienić m.in.:

- rozpylacze wykorzystujące energię samej cieczy (takie jak rozpylacze strumieniowe, rozpylacze wirowe, rozpylacze strumieniowo-wirowe, rozpylacze uderzeniowe);
- rozpylacze wykorzystujące energię gazu (takie jak rozpylacze pneumatyczne) czy
- rozpylacze wykorzystujące inne rodzaje energii (np. rozpylacze rotacyjne, elektrostatyczne, akustyczne i ultradźwiękowe) [1–2].

Spośród wymienionych wyżej największy zakres zastosowań mają rozpylacze: strumieniowe, wirowe i strumieniowo-wirowe. Wynika to z ich prostej budowy, małego zapotrzebowania na moc, małej awaryjności oraz konkurencyjności cenowej w porównaniu z pozostałymi rozpylaczami [24–25]. Niestety ich ograniczeniem jest wytwarzanie strumieni, które wykazują bardzo zróżnicowane parametry, zazwyczaj bardziej polidispersyjne w porównaniu chociażby z rozpylaczami pneumatycznymi. Potwierdzają

spray intensity or mass stream density, non-uniformity of spray intensity distribution, and average droplet diameters and spray spectrum. In numerous nozzle tests, their stream parameters are evaluated at different water supply pressures [17, 21, 23, 27–32]. The purpose is to determine the effect of this parameter on dispersion, and thus to identify potential limitations or advantages in the use of a particular nozzle.

This article contains the results of a test of the parameters of the streams produced by water nozzles of various types. The purpose of this research was to determine the potential application area of the analysed nozzles, especially in the context of fire-fighting and reducing the concentration of hazardous substances in the air. However, it should be emphasized that the presented results can also be helpful in determining the usefulness of the studied products in other areas, such as agriculture or industry. The research made it possible to select those design features of the nozzles that will be useful in the processes of extinguishing and neutralizing hazardous substances.

## Research methodology

The tests were carried out on a test bench with the following main components: a cubic test chamber with a side length of 1.2 m made of plastic, a water supply system consisting of, among other things, a water tank, a pump and piping with fittings, a power and control cabinet, a computer with software for control and data recording, and the water nozzles under test. In addition, the following items and measuring instruments constituted the equipment of the station:

- spray spectrum analyser [33],
- Pt 100 water temperature sensor (range up to 60°C),
- pressure sensor (range up to 1 MPa, accuracy class 0.5),
- electromagnetic flow meter (range up to 1000 dm<sup>3</sup>/h, accuracy 0.5% of measured value),
- precision scale (range up to 2 kg and accuracy of 0.01 g).

A diagram of the measuring bench is included in the publication [34]. The general appearance of the measuring bench is shown in Figure 1.

The following water nozzles were used in the study:

- spiral TF 6 FCN with a full spray cone and a maximum spray angle of 90° [35],
- spiral TF 6 V with a hollow spray cone and a maximum spray angle of 60° [36],
- with a flat NF 15 spray stream and a spray angle of about 65° [37],
- axial with full spray cone and a spray angle of 80° (CW 50) [38].

to liczne badania naukowe prowadzone w kraju i za granicą [19, 21, 26–30]. Przy doborze urządzenia rozpylającego do danego zastosowania niezbędna jest szczegółowa analiza wytwarzanego przez dyszę strumienia, głównie w kontekście parametrów, takich jak: natężenie przepływu, kąt rozpylenia, intensywność zraszania lub gęstość strumienia masy, nierównomierność rozkładu intensywności zraszania oraz średnie średnice kropeł i widmo rozpylenia. W licznych badaniach rozpylaczy ich parametry strumienia oceniane są przy różnych ciśnieniach zasilania wodą [17, 21, 23, 27–32]. Ma to na celu określenie wpływu tego parametru na dyspersję, a co za tym idzie wskazanie potencjalnych ograniczeń lub zalet w zastosowaniu danego rozpylacza.

Niniejszy artykuł zawiera wyniki badań parametrów strumieni wytwarzanych przez dysze wodne różnego typu. Celem tych badań było określenie potencjalnego obszaru zastosowania analizowanych dysz, zwłaszcza w kontekście gaszenia pożarów oraz ograniczania stężenia substancji niebezpiecznych w powietrzu. Należy jednak zaznaczyć, że zaprezentowane wyniki mogą być również pomocne w określeniu przydatności badanych wyrobów w innych obszarach, jak chociażby rolnictwo czy przemysł. Badania umożliwiły wytypowanie tych cech konstrukcyjnych dysz, które będą przydatne w procesach gaszenia oraz neutralizacji substancji niebezpiecznych.

## Metodyka badawcza

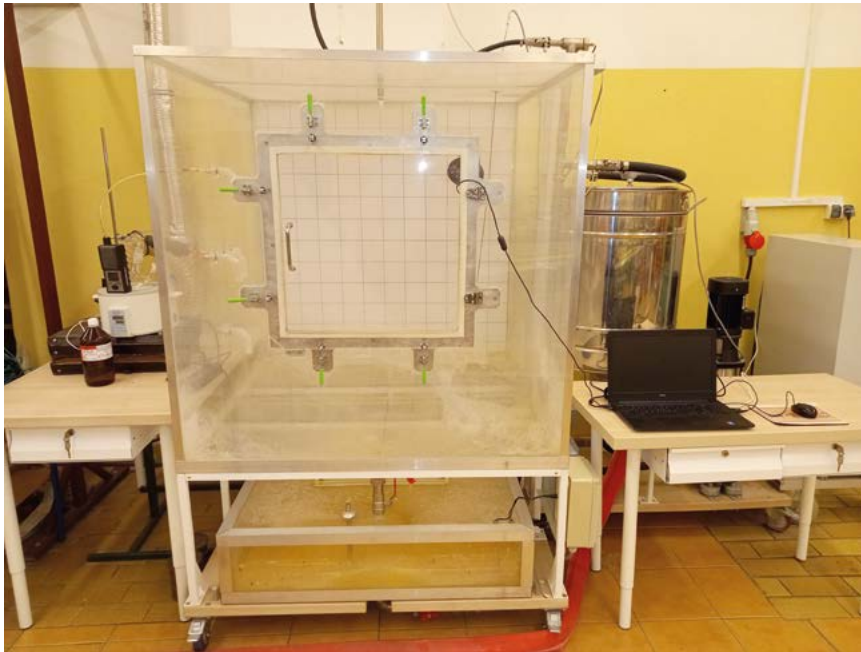
Badania zostały wykonane na stanowisku pomiarowym, z następującymi głównymi elementami: sześcienna komora badawcza o boku długości 1,2 m wykonana z tworzywa sztucznego, układ zasilania w wodę składający się m.in. ze zbiornika na wodę, pompy i przewodów rurowych z armaturą, szafy zasilająco-sterowniczej, komputera z oprogramowaniem do sterowania i rejestracji danych oraz badanych dysz wodnych. Ponadto wyposażenie stanowiska stanowiły następujące elementy i przyrządy pomiarowe:

- analizator widma rozpylenia [33],
- czujnik temperatury wody Pt 100 (zakres do 60°C),
- czujnik ciśnienia (zakres do 1 MPa, klasa dokładności 0,5),
- przepływomierz elektromagnetyczny (zakres do 1000 dm<sup>3</sup>/h, dokładność 0,5 % wartości mierzonej),
- waga precyzyjna (zakres do 2 kg i dokładności 0,01 g).

Schemat stanowiska pomiarowego zawarto w opracowaniu [34]. Ogólny wygląd stanowiska pomiarowego przedstawia rycina 1.

W badaniach użyto następujących dysz wodnych:

- spiralną TF 6 FCN o pełnym stożku zraszania i max. kącie rozpylenia 90° [35],
- spiralną TF 6 V o pustym stożku zraszania i max. kącie rozpylenia 60° [36],
- o płaskim strumieniu zraszania NF 15 i kącie rozpylenia około 65° [37],
- osiową o pełnym stożku zraszania i kącie rozpylenia 80° (CW 50) [38].



**Figure 1.** General appearance of the measuring bench  
**Rycina 1.** Ogólny wygląd stanowiska pomiarowego

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

The appearance of the tested nozzles is shown in Figure 2.

Wygląd badanych dyszy przedstawia rycina 2.



**Figure 2.** Tested nozzles (from left: TF 6 FCN, TF 6 V, NF 15, CW 50)  
**Rycina 2.** Dysze poddane badaniu (od lewej: TF 6 FCN, TF 6 V, NF 15, CW 50)

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

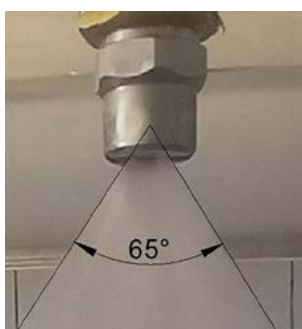
The following stream parameters were determined as part of the study: average number diameter of droplets  $D_n$  [34], average surface diameter of droplets  $D_s$  [39–40], average volumetric diameter of droplets  $D_v$  [41–42], average Sauter mean diameter SMD [22, 43], spray spectrum relative to diameter  $D_s$  and

W ramach badań wyznaczono następujące parametry strumienia: średnią średnicę ilościową kropel  $D_n$  [34], średnią średnicę powierzchniową kropel  $D_s$  [39–40], średnią średnicę objętościową kropel  $D_v$  [41–42], średnią średnicę Sautera SMD [22, 43], widmo rozpylenia względem średnicy  $D_s$  oraz średnicy powierzchniowej

surface diameter  $D_{s_{0,g}}$ , mass stream density distribution, sprinkler non-uniformity, flow rate and spray angle.

The spray angle  $\alpha$  is the apex angle of the spray [1], formed between two straight lines along the stream flowing out of the nozzle. This is an important parameter in the process of spraying water, which, among other things, determines the coverage of a surface or filling a space with water [26]. It also decides on the number of nozzles in the system and their mutual spacing in the piping system [23]. The value of the angle  $\alpha$  is strictly dependent on the dimensions and design of the nozzle, the properties of the fed liquid, the density of the medium in which the process takes place, and the operating conditions of the nozzle [24, 26].

The test of the spray angle was carried out using a photographic method, by taking pictures of the stream against a reference dimension table. However, it should be kept in mind that as the distance from the nozzle increases, the dispersed stream narrows, which is mainly due to the action of the surrounding gas, which is set in motion by the aspirating action of the stream [25]. Therefore, the zone directly at the nozzle outlet was considered for determining the angle  $\alpha$ . The angle was measured using a graphics program, in which the photograph was dimensioned. An example of how to determine the spray angle is shown in Figure 3.



**Figure 3.** Spray angle for NF 15 nozzle at 0.4 MPa pressure  
**Rycina 3.** Kąt rozpylenia dla dyszy NF 15 przy ciśnieniu 0,4 MPa

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

Another parameter determined in the tests was the density of the liquid stream ( $q_m$ ), defined as the ratio of the mass stream to the area perpendicular to the atomizer axis  $\Delta A$  [31]:

$$q_m = \frac{\Delta \dot{m}}{\Delta A} \quad (1)$$

where:

$q_m$  – density of the fluid mass stream [ $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ],  
 $\Delta \dot{m}$  – elementary stream of liquid mass [ $\text{g}/\text{s}$ ],  
 $\Delta A$  – elementary surface perpendicular to the axis of the nozzle [ $\text{m}^2$ ].

In a research [31] it was proved that for a spiral nozzle the values of mass stream density significantly change as a function of the height from which spraying occurs. For this reason, a fixed distance of the nozzle outlet from the top of the measuring containers was established in all tests.

$D_{s_{0,g}}$ , rozkład gęstości strumienia masy, nierównomierność zraszania, natężenie przepływu oraz kąt rozpylenia.

Kąt rozpylenia  $\alpha$  jest to kąt wierzchołkowy rozpylonego strumienia [1], utworzonego między dwiema liniami prostymi wzdłuż strumienia wypływającego z rozpylacza. Jest to ważny parametr w procesie rozpylania wody, który m.in. decyduje o pokryciu powierzchni lub wypełnieniu przestrzeni wodą [26]. Decyduje on również o liczbie dysz w instalacji i ich wzajemnym rozstawieniu w układzie rurociągów [23]. Wartość kąta  $\alpha$  jest ściśle zależna od wymiarów i budowy rozpylacza, właściwości podawanej cieczy, gęstości ośrodka, w którym zachodzi proces, oraz warunków pracy rozpylacza [24, 26].

Badanie kąta rozpylenia przeprowadzono metodą fotograficzną, przez wykonanie zdjęć strumienia na tle tablicy z wymiarami odniesienia. Należy jednak pamiętać, że wraz ze wzrostem odległości od dyszy rozpylony strumień ulega zwężeniu, co wynika głównie z działania otaczającego go gazu, który zostaje wprawiony w ruch przez zasysające działanie strumienia [25]. Z tego względu do wyznaczenia kąta  $\alpha$  uwzględniana była strefa bezpośrednio przy wylocie dyszy. Pomiaru kąta dokonano przy pomocy programu graficznego, w którym zwymiarowano fotografię. Przykładowy sposób wyznaczenia kąta rozpylenia przedstawiono na rycinie 3.

Kolejnym wyznaczanym w badaniach parametrem była gęstość strumienia cieczy ( $q_m$ ), określana jako stosunek strumienia masy do powierzchni prostopadłej względem osi rozpylacza  $\Delta A$  [31]:

$$q_m = \frac{\Delta \dot{m}}{\Delta A} \quad (1)$$

gdzie:

$q_m$  – gęstość strumienia masy cieczy [ $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ],  
 $\Delta \dot{m}$  – elementarny strumień masy cieczy [ $\text{g}/\text{s}$ ],  
 $\Delta A$  – elementarna powierzchnia prostopadła do osi rozpylacza [ $\text{m}^2$ ].

W badaniach [31] udowodniono, że dla dyszy spiralnych wartości gęstości strumienia masy znacząco zmieniają się w funkcji wysokości, z której następuje zraszanie. Z tego względu we wszystkich badaniach ustalono stałą odległość wylotu dyszy od górnej krawędzi pojemników pomiarowych.

Very often in scientific articles [17, 27, 44, 45] and standards [46–49], the density of the liquid stream is defined as the intensity of spraying and expressed in the unit mm/min or  $l/(m^2 \cdot \text{min})$ . For a given spraying area, in addition to the density of the mass stream, the inequality of the spray distribution ( $I$ ) was also determined. The parameter  $I$  was determined from the measurements of the nozzle's density distribution and calculated from the below equation [24].

$$I = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\text{eq}}} 100\% \quad (2)$$

where:

- $I$  – unevenness of the distribution of sprinkling density [%],
- $q_{\max}$  – maximum mass stream density in the analysed spray zone [ $g/(s \cdot m^2)$ ],
- $q_{\min}$  – minimum stream density in the analysed spray zone [ $g/(s \cdot m^2)$ ],
- $q_{\text{eq}}$  – average stream density in the analysed spray zone [ $g/(s \cdot m^2)$ ].

The test of the density of the liquid stream was performed using the weight method. Water was collected into cylindrical measuring containers with a diameter of 64.5 mm, which was then weighed and  $qm$  was calculated based on equation (1). In all tests, the distance of the nozzle outlet plane to the top edge of the measuring containers was  $1.0 \pm 0.01$  m. Water was applied in such a way as to achieve the longest possible spraying time, but not to overflow any of the measuring containers. The liquid stream density test was conducted for a quarter of the nozzle spray area. The measurement points were arranged according to the diagram shown in Figure 4. From the results obtained in Surfer<sup>®</sup>16 program by Golden Software, distributions of liquid stream density were made for the measurement space.

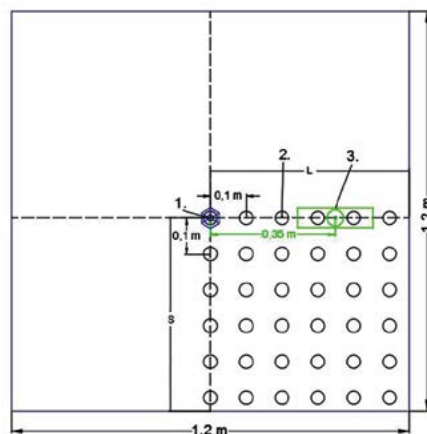
Bardzo często w artykułach naukowych [17, 27, 44, 45] i normach [46–49] gęstość strumienia cieczy jest określana jako intensywność zraszania i wyrażona jednostką mm/min lub  $l/(m^2 \cdot \text{min})$ . Dla danej powierzchni zraszania oprócz gęstości strumienia masy wyznaczono również nierównomierność rozkładu zraszania ( $I$ ). Parametr  $I$  wyznaczony został na podstawie pomiarów rozkładu gęstości zraszania dyszy i obliczany z poniższego wzoru [24].

$$I = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\text{eq}}} 100\% \quad (2)$$

gdzie:

- $I$  – nierównomierność rozkładu gęstości zraszania [%],
- $q_{\max}$  – maksymalna gęstość strumienia masy w analizowanej strefie zraszania [ $g/(s \cdot m^2)$ ],
- $q_{\min}$  – minimalna gęstość strumienia w analizowanej strefie zraszania [ $g/(s \cdot m^2)$ ],
- $q_{\text{eq}}$  – średnia gęstość strumienia w analizowanej strefie zraszania [ $g/(s \cdot m^2)$ ].

Badanie gęstości strumienia cieczy wykonano metodą wagową. Do cylindrycznych pojemników pomiarowych o średnicy 64,5 mm zbierano wodę, którą następnie ważono i na podstawie wzoru (1) obliczano  $qm$ . We wszystkich badaniach odległość płaszczyzny wylotu dyszy do górnej krawędzi pojemników pomiarowych wynosiła  $1,0 \pm 0,01$  m. Wodę podawano tak, by osiągnąć jak najdłuższy czas zraszania, lecz nie przepełnić żadnego z pojemników pomiarowych. Badanie gęstości strumienia cieczy przeprowadzono dla jednej czwartej obszaru zraszania dyszy. Punkty pomiarowe były rozmieszczone zgodnie ze schematem przedstawionym na rycinie 4. Z otrzymanych wyników w programie Surfer<sup>®</sup>16 firmy Golden Software wykonano rozkłady gęstości strumienia cieczy dla przestrzeni pomiarowej.



**Figure 4.** Arrangement of measurement points during testing of liquid stream density and microstructure parameters (top view of the base of the test chamber): 1 – position of the nozzle and measuring probe for testing the microstructure parameters of the spray stream produced by the NF 15 and CW 50 nozzle, 2 – measuring containers for testing the density of the stream of liquid, 3 – setting up a measuring probe to study the microstructure parameters of the spray streams of TF 6 FCN and FT6 V spiral nozzles

**Rycina 4.** Rozmieszczenie punktów pomiarowych podczas badania gęstości strumienia cieczy oraz parametrów mikrostruktury (rzut z góry na podstawę komory badawczej): 1 – położenie dyszy i sondy pomiarowej do badania parametrów mikrostruktury strumienia rozpylonego wytworzonego przez dyszę NF 15 i CW 50, 2 – pojemniki pomiarowe do badania gęstości strumienia cieczy, 3 – ustawienie sondy pomiarowej do badania parametrów mikrostruktury strumieni rozpylonych dysz spiralnych TF 6 FCN i FT6 V

**Source / Źródło:** W. Wąsik, M. Majder-Łopatka, W. Rogula-Kozłowska, *Influence of micro- and macrostructure of atomized water jets on ammonia absorption efficiency*, "Sustainability" 2022, 14, 9693, <https://doi.org/10.3390/su14159693> [34].

After establishing the parameters determining the stream's macrostructure, its microstructure was measured. The microstructure of the spray is most often parameterized by the mean and maximum droplet diameters, the uniformity and degree of atomization, the spray spectrum, and the specific surface area of the droplets [24]. The literature [22] defines equation (3), based on which it is possible to describe several typical types of droplet diameters. The results of this equation provide various information and are widely used [22].

$$D_{pq} = \sqrt[p-q]{\frac{\sum_{i=1}^m D_i^p \Delta n_i}{\sum_{i=1}^m D_i^q \Delta n_i}} \quad (3)$$

where:

- $D_i$  – diameter of droplets in a given range,
- $\Delta n_i$  – number of drops in a given range,
- $p, q$  – exponents to indicate a particular type of diameter, e.g. surface diameter  $D_{20}$  (or  $D_s$ ).

The most practical applications and the most commonly determined for nozzles are the mean diameter: surface  $D_{20}$  ( $D_s$ ) [34], volumetric  $D_{30}$  ( $D_v$ ) [41–42], and volume-surface, the so-called Sauter mean diameter  $D_{32}$  (SMD) [13, 18, 21, 26]. Of those listed, Sauter's mean diameter is the most universal and appears in publications from various scientific fields. It is particularly useful for determining the course of heat and mass transfer processes (e.g. cooling, absorption) [2]. The diameter of the SMD droplets is determined by the below equation [22]:

$$D_{32} = \text{SMD} = \frac{\sum_{i=1}^{n=i} \Delta n_i \cdot D_i^3}{\sum_{i=1}^{n=i} \Delta n_i \cdot D_i^2} \quad (4)$$

where:

- SMD – Sauter's mean diameter,  $\mu\text{m}$ ,
- $D_i$  – diameter of droplets in a given range,  $[\mu\text{m}]$ ,
- $\Delta n_i$  – number of drops in a given interval, pcs.

The percentage of droplets with specific diameters/volumes in the total distribution of the spray spectrum is indicated by the symbols  $D_{V50}$ ,  $D_{V10}$  and  $D_{V90}$  ( $D_{0,90}$ ),  $D_{V95}$  ( $D_{0,95}$ ), or  $D_{S90}$  ( $D_{S0,9}$ ), for example [1, 17, 21, 23, 26]. For instance, the  $D_{S90}$  diameter represents the value for which 90% of the total area of the produced droplets is achievable. A measure of the uniformity of the spray is the difference between these diameters [23], as detailed in [1] and [24]. Moreover, diameter values representing shares of more than 90% of the total volume or surface area of the spray are often the basis for determining the maximum spray diameter  $D_{max}$  [2].

An IPS droplet spectrum analyser (AWK) was used to study the microstructure of dispersed water streams. In operation, the instrument uses the photoelectric method and is often used in scientific research [17, 42, 45, 15]. In the measuring probe of the AWK analyser, the light signal is changed to an electrical

Po wyznaczeniu parametrów określających makrostrukturę strumienia dokonano pomiarów jej mikrostruktury. Mikrostruktura rozpylonego strumienia jest najczęściej parametryzowana przez średnie i maksymalne średnice kropeł, jednorodność i stopień rozpylenia, widmo rozpylenia oraz powierzchnię właściwą kropeł [24]. W literaturze [22] określono równanie (3), na podstawie którego istnieje możliwość opisanie kilku typowych rodzajów średnic kropeł. Wyniki tego równania dostarczają różnych informacji i znajdują szerokie wykorzystanie [22].

$$D_{pq} = \sqrt[p-q]{\frac{\sum_{i=1}^m D_i^p \Delta n_i}{\sum_{i=1}^m D_i^q \Delta n_i}} \quad (3)$$

gdzie:

- $D_i$  – średnica kropeł w danym przedziale,
- $\Delta n_i$  – liczba kropeł w danym przedziale,
- $p, q$  – wykładniki do oznaczania danego rodzaju średnicy np. średnica powierzchniowa  $D_{20}$  (lub  $D_s$ ).

Największe zastosowanie praktyczne oraz najczęściej wyznaczone dla rozpylaczy są średnia średnica: powierzchniowa  $D_{20}$  ( $D_s$ ) [34], objętościowa  $D_{30}$  ( $D_v$ ) [41–42], i objętościowo-powierzchniowa, tak zwana średnia średnica Sautera  $D_{32}$  (SMD) [13, 18, 21, 26]. Spośród wymienionych najbardziej uniwersalna i pojawiająca się w publikacjach z różnych dziedzin nauki jest średnia średnica Sautera. Jest ona szczególnie przydatna do określenia przebiegu procesu wymiany ciepła i masy (np. chłodzenie, absorpcja) [2]. Średnica kropeł SMD wyznaczana jest na podstawie poniższego wzoru [22]:

$$D_{32} = \text{SMD} = \frac{\sum_{i=1}^{n=i} \Delta n_i \cdot D_i^3}{\sum_{i=1}^{n=i} \Delta n_i \cdot D_i^2} \quad (4)$$

gdzie:

- SMD – średnica średnica Sautera,  $\mu\text{m}$ ,
- $D_i$  – średnica kropeł w danym przedziale,  $[\mu\text{m}]$ ,
- $\Delta n_i$  – liczba kropeł w danym przedziale, szt.

Udział procentowy kropeł o określonych średnicach/objętości w całości rozkładu widma rozpylonego oznacza się np. symbolami  $D_{V50}$ ,  $D_{V10}$  i  $D_{V90}$  ( $D_{0,90}$ ),  $D_{V95}$  ( $D_{0,95}$ ), czy  $D_{S90}$  ( $D_{S0,9}$ ) [1, 17, 21, 23, 26]. Dla przykładu średnica  $D_{S90}$  oznacza wartość, dla której osiągalny jest poziom 90% łącznej powierzchni wytwarzanych kropeł. Miarą jednorodności rozpylenia jest różnica między tymi średnicami [23], co szczegółowo opisano w [1] i [24]. Ponadto wartości średnicy stanowiącej udziały powyżej 90% całej objętości lub powierzchni rozpylonej cieczy są często podstawą do określania średnicy maksymalnej rozpylenia  $D_{max}$  [2].

Do badania mikrostruktury rozpylonych strumieni wody wykorzystano analizator widma kropeł IPS (AWK). W działaniu przyrząd wykorzystując metodę fotoelektryczną i jest często stosowany w badaniach naukowych [17, 42, 45, 15]. W sondzie pomiarowej analizatora AWK następuje zmiana sygnału świetlnego na impuls

pulse corresponding to the given diameter of the droplet moving through the measuring space [33]. The analyser has a measurement range of  $0.5 \mu\text{m}$  to  $3,000 \mu\text{m}$ , and during the tests the instrument was set to have a minimum data recording time of 180 seconds. The measuring probe was positioned in the area with the highest spraying intensity. In the tests of spiral nozzles, the analyser's measuring probe was not positioned directly under the nozzle but in the area of the main spraying ring, as explained by the tests described in [27]. The position of the measuring probe during testing is shown in Figure 4. As part of the results obtained from AWK, the following parameters were analysed: average diameters  $D_n$ ,  $D_s$ ,  $D_v$ ,  $SMD$ , sputtering spectrum relative to diameter  $D_s$  and surface diameter  $D_{s0,9}$ .

In the tests of microstructure parameters, the plane of the nozzle outlet was  $0.8 \pm 0.01$  m away from the top edge of the inlet of the analyser's measuring probe. Tests of all stream parameters for each nozzle were performed at supply pressures of 0.2 MPa, 0.4 MPa, 0.6 MPa. The water pressure was measured directly in front of the water nozzle.

The following general criteria and measurement uncertainties were used in the tests:

- uncertainty of spray angle measurement  $\pm 2^\circ$ ,
- uncertainty of length measurement  $\pm 0.01$  m,
- uncertainty of droplet diameter measurement based on [24, 33] for the number of droplets above 35,000  $\pm 2\%$ , and below 35,000  $\pm 5\%$ ,
- deviation from the set value of the nozzle supply pressure  $\pm 0.005$  MPa,
- uncertainty of time measurement  $\pm 1$  s,
- set water temperature in the range of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,
- set ambient temperature in the range of  $20 \pm 4^\circ\text{C}$ .

## Test results

The obtained results are shown in Tables 1–4 and Figures 5–12. In all illustrations containing dispersed spectra, the following symbols were used:  $B_s$  – the percentage of a given interval of  $D_s$  diameters in the entire distribution,  $\Phi$  – the value of the distribution's characteristic,  $D_{si}$  – the value of the average of  $D_s$  diameters in the  $i$ -th interval. The mass density distribution of the spray at 0,0 marked with a circle shows the axis of water outflow from the tested nozzle.

elektryczny odpowiadający danej średnicy kropli przemieszczającej się przez przestrzeń pomiarową [33]. Analizator posiada zakres pomiarowy od  $0,5 \mu\text{m}$  do  $3000 \mu\text{m}$ , a w czasie badań przyrząd był ustawiony tak, by czas rejestracji danych wynosił minimum 180 sekund. Sondę pomiarową ustawiono w obszarze o największej intensywności zraszania. W badaniach dysz spiralnych sonda pomiarowa analizatora nie była ustawiona bezpośrednio pod dyszą tylko w obszarze głównego pierścienia zraszania, co zostało wyjaśnione badaniami opisanymi w [27]. Położenie sondy pomiarowej w czasie badań przedstawiono na rycinie 4. W ramach wyników uzyskanych z AWK analizie poddano następujące parametry: średnie średnice  $D_n$ ,  $D_s$ ,  $D_v$ ,  $SMD$ , widmo rozpylenia względem średnicy  $D_s$  oraz średnicy powierzchniowej  $D_{s0,9}$ .

W badaniach parametrów mikrostruktury płaszczyzna wylotu dyszy była oddalona o  $0,8 \pm 0,01$  m od górnej krawędzi wlotu sondy pomiarowej analizatora.

Badania wszystkich parametrów strumienia dla każdej z dysz były wykonywane przy ciśnieniu zasilania wynoszącym 0,2 MPa, 0,4 MPa, 0,6 MPa. Ciśnienie wody mierzono bezpośrednio przed dyszą wodną.

W badaniach zastosowano następujące kryteria ogólne i niepewności pomiarowe:

- niepewność pomiaru kąta rozpylenia  $\pm 2^\circ$ ,
- niepewność pomiaru długości  $\pm 0,01$  m,
- niepewność pomiaru średnicy kropelek na podstawie [24, 33] dla liczby kropelek powyżej 35000  $\pm 2\%$ , a poniżej 35000  $\pm 5\%$ ,
- odchylenie od zadanej wartości ciśnienia zasilania dyszy  $\pm 0,005$  MPa,
- niepewność pomiaru czasu  $\pm 1$  s,
- zadana temperatura wody w przedziale  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,
- zadana temperatura otoczenia w przedziale  $20 \pm 4^\circ\text{C}$ .

## Wyniki badań

Otrzymane wyniki badań zostały przedstawione w tabelach 1–4 oraz na rycinach 5–12. Na wszystkich ilustracjach zawierających widma rozpylenia zastosowano następujące oznaczenia:  $B_s$  – udział procentowy danego przedziału średnic  $D_s$  w całym rozkładzie,  $\Phi$  – wartość dystrybuanty rozkładu,  $D_{si}$  – wartość średniej średnic  $D_s$  w  $i$ -tym przedziale. Na rozkładach masowej gęstości zraszania w punkcie 0,0 oznaczonym kołem przedstawiono oś wypływu wody z badanej dyszy.

**Table 1.** Test results for TF 6 FCN nozzle  
**Tabela 1.** Wyniki badań dla dyszy TF 6 FCN

Parameter / Parametr	Unit / Jednostka	Symbol / Symbol	Supply pressure of the nozzle / Ciśnienie zasilania dyszy		
			0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa
Number of counted droplets / Liczba zliczonych kropeł	[pcs.] / [szt.]	N	66,219	69,287	65,656
Measurement time of microstructure parameters / Czas pomiaru parametrów mikrostruktury	[sec.] / [sek.]	t	180	180	180
Average quantity diameter / Średnia średnica ilościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>n</sub>	160.5	133.8	135.6
Average surface diameter / Średnia średnica powierzchniowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>s</sub>	184.5	158.4	156.5
Average volume diameter / Średnia średnica objętościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>v</sub>	205.4	180.2	174.6
Average Sauter's mean diameter / Średnia średnica Sautera	[ $\mu\text{m}$ ]	SMD	254.8	233.4	217.3
90% surface diameter / Średnica powierzchniowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>S0,9</sub>	383.5	360.5	324.5
90% volume diameter / Średnica objętościowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>V0,9</sub>	419.5	399.5	357.0
Supply pressure of the nozzle (average) / Ciśnienie zasilania dyszy (średnia)	[MPa]	p	0.200	0.401	0.597
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[MPa]	$\delta p$	0.001	0.001	0.001
Nozzle performance (average) / Wydajność dyszy (średnia)	[dm <sup>3</sup> /h]	Q	281.01	392.08	483.66
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[dm <sup>3</sup> /h]	$\delta Q$	0.45	0.27	0.32
Spray angle / Kąt rozpylenia	[°]	$\alpha$	84	84	84
Maximum spraying density / Kąt rozpylenia	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>max</sub>	143.8	129.8	201.3
Minimum spraying density / Minimalna gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>mini</sub>	7.48	23.03	37.16
Average spraying density / Średnia gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>eq</sub>	58.93	76.14	82.14
Distribution irregularity of spraying density / Nierównomierność rozkładu gęstości zraszania	[%]	I	231.25	140.20	199.84

Source: Own elaboration.  
 Źródło: Opracowanie własne.

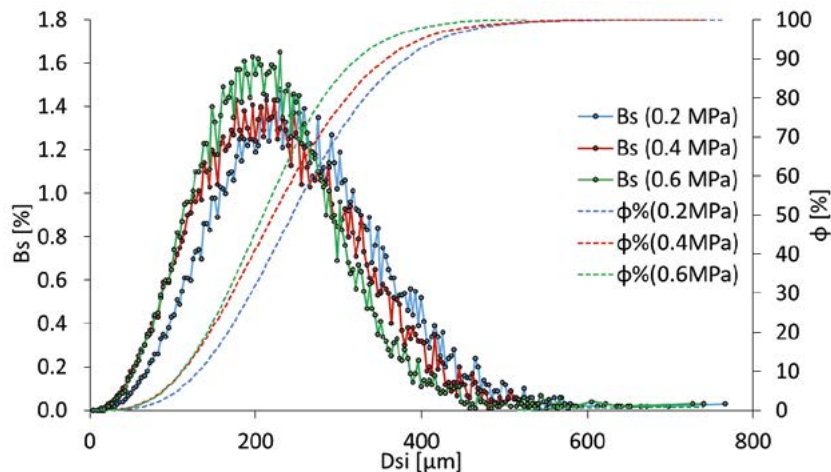
The tested TF 6 FCN nozzle has flow rates close to the manufacturer's data, but the determined spray angle is slightly smaller than declared [35]. It should be pointed out that the change in supply pressure does not, for the TF 6 FCN nozzle, cause significant changes in the spray angle, as well as in the average diameters of the produced droplets. Even with a maximum diameter

Badana dysza TF 6 FCN posiada przepływy zbliżone do danych producenta, jednak wyznaczony kąt rozpylenia jest nieco mniejszy od deklarowanego [35]. Należy zauważyć, że zmiana ciśnienia zasilania nie powoduje dla dyszy TF 6 FCN istotnych zmian kąta rozpylenia, jak również średnich średnic wytwarzanych kropeł. Nawet w przypadku średnicy maksymalnej  $D_{S0,9}$ ,



of  $D_{50,9}$ , an increase in nozzle supply pressure from 0.2 MPa to 0.6 MPa resulted in a change of only 50  $\mu\text{m}$  in this parameter. This shows that in the analysed pressure range in terms of microstructure, the nozzle shows high stability.

wzrost ciśnienia zasilania dyszy z 0,2 MPa na 0,6 MPa spowodował zmianę wartości tego parametru o zaledwie 50  $\mu\text{m}$ . Świadczy to o tym, że w analizowanym zakresie ciśnień pod względem mikrostrukturalnym dysza wykazuje dużą stabilność.

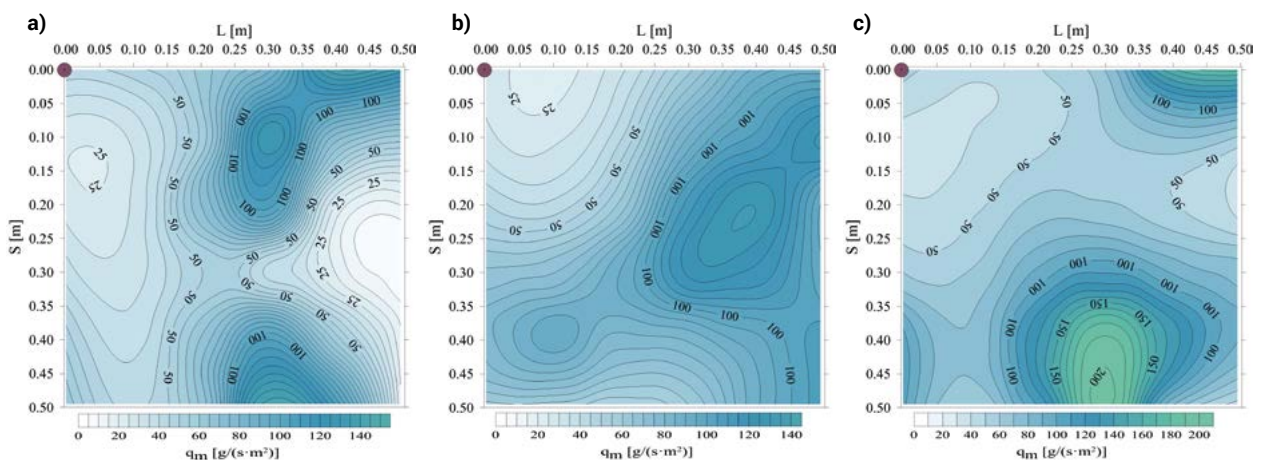


**Figure 5.** Spray spectrum for TF 6 FCN nozzle  
**Rycina 5.** Widmo rozpylenia dla dyszy TF 6 FCN

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

Evaluating the tested nozzle against standards [48–49] for water fog used for firefighting purposes, the TF 6 FCN nozzle can be considered a fog nozzle. Water fog is a water stream generated by a nozzle for which the value of  $D_{v0,9}$  is less than 1000  $\mu\text{m}$  at the minimum pressure of its supply [42, 48]. After converting the data obtained for the TF6 FCN nozzle at a supply pressure of 0.2 MPa, the  $D_{v0,9}$  value is about 420  $\mu\text{m}$ . It is worth emphasizing that, according to NFPA 750 [49], this is the value to classify the produced water fog into class three.

Oceniając badaną dyszę względem standardów [48–49] dla mgły wodnej stosowanej do celów gaśniczych, można uznać, że dysza TF 6 FCN jest dyszą mgłową. Mgła wodna to strumień wody generowany przez dyszę, dla którego wartość  $D_{v0,9}$  jest mniejsza niż 1000  $\mu\text{m}$  przy minimalnym ciśnieniu jej zasilania [42, 48]. Po przeliczeniu danych uzyskanych dla dyszy TF6 FCN przy ciśnieniu zasilania 0,2 MPa wartość  $D_{v0,9}$  wynosi około 420  $\mu\text{m}$ . Warto zaznaczyć, że zgodnie z normą NFPA 750 [49] jest to wartość pozwalająca zaklasyfikować wytwarzaną mgłę wodną do klasy trzeciej. Niemniej jednak granica między drugą a trzecią klasą mgły wodnej wynosi 400  $\mu\text{m}$  i przy większych ciśnieniach zasilania dyszy TF 6 FCN wytworzoną mgłę wodną klasyfikuje się do drugiej grupy.



**Figure 6.** Distribution of mass spraying density of TF 6 FCN nozzle at supply pressure: a) 0.2 MPa, b) 0.4 MPa, c) 0.6 MPa  
**Rycina 6.** Rozkład masowej gęstości zraszania dyszy TF 6 FCN przy ciśnieniu zasilania: a) 0,2 MPa, b) 0,4 MPa, c) 0,6 MPa

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

The TF6 FCN nozzle relatively evenly sprays the area being tested, but in all distributions of spray density, the areas where more water is applied are clearly visible. Furthermore, despite being classified as a nozzle that generates a full cone spray, small  $qm$  values were obtained in all tests directly under the nozzle outlet. The values of mass stream density obtained in the tests are relatively small and oscillate around the minimum value of spraying intensity of 2 mm/min for sprinklers [46]. In addition, according to literature data [41–42], the desired value of the size of the average volume diameter  $D_v$  of the extinguishing streams should be in the range of 200–400  $\mu\text{m}$ . The TF 6 FCN nozzle generates droplets with a slightly smaller diameter, so presumably there could be a problem with ensuring adequate cooling of the combustible material. This feature is particularly important in large fires involving solids. Given the above, the TF 6 FCN nozzle in water extinguishing systems should be used as a fog nozzle, the main task of which is to reduce the temperature of the fire gases and prevent the fire from spreading, rather than extinguishing it. The TF 6 FCN nozzle, due to its areas of increased spray density, should probably not be used in agricultural spray systems. Due to the large spray angle of the TF 6 FCN nozzle, the small diameter of the droplets and their uniformity, the full spraying cone, this nozzle achieves a high efficiency of absorption of gaseous hazardous substitutes. This has been confirmed by tests [17].

Dysza TF6 FCN stosunkowo równomiernie zrasza badany obszar, jednak we wszystkich rozkładach gęstości zraszania widać wyraźnie obszary, w które podawana jest większa ilość wody. Ponadto, pomimo że jest to dysza zaklasyfikowana jako generująca strumień o pełnym stożku zraszania, to we wszystkich próbach bezpośrednio pod wylotem dyszy uzyskano małe wartości  $qm$ . Wartości gęstości strumienia masy uzyskane w badaniach są stosunkowo niewielkie i oscylują w okolicach minimalnej wartości intensywności zraszania wynoszącej dla tryskaczy 2 mm/min [46]. Co więcej, jak podają dane literaturowe [41–42], pożądana wartość wielkości średniej średnicy objętościowej  $D_v$  strumieni gaśniczych powinna zawierać się w zakresie 200–400  $\mu\text{m}$ . Dysza TF 6 FCN generuje krople o nieco mniejszej średnicy, co sprawia, że przypuszczalnie mógłby pojawić się problem z zapewnieniem odpowiedniego chłodzenia materiału palnego. Funkcja ta jest szczególnie istotna w przypadku dużych pożarów ciał stałych. Z uwagi na powyższe dysza TF 6 FCN w wodnych systemach gaśniczych powinna być stosowana jako dysza mgłowa, której głównym zadaniem jest obniżenie temperatury gazów pożarowych i niedopuszczenie do rozprzestrzeniania się pożaru, a nie jego zgaszenia. Dysza TF 6 FCN, z racji posiadanych obszarów o podwyższonej gęstości zraszania, najprawdopodobniej nie powinna być stosowana w układach opryskowych w rolnictwie. Dzięki dużej wartości kąta rozpylania dyszy TF 6 FCN, małej średnicy kropeł i ich równomierności, pełnemu stożkowi zraszania dysza ta osiąga dużą skuteczność absorpcji gazowych substytucji niebezpiecznych. Zostało to potwierdzone badaniami [17].

**Table 2.** Test results for TF 6 V nozzle  
**Tabela 2.** Wyniki badań dla dyszy TF 6 V

Parameter / Parametr	Unit / Jednostka	Symbol / Symbol	Supply pressure of the nozzle / Ciśnienie zasilania dyszy		
			0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa
Number of counted droplets / Liczba zliczonych kropeł	[pcs.] / [szt.]	N	59,569	199,328	323,853
Measurement time of microstructure parameters / Czas pomiaru parametrów mikrostruktury	[sec.] / [sek.]	t	180	180	180
Average quantity diameter / Średnia średnica ilościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_n$	260.3	207.5	198.7
Average surface diameter / Średnia średnica powierzchniowa	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_s$	313.1	244.7	233.3
Average volume diameter / Średnia średnica objętościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_v$	358.9	276.9	262.5
Average Sauter's mean diameter / Średnia średnica Sautera	[ $\mu\text{m}$ ]	SMD	471.7	354.7	332.1
90% surface diameter / Średnica powierzchniowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_{s0.9}$	745.5	542.5	498.5
90% volume diameter / Średnica objętościowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_{v0.9}$	844.5	614.0	553.5
Supply pressure of the nozzle (average) / Ciśnienie zasilania dyszy (średnia)	[MPa]	p	0.197	0.398	0.600
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[MPa]	$\delta p$	0.001	0.001	0.001

Nozzle performance (average) / Wydajność dyszy (średnia)	[dm <sup>3</sup> /h]	Q	272.29	382.36	468.92
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[dm <sup>3</sup> /h]	δQ	0.74	0.83	0.49
Spray angle / Kąt rozpylenia	[°]	α	60	61	64
Maximum spraying density / Kąt rozpylenia	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>max</sub>	201.28	274.00	493.80
Minimum spraying density / Minimalna gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>mini</sub>	3.64	2.77	5.59
Average spraying density / Średnia gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>eq</sub>	82.00	91.27	136.22
Distribution irregularity of spraying density / Nierównomierność rozkładu gęstości zraszania	[%]	I	241.03	297.18	358.41

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

The TF6 V nozzle – compared to the other tested TF 6 FCN spiral nozzle – despite similar flow parameters, is characterized by much smaller droplet fragmentation in the stream and greater dispersion irregularity. It is also much more susceptible to changes in supply pressure – as evidenced by the resulting differences in spray angle values, spray density distributions and stream microstructure parameters. Differences become apparent especially at the low supply pressure of the nozzle of 0.2 MPa. Both the macro- and micro-structural parameters of the TF 6 V nozzle (with a hollow spraying cone) are very similar to the results obtained for the TF 6 NN nozzle presented in the paper [27]. The TF 6 NN nozzle is classified by the manufacturer as a full cone spray nozzle [35]. Based on the conducted tests, it can be considered to be more similar to the TF 6 V nozzle (with a hollow spraying cone) than the TF 6 FCN nozzle (with a full cone) in terms of the parameters.

Dysza TF6 V – w porównaniu z drugą badaną dyszą spiralną TF 6 FCN – pomimo zbliżonych parametrów przepływowych, cechuje się znacznie mniejszym rozdrobnieniem kropelek w strumieniu i większą nierównomiernością dyspersji. Jest też znacznie bardziej podatna na zmiany ciśnienia zasilania – o czym świadczą otrzymane różnice w wartościach kąta rozpylenia i rozkłady gęstości zraszania oraz parametry mikrostruktury strumienia. Różnice uwidaczniają się zwłaszcza przy niskim ciśnieniu zasilania dyszy wynoszącym 0,2 MPa. Zarówno parametry makro-, jak i mikrostrukturalne dyszy TF 6 V (o pustym stożku zraszania) są bardzo zbliżone do wyników uzyskanych dla dyszy TF 6 NN przedstawionych w pracy [27]. Dysza TF 6 NN jest klasyfikowana przez producenta jako dysza o pełnym stożku zraszania [35]. Na podstawie przeprowadzonych badań można uznać, że jest ona pod względem parametrów bardziej zbliżona do dyszy TF 6 V (o pustym stożku zraszania) niż TF 6 FCN (o stożku pełnym).

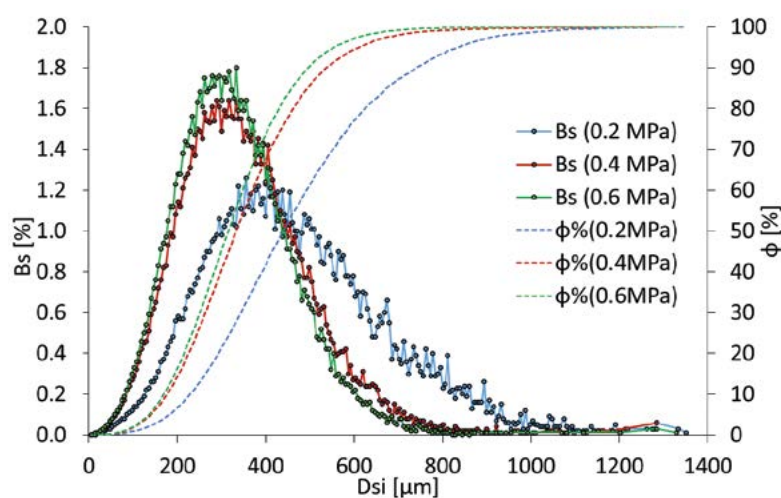
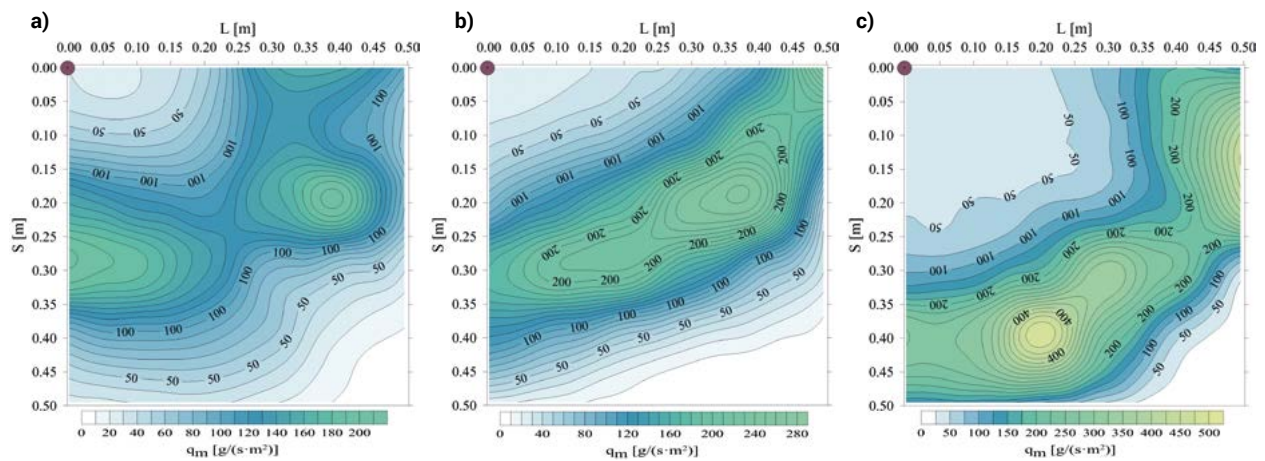


Figure 7. Spray spectrum for TF 6 V nozzle  
Rycina 7. Widmo rozpylenia dla dyszy TF 6 V

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.



**Figure 8.** Distribution of mass spraying density of TF 6 V nozzle at supply pressure: a) 0.2 MPa, b) 0.4 MPa, c) 0.6 MPa  
**Rycina 8.** Rozkład masy gęstości zraszania dyszy TF 6 V przy ciśnieniu zasilania: a) 0,2 MPa, b) 0,4 MPa, c) 0,6 MPa

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The distribution of spray density of the TF6 V nozzle is characterized by a near-ring shape. The increase in supply pressure causes a slight change in the diameter of the spray ring and increases the amount of water fed into it. Nevertheless, the width of the main spray rings themselves is comparable for all the conducted trials. Despite the generally high irregularity of the TF 6 V nozzle, it is particularly noteworthy that in the spray ring itself the stream has a very uniform and symmetrical distribution. It provides for the possibility of using the TF 6 V nozzle, among others, in plant irrigation systems, especially those working on the move. Moreover, the marked change in spray density with increasing pressure can be used in these systems as a simple method of regulating the intensity of irrigation. Due to the small spray angle, fairly low dispersion and small amount of water applied directly under the nozzle, its use in firefighting or neutralization systems should be considered inappropriate.

Rozkłady gęstości zraszania dyszy TF6 V cechują się kształtem zbliżonym do pierścieniowego. Wzrost ciśnienia zasilania powoduje niewielką zmianę średnicy pierścienia zraszania i zwiększenie ilości podawanej w nim wody. Niemniej jednak sama szerokość głównych pierścieni zraszania jest porównywalna dla wszystkich przeprowadzonych prób. Pomimo ogólnie dużej nierównomierności zraszania dyszy TF 6 V, na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż w samym pierścieniu zraszania strumień charakteryzuje się bardzo równomiernym i symetrycznym rozkładem. Daje do możliwości zastosowania dyszy TF 6 V m.in. w układach nawadniania roślin, zwłaszcza tych pracujących w ruchu. Ponadto wyraźna zmiana gęstości zraszania przy wzroście ciśnienia może być w tych systemach wykorzystana jako prosta metoda regulacji intensywności nawadniania. Z racji małego kąta zraszania, dość małej dyspersji i małej ilości wody podawanej bezpośrednio pod dyszą jej stosowanie w systemach gaśniczych, czy neutralizacyjnych należy uznać za niewłaściwe.

**Table 3.** Test results for NF 15 nozzle

**Tabela 3.** Wyniki badań dla dyszy NF 15

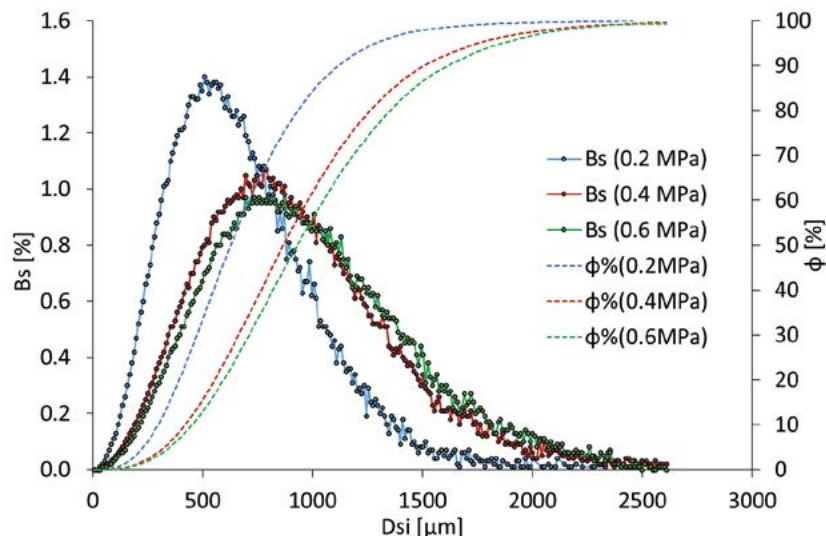
Parameter / Parametr	Unit / Jednostka	Symbol / Symbol	Supply pressure of the nozzle / Ciśnienie zasilania dyszy		
			0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa
Number of counted droplets / Liczba zliczonych kropeł	[pcs.] / [szt.]	N	279,173	301,374	382,674
Measurement time of microstructure parameters / Czas pomiaru parametrów mikrostruktury	[sec.] / [sek.]	t	180	180	180
Average quantity diameter / Średnia średnica ilościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	Dn	392	429.7	538.4
Average surface diameter / Średnia średnica powierzchniowa	[ $\mu\text{m}$ ]	Ds	476.8	526.1	646
Average volume diameter / Średnia średnica objętościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	Dv	550.8	609.3	733.4

Average Sauter's mean diameter / Średnia średnica Sautera	[ $\mu\text{m}$ ]	SMD	735.2	817.2	945
90% surface diameter / Średnica powierzchniowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_{90,9}$	1,120.0	1,513.5	1,617.0
90% volume diameter / Średnica objętościowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	$D_{V0,9}$	1,327.0	18,03.5	18,97.0
Supply pressure of the nozzle (average) / Ciśnienie zasilania dyszy (średnia)	[MPa]	p	0.201	0.396	0.600
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[MPa]	$\delta p$	0.001	0.001	0.001
Nozzle performance (average) / Wydajność dyszy (średnia)	[ $\text{dm}^3/\text{h}$ ]	Q	260.087	413.50	508.13
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[ $\text{dm}^3/\text{h}$ ]	$\delta Q$	0.42	0.27	0.42
Spray angle / Kąt rozpylenia	[°]	$\alpha$	65	65	65
Maximum spraying density / Kąt rozpylenia	[ $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ]	$q_{\text{max}}$	786.550	1,385.61	2,758.180
Minimum spraying density / Minimalna gęstość zraszania	[ $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ]	$q_{\text{mini}}$	0.43	0.16	0.76
Average spraying density / Średnia gęstość zraszania	[ $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ]	$q_{\text{eq}}$	87.54	174.8381	304.49
Distribution irregularity of spraying density / Nierównomierność rozkładu gęstości zraszania	[%]	I	898	792	906

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

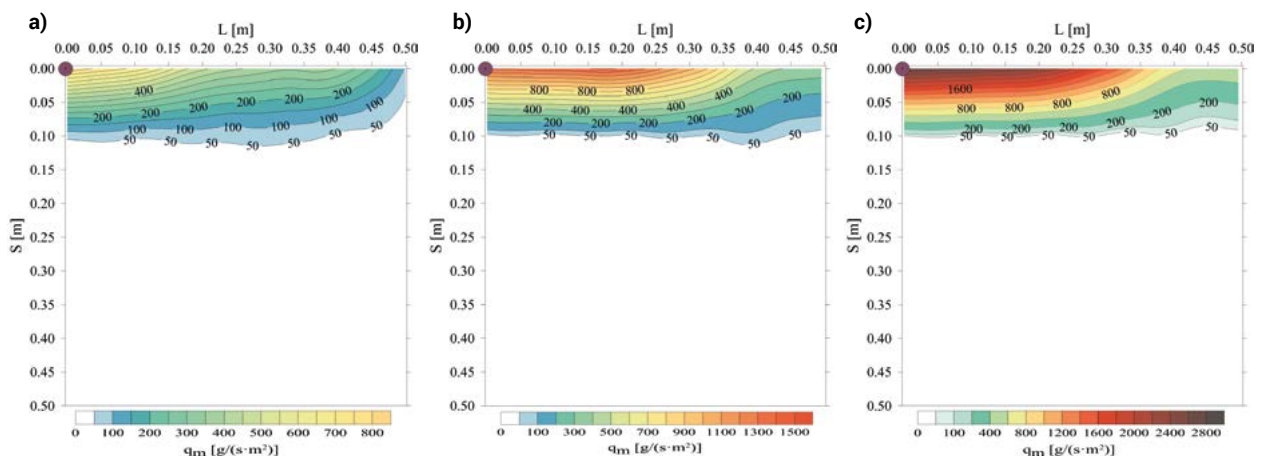
Test results of the NF 15 nozzle confirm that it generates a very flat water stream with a narrow spray band and a stable spray angle. All microstructural parameters indicate very low dispersion and do not allow to qualify this nozzle as a fog nozzle. With regard to water dispersion through the NF 15 nozzle, it is noteworthy that it shows deterioration of microstructure parameters with increasing supply pressure. This is due to an increase in the concentration of droplets in the outflowing stream. This phenomenon is not suitable for spraying liquids. This was confirmed in a scientific publication [27]. Furthermore, during the tests, the measuring probe of the AWK analyser is located relatively close to the nozzle outlet, which makes it impossible to achieve the appropriate path (length) of the distribution of the water stream quickly flowing out of the nozzle. A continuous stream of liquid begins to break up into droplets only at a certain distance from the nozzle, which is commonly referred to as the required breakup length [30]. In addition, as the distance from the nozzle outlet increases, the kinetic energy of the stream decreases. This is an effect related to the size of the diameters of the produced droplets [50].

Wyniki badań dyszy NF 15 potwierdzają, że generuje ona bardzo płaski strumień wody o wąskim pasie zraszania i stabilnym kącie rozpylenia. Wszystkie parametry mikrostrukturalne świadczą o bardzo małej dyspersji i nie pozwalają na zakwalifikowanie tej dyszy jako dyszy mgłowej. W odniesieniu do rozpylenia wody przez dyszę NF 15 na uwagę zasługuje fakt, że wykazuje ona pogorszenie parametrów mikrostruktury przy wzrastającym ciśnieniu zasilania. Jest to spowodowane zwiększeniem koncentracji kropelek w wypływającej strudze. Zjawisko to nie sprzyja rozpylaniu cieczy. Zostało to potwierdzone w publikacji naukowej [27]. Ponadto w czasie badań sonda pomiarowa analizatora AWK znajduje się stosunkowo blisko wylotu dyszy, co uniemożliwia osiągnięcie odpowiedniej drogi (długości) rozpadu strugi wody szybko wypływającej z dyszy. Ciągły strumień cieczy zaczyna się rozpadać na krople dopiero w pewnej odległości od dyszy, co jest powszechnie określane jako wymagana długość rozpadu [30]. Ponadto wraz ze wzrostem odległości od wylotu dyszy maleje energia kinetyczna strugi. Jest to efekt związany z wielkością średnic wytwarzanych kropelek [50].



**Figure 9.** Spray spectrum for NF 15 nozzle  
**Rycina 9.** Widmo rozpylenia dla dyszy NF 15

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.



**Figure 10.** Distribution of the mass spray density of the NF 15 nozzle at a supply pressure of: a) 0.2 MPa, b) 0.4 MPa, c) 0.6 MPa  
**Rycina 10.** Rozkład masowej gęstości zraszania dyszy NF 15 przy ciśnieniu zasilania: a) 0,2 MPa, b) 0,4 MPa, c) 0,6 MPa

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

What is noteworthy about the mass density distribution is that regardless of the supply pressure values of the NF 15 nozzle, its spraying area almost does not change. This results in a situation where an increase in the supply pressure of the nozzle, and thus its capacity, significantly changes the value of the maximum spraying density. Between a pressure of 0.2 MPa and 0.6 MPa, the value of this parameter changes more than 3.5 times. The parameter of spray irregularity of the NF 15 nozzle takes on very large values. This is due to the fact that the nozzle feeds the stream in a well-defined zone, while the remaining measurement space remains unsprayed. In such cases, the  $I$  parameter is unreliable in assessing the uniformity of spraying, as confirmed by the results obtained for different supply pressures of the NF 15 nozzle.

Potential applications for NF 15 nozzles could be water barrier systems that limit the spread and penetration of hazardous

W rozkładach masowej gęstości zraszania na uwagę zasługuje fakt, że bez względu na wartości ciśnienia zasilania dyszy NF 15 jej powierzchnia zraszania niemal się nie zmienia. Powoduje to sytuację, w której wzrost ciśnienia zasilania dyszy, a tym samym jej wydajności, znacząco zmienia wartość maksymalnej gęstości zraszania. Pomiedzy ciśnieniem 0,2 MP a 0,6 MPa wartość tego parametru zmienia się ponad 3,5 razy. Parametr nierównomierności zraszania dyszy NF 15 przyjmuje bardzo duże wartości. Jest to spowodowane tym, że dysza podaje strugę w ściśle określonej strefie, a pozostała przestrzeń pomiarowa pozostaje niezraszana. W takich przypadkach parametr  $I$  jest niemiernodajny w ocenie równomierności zraszania, co potwierdzają wyniki uzyskane dla różnych ciśnień zasilania dyszy NF 15.

Potencjalnym zastosowaniem dysz NF 15 mogą być systemy barier wodnych ograniczających rozprzestrzenianie i przenikanie

substances or dust. Due to the small volume of the produced stream and the large value of droplet diameters, this nozzle cannot operate volumetrically. This nozzle can be used in cooling systems based on dripping water stream, which, among other things, are used to protect tanks with petroleum liquids. The even distribution of the stream in the spray lane and the simple possibility of changing the concentration of the amount of cooling liquid in this case are undoubted advantages of the NF 15 nozzle.

substancji niebezpiecznych lub pyłów. Dysza ta z racji małej kubatury wytwarzanego strumienia i dużej wartości średnic kropelek nie może działać objętościowo. Może być ona także wykorzystywana w systemach chłodzenia opartych na ociekającym strumieniu wody, które m.in. są stosowane do ochrony zbiorników z cieczami ropopochodnymi. Równomierny rozkład strugi w pasie zraszania i prosta możliwość zmiany koncentracji ilości cieczy chłodniczej są w tym przypadku niewątpliwym atutem dyszy NF 15.

**Table 4.** Test results for CW 50 nozzle  
**Tabela 4.** Wyniki badań dla dyszy CW50

Parameter / Parametr	Unit / Jednostka	Symbol / Symbol	Supply pressure of the nozzle / Ciśnienie zasilania dyszy		
			0.2 MPa	0.4 MPa	0.6 MPa
Number of counted droplets / Liczba zliczonych kropelek	[pcs.] / [szt.]	N	86,541	130,927	173,735
Measurement time of microstructure parameters / Czas pomiaru parametrów mikrostruktury	[sec.] / [sek.]	t	180	180	180
Average quantity diameter / Średnia średnica ilościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>n</sub>	160.3	162.6	157.3
Average surface diameter / Średnia średnica powierzchniowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>s</sub>	194.2	193.7	186.8
Average volume diameter / Średnia średnica objętościowa	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>v</sub>	228.1	222.5	213.8
Average Sauter's mean diameter / Średnia średnica Sautera	[ $\mu\text{m}$ ]	SMD	314.9	293.6	280.2
90% surface diameter / Średnica powierzchniowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>90,s</sub>	556.5	475.0	445.5
90% volume diameter / Średnica objętościowa 90%	[ $\mu\text{m}$ ]	D <sub>90,v</sub>	697.5	550.5	520.5
Supply pressure of the nozzle (average) / Ciśnienie zasilania dyszy (średnia)	[MPa]	p	0.199	0.402	0.603
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[MPa]	$\delta p$	0.001	0.001	0.002
Nozzle performance (average) / Wydajność dyszy (średnia)	[dm <sup>3</sup> /h]	Q	99.87	130.84	165.27
Standard deviation of pressure measurement / Odchylenie standardowe pomiaru ciśnienia	[dm <sup>3</sup> /h]	$\delta Q$	0.26	0.02	0.35
Spray angle / Kąt rozpylenia	[°]	$\alpha$	79.0	80.0	80.0
Maximum spraying density / Kąt rozpylenia	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>max</sub>	45.64	92.93	82.47
Minimum spraying density / Minimalna gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>mini</sub>	0.67	1.21	2.09
Average spraying density / Średnia gęstość zraszania	[g/(s · m <sup>2</sup> )]	q <sub>eq</sub>	21.20	34.95	33.35
Distribution irregularity of spraying density / Nierównomierność rozkładu gęstości zraszania	[%]	I	212.08	262.46	241.06

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

The results of the CW 50 nozzle show exceptional stability regardless of the water supply pressure. The only exceptions to this are the performance and maximum spray density parameters. The CW 50 nozzle generates small droplets with an even distribution. Its stream can be classified as a third class of water mist according to NFPA 750. The CW 50 nozzle exhibits low values of mass spray density, making it suitable only for use in mist extinguishing systems.

Wyniki badań dyszy CW 50 cechują się wyjątkową stabilnością niezależnie od ciśnienia zasilania wodą. Wyjątek stanowią tu jedynie parametry wydajności i maksymalnej gęstości zraszania. Dysza CW 50 generuje małe krople o równomiernym rozkładzie. Można jej strumień zaklasyfikować do trzeciej klasy mgły wodnej zgodnie z NFPA 750. Dysza CW 50 wykazuje małe wartości masowej gęstości zraszania, co sprawia, że może być ona stosowana jedynie w systemach gaśniczych mgłowych.

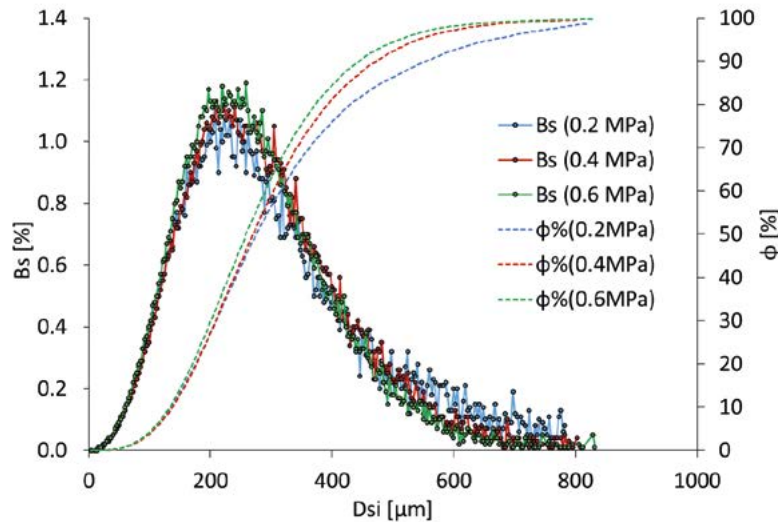


Figure 11. Spray spectrum for CW 50 nozzle  
Rycina 11. Widmo rozpylenia dla dyszy CW 50

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

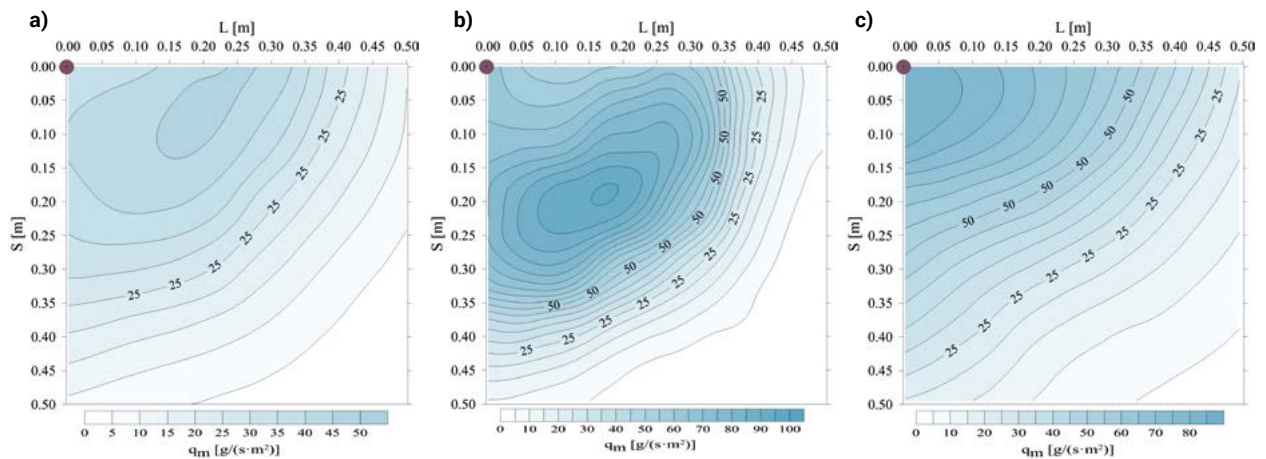


Figure 12. Distribution of the mass spray density of the CW 50 nozzle at a supply pressure of: a) 0.2 MPa, b) 0.4 MPa, c) 0.6 MPa  
Rycina 12. Rozkład masowej gęstości zraszania dyszy CW 50 przy ciśnieniu zasilania: a) 0,2 MPa, b) 0,4 MPa, c) 0,6 MPa

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

The uniform distribution of spray density, which is highly symmetrical with respect to the axis of stream application, is a great advantage of the nozzle under study in the context of applications in crop spraying systems, among others. The possibility of

Równomierne rozkłady gęstości zraszania, bardzo symetryczne względem osi podania strumienia, są dużą zaletą badanej dyszy w kontekście zastosowań między innymi w układach oprysku roślin. Możliwość zastosowania dyszy CW 50 w takim systemie



using the CW 50 nozzle in such a system is confirmed by the large spray angle and low variability of spray parameters as a function of supply pressure. The CW 50 nozzle, because of its good stream dispersion, can also be used in systems for cleaning the air of hazardous gaseous substances and dust. Unfortunately, the limitation in this case may be the low efficiency of the product under test, which is not conducive to the effectiveness of the processes to which it would be applied. This has been confirmed in studies described in [40], among others.

## Conclusion

The test results presented in the article make it possible to determine the potential applications of water nozzles of various types. Based on the evaluation of the micro- and macro-structural parameters produced by the tested nozzles, their advantages and limitations were indicated. The analysis of the test results was directed at determining the possibility of using the type of nozzles mainly in firefighting systems and in the elimination of hazardous substance vapours and dust. The wide range of research presented in the paper and the analysis of other publications on the subject also make it possible to select the design features of a nozzle that are particularly desirable in a given area of application. Moreover, of great value in the work is the evaluation of the effect of the supply pressure of nozzles of different types on the parameters of the streams they generate.

Among the main conclusions of the study are the following:

1. The TF6 FCN and CW 50 nozzles produce a stream that can be classified as an extinguishing mist stream. This provides an opportunity for the potential use of these products in low-pressure mist systems.
2. The compact and homogeneous stream produced by NF 15 nozzles can be a great asset when used in water barrier systems or in spray extinguishing systems with horizontal supply.
3. The CW 50 nozzle can be used in spraying and irrigation systems used in agriculture because of the high uniformity of the stream.
4. The obtained values of spraying density for spiral nozzles and CW 50 do not guarantee proper performance when extinguishing larger fires of solid bodies.
5. The TF 6 FCN and CW 50 nozzles, due to the production of a stream with: large spray angle, high dispersion and uniformity of spray, are likely to be effective in the processes of removing gaseous hazardous substances and dust. However, in case of the CW 50 nozzle, the problem may be its low capacity, which is very important in these processes.
6. Spiral nozzles feed water into the spray ring zone. The amount of water applied directly under the nozzles is small. This applies to spiral nozzles with both hollow and full spray cones.
7. The study proves that in the range of supply pressures of 0.2–0.6 MPa, the nozzles used in the experiment either show no change in spray angle and spray area at all, or

potwierdzają duży kąt rozpylania i małą zmienność parametrów strugi w funkcji ciśnienia zasilania.

Dysza CW 50, z racji dobrej dyspersji strumienia, może być również wykorzystana w systemach oczyszczania powietrza z niebezpiecznych substancji gazowych i pyłów. Niestety ograniczeniem może być w tym przypadku mała wydajność badanego wyrobu, która nie sprzyja skuteczności procesów, do których miałyby być zastosowana. Potwierdzono to m.in. w badaniach opisanych w [40].

## Wnioski

Przetawione w artykule wyniki badań umożliwiają określenie potencjalnych zastosowań dysz wodnych różnego typu. Na podstawie oceny wytwarzanych przez badane dysze parametrów mikro- i makrostrukturalnych wskazano ich zalety i ograniczenia. Przeprowadzona analiza wyników badań została ukierunkowana na określenie możliwości stosowania danego typu dysz głównie w systemach gaśniczych oraz przy likwidacji par substancji niebezpiecznych i pyłów. Szeroki zakres badań przedstawianych w pracy oraz analiza innych publikacji z tej tematyki pozwalają również na wytypowanie cech konstrukcyjnych dyszy szczególnie pożądanych w danym obszarze zastosowań. Ponadto dużą wartość w pracy stanowi ocena wpływu ciśnienia zasilania dysz różnego typu na parametry generowanych przez nie strumieni.

Wśród głównych wniosków z przeprowadzonych badań można wskazać następujące:

1. Dysze TF6 FCN oraz CW 50 wytwarzają strumień, który można zaklasyfikować jako gaśniczy strumień mgłowy. Daje to możliwość potencjalnego zastosowania tych wyrobów w niskociśnieniowych systemach mgłowych.
2. Zwarta i jednorodna struga wytwarzana przez dysze NF 15 może być dużym atutem przy zastosowaniu w układach barier wodnych lub w zraszających systemach gaśniczych z podawaniem horyzontalnym.
3. Dysza CW 50 z racji dużej jednorodności strumienia może znaleźć zastosowanie w systemach opryskowych i nawadniających używanych w rolnictwie.
4. Otrzymane wartości gęstości zraszania dla dysz spiralnych oraz CW 50 nie gwarantują właściwego działania podczas gaszenia większych pożarów ciał stałych.
5. Dysze TF 6 FCN oraz CW 50 z racji wytwarzania strumienia o: dużym kącie rozpylenia, dużej dyspersji i równomierności zraszania, prawdopodobnie będą skuteczne w procesach usuwania gazowych substancji niebezpiecznych i pyłów. W przypadku dyszy CW 50 problemem może być jednak jej mała wydajność, która w tych procesach jest bardzo istotna.
6. Dysze spiralne podają wodę w strefę pierścienia zraszania. Ilość wody podawana bezpośrednio pod dysze jest mała. Dotyczy to dysz spiralnych zarówno o pustych, jak i o pełnych stożkach zraszania.
7. Badania dowodzą, że w przedziale ciśnień zasilania 0,2–0,6 MPa dysze użyte w eksperymencie albo w ogóle nie wykazują zmiany kąta rozpylenia i powierzchni

the identified changes in this range are insignificant. This makes the work of determining the correct placement of these nozzles in piping systems easier.

8. It can be concluded that the change in supply pressure (within the analysed range) has little effect on the stream generated by the nozzles with full spray cones (TF 6 FCN or CW 50).
9. The parameter  $I$  of spray irregularity may be unreliable in evaluating the flat-formed streams found in the NF 15 nozzle. In addition, it can give misleading results, especially when part of the analysed area is not sprayed.

Further work should be directed mainly to the development of mathematical models of the processes in question, as well as laboratory tests performed on a small and large scale that would confirm the applicability of the nozzles under study in a given device or system. Moreover, the scope of the research should be expanded to include more nozzles that differ in design features and parameters. However, in order to do so, it is necessary to look for nozzles that have the characteristics desired for a given application, and exclude those that do not. This is the categorization indicated in this article.

zraszania, albo zidentyfikowane zmiany w tym zakresie są nieznaczne. Ułatwia to prace związane z określeniem prawidłowego rozmieszczenia tych dysz w systemach rurowych.

8. Można stwierdzić, że zmiana ciśnienia zasilania (w analizowanym zakresie) ma mały wpływ na strumień generowany przez dysze o pełnych stożkach zraszania (TF 6 FCN czy CW 50).
9. Parametr nierównomierności zraszania  $I$  może być niemiarodajny w ocenie strumieni o płaskiej formie, jaki występuje w dyszy NF 15. Ponadto może on dawać mylące wyniki, zwłaszcza w przypadku gdy część analizowanego obszaru nie jest zraszana.

Dalsze prace należy ukierunkować głównie na opracowanie modeli matematycznych danych procesów, jak również badania laboratoryjne wykonywane w małej i dużej skali, które potwierdziłyby możliwości zastosowania badanych dysz w danym urządzeniu lub systemie. Ponadto zakres badań należy rozszerzyć o większą liczbę dysz różniących się cechami konstrukcyjnymi i parametrami. W tym celu należy jednak poszukiwać dysz charakteryzujących się pożądanymi do danego zastosowania cechami, a wykluczyć te, które ich nie posiadają. Taką kategoryzację wskazano w niniejszej pracy.

## Literature / Literatura

- [1] Orzechowski Z., Prywer J. *Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2018.
- [2] Roguski J., Zbrożek P., Czerwieńko D., *Wybrane aspekty stosowania w obiektach budowlanych urządzeń gaśniczych na mgłę wodną*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2012.
- [3] Ilari A., Piancatelli S., Centorame L., Moumni M., Romanazzi G., Foppa Pedretti E., *Distribution quality of agrochemicals for the revamping of a sprayer system based on lidar technology and grapevine disease management*, "Applied Sciences", 2023, 13(4):2222, <https://doi.org/10.3390/app13042222>.
- [4] Fessler L., Pietsch G., Wright W., Zhu H., Xiaocun S., Fulcher A., *Characterizing spray deposits from variable- and constant-rate spray technologies: Implications for future optimization to target trunk and foliar pests*, XXXI Międzynarodowy Kongres Ogrodnicy, 2023, 1360, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1360.34>.
- [5] Jiang Y., Yang Z., Xu, X., Shen D., Jiang T., Xie B., Duan J., *Wetting and deposition characteristics of air-assisted spray droplet on large broad-leaved crop canopy*, "Frontiers in Plant Science" 2023, 14, <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079703>.
- [6] Moon S., Li T., Sato K., Yokohata H., *Governing parameters and dynamics of turbulent spray atomization from modern GDI injectors*, "Energy" 2017, 127, 89–100, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.099>.
- [7] Huang W., Gong H., Pratama R. H., Moon S., Takagi K., Chen Z., *Potential for shock-wave generation at diesel engine conditions and its influence on spray characteristics*, "Energies" 2020, 13(23), 6465, <https://doi.org/10.3390/en13236465>.
- [8] Gałąż J., Wójcik B., *Assessment of the impact of extinguishing with a low-pressure fog lance on a fire environment*, "Sustainability" 2022, 14(11), 6731, <https://doi.org/10.3390/su14116731>.
- [9] Drzymała T., Gałąż J., Wójcik M., *Analiza wpływu wydatku i ustawienia głowicy prądownicy TurboJet 52 na rozkład intensywności zraszania w strumieniu rozpylonym*, „Zeszyty Naukowe SGSP” 2017, 61, 151–169.
- [10] Gui X., Xue H., Hu Z., Cui Z., *Influence of water mist nozzle characteristic parameters on oil pool fire extinguishing in confined space*, "Arabian Journal for Science and Engineering" 2023, 48(3), 3441–3454, <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07162-0>.
- [11] Bara A., Dusserre G., *The use of water curtains to protect firemen in case of heavy gas dispersion*, "Journal of Loss Prevention in the Process Industries" 1997, 10(3), 179–183, [https://doi.org/10.1016/S0950-4230\(96\)00049-6](https://doi.org/10.1016/S0950-4230(96)00049-6).
- [12] Cui Y., Liu J., *Research progress of water mist fire extinguishing technology and its application in battery fires*, "Process Safety and Environmental Protection" 2021, 149, 559–574, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.03.003>.
- [13] Buchlin, J.-M., *Mitigation of industrial hazards by water spray curtains*, "Journal of Loss Prevention in the Process Industries" 2017, Part A, 50, 91–100, <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.08.007>.

- [14] Węsierski T., Majder-Łopátka M., Wąsik W., *Study of water curtain effectiveness to fight against vapours of methyl acetate during uncontrolled release*, "MATEC Web of Conferences FESE 2018" 2018, 247, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700050>.
- [15] Węsierski, T., Majder-Łopátka M., *Comparison of water curtain effectiveness in the elimination of airborne vapours of ammonia, acetone, and low-molecular aliphatic alcohols*, "Applied Sciences" 2018, 8(10), <https://doi.org/10.3390/app8101971>.
- [16] Cheng Ch., Tan W., Du H., Liu L., *A modified steady-state model for evaluation of ammonia concentrations behind a water curtain*, "Journal of Loss Prevention in the Process Industries" 2015, 36, 120–124, <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.05.018>.
- [17] Węsierski T., Majder-Łopátka M., Wąsik W., *Control of ammonia space contaminations by using turbine fire-fighting vehicles*, "Przemysł Chemiczny" 2017, 1(5), 145–149, <https://doi.org/10.15199/62.2017.5.21>.
- [18] Fedoruk M.J., Bronstein R., Kerger B.D., *Ammonia exposure and hazard assessment for selected household cleaning product uses*, "J. Expo. Anal. Sci. Environ. Epidemiol." 2005, 15(6), 534–544, <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500431>.
- [19] Zhang J., Liang P., Liu Y., *Impingement and breakup characteristics of free opposed impinging jets with unequal nozzle diameter*, "Experimental Thermal and Fluid Science" 2023, 145, <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2023.110884>.
- [20] Shen X., Zhang J., Hua M., Pan X., *Experimental research on decontamination effect of water curtain containing compound organic acids on the leakage of ammonia*, "Process Safety and Environmental Protection" 2017, 105, 250–261, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.10.016>.
- [21] Fedak W., Ulbrich R., Ligus G., Wasilewski M., Kołodziej S., Wasilewska B., Ochowiak M., Włodarczak S., Krupińska A., Pawlenko I., *Influence of Spray Nozzle Operating Parameters on the Fogging Process Implemented to Prevent the Spread of SARS-CoV-2 Virus*, "Energie" 2021, 14(14), 4280, <https://doi.org/10.3390/en14144280>.
- [22] Ochowiak M., Krupińska A., Włodarczak S., Matuszak M., Woźniak S., Szulc T., *Analysis of the possibility of disinfecting surfaces using portable foggers in the era of the SARS-CoV-2 epidemic*, "Energies" 2021, 14(7), <https://doi.org/10.3390/en1407201>.
- [23] Ochowiak M., Włodarczak S., Krupinska A., Matuszak M., Fedak, W., Ligus G., Kołodziej S., Wasilewska B., *Spray curtains as devices for surface spraying during the SARS-CoV-2 pandemic*, "Environ. Res." 2022, 206, 112562, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112562>.
- [24] Zbrożek P., Prasula J., *Wpływ wielkości średnic kropli mgły wodnej na efektywność tłumienia pożarów i chłodzenie*, BiTP Vol. 15 Issue 3, 2009, pp. 113–148, <https://panel.sft.cnbop.pl/storage/46730e51-ab6c-4e41-83c8-e82249dbce2f>.
- [25] Orzechowski Z., Prywer J., *Wytwarzanie i zastosowanie rozpylonej cieczy*, w Wydanie I, WNT, Warszawa 2008.
- [26] Ochowiak M., Krupińska A., Włodarczak S., Matuszak M., Markowska M., Janczarek M., Szulc T., *The two-phase conical swirl atomizers: Spray characteristics*, „Energies” 2020, 13(13), 3416, <https://doi.org/10.3390/en13133416>.
- [27] Wąsik W., Rogula-Kozłowska W., Majder-Łopátka M., *Ocena mikrostruktury strumienia wytwarzanego przez dyszę spiralną o pełnym stożku zraszania* "Zeszyty Naukowe SGSP" 2021, 79, 105–122.
- [28] Wąsik W., Walczak A., Węsierski T., *The impact of fog nozzle type on the distribution of mass spray density*, "MATEC Web of Conferences FESE" 2018, 247, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700058>.
- [29] Birouk M., Lekic N., *Liquid jet breakup in quiescent atmosphere*, "Atomization and Sprays" 2009, 19(6), 501–528, <https://doi.org/10.1615/atomizspr.v19.i6.20>.
- [30] Qian S., Zhu D. Z., Xu H., *Splashing generation by water jet impinging on a horizontal plate*, "Experimental Thermal and Fluid Science" 2022, 130, <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2021.110518>.
- [31] Majder-Łopátka M., Węsierski T., Wąsik W., Binio Ł., *Effects of the Supply Pressure in a Spiral Vortex Nozzle on a Dispersion Angle and the Sprinkling Density of Water Jet*, "Zeszyty Naukowe SGSP" 2017, 61, 137–151.
- [32] Hua M., Qi M., Yue, T.-T., Pi X.-Y., Pan X.-H., Jiang J.-C., *Experimental Research on Water Curtain Scavenging Ammonia Dispersion in Confined Space*, "Procedia Eng." 2018, 211, 256–261, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.011>.
- [33] Instrukcja obsługi Analiza Widma Kropel IPS, Zakład Elektronicznej Aparatury Pomiarowej Firma KAMIKA Instruments Sp. z o.o., Warszawa 2009.
- [34] Wąsik W., Majder-Łopátka M., Rogula-Kozłowska W., *Influence of micro- and macrostructure of atomized water jets on ammonia absorption efficiency*, "Sustainability" 2022, 14, 9693, <https://doi.org/10.3390/su14159693>.
- [35] BETE Europe GmbH, Catalog card nozzles TF 2023, <https://www.bete-dysze.pl/files/bete-duesen-de/pdf/vollkegel/tf.pdf> [dostęp: 01.01.2023].
- [36] BETE Europe GmbH, Catalog card nozzles TF 2023, <https://www.bete-dysze.pl/files/bete-duesen-de/pdf/hohlkegel/tf.pdf> [dostęp: 01.04.2023].
- [37] BETE Europe GmbH, Catalog card nozzles NF 2023, <https://www.bete-dysze.pl/files/bete-duesen-de/pdf/flachstrahl/nf.pdf> [dostęp: 01.04.2023].
- [38] BETE Europe GmbH, Catalog card nozzles CW 2023, <https://www.bete-dysze.pl/files/bete-duesen-de/pdf/vollkegel/cw.pdf> [dostęp: 01.04.2023].
- [39] Węsierski T., *Effectiveness of water curtains during fighting against vapors of saturated linear low molecular mass alcohols during its uncontrolled release*, "Przemysł Chemiczny" 2015, 5, 728–730, <https://doi.org/10.15199/62.2015.5.13>.
- [40] Majder-Łopátka M., Węsierski T., Wąsik W., *Wpływ typu dyszy rozpylającej na skuteczność absorpcji obłoku amoniaku powstałego w wyniku awarii przemysłowej* BiTP Vol. 42 Issue 2, 2016, pp. 127–134, <https://doi.org/10.12845/bitp.42.2.2016.13>.
- [41] Gałaj, J., Drzymała, T., Piątek P., *Analysis of influence of tilt angle on the distribution of water droplets diameters in a spray generated by the turbo master 52 nozzle*,

- "Procedia Engineering" 2017, 172, 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.118>.
- [42] Kraus-Namroży N., Brzezińska D., *Effectiveness of swirl water mist nozzles for fire suppression*, "International Journal of Environmental Research and Public Health" 2022, 19(23), <https://doi.org/10.3390/ijerph192316328>.
- [43] Buchlin J.-M., *Thermal shielding by water spray curtain*, "Journal of Loss Prevention in the Process Industries" 2005, 18(4-6), 423–432, <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.06.039>.
- [44] Piątek P., Gałąż J., *Analysis of the influence of the spraying angle on the distribution of sprinkling intensity by a selected turbo water nozzle*, "MATEC Web of Conferences" 2018, 247, <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700008>.
- [45] Cote A.E., *Fire protection handbook*, National Fire Protection Association, Inc., Quincy, Massachusetts 2003.
- [46] PN-EN 12259-1:2005 Stałe urządzenia gaśnicze. Podzespoły urządzeń tryskaczowych i zraszaczowych – Część 1: Tryskacze.
- [47] PN-EN 12845:2008 Stałe urządzenia gaśnicze. Automataczne urządzenia tryskaczowe. Projektowanie, instalowanie i konserwacja.
- [48] PN-EN 14972-1:2021 Stałe urządzenia gaśnicze. Zestawy instalacji mgły wodnej – Część 1: Projektowanie, instalacja, przegląd i konserwacja.
- [49] NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems [Systemy gaśnicze na mgłę wodną], Standard Narodowego Stowarzyszenia Ochrony Przeciwożarowej, Quincy 2023.
- [50] Gai G., Hadjadj A., Kudriakov S., Mimouni S., Thomine O., *Numerical study of spray-induced turbulence using industrial fire-mitigation nozzles*, "Energies" 2021, 14(4), 1135, <https://doi.org/10.3390/en14041135>.

**JUNIOR BRIG. WIKTOR WĄSIK, M.SC. ENG.** – graduate of the Fire Safety Engineering Department of the Main School of Fire Service in Warsaw, where he received his engineering and master's degrees in 2007. From 2007 to 2011, an employee of the Scientific and Research Centre for Fire Protection-PIB as an inspector in the Laboratory of Fire Protection Units' Technical Equipment (BS). Since 2011, he has been employed at the Department of Rescue and Firefighting Equipment (Department of Fire Technology) at the Main School of Fire Service in Warsaw. He currently holds a lecturer position and teaches undergraduate courses in the subject of rescue and firefighting equipment. Author or co-author of research positions, participant in research projects and statutory work. His scientific achievements include publications in scientific and technical journals, speeches at scientific conferences and seminars. He is the co-inventor of several utility models and one patent. He is also a co-author of the university's script *Sprzęt ratowniczy i gaśniczy (Rescue and Fire Fighting Equipment)*. In his scientific research, he deals with the following topics: rescue and firefighting equipment and vehicles, fixed firefighting equipment, neutralization of hazardous substances, and water spraying. In 2018, he opened a doctoral dissertation on the impact of spray nozzle parameters on the process of removing ammonia released into the environment as a result of an accident.

**ML. BRYG. MGR INŻ. WIKTOR WĄSIK** – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie, w której w 2007 r. uzyskał tytuły inżyniera i magistra. W latach 2007–2011 pracownik Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwożarowej-PIB na stanowisku inspektora w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwożarowych (BS). Od 2011 r. zatrudniony w Zakładzie Sprzętu Ratowniczo-Gaśniczego (Katedra Techniki Pożarnej) w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. Obecnie zajmuje stanowisko wykładowcy i prowadzi zajęcia dydaktyczne na studiach pierwszego stopnia z przedmiotu sprzęt ratowniczo-gaśniczy. Autor lub współautor stanowisk badawczych, uczestnik projektów badawczych i prac statutowych. W jego dorobku naukowym znajdują się publikacje w czasopismach naukowych i technicznych, wystąpienia na konferencjach i seminariach naukowych. Jest współtwórcą kilku wzorów użytkowych i jednego patentu. Jest również współautorem skryptu uczelnianego *Sprzęt ratowniczy i gaśniczy*. W prowadzonych badaniach naukowych zajmuje się tematyką: sprzętu ratowniczo-gaśniczego i pojazdów pożarniczych, stałych urządzeń gaśniczych, neutralizacji substancji niebezpiecznych, rozpylania wody. W 2018 r. otworzył przewod doktorski dotyczący wpływu parametrów dysz rozpylających na proces usuwania amoniaku uwolnionego do środowiska w wyniku awarii.



## INŻYNIERYJNE METODY ochrony przeciwpożarowej

Jan Kielin, Piotr Lesiak  
CNBOP-PIB, Józefów 2023

**Już w sprzedaży!**

**P**ublikacja jest przekładem z języka niemieckiego czwartego wydania Poradnika opracowanego przez Stowarzyszenie Promocji Niemieckiej Ochrony Przeciwpożarowej (vfdB). Uzupełnia ona lukę w polskiej literaturze fachowej z zakresu metod ochrony przeciwpożarowej budynków, przede wszystkim tych szczególnego rodzaju lub przeznaczenia (budynki specjalne). Zgromadzone na ponad 400 stronach informacje dotyczące m.in. wentylacji pożarowej, symulacji i scenariuszy pożaru, pożarów obliczeniowych oraz ewakuacji istotnie wesprą specjalistów ppoż. w ich pracy. Procedury, metody obliczeniowe, informacje podstawowe i przykłady zastosowań zostały przedstawione w sposób zróżnicowany w zależności od rozdziału. Z założenia wyniki otrzymane za pomocą opisywanych metod posłużą przede wszystkim zapewnieniu ewakuacji i ratowaniu osób z budynku. W niektórych przypadkach mogą zostać również wykorzystane na potrzeby ochrony środowiska i ochrony mienia lub obiektu.

Poradnik prowadzi czytelnika przez cały proces projektowania, na który składa się przygotowanie analizy jakościowej i ilościowej, porównanie wyników z wymaganiami oraz prezentacja i interpretacja wyników.

W kolejnych rozdziałach Poradnika szczegółowo opisano następujące problemy:

- warunki ramowe ochrony przeciwpożarowej i wymagań normatywnych (rozd. 2),
- cele ochrony (i koordynacja) kryteriów wydajności (rozd. 3, 6–8),
- scenariusze pożarów i pożary obliczeniowe (rozd. 4),
- weryfikacja z wykorzystaniem procedur inżynierskich (rozd. 5–10),
- bezpieczeństwo konstrukcji (rozd. 6),
- bezpieczeństwo osób (rozd. 8–9),
- skuteczność środków gaśniczych (rozd. 7, 10),
- dokumentacja dotycząca planowania ochrony przeciwpożarowej wraz z dokumentacją weryfikacji,
- test akceptacyjny zgodnie z zasadami inżynierii na zgodność z celami ochrony i kryteriami wydajności (rozd. 3, 10).

Publikacja do nabycia na stronie:

<https://www.cnbop.pl/pl/wydawnictwa/ksiazki>

Nalaka Prasanna Jayarathna Liyanapeli<sup>a)\*</sup>, Amiya Bhaumik<sup>a)</sup>, Udayanga Idunil Galappaththi<sup>b)</sup>,  
Deepthi Wickramasinghe<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> *Lincoln University College, Malaysia / Uniwersytet Lincolna w Malezji*

<sup>b)</sup> *Department of Mechanical & Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, University of Ruhuna, Sri Lanka / Dział Inżynierii Mechanicznej i Produkcyjnej, Wydział Inżynierii, Uniwersytet w Ruhunie, Sri Lanka*

<sup>c)</sup> *Department of Zoology and Environment Sciences, University of Colombo / Wydział Zoologii i Nauk o Środowisku, Uniwersytet w Colombo*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: liyanapeli@gmail.com*

## Factors Contributing to Increased Building Fire Incidents in Sri Lanka

### Czynniki przyczyniające się do zwiększonej liczby pożarów budynków na Sri Lance

#### ABSTRACT

**Purpose:** Despite the existence of established fire codes, the frequency of building fires in Sri Lanka has been on the rise in recent years. The primary objective of building codes is to ensure minimum acceptable fire safety standards in buildings, but deviations from the code can increase fire risk factors and exacerbate the severity of fires. This study aims to identify and rank such risk factors in three stages, beginning with design and concluding with maintenance.

**Project and Methods:** The methodology of this research consists of a qualitative approach, which includes a literature review, a questionnaire-based survey, and semi-structured interviews with fire industry professionals. The questionnaire was developed in a Sri Lankan context following an extensive literature review that included the author's experience. The qualified and experienced panel of fire specialists was asked to rank the prepared questionnaire, which was summarized into twelve risk categories. Though there are few fire risk ranking methods, the relative importance index method was applied in this research as it is simple and easy to use for ranking the risk factors. The results obtained from the five-point Likert scale, where "1" is the least risk level and "5" is the highest risk level, were converted to identify priorities with RII.

**Results:** In the Sri Lankan context, it was discovered that issues with design and the approval of inaccurate building plans are the first and second major risk factors, respectively, out of the twelve categories identified. Thus, it was evident that deviations made at the design stage are the most significant risk factors, according to the Sri Lankan setting. Most of the mistakes that are made at the design stage cannot be rectified at a later stage under normal conditions, as it could incur huge costs to change the building structures.

**Conclusions:** The study summarizes twelve factors that contribute to fire-related incidents in Sri Lankan buildings. Among these factors, the survey data shows that incorrect building design and the approval of inaccurate building plans for construction are the primary contributors to the high frequency and severity of fire-related incidents. Despite the availability of comprehensive fire safety regulations in Sri Lanka, the research reveals a significant gap in their implementation, from design to maintenance. These findings stress the importance of incorporating fire and safety management criteria into the building design stage, covering both construction and subsequent maintenance, to prevent fire incidents in Sri Lanka.

**Keywords:** prescriptive fire codes, fire risk factors, fire risk assessment, fire risk ranking, building fire safety

**Type of article:** original scientific article

---

Received: 08.03.2023; Reviewed: 02.05.2023; Accepted: 14.06.2023;

Authors' ORCID IDs: N. Liyanapeli – 0000-0002-5287-1786; A. Bhaumik – 0000-0002-9188-2269; U. Galappaththi – 0000-0002-6646-4831; D. Wickramasinghe – 0000-0001-6026-9552;

Percentage contribution: N. Liyanapeli – 85%; A. Bhaumik – 5%; U. Galappaththi – 5%; D. Wickramasinghe – 5%;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 54–63, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.3>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Pomimo istnienia ustalonych przepisów przeciwpożarowych na Sri Lance, częstotliwość występowania tam pożarów budynków rośnie w ostatnich latach. Podstawowym celem przepisów budowlanych jest zapewnienie minimalnych akceptowalnych standardów bezpieczeństwa pożarowego w budynkach, jednak odstępstwa od przepisów mogą zwiększyć czynniki ryzyka pożaru i zaostrzyć dotkliwość pożarów. Niniejsze badanie ma na celu zidentyfikowanie i uszeregowanie tych czynników ryzyka w trzech etapach, począwszy od projektowania, a skończywszy na konserwacji.

**Projekt i metody:** Metodologia tego badania obejmuje podejście jakościowe, które uwzględni przegląd literatury, ankietę opartą na kwestionariuszu oraz częściowo ustrukturyzowane wywiady ze specjalistami z branży pożarniczej. Kwestionariusz został opracowany w kontekście Sri Lanki. Wykwalifikowany i doświadczony zespół specjalistów ds. pożarnictwa został poproszony o uszeregowanie przygotowanego kwestionariusza, który został

podsumowany w dwunastu kategoriach ryzyka. Chociaż metod oceny ryzyka pożarowego jest niewiele, w niniejszym badaniu zastosowano metodę wskaźnika względnej istotności. Wyniki uzyskane z pięciostopniowej skali Likerta, gdzie „1” to najmniejszy poziom ryzyka, a „5” to najwyższy poziom ryzyka, zostały przekonwertowane w celu identyfikacji priorytetów z RII.

**Wyniki:** W kontekście Sri Lanki odkryto, że problemy z projektowaniem i zatwierdzaniem niedokładnych planów budowlanych są odpowiednio pierwszym i drugim głównym czynnikiem ryzyka spośród dwunastu zidentyfikowanych kategorii. W związku z tym było oczywiste, że odchylenia poczynione na etapie projektowania są najważniejszymi czynnikami ryzyka, zgodnie z określonymi warunkami na Sri Lance.

**Wnioski:** Badanie podsumowuje dwanaście czynników, które przyczyniają się do incydentów związanych z pożarami w budynkach na Sri Lance. Dane ankietowe pokazują, że nieprawidłowy projekt budynku i zatwierdzenie niedokładnych planów budowy są głównymi czynnikami przyczyniającymi się do wysokiej częstotliwości i dotkliwości incydentów związanych z pożarami. Pomimo dostępności kompleksowych przepisów bezpieczeństwa przeciwpożarowego na Sri Lance, badania ujawniają znaczną lukę w ich wdrażaniu, od projektu po konserwację. Wyniki te podkreślają znaczenie uwzględnienia kryteriów zarządzania pożarami i bezpieczeństwa na etapie projektowania budynku, obejmującym zarówno budowę, jak i późniejszą konserwację, aby zapobiegać pożarom na Sri Lance.

**Słowa kluczowe:** normatywne przepisy przeciwpożarowe, czynniki ryzyka pożarowego, ocena zagrożenia pożarowego, stopnie zagrożenia pożarowego, bezpieczeństwo pożarowe budynków

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

**Przyjęty:** 08.03.2023; **Zrecenzowany:** 02.05.2023; **Zaakceptowany:** 14.06.2023;

Identyfikatory ORCID autorów: N. Liyanapeli – 0000-0002-5287-1786; A. Bhaumik – 0000-0002-9188-2269; U. Galappaththi – 0000-0002-6646-4831; D. Wickramasinghe – 0000-0001-6026-9552;

Procentowy wkład merytoryczny: N. Liyanapeli – 85%; A. Bhaumik – 5%; U. Galappaththi – 5%; D. Wickramasinghe – 5%;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 54–63, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.3>;

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

## Introduction

More than one million fire deaths resulted from 86.4 million fire incidents between 1993 and 2015, a two-decade period [1], and about 1% of the worldwide GDP is lost annually as a result of all fire hazards [2]. Every year, developed and developing countries experience an average of 3.8 million fires resulting in 44,300 fire fatalities [3]. Between 2010 and 2014, a developed country like the USA reported the largest number of fires (600,000–1,500,000 per year) and the second-highest number of fire deaths (1,000–10,000 per year) in the world [2]. Both the highest number of fire fatalities (10,000–25,000 per year) and the second-highest number of fire incidences (100,000–600,000 per year) have occurred in developing countries like Pakistan and India in the same period [4]. In total, 18,450 fires occurred in 2015, resulting in 1,193 injuries and 17,700 fatalities in India according to a risk survey of 2017. The number of fire occurrences has significantly increased over the past few years, putting human lives in danger and resulting in financial and ecological damages [5]. Sri Lanka is not an exception either.

Fire events have been identified as the second-highest disaster topology in Sri Lanka and the second-highest rate of fire safety non-compliance has been in the Asian region [4]. According to the 2009 National Report on Disaster Risk, Poverty, and Human Development Relationship 2,703 large fires have been reported in Sri Lanka, between 1974 and 2007 [6]. It has been observed that the frequency of building-related fire incidents is increasing in Sri Lanka based on the Fire Service Department statistics [7]. The 113 number of fire incidents which has been reported in 2013 has gradually increased up to 182 fires by 2018 on a yearly basis. Despite showing a decrease in fires to 152 occurrences in 2020, it reveals a distinct and abrupt rising trend from 2013 to 2020. The limitation of commercial activities and people's movements during the peak time of the COVID pandemic may be the reason

behind this decline in the year 2020. Parallel to the expansion of the built environment, over the past few years it is evident that there is an increasing trend of fire incidents, especially in densely populated and built-up areas. There are a few factors that can influence the increase in the number of high-rise buildings, such as the development of the urban economy, high population density, increased land prices, etc. [8].

According to the Chamber of the Construction Industry [9], nearly 50 high-rise tower buildings, with more than 20 floors are under construction around Colombo. The above report indicates that just 11 high-rise buildings were built in Colombo city between 2013 and 2017. However, it exhibits dramatic growth trends in the years 2018 to 2020, and in those years, 5, 9, and 42 high-rise structures were added to Colombo city, respectively. People in urban areas are more vulnerable to fire hazards due to large populations involved in business, commercial, and other activities [10]. Based on the above factors, fire safety has taken the stern attention of the public as well as fire experts in Sri Lanka [11].

Today's buildings are becoming larger and more complex. Hence, Van Weyenberge et al. [12] stated that fire safety consideration has been increasingly influenced when designing modern buildings. Presently, building fire safety is mainly achieved through the application of fire safety regulations [13]. Confirming the above, Everton [14] stated that fire safety of a building can be assured to a great extent if it is constructed in compliance with local regulations and laws. One of the main objectives of building fire regulations is to provide the minimum degree of acceptable fire safety levels in buildings [15]. Around the world, two types of fire regulations are available, which are called prescriptive and performance based. However, most of the fire regulations are still prescriptive [12]. The implementation process of prescriptive fire regulation is simple and uncomplicated, as it directly mentions

what users need to comply with [16]. Hence, prescriptive code requirements are deemed to satisfy provisions, and it is considered that fire risks are successfully managed when all standard requirements are met [17].

The Construction Industries Development Authority of Sri Lanka has established a set of prescriptive fire regulations that outline the requirements that users fulfil [18]. These regulations and specifications for buildings and protection systems provide easy design guidelines for a non-complex building to meet the level of safety that is demanded by the society [19]. As it has been mentioned earlier, if fire regulations are fully implemented successfully, buildings should be fire safe. Hence, there should be no reason to increase the number of fire-related incidents, nevertheless, the number of buildings is increasing. However, as the above data indicate that there is a positive correlation between two variables, there should be some reasons behind this. The objective of this research is to find out which of the above factors increases the number of fire-related incidents in Sri Lankan buildings and rank them.

## Application of fire safety in different stages of a building

Fire safety precautions need to be considered at each stage of a building's lifetime: planning, construction, occupations, use, maintenance, alteration, extensions, etc. [20]. The above stages of the building can be divided into three stages: the design stage, construction stage, and maintenance stage [21].

### Design stage

The fire risk analysis of the buildings should begin from the designing stage [22]. Consequently, the designer must have sound knowledge of fire safety standards and other fire safety requirements. Furthermore, fire safety designers must consider how aging affects various fire safety designs and systems to determine the requirements for operation and maintenance, and the time to replace vital components of the system [23]. During building design, relatively little consideration is given to the operational phase, where it is generally assumed that the reliability of the fire safety system remains constant throughout the building's life cycle [24].

However, if the design is incorrect or does not comply with the existing fire safety regulations, it means the building is not fire safe as the above deviations are adding fire risk factors to the building. The above deviations should be identified during the process of the approval of a building plan. As per the existing building plan approval procedure, relevant authorities review the fire safety requirements of the proposed buildings before they approve them for construction [25]. The Municipal Fire Brigades are the competent authority (authority having jurisdiction) responsible for enforcing applicable fire safety regulations to reduce the risk of building fires [26]. Nonetheless, it has been found that more than 80% of the buildings in Sri Lanka are non-engineered and are profoundly vulnerable to regular hazards [27]. It reveals that there are gaps in the approval

procedures of a building plan that can increase the fire risk level of buildings at the design stage. This view is supported by the World Bank Report, which stated that the process of building approval in Sri Lanka is not yet fully comprehensive [27]. Apart from that, Rajanathan [28] urged that Sri Lankan buildings constructed before 1997 should be assessed for fire safety to identify the fire risks associated with these buildings, as they were built before introducing the fire regulations.

### Construction Stage

At the construction stage, strict quality control of active and passive fire protection systems is particularly critical to guarantee that they deliver the expected outcomes for a long period of time. The quality of the installed fire protection systems should be examined against the required standards and specifications while ensuring that the vital components of the protection systems have been fixed correctly [23]. Poor standards often adversely impact the ability of the system and the probability of success against the design objectives [29]. The failure of firefighting equipment during a fire can have serious social consequences. Hence, some building codes place responsibility on building authorities to ensure compliance with building regulations throughout the design and construction of new buildings [30]. In addition, if construction, repair, and maintenance work does not meet quality standards, it can lead to extreme cases of premature collapse of buildings, posing a threat to the residents and the firefighters [31].

Structural elements can be provided with fire resistance for either controlling the spread of a fire or preventing structural collapse, or both, depending on the functional requirements for the particular building. The fundamental step in designing buildings for fire safety is to verify that the fire resistance of the structure (or each part of the structure) is greater than the severity of the fire to which the structure is exposed [32]. Due to the above reason, fire resistance in building materials is a growing concern as it is crucial for fire service response and egress of the occupants by protecting the structure. However, it has been noticed in modern buildings increased use of more flammable synthetic material such as plastics and textiles, large quantity of combustible materials and use of goods with unknown composition and uncertain flammable behaviour [33]. Today, many companies produce goods to maximize revenues, regardless of the materials' flammability, by using lighter and thinner materials [34]. Some of them are used to enhance the aesthetics view of the buildings, but most of them are combustible materials that do not meet fire-resistant criteria. Due to the high cost of building fire protection systems, building owners utilize equipment and materials that are of poorer quality and do not adhere to fire safety standards [35]. Therefore, it is necessary to analyse the reaction-to-fire properties of various insulating materials to provide a better understanding of designing a fire-safe structure [36].

### Maintenance Stage

A common misunderstanding among building owners is, that if the relevant authorities sign off the building, it means the building is fully fire-safe [37]. According to Browne [38] various elements of a building will change throughout its working life



beginning as soon as it is completed. In addition, the building may be weakened due to aging [20], [31]. The problem is that the extension of fire systems, modification of fire protection systems, and fire detection systems are not changed accordingly with these changes or modifications [39], [40]. During the lifetime of a building, any changes to building layouts, use of the building, or alterations will need to be assessed to identify their effect on the overall fire safety strategy. Likewise, it is required to change the management systems and procedures together with the building changes. A crucial part of the fire safety management system is the servicing and maintenance of the fire protection systems on time. Fire protection systems may not provide designated functions unless they are regularly inspected or maintained [25].

Maintaining good housekeeping is an important strategy for fire safety management. It reduces the likelihood of fires, decreases the potential growth rate and size of fires, and ensures that fire protection systems in buildings operate as intended in the event of a fire. There are two main aspects of housekeeping: reducing the likelihood of a fire or initiating it whilst protecting the escape routes [23]. Even in a situation where the structural elements are of low combustibility, stored items can provide the fuel for fires to develop into large fires [41]. Similarly to that, employee awareness and training play a significant role to inhibit fire growth to serious levels. There is always a risk of fires developing to a dangerous level if not successfully controlled by the staff at the initial stages [42]. "It is well recognized that occupants extinguish many small fires before they can grow" [43]. The possibility of extinguishing fires by staff members would depend on their training and the amount of firefighting equipment they possess [44]. Similarly, having a correct emergency response plan is an important factor in keeping building occupants safe from hazards such as a fire, as it reduces evacuation time, mitigates the impact of a fire, and prevents death and injury [45]. The nature of emergencies is very complex and dynamic. Hence, it should be precious to minimize the possible impact of a fire [46].

The possibility of a new fire hazard has emerged with the increase of flammable and combustible building contents, including furniture and furnishing materials. Building fire safety is vital, especially when the contents of the buildings increase the fire loads. As a result, the materials involved with building contents are crucial for meeting the requirements for fire safety [47]. However, to get a comprehensive understanding of how fire affects a building material, it is necessary to study the properties of the material used that are affected by high temperatures [48]. As an example, furniture fires currently account for 2% of all home fires in the USA, but they account for a much greater percentage (19%) of all fire fatalities [47]. The majority of residential and commercial furniture manufactured in the United States, according to estimates from the furniture industry and state agencies, will not include flame retardants in the foam as of January 2020 [49]. Determining the fire risk of a building's contents and furnishings both during construction and after occupancy should therefore be a component of the proper fire management systems.

## Fire Risk Assessment

Fire safety in buildings can be achieved by improving passive fire safety in buildings, installing necessary active fire safety systems, and establishing necessary fire safety management systems in line with regulatory requirements [51]. Fire safety management is the application of guidelines, tools, standards, information, and practices to the analysis, assessment, and control of fire safety by building managers [52]. As it has been mentioned earlier, it is believed that the levels of fire safety of the building are acceptable if all the regulatory requirements have been implemented in prescriptive-type fire regulations [12]. This is the concept that is intended to develop a tool to assess the risk levels of Sri Lankan buildings as it can easily identify the deviations against the prescriptive regulations.

"A fire risk assessment has always been a challenging task" [53]. During the assessment process of a fire risk the likelihood of fires and their consequences is measured. To assess the risk levels, it is required to obtain meaningful data from different sources, including objective, and subjective data together with input from interested or affected stakeholders [54]. The assessment process of a fire risk involves the application of the established risk criteria to decide the level of a fire risk. Although numerous building fire safety assessment tools have been developed over the past four decades, none of them adequately consider building design features and their related impacts as key performance factors [55]. However, fire risk analysis can be performed in different ways depending on the purpose and scope of the analysis. The methodologies used to analyze fire risk may also vary depending on the quantity, quality, and detail of the data for a given purpose [54].

Various factors can affect the fire risk level of a building. All the factors should not be considered as equally important. Therefore, rating fire risk factors gives an initial idea about the weighting method of the risk factors [56]. The Fire Safety ranking system is one of the risk assessment processes which evaluates the performance of various fire safety attributes of buildings and quantifies the fire risk level [57]. Several methods are used to rank the fire safety factors of the buildings. Some of them are direct point allocation, paired comparison (multiple regression models, explicit trade-offs), and equal unit weighting [58]. In addition to the above, some other methods are also available, such as the fuzzy synthetic evaluation system for computing the fire risk ranking of buildings [59].

## Methodology

The methodology of this research consists of a qualitative approach, which includes an extensive literature review and questionnaire-based survey, and semi-structured interviews with fire industry professionals. The qualitative risk assessment can be developed by allocating points or scores to answers in a questionnaire by giving numerical values to the scores increasing with the risk level [60]. The data evaluation can be done by using the relative importance index (RII) technique as it can be used to rank attributes. In this research, judgments were obtained from fire experts, to rank the fire risk factors for the analysis of the

objective and the determination of the weightage of risk factors. The results obtained from the five-point Likert scale “1” is the least risk level and “5” is the highest risk level were converted to identify priorities with RII. Below equation was used to calculate the relative importance index:

$$RII = \sum W / (A * N) \quad (1)$$

where:

RII – relative importance index;

W – weighting given to each factor by the respondents (ranging from 1 to 5);

A – highest weight (i.e. 5 in this case) and

N – total number of respondents [61].

The purposive sampling technique was selected which is a non-probability sampling, as this sampling technique is most suitable for interviewees, and also it is a sampling technique convenient for survey respondents [62]. Current knowledge in this area was explored through searching scientific journals and fire safety codes and standards, including the CIDA fire regulations, International Fire Code, British, and European fire standards. These factors were summarized in a questionnaire to derive the relative importance of the selected fire risk factors, and thus determine their relative weights. This was achieved through the relative important index (RII).

#### Questionnaire design, administration, and analysis

The primary-level data was gathered from the literature review together with the author’s observations in the field of fire to build up the questionnaire. The questionnaire and semi-structured interviews were used to gather the data and a five-point Likert scale model was used to rank the identified problematic issues. To achieve the above objective, interviews were also carried out with selected experts. Purposive non-probability sampling was chosen because there were no probabilities associated with population units, and the selection was based on the judgment of the researcher.

Only corporate and graduate members of the Institution of Fire Engineers in Sri Lanka were selected for this study in order to assure the validity of the results. This was done in accordance with the clear requirements of the Fire Service Department, which state that all building plans must be approved by members of the Sri Lanka Institution of Fire Engineers. It was found that there are only 9 corporate members and 16 graduate members who are actively involved with fire-related activities at present in Sri Lanka. Out of 9 active corporate members, 6 members, and out of 16 graduate members, 10 members were purposely selected from the below listed key specialized areas. The sample size is above the 50% of the total population. All of them were qualified through the fire engineering examinations conducted by the institution of fire engineers in the U.K and have more than 15 years of experience in the field of fire engineering and firefighting. These are:

- members who are engaged in fire service operations,
- members who are working as fire consultants,
- members who are engaged in fire systems designs and installations.

Selected experts were asked to rank the risk factors which could increase the risk level of the Sri Lankan buildings assuming

that the possibility of the fires is developed into the fully developed levels. The fire risk factors which could contribute to the increase in the number of building fires in Sri Lanka could be added to buildings from the design stage to the maintenance stages.

At the design stage, deviations could happen in two ways. The first one is the incorrect building design and the second one is the approval of the incorrect building plans by the relevant authorities. Even though the building is incorrectly designed by the architects, constructing the incorrectly designed building can be avoided at the building plan-approving stage. However, it is evident in many ways that there is a large amount of fire safety deviations in the existing buildings. This could also be the result of two main factors. The first one is the lack of subject knowledge among fire service staff, especially outside the Colombo city area. The second reason is approving the incorrect building plans under various influences. Based on the above circumstances, below fire risk factors could be added to the building before construction:

1. The first factor is an incorrect building design.  
Examples: Lack of exits, exceeding travel distances, and not complying with compartmentation requirements. No fire lobbies & smoke lobbies, incorrect placement of hose reels, landing valves, etc.
2. The second factor is approving the incorrect building plans.  
Examples: Local authorities do not have enough subject knowledge to check the incorrect design. Noncompliance building plans approved under various influences, etc.

Three factors that may have an impact on the fire protection system’s appropriate operation were determined based on the literature review and the author’s observations:

1. Incorrect or substandard materials/equipment/components used for fire safety systems.  
Examples: Not using certified products for protection and detection systems, low quality of components and equipment, etc.
2. Equipment, components, and the material do not comply with the required specifications and standards.  
Examples: Low output of fire pumps, fire pump performance curves not complying with fire pump requirements, pipes and cables not complying with local specifications, etc.
3. Incorrect fixing of fire safety systems.  
Examples: Mounting of detectors exceeding the maximum height, sprinkler heads close to beams, common suction lines for pumps, mounting of detectors close to the walls, hydrants are very close to external walls, etc.

Some of the risk factors that are adding to the building at the maintenance stage of the buildings are due to occupying, aging, lack of maintenance, poor management system, etc. All the above functions are part of the fire safety management system. However, as fire safety management comprises a wider range of topics, it was summarized into seven areas that were determined to be more predominant in Sri Lankan buildings based on the aforementioned literature analysis, expert interviews, and the author’s own experiences.

The main identified areas are as below:

1. Lack of awareness.  
Examples: Not having fire safety-related awareness, no idea about the fire regulations and standard requirements, service requirements, etc.
2. Poor housekeeping and practices.  
Examples: Not maintaining good housekeeping, dust and garbage accumulation, unnecessarily increasing the fire load, fire exits and pathways blocked, etc.
3. Lack of training in firefighting and emergency response.  
Examples: Not enough people trained in terms of fire safety, no required skill level of fire wardens, no emergency response plans and no practice, etc.
4. Not having adequate fire safety systems.  
Examples: no hose reels, detection systems, hydrants, sprinkler systems, etc. even though they are required by the regulations.
5. Poor maintenance of the fire safety system.  
Examples: Systems and components are not in service or poorly functioning, not servicing, maintenance, and repairing according to the standard requirements, etc.
6. Lack of fire safety management system.  
Examples: no responsible person, no fire safety inspection procedures, no authority to take corrective actions, poor communication between relevant authorities, changes to passive fire protection systems without corrective actions, etc.
7. Not having an adequate emergency response plan.

Examples: no pre-plans and emergency response plans, no rehearsals on emergency response, poor plans, or not updated regularly.

Participants received a thorough explanation of all the above-mentioned risk factors, as well as examples that helped them understand each question. Participants were also requested to share their opinions and solutions for resolving each issue pertinent to the Sri Lankan context.

The aforementioned problems are significant contributors to the rise in fire safety-related events in Sri Lankan buildings at various phases of their lifespans. The identification and ranking of the above key factors are one of the main objectives of this study. By identifying the most important risk factors and their relative risk levels, it will be easier for the relevant authorities to take the necessary corrective action to reduce the frequency of fire-related incidents in Sri Lankan buildings.

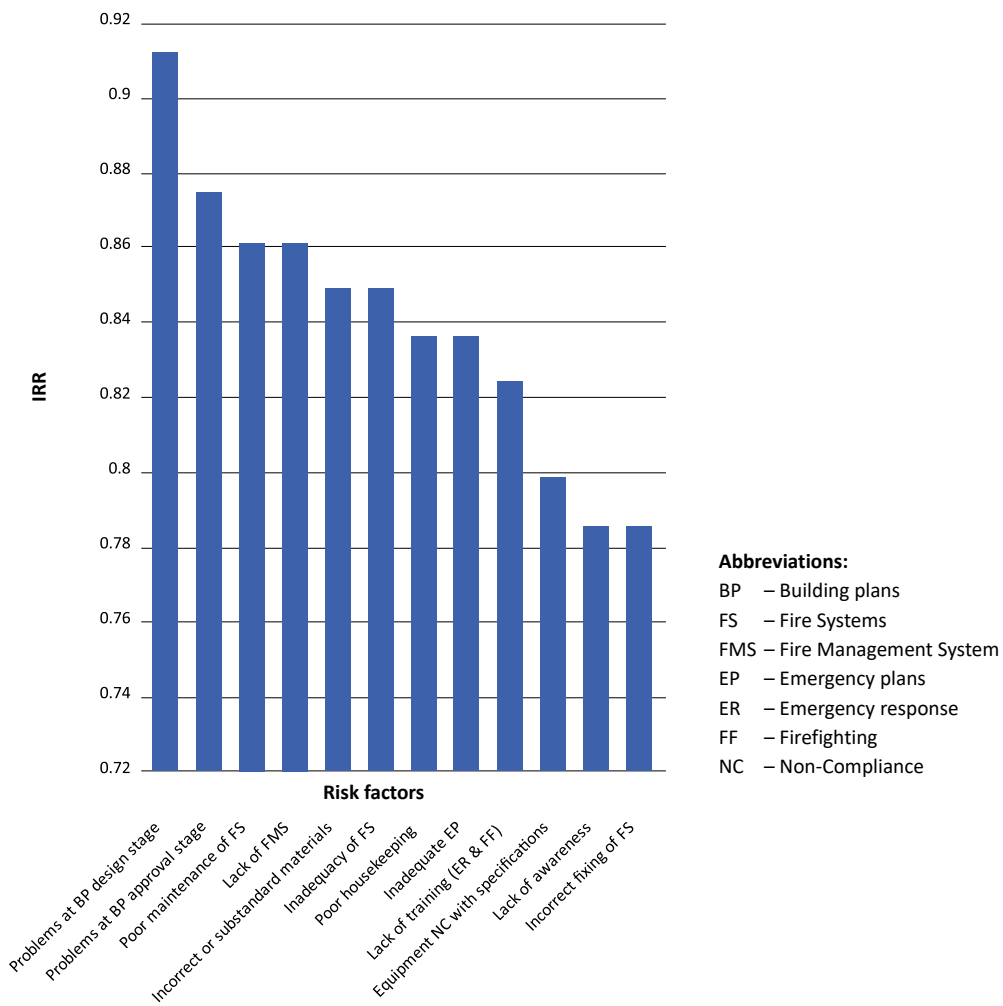
## Result and discussion

This research aims to investigate the fire risk factors that may have led to an increase in building fires and their severity in Sri Lanka during the past few years. These risk factors which are added to the building in three different stages of buildings and summarized factors were addressed to a panel of experts. Finally, the risk factors were quantified based on the expert responses.

**Table 1.** Finalized risk factors and risk ranking

No.	Fire Risk Factors	IRR	Rank
<b>Design Stage</b>			
1	Problems associated with the building plan design stage	0.912	1
2	Problems associated with the building plan approval stage	0.875	2
3	Poor maintenance of the fire safety system	0.862	3
4	Lack of fire safety management system	0.862	3
5	Incorrect or substandard materials/equipment/component used for fire safety systems	0.85	4
6	No adequate fire safety systems	0.85	4
7	Poor housekeeping and practices	0.837	5
8	No adequate emergency response plans	0.837	5
9	No training in firefighting and emergency response	0.825	6
10	Equipment, component, and the material do not comply with the required specifications	0.8	7
11	No awareness	0.787	8
12	Incorrect fixing of fire safety systems	0.787	8

Source: Own elaboration.



**Figure 1.** Ranking the fire risks factors  
 Source: Own elaboration.

The findings of the twelve-factor analysis highlight the crucial role played by the building plan design stage in ensuring fire safety in Sri Lankan buildings. The high weightage given to “Problems associated with the building plan design stage” and “Problems associated with the building plan approval stage” clearly indicates the need for greater attention to be given to these stages of the building process to ensure that fire safety is adequately addressed. The fact that mistakes made during the design stage cannot be easily rectified at a later stage underscores the importance of ensuring that proper fire safety measures are incorporated into the building plan from the outset. Failure to do so can result in significant costs and risks associated with retrofitting fire safety measures to an already constructed building. Non-compliance with passive fire protection systems is also identified as a significant risk factor that cannot be offset by the functioning of other safety systems. The example of having one staircase for a medium or high-rise building where two are required highlights the importance of complying with the appropriate safety standards to ensure the safety of occupants in the event of a fire.

The approval of incorrect building plans for construction under various influences and the lack of subject expertise on the

part of the building plan-approving authority are the reasons that “problems associated with the building plan approval stage” are ranked as the second-highest risk factor. Due to a lack of qualified professionals to approve the building plans, there is a considerable gap in building plan approval criteria outside of the Colombo major city region. Additionally, the building plan approval stage needs to be strengthened because this is where errors made by the design team may be fixed. Once the building is constructed, structural alterations cannot normally be changed back.

Based on the analysis conducted, it has been found that the third highest risk factor associated with building fire safety is the “No fire safety management system” along with its sub-factor i.e. “Poor maintenance of fire safety systems”. The lack of a proper management system can lead to several key sub-factors that can compromise fire safety, such as the absence of responsible individuals, insufficient allocation of financial and human resources, inadequate inspection procedures, no authority to take corrective actions, poor communication between relevant authorities, absence of work control procedures, and unauthorized changes to passive fire protection systems. While “Poor maintenance of fire safety systems” is a sub-factor of “No fire safety management system”, all other factors associated with maintenance are

also considered sub-sections of the lack of a management system. To accurately identify these sub-factors, responders were asked to evaluate each factor individually, emphasizing the critical areas where a lack of management could lead to compromised fire safety. Addressing the lack of a proper management system is crucial to ensure that fire safety is maintained in buildings and taking corrective actions in this regard is imperative.

In the analysis conducted, it was found that the 4th risk factor associated with building fire safety is the use of incorrect or substandard materials/equipment/components for fire safety systems and inadequate fire safety systems. The quality of fire safety components is critical to ensure that they function properly in emergency situations. Moreover, not having adequate fire safety systems is a common issue in some buildings in Sri Lanka. Despite the requirements set by fire regulations, many buildings still lack the necessary detection and protection systems, which may be attributed to the high-ranking risk factors of problems during the building plan design and approval stages. Therefore, it is important to address these key risk factors to ensure that fire safety systems are properly installed and maintained in buildings.

The fifth risk factor identified in the analysis was attributed to poor housekeeping procedures and a lack of effective emergency response strategies. Poor housekeeping standards can contribute to the ignition and rapid spread of fires within buildings, increasing the risk of harm to occupants and damage to property. Effective emergency response plans and strategies are essential for minimizing the impact of fires and protecting lives and property. However, despite the importance of emergency preparedness, many building owners in Sri Lanka appear to place greater emphasis on fire protection measures rather than on developing comprehensive emergency response plans.

## Literature

- [1] Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P., *World fire statistics 2017*, CTIF, International Association of Fire and Rescue Services, 2017.
- [2] Kodur V.R., Kumar P., Rafi M.M., *Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety*, "PSU Research Review" 2019, September, <https://doi.org/10.1108/PRR-12-2018-0033>.
- [3] Wagner N.B.A.S., "World Fire Statistics" 2018, Vol. 23.
- [4] Rathnayake I., Sridarran P., Abeynayake M.D.T.E., *Factors contributing to Building Fire Incidents: A review, Proceedings International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, UAE, March, 2020.
- [5] Rathnayake R.M.D.I.M., Sridarran P., Abeynayake M.D.T.E., *Factors contributing to building fire incidents: A review, Proceedings International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, UAE, March, 2020, pp. 123–134.
- [6] Rathnayake R.M.D.I.M., Sridarran P., Abeynayake M.D.T.E., *Fire risk of apparel manufacturing buildings in Sri Lanka*, "Journal of Facilities Management" 2022, vol. 20, no. 1, pp. 59–78, <https://doi.org/10.1108/JFM-11-2020-0082>.
- [7] Fire Service Department Internal Report, 2020.
- [8] Lau C.K., Lai K.K., Lee Y.P., Du J., *Fire risk assessment with scoring system, using the support vector machine approach*, "Fire Safety Journal" 2015, vol. 78, pp. 188–195, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.10.003>.
- [9] *Are we sitting on a Time Bomb with Fire Risk in Buildings?*, The Chamber of Construction Industry Sri Lanka, "Daily News" 2019, January, <https://www.dailynews.lk/2019/01/21/business/174840/are-we-sitting-time-bomb-fire-risk-buildings> [dostęp: 08.03.2023].
- [10] Ilyas U., *Assessment of Fire Safety Management of High Rise Buildings in Lahore*, "International Journal of Emerging Technologies in Learning" 2021, vol. 12(1), 241–246.
- [11] Aluthwala A.D., Wickramaratne D.K.S., Wijeratne R.K.M.J.B., Jayasinghe M.T.R., *Fire Safety in High Rise Buildings Fire Safety in High Rise Buildings*, "Annual Transactions of IESL" 2011, no. April, pp. 37–41.

## Conclusion

The study summarizes twelve factors that contribute to fire related incidents in Sri Lankan buildings. Among these factors, the survey data shows that incorrect building design and approval of inaccurate building plans for construction are the primary contributors to the high frequency and severity of fire-related incidents. The study also highlights a lack of proper management system and fire safety system maintenance as the third risk factor. Despite the availability of comprehensive fire safety regulations in Sri Lanka, the research reveals a significant gap in their implementation from design to maintenance. These findings stress the importance of incorporating fire and safety management criteria in the building design stage, covering both construction and subsequent maintenance, to prevent fire incidents in Sri Lanka.

- [12] Van Weyenberge B., Deckers X., Caspeele R., Merci B., *Development of an Integrated Risk Assessment Method to Quantify the Life Safety Risk in Buildings in Case of Fire*, "Fire Technology" 2019, vol. 55, no. 4, pp. 1211–1242, <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0763-6>.
- [13] Kodur V., Kumar P., Rafi M.M., *Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety*, "PSU Research Review 2020", vol. 4, no. 1, pp. 1–23, <https://doi.org/10.1108/PRR-12-2018-0033>.
- [14] Everton A., *Local authority*, "Fire prevention and Fire Engineering Journal" 2006, vol. 65, pp. 21–23.
- [15] Paper C., Carl U., Independent J., Johansson U.C., *An Approach to Quantify the Current Level of Safety Achieved by the Building Code*, Proceedings of the Society of Fire Safety International Fire Safety Engineering Conference 'Raising the Bar', no. March 2011.
- [16] Lundin J., *Safety in Case of Fire – The Effect of Changing Regulations Johan Lundin Department of Fire Safety Engineering*, 2005.
- [17] Sanctis D., Research Collection, 2015.
- [18] CIDA, CIDA Fire Regulation, 2018.
- [19] Johansson U.C., *Quantifying Risk for Deemed-to-Satisfy Apartment Buildings*, p. 142, Lund 2010.
- [20] Cox P., *Risk Venture. Fire safety strategies for building*, "Fire Prevention and Fire Engineers Journal" 2005, vol. 64, pp. 26–27.
- [21] Xiuyu L.I.U., Hao Z., Qingming Z.H.U, 2012 International Symposium on Safety Science and Technology Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures, vol. 45, pp. 643–648, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.216>.
- [22] Marchant E., *Fire risk assessment*, "Fire Engineers Journal" 1999, vol. 59(201).
- [23] BSI standard publication, *Code of practice for fire safety in the design, management, and use of buildings*, 2008.
- [24] Tan S., Weinert D., Joseph P., Moinuddin K., *Sensitivity and uncertainty analyses of human and organizational risks in fire safety systems for high-rise residential buildings with probabilistic t-h-o-risk methodology*, "Applied Sciences", vol. 11, no. 6, 2021, doi: 10.3390/app11062590.
- [25] Liyanapeli N., *Assessment of fire risk levels of industrial buildings in biyagama export processing zone area*, Master Thesis, Department of Building Economics University of Moratuwa Sri Lanka, January, 2017.
- [26] Madaio M. et al., *Firebird Predicting Fire Risk and Prioritizing Fire Inspections in Atlanta*, ACM KDD Conference, pp. 185–194, 2016, <https://doi.org/10.1145/2939672.2939682>.
- [27] *Managing Risks for a Safer Built Environment Building Regulatory Capacity Assessment Building Regulation for Resilience Program*, no. August, 2020.
- [28] Rajanathan S., *Inspection System for Old Public Buildings and Apartments in Colombo Municipal Areas*, NBRO Symposium 2015 "Innovations Resilient Environment", 2015.
- [29] Bird S.N., Bouchlaghem N.M., Glockling J., Yeomans S.G., *Decision Problem Structuring Method For The Specification And Selection Of Active Fire Protection Systems*, 7th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering and Construction, 2012, [dostęp: 08.03.2023], <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/handle/2134/15903>.
- [30] Xiao X., Marchant E., Griffith A., *The macro quality assurance system for fire safety engineering*, "Fire Technology" 1994, vol. 30, no. 3, pp. 366–373, <https://doi.org/10.1007/BF01038071>.
- [31] Ellicott G., *Past Experience*, "Fire Prevention and Fire Engineers Journal" 2006, vol. 66, p. 25.
- [32] Gross J.L., Phan L.T., "Summary of best practice guidelines for structural fire resistance design of concrete and steel buildings, Structed Congress 2010, vol. 119, no. 2007, pp. 2369–2379, [https://doi.org/10.1061/41130\(369\)215](https://doi.org/10.1061/41130(369)215).
- [33] Mullins-Jaime C., Smith T.D., *Nanotechnology in Residential Building Materials for Better Fire Protection and Life Safety Outcomes*, "Fire" 2022, vol. 5, no. 6, pp. 1–12, <https://doi.org/10.3390/fire5060174>.
- [34] Hiemstra H., *Influence of Building Structure and Building Content on Residential Fires*, Master Thesis, Lund 2016.
- [35] Perera L., Allis C., *Fire Safety Performance of High-rise buildings in Sri Lanka*, The SLIIT International Conference on Engineering and Technology, no. March, 2022, pp. 69–78, 2022, <https://doi.org/10.54389/onlz8762>.
- [36] Hossain M.D. et al., *Fire Behaviour of Insulation Panels Commonly Used in High-Rise Buildings*, "Fire" 2022, vol. 5, no. 3, <https://doi.org/10.3390/fire5030081>.
- [37] Oliver A., *Building momentum*, "Fire Risk Manag. Int. J. Fire Prof." 2010, vol. 71, pp. 34–35.
- [38] Brown P., *Safety design*, "Fire Engineers Journal" 2003, vol. 57, pp. 28–31.
- [39] Connolly R., *The quantifications of the risk of fire spread within the building*, "Fire Engineers Journal" 1999, vol. 59–201.
- [40] Williams B., *Light Maintenance*, "Fire Prevention and Fire Engineers Journal" 2006, vol. 66, pp. 14–16.
- [41] Babrauskas V., *Performance-Based Building Codes: What Will Happen To the Levels of Safety?*, "Fire Science and Technology" 1998.
- [42] Glockling J., *Business and property protection*, "Fire Risk Manag. Int. J. Fire Prof." 2012, vol. 73, pp. 18–19.
- [43] Winkworth G., *The building fire performance evaluation methodology*, "Fire Engineers Journal", vol. 58–195, 1999.
- [44] Johansson H., *Decision Making in Fire Risk Management*, Lund 2001, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.202.2345&rep=rep1&type=pdf>
- [45] Camelia A., *Reliability Evaluation of Emergency Reponse Plan Design in Buildings of Sriwijaya University 2019*, Proceedings of the 2nd Sriwijaya International Conference of Public Health (SICPH 2019), vol. 25, no. Sicph 2019, pp. 86–94, 2020.
- [46] Bitencourt K., Durão F., Mendonça M., *EmergencyFire: An ontology for fire emergency situations*, WebMedia 2015 - Proc. 21st Brazilian Symp. Multimed. Web, pp. 73–76, 2015, <https://doi.org/10.1145/2820426.282045>.
- [47] Popescu C.M., Pfriem A., *Treatments and modification to improve the reaction to fire of wood and wood based*

- products – An overview, "Fire Mater" 2020, vol. 44, no. 1, pp. 100–111, <https://doi.org/10.1002/fam.2779>.
- [48] Deleghou E.T. et al., *The Effect of Fire on Building Materials: The Case-Study of the Varnakova Monastery Cells in Central Greece*, "Heritage" 2019, vol. 2, no. 2, pp. 1233–1259, <https://doi.org/10.3390/heritage2020080>.
- [49] Charbonnet J.A., Weber R., Blum A., *Flammability standards for furniture, building insulation and electronics: Benefit and risk*, "Emerging Contaminants" 2020, vol. 6, pp. 432–441, doi: 10.1016/j.emcon.2020.05.002.
- [50] Cvetković V.M., Dragašević A., Protić D., Janković B., Nikolić N., Milošević P., *Fire Safety Behavior Model for Residential Buildings: Implications for Disaster Risk Reduction*, "SSRN Electron. J." 2021, doi: 10.2139/ssrn.3974738.
- [51] Kaseem A.M., Yatim Y.M., Yusoff W., Mahmood W., *Adequate Fire Safety Training for the Occupants Knowledge and Awareness of Fire Safety*, "International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development" 2021, 10(2226-6348), pp. 13–24.
- [52] Danzi E., Fiorentini L., Marmo L., *FLAME: A Parametric Fire Risk Assessment Method Supporting Performance Based Approaches*, "Fire Technology" 2021, 57, pp. 721–765, <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01014-9>.
- [53] Watts J.M. JR., Hall J.R. JR., *Introduction to fire risk analysis, SFPE handbook of fire protection engineering*, Springer, New York 2016.
- [54] Park H., *Development of a Holistic Approach To Integrate Fire Safety Performance With Building Design*, PhD Propos., p. 141, Worcester 2014.
- [55] Kit C., Keung K., Pui Y., Du J., *Fire risk assessment with scoring system, using the support vector machine approach*, "Fire Safety Journal" 2015, vol. 78, pp. 188–195, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.10.003>.
- [56] Hassanain M.A., Hafeez M.A., Sanni-Anibire M.O., *A ranking system for fire safety performance of student housing facilities*, "Safety Science" 2017, vol. 92, pp. 116–127, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.002>.
- [57] Zhao C.M., Lo S.M., Lu J.A., Fang Z., *A simulation approach for ranking of fire safety attributes of existing buildings*, "Fire Safety Journal" 2004, vol. 39, no. 7, pp. 557–579, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2004.06.001>.
- [58] Liu M., Lo S.M., Hu B.Q., Zhao C.M., *On the use of fuzzy synthetic evaluation and optimal classification for computing fire risk ranking of buildings*, "Neural Computing and Applications" 2009, vol. 18, no. 6, pp. 643–652, doi: 10.1007/s00521-009-0244-4.
- [59] Ramachandran G., *Fire safety management and risk assessment*, "Facilities" 1999, vol. 17, pp. 363–377, <https://doi.org/10.1108/02632779910278782>.
- [60] Egemen M., "Building Construction Clients' Design Consultant and Contractor Selection Criteria Versus Post-Occupancy Satisfaction Levels", "SAGE Open" 2022, <https://doi.org/10.1177/21582440221089968>.
- [61] Rowley J., "Designing and using research questionnaires", "Management Research. Review" 2014, vol. 37, no. 3, pp. 308–330, <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2013-0027>.

**AMIYA BHAUMIK, PH.D., PROFESSOR** – President of Lincoln University College Malaysia Amiya Bhaumik, the Founder and Vice-Chancellor of Lincoln University College. He is purely from the field of education. Since 1999 he is Executive Vice President of the International Education Consulting Group, St. Louis, USA. He was a research fellow of UNESCO, Paris. He served as a Professor of Business Administration at the University of Lucknow, India, and at the University of Malaya and many other places.

**NALAKA PRASANNA JAYARATHNA LIYANAPALI, M.SC.** – he works as a manager of the environment, health and safety, and compliance in a multinational company in Sri Lanka. He is a corporate member of the Institution of Fire Engineers in UK and the immediate past president of the Institution of Fire Engineers in Sri Lanka. He has more than 25 years of experience in fire safety and fire engineering in various fire services in reputed companies in Sri Lanka. He studied pertinent to Environment Management and Occupational Health & Safety at the University of Colombo, and the University of Moratuwa in Sri Lanka. Currently, he is a Ph.D. candidate in Industrial Management at Lincoln University College, Malaysia. His research involves issues related to fire risk assessments and building fire safety in Sri Lanka. He is the author of a few publications relevant to the environment, health, safety and building fire safety.

**UDAYANGA I.K. GALAPPATHTHI, PH.D.** – he is currently serving as a resource person for the faculty of engineering, University of Ruhuna, Sri Lanka. He completed a bachelor's degree (Hons. in Mechanical and Manufacturing Engineering) at the University of Ruhuna and a Ph.D. at Glasgow Caledonian University. He has more than eighteen years of experience in different areas of engineering disciplines including building service engineering. He serves in many local and international expert committees for the national development in Sri Lanka.

**DEEPTHI WICKRAMASINGHE, PROFESSOR** – she is currently serving as a professor in the Department of Zoology and Environment Sciences, University of Colombo, Sri Lanka. She obtained a bachelor's degree (Hons. in Environmental Science) and M.Sc. in Environmental Science at the University of Colombo. She studied at Dalhousie University, Canada, and the University of Colombo for her Ph.D. in Conservation Biology. She has more than twenty five years of experience in environmental conservation, community development, and youth empowerment projects. She held many key positions in local scientific organizations and was the President of the Institute of Biology in 2010. Her interests include water (both inland and coastal habitats), climate change and disaster risk reduction, nature-based solutions, sustainable development, and gender. She serves in many local and international expert committees in these areas.

Anna Rabajczyk<sup>a)\*</sup>, Robert Wolański<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>b)</sup> *The Fire Service College of the State Fire Service in Cracow / Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: arabajczyk@cnbop.pl*

## Analysis of the Issue of Special Clothing in the Operation of Fire Protection Units

### Analiza problematyki ubrań specjalnych w zakresie ich eksploatacji przez jednostki ochrony przeciwpożarowej

#### ABSTRACT

**Aim:** The paper is aimed at presenting selected problems of the impact of the incident environment on the body of a firefighter-rescuer who is protected with standard personal protective equipment (PPE). The article is an overview and presents the hazards associated with working in harsh environmental conditions, followed by the characteristics of firefighters' PPE (in particular, special clothing) that play a key role in such conditions.

**Introduction:** The safety of those involved in a fire incident is a very important issue – both in terms of proper management of human resources and the organization of activities in the situation of the incident and after it. The article presents content related to the impact of selected environments on firefighter-rescuers and the importance of firefighters' "special clothing" during operations. The information on the influence of hot and cold microclimate environments and chemical activity as a consequence of processes occurring during a fire is presented. The issue of the operation of the complex environment of the tactical field and its impact on those involved in incidents was addressed.

**Methodology:** The article is based on a review of selected literature on the addressed subject.

**Conclusions:** During an incident involving not only operations during a fire, but also after the fire is extinguished, a firefighter-rescuer is simultaneously exposed to many factors. In addition to the stress that accompanies such activities, physical and chemical factors that occur side by side should also be considered, often broadening and intensifying the negative impact. The analysis should cover the fullest possible range of factors to which a person is subjected and allow him/her to be equipped with the appropriate protective tools, which are the firefighter's PPE. The introduced innovations should be multidirectional and include minimizing the risk of high or low temperatures, inhalation poisoning, or skin contact with toxins. In doing so, it should be kept in mind that changes in the structure and properties of clothing must correspond to both the trends observed in the market, the economy and the dynamics of the course of fire. Therefore, it is necessary to work in parallel in many areas, taking into account the properties of the used materials, the spread and nature of incidents, and the tools at the disposal of the firefighter-rescuer.

**Keywords:** hazard factors, firefighter's personal protective equipment, firefighter's special clothing, innovations

**Type of article:** review article

---

Received: 22.11.2022; Reviewed: 19.12.2022; Accepted: 19.12.2022;

Authors' ORCID IDs: A. Rabajczyk – 0000-0003-4476-8428; R. Wolański – 0000-0002-5625-0936;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 64–84, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.4>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Opracowanie ukierunkowane jest na przedstawienie wybranych problemów oddziaływania środowiska zdarzenia na organizm strażaka-ratownika, który chroniony jest z zastosowaniem standardowych środków ochrony indywidualnej (ŚOI). Artykuł ma charakter przeglądowy i prezentuje zagrożenia związane z pracą w trudnych warunkach środowiskowych, a następnie właściwości ochronne ŚOI, które odgrywają kluczową rolę w takich warunkach.

**Wprowadzenie:** Bezpieczeństwo osób biorących udział w zdarzeniach pożarowych jest bardzo istotnym zagadnieniem – zarówno w kontekście prawidłowego zarządzania zasobami ludzkimi, jak i organizacji działań podczas samego zdarzenia i po jego zakończeniu. Artykuł prezentuje treści związane z oddziaływaniem wybranych środowisk na strażaków-ratowników oraz znaczenia „ubrań specjalnych” strażaków w czasie podejmowanych działań. Przedstawiono informacje o wpływie środowisk mikroklimatu gorącego i zimnego oraz aktywności chemicznej będącej konsekwencją procesów zachodzących podczas pożaru. Zwrócono uwagę na problem działania złożonego środowiska pola taktycznego i jego wpływu na osoby biorące udział w zdarzeniach.

**Metodologia:** Artykuł został opracowany na podstawie przeglądu wybranej literatury z zakresu poruszanej tematyki.



**Wnioski:** Podczas zdarzenia obejmującego nie tylko działania podczas pożaru, ale także po ugaszeniu ognia, strażak-ratownik jest narażony na wiele czynników jednocześnie. Obok stresu, który towarzyszy tego typu akcjom, należy wziąć pod uwagę także czynniki fizyczne i chemiczne, które występują obok siebie, często poszerzając i wzmagając negatywne oddziaływanie. Analiza powinna obejmować możliwie pełny zakres czynników, którym poddana jest dana osoba i pozwalać na wyposażenie jej w odpowiednie narzędzia ochronne, jakimi są ŚOI strażaka. Wprowadzane innowacje powinny być wielokierunkowe i obejmować minimalizację zagrożenia wysoką lub niską temperaturą, zatruciem drogą oddechową, czy kontaktu skóry z toksynami. Należy przy tym pamiętać, że zmiany w strukturze i właściwościach odzieży muszą odpowiadać zarówno tendencjom obserwowanym na rynku, w gospodarce, jak i dynamice przebiegu pożaru. Niezbędne jest zatem prowadzenie prac równolegle w wielu obszarach, uwzględniając właściwości stosowanych materiałów, rozprzestrzenianie się i charakter zdarzeń oraz narzędzia będące na wyposażeniu strażaka-ratownika.

**Słowa kluczowe:** czynniki zagrożeń, środki ochrony indywidualnej strażaka, ubrania specjalne straży pożarnej, innowacje

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 22.11.2022; **Zrecenzowany:** 19.12.2022; **Zaakceptowany:** 19.12.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: A. Rabajczyk – 0000-0003-4476-8428; R. Wolański – 0000-0002-5625-0936;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 64–84, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.4>;

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

## Introduction

A variety of adverse events can endanger both people and their property. The situations in question are defined in a number of national and international documents. The applicable document in this regard in the countries of the European Union is European Commission Directive 2019/1832 of 24 October 2019. [1], and in national law, a regulation of the Minister of Family and Social Policy of 4 November 2021 [2]. In Annex I of Commission Directive (EU) 2019/1832 [1] amending Annexes I, II and III to Council Directive 89/656/EEC [3] with regard to adjustments of a purely technical nature, risks are presented:

- physical: mechanical, noise, thermal (high temperature, low temperature), electrical (electric shock, electrostatic charge), radiation (non-ionizing, ionizing),
- chemical: aerosols (solid particles, liquid particles), liquids (immersion, splash, spray, jets), gases and vapours,
- biological substances: aerosols (solid and liquid particles), liquids (indirect contact, direct contact, splashes, sprays, jets), materials, persons, animals (indirect contact and direct contact) [3].

Contemporary operations of fire protection units are rich in a wide range of scenarios for the course of rescue intervention in the event of a given emergency. These range from long-established and defined solutions using tactical developments [4–5] to new ones introduced by line commanders [6], linked directly to the characteristics of the threat being eliminated. In a vast majority of interventions recorded in SWD PSP [7–8], there is a complex array of risk factors in relation to the firefighter-rescuer intervening directly. A profession and service widely recognised as high risk [9] is fraught with situations that represent exposure to a range of risk factors present, as a result of contact with an incident environment that is random in nature. In a vast majority of situations, the possibility of fire risk, which is one of the most destructive events, must be taken into account. The system of

## Wprowadzenie

Różnorodne zdarzenia niepożądane mogą zagrażać zarówno ludziom, jak i ich mieniu. Sytuacje, o których mowa, zostały określone w wielu krajowych i międzynarodowych dokumentach. Obowiązującym aktem ustawodawczym w tym zakresie w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa Komisji Europejskiej 2019/1832 z 24 października 2019 r. [1], a w prawie krajowym rozporządzenie Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z 4 listopada 2021 r. [2]. W załączniku I Dyrektywy Komisji (UE) 2019/1832 [1] zmieniającej załączniki I, II i III do dyrektywy Rady 89/656/EWG [3] w odniesieniu do dostosowań o charakterze czysto technicznym przedstawione zostały zagrożenia:

- fizyczne: mechaniczne, hałas, termiczne (wysoka temperatura, niska temperatura), elektryczne (porażenie prądem, ładunki elektrostatyczne), promieniowaniem (niejonizującym, jonizującym),
- chemiczne: aerozole (cząstki stałe, cząstki ciekłe), płyny (zanurzenie, rozpryski, spryskanie, strumienie), gazy i opary,
- substancje biologiczne: aerozole (cząstki stałe i cząstki ciekłe), płyny (kontakt pośredni, kontakt bezpośredni, rozpryski, spryskanie, strumienie), materiały, osoby, zwierzęta (kontakt pośredni i kontakt bezpośredni) [3].

Współcześnie jednostki ochrony przeciwpożarowej muszą być przygotowane na różnorodne scenariusze przebiegu interwencji ratowniczej w sytuacji wystąpienia konkretnego zagrożenia. Istnieją od dawna uznane i zdefiniowane rozwiązania z wykorzystaniem rozwiązań taktycznych [4–5] oraz nowe, wprowadzane przez dowódców liniowych [6], związane bezpośrednio z właściwościami likwidowanego zagrożenia. W zdecydowanej większości interwencji rejestrowanych w systemie SWD PSP [7–8] występuje złożony układ czynników zagrażających bezpośrednio strażakowi-ratownikowi. Zawód i służba – uznane powszechnie za obarczone wysokim ryzykiem [9] – obfitują w sytuacje stanowiące

qualifying an incident and its registration by the entities of the national rescue and firefighting system [5] following an alarm and rescue intervention allows the type of intervention, i.e. fire, local emergency or natural disaster, to be indicated in a simplified manner. In the rescue operations characteristic of a local emergency intervention, there are elements of firefighting, protection against fire initiation and dynamic development. Therefore, optimum methods for fighting fire and reducing the risk of hazards to the firefighter-rescuer are constantly being sought. This search concerns both ways of inhibiting or limiting the development of physicochemical phenomena occurring in the incident environment and their effects on the environment and the people exposed to them, including clothing. Therefore, the clothing must not only allow the firefighter to carry out his or her tasks, but also have a protective function, ensuring the safety of those involved in the incident.

### Impact of hazard factors of the rescue environment on the rescuer

Firefighter-rescuers carry out their primary tasks in accordance with the departmental jurisdiction arising from formal regulations, i.e. laws and regulations and a whole range of directional guidelines. Undertaking these tasks is inherently random, just as the risks resulting from adverse events are random. The very general typology of incidents (in terms of: fires, local threats, natural disasters) included in the formal regulations indicates a very wide range of possible situational options.

The working and intervention environment of firefighter-rescuers is characterised by the impact of external factors resulting from the specific nature of the incident. A proper assessment of potential hazards is crucial if these factors are fully identified [10] during rescue operations, i.e., activities including firefighting, local hazards and natural disasters. In addition to the specificity of the intervention itself, resulting from the performed operations and the stress generating psycho-physical exhaustion, the destructive impact causing a risk to health and life is the physical and chemical impact of the environment.

The commonly recognised man – technology – environment system C-T-O [11] (in some sources man – technology – environment C-T-W, man – machine – environment C-M-W [11–12]) in the case of a rescue intervention involving a firefighter-rescuer acting as part of a rota includes his/her person, the rescue equipment and his/her place of operation (see Figure 1).

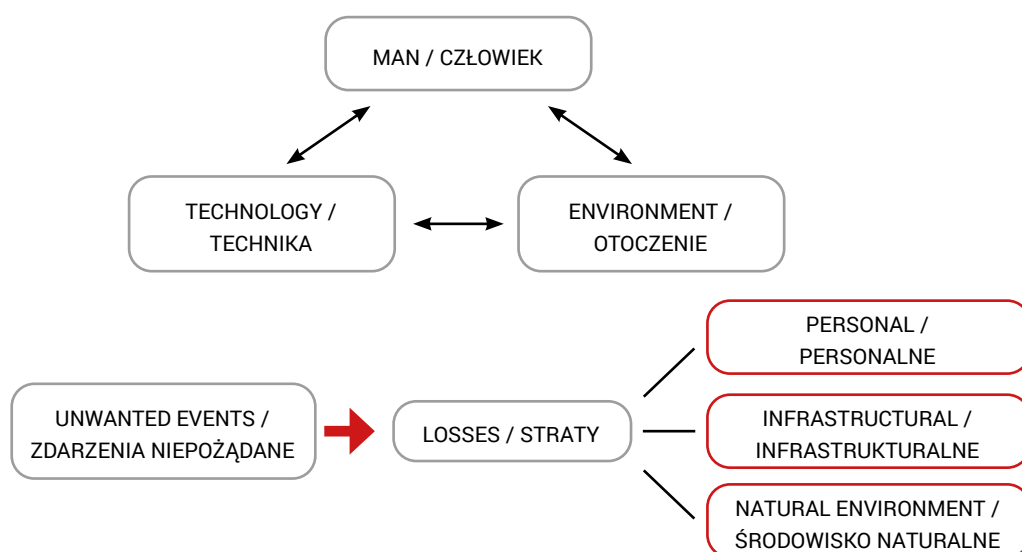
narażenie na szereg występujących czynników zagrożeń, będących efektem kontaktu ze środowiskiem zdarzenia, które ma charakter losowy. W zdecydowanej większości sytuacji należy brać pod uwagę możliwość wystąpienia zagrożenia pożarem, który jest jednym z najbardziej destrukcyjnych zdarzeń. System kwalifikacji zdarzenia i jego rejestracji przez podmioty krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [5] po zaalarmowaniu i przeprowadzeniu interwencji ratowniczej pozwala w uproszczony sposób wskazać na rodzaj interwencji, tj. pożar, miejscowe zagrożenie lub też klęskę żywiołową. W działaniach ratowniczych charakterystycznych dla interwencji związanej z miejscowym zagrożeniem występują elementy zwalczania pożaru, zabezpieczenia przed jego inicjacją oraz dynamicznym rozwojem. Dlatego też stale poszukuje się optymalnych metod zwalczania pożaru i minimalizacji ryzyka zagrożeń dla strażaka-ratownika. Poszukiwania te dotyczą zarówno sposobów hamowania czy ograniczania rozwoju zjawisk fizykochemicznych występujących w środowisku zdarzenia, jak i ich oddziaływania na środowisko i osoby na nie narażone, w tym w zakresie odzieży. Ubrania muszą zatem nie tylko pozwolić na realizację zadań przez strażaka, ale także spełniać funkcje ochronne, gwarantujące bezpieczeństwo osób biorących udział w zdarzeniu.

### Oddziaływanie czynników zagrożenia środowiska działań ratowniczych na ratownika

Strażacy-ratownicy realizują swoje podstawowe zadania zgodnie z właściwością służbową wynikającą z regulacji formalnych, tj. ustaw i rozporządzeń oraz całego szeregu wytycznych kierunkowych. Podejmowanie realizacji tych zadań jest z natury rzeczy losowe, jak losowy charakter mają zagrożenia będące rezultatem zdarzeń niepożądanych. Bardzo ogólna typologia zdarzeń (w ujęciu: pożary, miejscowe zagrożenia, klęski żywiołowe) ujęta w regulacjach formalnych wskazuje na niezwykle szeroki wachlarz możliwych wariantów sytuacyjnych.

Środowisko pracy i interwencji strażaków-ratowników charakteryzuje się oddziaływaniem czynników zewnętrznych wynikających ze specyfiki zdarzenia. Na właściwą ocenę potencjalnych zagrożeń kluczowy wpływ ma pełna identyfikacja tych czynników [10] w czasie prowadzenia czynności ratowniczych, tj. działań obejmujących zwalczanie pożarów, miejscowych zagrożeń i klęsk żywiołowych. Poza specyfiką samej interwencji związanej z wykonywanymi operacjami oraz stresem, które generują wyczerpanie psychofizyczne, destrukcyjny wpływ powodujący zagrożenie zdrowia i życia ma oddziaływanie fizykochemiczne otaczającego ratowników środowiska.

Powszechnie uznawany system człowiek – technika – otoczenie C-T-O [11] (w niektórych źródłach człowiek – technika – środowisko C-T-Ś, człowiek – maszyny – środowisko C-M-Ś [11–12]) w przypadku interwencji ratowniczej z udziałem strażaka-ratownika działającego w ramach rotacji obejmuje jego osobę, sprzęt do działań ratowniczych oraz miejsce jego działania (zob. ryc. 1).



**Figure 1.** C-T-O system: man – technology – environment  
**Rycina 1.** System C-T-O: człowiek – technika – otoczenie

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

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [11].

There are a number of models for the burden of risk factors on the rescuer. They arise from the carried out tasks, the range of which expands with the specificity of the threats. According to the list of general characteristics of the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute, these tasks include [13]:

- carrying out the instructions of superiors,
- alarm ride to the rescue and firefighting operation,
- participation in rescue and firefighting operations,
- participation in a technical rescue operation,
- participation in chemical and environmental rescue operations
- participation in chemical and environmental rescue operations,
- participation in a water rescue operation,
- participation in high-altitude rescue operations,
- direct communication with colleagues, either through personal contact or by means of office and radio technology,
- working at height, in excavations, silos, caves, adits, moving on flat surfaces and on stairs,
- participation in training and drills,
- maintenance and repair of rescue equipment [13].

From the occupational risk chart covering hazards that may occur in the position of a firefighter taking direct part in rescue and firefighting actions, developed by the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute (CIOP-PIB, Poland) [14], out of a wide range of hazard factors, for the purposes of this study, hazardous factors were selected for analysis, focusing on those related to the hot microclimate environment, i.e. fire, local hazards involving fire hazards, natural disasters involving fire hazards, cold microclimate environments, environments with elevated chemical activity, environments with complex hazard factor activity.

Istnieje wiele modeli obciążeń czynnikami zagrożeń ratownika. Wynikają one z realizowanych zadań, których wachlarz rozszerza się wraz ze specyfiką zagrożeń. Według wykazu ogólnie ujętych charakterystyk Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego, zadania te obejmują [13]:

- wykonywanie poleceń przełożonych,
- jazda alarmowa do akcji ratowniczo-gaśniczej,
- udział w akcji ratowniczo-gaśniczej,
- udział w akcji ratownictwa technicznego,
- udział w akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego,
- udział w akcji ratownictwa wodnego,
- udział w akcji ratownictwa wysokościowego,
- komunikacja bezpośrednia ze współpracownikami, poprzez kontakt osobisty lub za pomocą środków techniki biurowej i radiowej,
- praca na wysokości, w wykopach, silosach, grotach, sztolniach, przemieszczanie się po powierzchniach płaskich oraz po schodach,
- udział w szkoleniach i ćwiczeniach,
- konserwacja i naprawa sprzętu ratowniczego [13].

Z karty ryzyka zawodowego, obejmującego zagrożenia, jakie mogą wystąpić na stanowisku strażaka biorącego bezpośredni udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych, opracowanej przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB, Polska) [14], spośród szerokiego spektrum czynników zagrożeń, na cele niniejszego opracowania wybrano do analizy czynniki niebezpieczne, skupiając się na tych, które związane są z działaniem środowiska mikroklimatu gorącego, tj. pożar, miejscowe zagrożenia z udziałem zagrożenia pożarowego, klęski żywiołowe z udziałem zagrożenia pożarowego. Uwagę poświęcono również środowisku mikroklimatu zimnego, środowisku o podniesionej aktywności chemicznej oraz środowisku o złożonej aktywności czynników zagrożeń.

The intensity of the heat exchange between the human body and the environment depends on the metabolic rate depending on the work-related activity of the human being and the thermal insulation properties of the clothing, the microclimate of the room or the small area in which the human being resides. The ambient microclimate (operating environment) is the composition of its physical quantities that determine the ability of the human body to receive heat. Two characteristic magnitudes play a key role in human operability under varying thermal conditions: cold stress and heat stress [15].

The possibility of heat stress is significantly dominant in the working conditions of a firefighter-rescuer [15]. It refers to climatic conditions in which heat exchange in the body is approximately equal to or too low for thermal equilibrium, the consequence of which may be physiological stress resulting in heat accumulation. Therefore, one of the main issues to be analysed in the context of the possible use of PPE is protection against the occurrence of heat stress. It translates into ensuring comfort at work, including thermal comfort [16]. A firefighter's operations require protection whose universal design makes it possible to perform physical task-related activities in a variety of environments in terms of physical, chemical or biological activity.

Intensywność wymiany ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem jest uzależniona od tempa metabolizmu uwarunkowanego aktywnością człowieka (związaną m.in. z wykonywaną pracą), właściwościami termoizolacyjnych odzieży, mikroklimatu pomieszczenia lub niewielkiej obszarowo przestrzeni, w której przebywa dana osoba. Mikroklimat otoczenia (środowisko funkcjonowania) to kompozycja związanych z tym otoczeniem wielkości fizycznych decydujących o zdolności odbioru ciepła z organizmu człowieka. Dwie charakterystyczne wielkości odgrywają kluczową rolę w możliwościach operacyjnych człowieka w zróżnicowanych warunkach termicznych: stres zimna oraz stres gorąca [15].

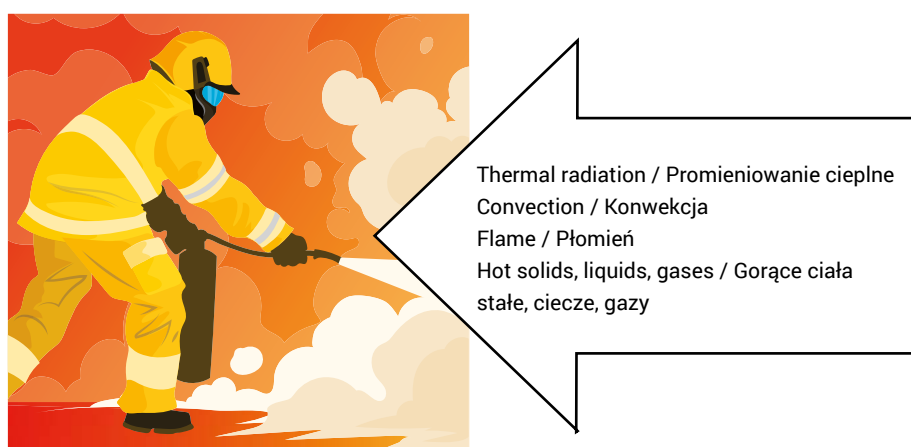
W warunkach pracy strażaka-ratownika znacząco dominuje możliwość wystąpienia stresu gorąca [15]. Dotyczy on warunków klimatycznych, w których wymiana ciepła w organizmie jest w przybliżeniu równa lub zbyt mała dla zapewnienia równowagi cieplnej, czego konsekwencją może być obciążenie fizjologiczne powodujące akumulację ciepła. Dlatego też jedną z podstawowych kwestii, która podlega analizie w kontekście możliwości wykorzystania jest ochrona przed wystąpieniem stresu gorąca. Przekłada się ona na zapewnienie komfortu pracy, w tym komfortu cieplnego [16]. Działania strażaka wymagają zabezpieczeń, których uniwersalna konstrukcja umożliwia wykonywanie czynności fizycznych związanych z zadaniami w zróżnicowanych środowiskach pod względem aktywności fizycznej, chemicznej czy biologicznej.

## Risks of operating in a hot microclimate

The fire brigade's activities are geared towards rescue response in dealing with the aftermath of a fire (firefighting rescue operations) and are carried out in an environment of not fully predictable hot microclimates. Its properties, despite the widely held belief that they are recognised, are still areas that generate the risk of serious threats, including personal ones. A diagram of the thermal impact of the fire environment is shown in Figure 2.

## Zagrożenia wynikające z działania w mikroklimacie gorącym

Działania straży pożarnej ukierunkowane są na reagowanie ratownicze przy likwidacji skutków pożaru (działania ratownicze zwalczania pożarów) i prowadzone są w środowisku nie w pełni przewidywalnego mikroklimatu gorącego. Jego właściwości, mimo panującego powszechnie przekonania o ich rozpoznaniu, wciąż są obszarami generującymi ryzyko poważnych zagrożeń, również personalnych. Schemat oddziaływania termicznego środowiska pożaru przedstawia rycina 2.



**Figure 2.** Model of the personal load of a rescue firefighter with thermal hazard factors  
**Rycina 2.** Model obciążenia personalnego strażaka-ratownika czynnikami zagrożeń termicznymi

Source: INNOS project (O ROB/0011/03/001 *Development of an innovative test stand system for personal protective equipment*) [17].  
 Źródło: Projekt INNOS (O ROB/0011/03/001 *Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych*) [17].

Under fire conditions, the temperatures of the flames and the immediate surrounding environment not infrequently oscillate between 600–1,000°C or higher, and the emitted heat flux reaches values of between 1.5 kW/m<sup>2</sup> and even 200 kW/m<sup>2</sup> [18–0]. Wisniewski [21] indicated that the parameters of the firefighter's environment can be characterised by even higher temperatures, around 100–1200°C, and heat flux densities ranging from 0.8 to 210 kW/m<sup>2</sup>. In standardised studies [21], a range of 80–84 kW/m<sup>2</sup> is taken as a representative value of flux density to correspond to the fire [22]. The range of flux values 84–125 kW/m<sup>2</sup> corresponds, according to Veghte [23], to the statistical radiation value of an open flame. The range of values 8–25 kW/m<sup>2</sup> is the characteristic range for the impact of radiation on firefighters operating in the thermal radiation exposure zone. The adopted temperature values (see Table 1), as well as the permissible safe working time for the rescuer, are to be regarded as approximate. The presented values represent average determinants defined by experiments and fire survey data.

W warunkach pożaru temperatury płomieni i środowiska z nimi bezpośrednio sąsiadującego nierzadko oscylują w granicach 600–1000°C albo i wyższych, a emitowany strumień ciepły osiąga wartości od 1,5 kW/m<sup>2</sup> do nawet 200 kW/m<sup>2</sup> [18–20]. Wiśniewski [21] wskazał, że parametry środowiska, w którym przebywa strażak, mogą charakteryzować się nawet wyższą temperaturą, rzędu 100–1200°C, oraz gęstością strumienia ciepła sięgającą od 0,8 do 210 kW/m<sup>2</sup>. W badaniach normowych [21] przyjmuje się jako reprezentatywną wartość gęstości strumienia zakres 80–84 kW/m<sup>2</sup>, który ma odpowiadać rozgorzeniu [22]. Przedział wartości strumienia 84–125 kW/m<sup>2</sup> odpowiada, według Veghte [23], wartości statystycznego promieniowania otwartego płomienia. Przedział wartości 8–25 kW/m<sup>2</sup> to zakres charakterystyczny dla oddziaływania promieniowania na strażaków pracujących w strefie oddziaływania promieniowania termicznego. Przyjęte wartości temperatur (zob. tabela 1), jak również dopuszczalny czas bezpiecznej pracy ratownika, traktować należy w sposób przybliżony. Przedstawione dane liczbowe stanowią przeciętne wyznaczniki określone w drodze eksperymentów i informacji uzyskanych z badań pożarów.

**Table 1. Thermal determinants of the fire environment**  
**Tabela 1. Uwarunkowania termiczne środowiska pożaru**

No. / Lp.	Conditions in the fire environment / Warunki w środowisku pożaru	Air temperature [°C] / Temperatura powietrza [°C]	Density of radiation heat flux [kW/m <sup>2</sup> ] / Gęstość radiacyjnego strumienia ciepła [kW/m <sup>2</sup> ]	Permissible (safe) standby time for firefighter-rescuers / Dopuszczalny (bezpieczny) czas przebywania strażaka-ratownika
1	Standard (routine) / Standardowe (rutynowe)	100	0.8	25 minutes / 25 minut
2	Dangerous / Niebezpieczne	100–140	1–4	-
3	Extreme / Ekstremalne	140–170	4–11	-
4	Critical / Krytyczne	Over 170 / Powyżej 170	Over 11 / Powyżej 11	-

Source: Own elaboration based on [19, 21, 24–26].  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19, 21, 24–26].

In literature there are several significant approaches to the typology of heat transfer conditions in fire. The differences generally relate to the recognition of three or four areas of firefighter-rescuer action and the definition of the level of danger. However, in all cases it is considered unacceptable for a second degree of burn to occur. From the point of view of safety in carrying out rescue operations, it is therefore essential to identify the conditions, the risk factors, especially for health and life, and the possible outcomes in as much detail as possible. Often, however, a minimalist trend prevails in optimising the equipping of firefighter-rescuers, driven not only by budgetary constraints but by the belief that critical situations are unlikely to occur.

W literaturze funkcjonuje kilka znaczących podejść do typologii warunków wymiany ciepła w pożarze. Różnice na ogół dotyczą uznania trzech lub czterech obszarów działania strażaka-ratownika oraz określenia poziomu zagrożenia. Jednakże we wszystkich przypadkach uznaje się za niedopuszczalną sytuację, w której pojawia się drugi stopień oparzenia. Z punktu widzenia bezpieczeństwa prowadzenia działań ratowniczych niezbędne jest zatem jak najbardziej szczegółowe określenie ich warunków, czynników zagrożeń, zwłaszcza dla zdrowia i życia oraz możliwych skutków. Często jednak w optymalizacji wyposażania strażaków-ratowników przeważa trend minimalistyczny, wynikający nie tylko z ograniczeń budżetowych, ale z przekonania o małym prawdopodobieństwie występowania sytuacji krytycznych.

The results show that contact of human skin with a 44°C environment for 6 hours is neutral to it. When the contact temperature reaches 49°C, the absence of interaction effects manages to last for only 9 minutes, and in case of a 70°C environment, contact is only safe for 1 second. It should be noted that contact with an environment of 60°C is not only the so-called pain threshold, but the beginning of second-degree burns signalled by the appearance of blisters on the skin (see Table 2). The third stage, which marks the thermal destruction of the skin through and through, is the effect of contact with a 70°C environment. Skin reconstruction requires surgical intervention. According to Ali [20], when the temperature reaches 45°C and the heat flux density is 2.68 J/cm<sup>2</sup>, the exposed person will feel a burning sensation. However, if the temperature is 72°C and the heat flux density is 5.02 J/cm<sup>2</sup>, a second-degree skin burn will occur [20, 27].

Wyniki badań wskazują, że kontakt skóry ludzkiej ze środowiskiem o temperaturze 44°C przez 6 godzin jest dla niej neutralny. Gdy temperatura kontaktu sięga 49°C, to brak efektów oddziaływania udaje się utrzymać zaledwie 9 minut, a w przypadku środowiska o temperaturze 70°C kontakt jest bezpieczny tylko przez 1 sekundę. Należy zaznaczyć, że kontakt ze środowiskiem o temperaturze 60°C to nie tylko tzw. próg bólu, ale początek drugiego stopnia poparzeń, sygnalizowany pojawieniem się na skórze bąbli (zob. tabela 2). Trzeci stopień, który oznacza termiczną destrukcję skóry na wskroś, to efekt kontaktu ze środowiskiem 70°C. Rekonstrukcja skóry wymaga interwencji chirurgicznej. Według Ali [20], kiedy temperatura osiągnie wartość 45°C, a gęstość strumienia ciepła będzie wynosiła 2,68 J/cm<sup>2</sup>, osoba narażona na ten czynnik odczuwać będzie pieczenie. Natomiast w przypadku gdy temperatura będzie równa 72°C, a gęstość strumienia ciepła 5,02 J/cm<sup>2</sup>, wystąpi poparzenie skóry drugiego stopnia [20, 27].

**Table 2.** Skin reactions to the effects of the thermal environment  
**Tabela 2.** Reakcje skóry na działanie termiczne środowiska

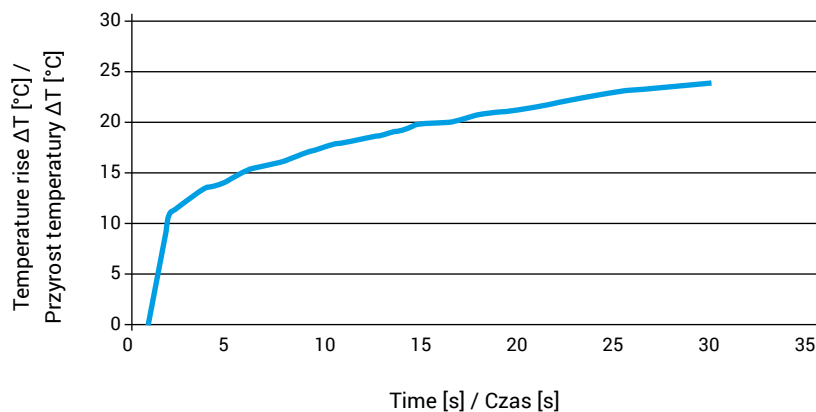
No. / Lp.	Contact temperature [°C] / Temperatura kontaktu [°C]	Time [s] / Czas [s]	Burn degree / Stopień oparzenia
1	44	21,600	
2	49	720	
3	51	120–360	I degree / I stopień
4	52	120	
5	55	20–30	
6	60	5–6	II degree / II stopień
7	66	2	
8	70	1	III degree / III stopień

**Source:** Own elaboration based on [20], [27].

**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie [20], [27].

Given the classification of the rescue intervention as a fire-fighting rescue operation, the random and complex nature of the occurrence of the factors [28] of the hazard is an undeniable fact. The complexity of the possible physical phenomena, while at the same time sufficiently predictable in a real-life situation, affects the personal risk of the rescuers. It should be noted that staying safe in these conditions is time-limited and requires not only adequate training, but being equipped with the necessary and adequate equipment, including appropriate clothing. The design of the thermal environment protectors is such that, in extreme cases, the third degree of burns is prevented. Standard systems were based on this model. Parameter choices are derived from the so-called Stoll and Chiant curve [29] (see Figure 3).

Biorąc pod uwagę klasyfikowanie interwencji ratowniczej jako działania ratownicze zwalczania pożaru, faktem niezaprzeczalnym jest losowy i złożony charakter występowania czynników zagrożenia [28]. Złożoność możliwych zjawisk fizycznych, a zarazem możliwość ich wcześniejszego przewidzenia w realnej sytuacji determinuje ryzyko personalne ratowników. Należy zaznaczyć, iż bezpieczne przebywanie w tych warunkach jest ograniczone w czasie i wymaga nie tylko odpowiedniego wyszkolenia, ale wyposażenia w niezbędny i adekwatny sprzęt, w tym także w odpowiednią odzież. Konstrukcja zabezpieczeń przed działaniem środowiska termicznego zakłada taką ochronę, by w skrajnych przypadkach nie dopuścić do trzeciego stopnia poparzenia. Na tym modelu oparto systemy normowe. Dobory parametrów wynikają z tzw. krzywej Stoll i Chianta [29] (zob. ryc. 3).



**Figure 3.** Chart of human tissue tolerance to second-degree burns [29].  
**Rycina 3.** Wykres tolerancji ludzkiej tkanki na drugi stopień oparzenia [29]

**Source/Źródło:** R. Wolański, *Technologia i materiały do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym*, Rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2008 [29].

The National Fire Protection Association (NFPA) has developed the Thermal Protective Performance (TPP) index to assess thermal protection performance [30–31]:

$$TPP = t \times q_0 \quad (1)$$

where:

$t$  – duration of radiation exposure [s],

$q_0$  – radiation flux [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ].

It should be indicated that, according to the guidelines, the TPP value must not be less than  $1,450 \text{ kJ}/\text{m}^2$ .

Another criterion, indicated in ASTM F 2731-11, is the so-called Henriques condition [21, 32]. It is based on the use of pig skin to determine the timing of a response to an external agent. According to this criterion, the key issue is the reference to the rate of chemical reaction defined by the so-called Arrhenius equation:

$$k(T)k = d(\Omega)/dt = P \exp\left[\frac{\Delta E}{RT}\right] \quad (2)$$

where

$k$  – reaction rate constant, i.e., the rate of damage to the skin [ $\text{s}^{-1}$ ],

$\Omega$  – measure of skin damage (burns),

$P$  – pre-exponent, frequency factor [ $\text{s}^{-1}$ ],

$R$  – universal gas constant,  $R = 8.314 \text{ [kJ}/(\text{kmol} \times \text{K})]$ ,

$\Delta E$  – activation energy [ $\text{J}/\text{kmol}$ ],

$T$  – temperature [ $\text{K}$ ].

Equation (2) after transformation takes the form of:

$$\Omega = \int_0^t P \exp\left[\frac{-\Delta E}{RT(x, t)}\right] dt \quad (3)$$

This is the so-called Henriques integral.

By assuming that  $\Omega = 1$ , it is possible to determine the time of occurrence of second-degree burns, as this is the type of burn that occurs with this relationship [20], [32]. Knowing the values of

National Fire Protection Association (NFPA) opracował wskaźnik TPP (Thermal Protective Performance) pozwalający na ocenę skuteczności termicznej ochrony [30–31]:

$$TPP = t \times q_0 \quad (1)$$

gdzie:

$t$  – czas oddziaływania promieniowania [s],

$q_0$  – strumień promieniowania [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ].

Należy zaznaczyć, że zgodnie z wytycznymi wartość współczynnika TPP nie może być mniejsza niż  $1450 \text{ kJ}/\text{m}^2$ .

Innym kryterium, wskazanym w normie ASTM F 2731-11, jest tzw. warunek Henriquesa [21, 32]. Opiera się on na wykorzystaniu skóry trzody chlewnej celem określenia czasu wystąpienia reakcji na czynnik zewnętrzny. Według tego kryterium kluczową kwestią jest odniesienie do szybkości reakcji chemicznej określonej tzw. równaniem Arrheniusa:

$$k(T)k = d(\Omega)/dt = P \exp\left[\frac{\Delta E}{RT}\right] \quad (2)$$

gdzie

$k$  – stała szybkości reakcji, tj. szybkości uszkodzenia skóry [ $\text{s}^{-1}$ ],

$\Omega$  – miara uszkodzenia skóry (oparzenia),

$P$  – czynnik częstotliwościowy (*pre-exponent, frequency factor*) [ $\text{s}^{-1}$ ],

$R$  – uniwersalna stała gazowa,  $R = 8,314 \text{ [kJ}/(\text{kmol} \times \text{K})]$ ,

$\Delta E$  – energia aktywacji [ $\text{J}/\text{kmol}$ ],

$T$  – temperatura [ $\text{K}$ ].

Równanie (2) po przekształceniu przyjmuje postać:

$$\Omega = \int_0^t P \exp\left[\frac{-\Delta E}{RT(x, t)}\right] dt \quad (3)$$

Jest to tzw. całka Henriquesa.

Przy założeniu  $\Omega = 1$ , który zachodzi przy pojawieniu się drugiego stopnia oparzeń, możliwe jest określenie czasu pojawienia się tego rodzaju poparzenia [20], [32]. Znając wartości

the frequency factor  $P$  for different temperature-time exposures, it becomes possible to determine the time that can lead to a second-degree skin burn. The results also indicate that the value of the Henriques integral for  $\Omega = 0.53$  can be used to predict time for first-degree burns. It is also possible to specify consecutive times for the respective degrees of burn.

## Impact of cold microclimate

Task-related considerations in interventions in cold microclimate environments are much less frequently taken into account in the work of the firefighter-rescuer. Perhaps the significantly shorter period per year of conditions considered to be winter is the deciding factor in this case. However, it is noteworthy that there is an increase in the total number of firefighter interventions to deal with the consequences of the so-called local threats. Among these, rescue operations related to road transport incidents are predominant. Incidents involving vehicles transporting low-temperature substances, including cryogenic substances, are becoming increasingly frequent. In addition, in cold seasons, there are incidents that often require long enough interventions that a situation may arise that results in a large leakage of heat from the firefighter-rescuer's body. Cold stress can occur under these conditions. This situation occurs when the heat exchange through the human body is equal to or too great in relation to the exchange providing thermal equilibrium. This can lead to a significant physiological load that cannot be compensated for (heat debt).

A cold microclimate for human work occurs when the environmental temperature is below  $10^{\circ}\text{C}$ , with air velocity above  $0.1\text{ m/s}$  and relative humidity above 5%. The harmful effects of a cold microclimate environment are determined by the so-called Wind-Chill-Index (WCI), i.e. the degree of risk of frostbite to various parts of the body [33–34] or, in other words, the cooling power index of the air. The WCI index provides an assessment of local body cooling. Low risk occurs for  $\text{WCI} \leq 1,200$ , medium risk when the index is between  $1,200\text{--}2,000$ , and high risk when  $\text{WCI} \geq 2000$ . According to the regulation of the Minister of Family, Labour and Social Policy of 12 June 2018 on the maximum permissible concentrations and intensities of factors harmful to health in the working environment [34], in a high-risk situation, human work is prohibited.

Intense exposure to a cold environment can lead to general body or local hypothermia. Successful implementation can therefore only take place if the right heat balance is ensured. Determining the magnitude of the impact of microclimate parameters on the health and safety of task performers is done by indicators for assessing the thermal environment. These include:

- predicted median value (PMV),
- Predicted Percentage Dissatisfied (PPD),
- Wet Bulb Globe Temperature (WBGT),
- required clothing insulation (IREQ),
- $t_{\text{wc}}$  permissible local cooling indicator [ $^{\circ}\text{C}$ ].

czynnika częstotliwościowego  $P$  dla różnych ekspozycji temperaturowo-czasowych, można określić czas, który może doprowadzić do wystąpienia drugiego stopnia oparzenia skóry. Wyniki badań wskazują także, że wartość całki Henriqueasa dla  $\Omega = 0,53$  może służyć do przewidywania czasu pojawienia się oparzenia pierwszego stopnia. Możliwe jest również określanie kolejnych czasów dla odpowiednich stopni oparzenia.

## Oddziaływanie mikroklimatu zimnego

Uwarunkowania związane z realizacją zadań w interwencjach w środowisku mikroklimatu zimnego są znacznie rzadziej brane pod uwagę w pracy strażaka-ratownika. Być może w tym przypadku decyduje znacznie krótszy okres w skali roku występowania warunków uznanych za zimowe. Na uwagę zasługuje jednak fakt, iż rośnie w ogólnej liczbie interwencji strażaków udział w likwidacji skutków tzw. miejscowych zagrożeń. Wśród nich przeważają działania ratownicze związane ze zdarzeniami w transporcie drogowym. Coraz częściej pojawiają się interwencje, w których biorą udział pojazdy przewożące substancje o niskich temperaturach, w tym substancje kriogeniczne. Ponadto w zimnych porach roku występują zdarzenia na tyle długotrwałe, że może dojść do sytuacji skutkującej dużym wpływem ciepła z organizmu strażaka-ratownika. W tych warunkach może wystąpić stres zimna. Sytuacja taka ma miejsce, gdy wymiana ciepła przez organizm człowieka jest równa lub za duża w stosunku do wymiany zapewniającej równowagę cieplną. Może to doprowadzić do znacznego obciążenia fizjologicznego, niemożliwego do skompensowania (dług cieplny).

Mikroklimat zimny pracy człowieka występuje, gdy temperatura środowiska wynosi poniżej  $10^{\circ}\text{C}$ , przy prędkości przepływu powietrza powyżej  $0,1\text{ m/s}$  oraz wilgotności względnej powyżej 5%. Szkodliwe działanie środowiska mikroklimatu zimnego określa tzw. Wind-Chill-Index (WCI), tj. stopień ryzyka zagrożenia odmrożeniem różnych części ciała [33–34] lub inaczej wskaźnik siły chłodzącej powietrza. Wskaźnik WCI umożliwia ocenę miejscowego chłodzenia ciała. Ryzyko małe ma miejsce dla  $\text{WCI} \leq 1200$ , średnie gdy wskaźnik ten jest w granicach  $1200\text{--}2000$ , natomiast duże, gdy  $\text{WCI} \geq 2000$ . Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [34] w sytuacji ryzyka dużego pracą człowieka jest wzbroniona.

Intensywne działanie środowiska zimnego prowadzić może do wychłodzenia ogólnego organizmu lub do wychłodzenia miejscowego. Skuteczna realizacja zadań może mieć zatem miejsce tylko wówczas, kiedy zapewniony zostanie właściwy bilans cieplny. Określanie wielkości wpływu parametrów mikroklimatu na zdrowie i bezpieczeństwo wykonawców zadań następuje przez wskaźniki oceny środowiska termicznego. Należą do nich:

- przewidywana ocena średnia (PMV),
- procentowy udział niezadowolonych (PPD),
- wskaźnik obciążenia termicznego (WBGT),
- wskaźnik wychłodzenia ogólnego organizmu (IREQ),
- $t_{\text{wc}}$  wskaźnik wychłodzenia miejscowego organizmu [ $^{\circ}\text{C}$ ].



It should be noted that the  $t_{wc}$  [°C] indicator characterises the permissible local cooling of the body in relation to the exposure time (see Table 3).

Należy zaznaczyć, iż wskaźnik  $t_{wc}$  [°C] charakteryzuje dopuszczalne wychłodzenie miejscowe organizmu w odniesieniu do czasu narażenia (zob. tabela 3).

**Table 3.** Permissible local cooling as characterised by the  $t_{wc}$  indicator [°C]  
**Tabela 3.** Dopuszczalne wychłodzenie miejscowe organizmu, które charakteryzuje wskaźnik  $t_{wc}$  [°C]

No. / Lp.	Permissible local cooling indicator $t_{wc}$ / Wskaźnik wychłodzenia miejscowego organizmu $t_{wc}$	Operating time [min] / Czas działania [min]
1	$t_{wc} > -24$	Continuous exposure / Ekspozycja ciągła
2	$-24 \geq t_{wc} > -34$	Abbreviated exposure, determined according to the equation: Exposure time = $50 t_{wc} + 1,730$ / Ekspozycja skrócona, określana zgodnie z równaniem: Czas ekspozycji = $50 t_{wc} + 1730$
3	$-34 \geq t_{wc} > -59$	Abbreviated exposure, determined according to the equation: Exposure time = $0.8 t_{wc} + 57.2$ / Ekspozycja skrócona, określana zgodnie z równaniem: Czas ekspozycji = $0,8 t_{wc} + 57,2$
4	$t_{wc} \leq -59$	Prohibited exposure / Ekspozycja zabroniona

Source: Own elaboration based on [34].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [34].

At certain physiological load levels, it is the task of clothing as part of personal protective equipment (PPE) to ensure the body's thermal balance [35], the thermal insulation of which is defined by the IREQ (required clothing insulation) index. Studies of general hypothermia in the context of the use of PPE focus on the heat exchange between the body and the environment and the required thermal insulation IREQ to ensure that the thermal equilibrium of the clothing ensemble is maintained.

In case of local hypothermia, which most often involves the skin and limbs, an important role is played by:

- cooling by convection (resulting from air movement),
- cooling by conduction,
- hypothermia of the limbs,
- cooling of the respiratory tract.

The assessment of the risk of working and functioning in a cold environment is based on PN-EN ISO 11079:2008: *Ergonomics of the thermal environment. Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects* [36–37]. According to the standard, a key role is played by measurements of the physical quantities of the environment, the severity of the work and the insulation of clothing (PPE).

The relationship between and use of thermal load evaluation indicators is defined in EN ISO 11399:2005 *Ergonomics of the thermal environment. Principles and application of relevant International standards*. Basic guidelines for their assessment are presented in Table 4.

Przy określonych poziomach obciążenia fizjologicznego zapewnienie właściwego bilansu cieplnego organizmu jest zadaniem odzieży stanowiącej element środków ochrony indywidualnej [35], której izolacyjność cieplną określa się wskaźnikiem IREQ (ang. *required clothing insulation* – wymagana ciepłochronność odzieży). Badania wychłodzenia ogólnego w kontekście stosowania ŚOI koncentrują się na wymianie ciepła pomiędzy organizmem a otoczeniem oraz wymaganej izolacyjności cieplnej IREQ zapewniającej utrzymanie równowagi cieplnej zestawu odzieżowego.

W przypadku wychłodzenia miejscowego, które najczęściej obejmuje skórę i kończyny, istotną rolę odgrywają:

- wychłodzenie przez konwekcję (wynikające z ruchu powietrza),
- wychłodzenie przez przewodzenie,
- wychłodzenie kończyn,
- wychłodzenie dróg oddechowych.

Ocena ryzyka pracy i funkcjonowania w środowisku zimnym następuje w oparciu o PN-EN ISO 11079:2008: *Ergonomia środowiska termicznego – Wyznaczanie i interpretacja stresu termicznego wynikającego z ekspozycji na środowisko zimne z uwzględnieniem wymaganej izolacyjności cieplnej odzieży (IREQ) oraz wpływu wychłodzenia miejscowego* [36–37]. Zgodnie z normą bardzo ważne znaczenie mają pomiary wielkości fizycznych środowiska, ciężkości pracy oraz izolacyjności odzieży (środków ochrony indywidualnej).

**Table 4.** Relationship between indicators for assessing thermal load  
**Tabela 4.** Relacje pomiędzy wskaźnikami oceny obciążenia termicznego

No. / Lp.	Assessed size / Oceniana wielkość	Type of environment / Rodzaj środowiska		
		Hot / Gorące	Moderate / Umiarkowane	Cold / Zimne
1	Comfort and stress / Komfort i stres	WBGT index / Wskaźnik WBGT	Predicted median value (PMV) / Przewidywana ocena średnia PMV	
			Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) / Przewidywany odsetek niezadowolonych PPD	
		SWreq required sweating rate / Wymagane tempo pocenia się SWreq / Wymagane tempo pocenia się SW <sub>req</sub>	Required clothing insulation (IREQ) / Wymagana izolacyjność odzieży IREQ	
2	Physiological load / Obciążenie fizjologiczne	Internal body temperature and skin temperature, heart rate, weight loss by sweating and respiration / Temperatura wewnętrzna ciała i temperatura skóry, częstość skurczów serca, utrata masy ciała przez pocenie i oddychanie		
3	Mental load / Obciążenie Psychiczne	Subjective evaluation methods / Metody oceny subiektywnej		

Source: Own elaboration based on PN-EN ISO 11399:2005.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PN-EN ISO 11399:2005.

Relacje pomiędzy wskaźnikami oceny obciążenia termicznego i ich stosowanie określa PN-EN ISO 11399:2005 *Ergonomia środowiska termicznego. Zasady i stosowanie związanych norm międzynarodowych*. Podstawowe wytyczne w zakresie ich oceny przedstawiono w tabeli 4.

## Environments with complex risk factors

The phenomenon of fire is one of the environmental emergencies. It refers to the process of combustion of various substances, uncontrolled in time and space, during which not only thermal energy but also thermal decomposition and combustion products and smoke are emitted. A variety of complex chemical reactions take place during the event, occurring in both the gaseous and solid phases. This causes an abrupt change in the environment and poses a risk to health and life as well as property.

Depending on the location of the fire, combustion can involve a variety of organic and inorganic substances, of a more or less complex structure, based on natural or artificial compounds deliberately produced by man. Due to the increasing demands on performance characteristics, such as strength, resistance to contamination or temperature resistance, the used components are subject to constant modification.

Therefore, the used materials emit a variety of compounds into the environment during the burning process, the composition of which is determined by the type and chemical composition of the material, the used additives. One of the important materials found in our environment and commonly used by humans

## Środowiska o złożonej aktywności czynników zagrożeń

Zjawisko pożaru jest jednym z nadzwyczajnych zagrożeń środowiska. Odnosi się do procesu spalania różnych substancji, niekontrolowanego w czasie i przestrzeni, podczas którego następuje emisja nie tylko energii cieplnej, ale także produktów rozkładu termicznego i spalania oraz dymu. Podczas zdarzenia mają miejsce różnorodne złożone reakcje chemiczne, zachodzące zarówno w fazie gazowej, jak i stałej. Powoduje to gwałtowną zmianę środowiska i stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia oraz mienia.

W zależności od miejsca wystąpienia pożaru spalanie może objąć różnorodne substancje organiczne i nieorganiczne, o bardziej lub mniej skomplikowanej budowie, oparte o związki naturalne lub sztuczne, celowo wytworzone przez człowieka. Ze względu na rosnące wymagania w zakresie cech użytkowych, jak i wytrzymałości, odporności na zanieczyszczenia czy też odporności na temperaturę, stosowane przez straż pożarną elementy podlegają stałej modyfikacji.

Stosowane materiały w trakcie procesu palenia emitują zatem do środowiska różnorodne związki, których skład uwarunkowany jest rodzajem i składem chemicznym materiału, stosowanymi

is wood or wood-based materials, which is an organic material exposed to many harmful biotic and abiotic agents, such as fungi, insects, termites, external conditions, including water damage, UV radiation, and fire [38–39]. The most common way to protect wood is to treat it with protective chemicals that penetrate the wood. The wood preservatives used for this purpose belong to a group of 23 different types of biocides as defined in The Biocidal Products Directive [40], which was replaced in 2013 by the Biocidal Products Regulation [41]. Among the group of active substances permitted are among others 4,5-dichloro-2-octyl-2H-isothiazol-3-one (DCOIT), alkyl(C12-16)dimethylbenzyl ammonium chloride – C12-16 ADBAC, basic copper carbonate, boric acid, boric oxide, didecylidimethylammonium carbonate (DDACarbonate), hydrogen cyanide, disodium tetraborate, copper(II) oxide, copper hydroxide, creosote. To improve fire resistance, boron compounds, for example, are used, while to protect wood against fungi, insects and termites, active substances such as copper or chromium are used. Many of these substances have been shown to have carcinogenic, reproductive toxicity or endocrine disrupting properties [38]. As a result of the combustion process, inorganic compounds such as heavy metals, partial decomposition products of organic compounds, particles of varying sizes, including ultra-particles, can therefore be released from this group of materials. Importantly, dust can burn flammably, flamelessly and, if agitated, explosively.

The combustion process is also determined by external factors, including temperature, access to oxygen, the presence of other substances such as radicals, catalysts. All of these elements determine the type of combustion process, which can consist of processes such as smouldering (flameless combustion) or combustion with flame generation (flame combustion). Oxygen is one of the slow, low-temperature processes. It is also the most durable type of combustion phenomenon, characterised by the absence of a flame. One of the most important issues concerning the smouldering process relates to the direction of the spread of smouldering in solids in terms of oxidant migration. During forward propagation, fresh oxidant flows through the char substance and reacts in the ignition zone, and then the oxidant-depleted flow passes through the primary fuel, resulting in oxidation reactions occurring at the rear of the ignition zone and pyrolysis at the front. In the reverse situation, the oxidant moves through the primary fuel and reacts in the smouldering zone. This ensures that both oxidation and pyrolysis reactions occur at approximately the same location [42].

Understanding the mechanisms and products of combustion plays an important role in the development of new solutions for improving firefighter safety. Both smouldering and burning with flame generation have their genesis from the same process, which is pyrolysis. However, smouldering is a heterogeneous reaction of a combustible material with an oxidant, whereas flaming is a homogeneous reaction of a gaseous fuel with an oxidant that releases more heat. It is important to remember that both smouldering and burning can occur with any material, plus one process can lead to the other [43–44]. Under specific conditions, there can also be rapid oxidation that occurs in a very short time, i.e. an explosion. Flameless combustion refers to

dotatkami. Jednym z istotnych materiałów, występujących w naszym środowisku i powszechnie wykorzystywanym przez człowieka, jest drewno czy też materiały drewnopochodne, będące materiałem organicznym, narażonym na wiele szkodliwych czynników biotycznych i abiotycznych, takich jak grzyby, owady, termyty, warunki zewnętrzne, w tym uszkodzenie przez wodę, promieniowanie UV, i ogień [38–39]. Najczęstszym sposobem ochrony drewna jest obróbka ochronnymi chemikaliami, które wnikają w jego strukturę. Stosowane w tym celu środki konserwujące drewno należą do grupy 23 różnych rodzajów biocydów określonych w The Biocidal Products Directive [40], która w 2013 r. została zastąpiona rozporządzeniem w sprawie produktów biobójczych [41]. W grupie substancji aktywnych dopuszczone są m.in. 4,5-dichloro-2-oktylo-2H-izotiazol-3-on (DCOIT), chlorek alkilo(C12-16)dimetylobenzylu-amoniowy – C12-16 ADBAC, zasadowy węgiel miedzi, kwas borowy, tlenek boru, węgiel didecylodimetyloamoniowy (DDACarbonate), cyjanowódz, tetraboran disodowy, tlenek miedzi(II), wodorotlenek miedzi, kreozot. W celu poprawy ognioodporności stosuje się np. związki boru, natomiast do zabezpieczenia drewna przed grzybami, owadami, termitami, substancje aktywne, takie jak np. miedź lub chrom. Wiele z tych substancji wykazuje właściwości rakotwórcze, toksyczne dla reprodukcji lub zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego [38]. W wyniku procesu spalania mogą zatem z tej grupy materiałów być uwalniane związki nieorganiczne, takie jak metale ciężkie, częściowe produkty rozkładu związków organicznych, cząstki o zróżnicowanej wielkości, w tym także ultracząstki. Co jest istotne, pyły mogą spalać się płomieniowo, bezpłomieniowo oraz, w przypadku wzburzenia, także wybuchowo.

Proces spalania uwarunkowany jest także czynnikami zewnętrznymi, w tym temperaturą, dostępem tlenu, obecnością innych substancji, takich jak rodniki, katalizatory. Wszystkie te elementy determinują rodzaj procesu spalania, na który mogą składać się takie zjawiska jak tlenie (spalanie bezpłomieniowe) czy też spalanie z wytworzeniem płomienia (spalanie płomieniowe). Tlenie należy do procesów powolnych, zachodzących w warunkach niskiej temperatury. Jest też najbardziej trwałym rodzajem spalania, charakteryzującym się brakiem płomienia. Jedno z ważniejszych zagadnień dotyczących procesu tlenia odnosi się do kierunku rozprzestrzeniania się tlenia w ciałach stałych w odniesieniu do migracji utleniacza. Podczas propagacji do przodu świeży utleniacz przepływa przez substancję zwęglającą i reaguje w strefie zapłonu, a następnie zubożony w utleniacz przechodzi przez pierwotne paliwo, co powoduje, że reakcje utleniania zachodzą z tyłu strefy zapłonu, a piroliza z przodu. W odwrotnej sytuacji, utleniacz przemieszcza się przez pierwotne paliwo i reaguje w strefie tlenia. Dzięki temu zarówno reakcje utleniania, jak i pirolizy zachodzą w przybliżeniu w tym samym miejscu [42].

Poznanie mechanizmów i produktów spalania odgrywa ważną rolę w procesie opracowywania nowych rozwiązań w zakresie poprawy bezpieczeństwa strażaków. Zarówno tlenie, jak i palenie z generowaniem płomienia mają genezę z tego samego procesu, jakim jest piroliza. Jednakże tlenie jest heterogeniczną reakcją materiału palnego z utleniaczem, podczas gdy płomieniowanie jest homogeniczną reakcją paliwa gazowego z utleniaczem, która uwalnia więcej ciepła. Należy pamiętać, że w przypadku każdego

a combustible material in a solid state of matter, such as wood, and generally takes place at lower temperatures and at lower speeds. Partial oxidation products of carbon are quantitatively predominant compared to the composition of flame combustion products. On the other hand, flame combustion refers to the combustion process of the flammable vapour phase and takes place during the combustion of substances that change to a volatile state when heated. This phenomenon is mainly characteristic of organic materials, which decompose and produce flammable vapours and gases due to an increase in temperature. The burning gases and vapours above the surface of the combustible material create a flame. The fusion of combustible material with oxygen is preceded by the thermal decomposition of molecules into atoms that react more easily.

All materials that contain a minimum of 40% carbon will burn, and depending on the conditions, the process must be initiated by suitable external ignition sources – e.g. an open flame, a spark, a hot surface or spontaneous ignition of the material. Ignition refers to the uniform heating of a combustible material to such a temperature that it spontaneously ignites throughout its mass without the contribution of a so-called point energy stimulus. In case of ignition, it refers to the ignition of a combustible mixture by a point energy stimulus. This process takes place in a confined space, with the flame front continuing to move spontaneously over the entire residue of material and this applies to flammable liquids. The last type of determinant of the burning process is spontaneous combustion, which refers to an exothermic process occurring due to biological, physical or chemical changes. The generated heat then ignites the material.

Depending on the composition of the material, a different amount of heat is emitted, which affects the stage of the combustion process. Various products may also be formed, determining the subsequent combustion process. Depending on the presence of the compounds, melting, evaporation, decomposition, oxidation, ignition and burning can take place. Depending on the stage, compounds are emitted that have different chemical nature, biological activity, and thus a variety of impacts on humans and the environment. The dispersed small gaseous and solid particles resulting from the combustion of organic materials, giving them their characteristic colour, odour, taste, density and toxicity, their ability to penetrate and move through the environment, form smoke. It should be noted that blue, white and yellow smoke, with a bitter and sweet taste, indicates the presence of poisonous substances. Products of combustion include volatile combustion products such as carbon oxides, methane, hydrogen, hydrogen sulphide, sulphur dioxide, and solid combustion products such as soot, ash or slag, which vary in composition and properties [38]. Therefore, it is essential to include a full analysis of the environment in which the firefighter-rescuer carries out his or her tasks, putting his or her safety and health at risk. Identifying the elements and how they interact is important for developing the tools needed to protect those involved in an incident.

materiału może wystąpić zarówno tlenie, jak i płonienie, dodatkowo jeden proces może prowadzić do drugiego [43–44]. W specyficznych warunkach może także dojść do gwałtownego utleniania, które zachodzi w bardzo krótkim czasie, czyli wybuchu. Spalanie bezpłomieniowe dotyczy materiału palnego znajdującego się w stałym stanie skupienia, jakim jest np. drewno i przebiega na ogół w niższych temperaturach, z mniejszą prędkością. Wśród produktów spalania w porównaniu do spalania płomieniowego – przeważają ilościowo produkty częściowego utleniania węgla. Spalanie płomieniowe natomiast odnosi się do procesu spalania palnej fazy lotnej i ma miejsce podczas spalania substancji, które podczas ogrzewania przechodzą w stan lotny. Zjawisko to jest charakterystyczne głównie dla materiałów organicznych, które na skutek wzrostu temperatury rozkładają się i wytwarzają pary i gazy palne. Spalające się gazy i pary nad powierzchnią palnego materiału tworzą płomień. Łączenie się materiału palnego z tlenem jest poprzedzone termicznym rozpadem cząsteczek na atomy, które łatwiej wchodzi w reakcje.

Spalaniu ulegają wszystkie materiały, które zawierają minimum 40% węgla, przy czym w zależności od warunków proces ten musi zostać zapoczątkowany przez odpowiednie zewnętrzne źródła zapłonu – np. otwarty płomień, iskrę, gorącą powierzchnię czy też samorzutne zapalenie się materiału. Zapalenie dotyczy równomiernego ogrzania materiału palnego do takiej temperatury, w której zapali się on samorzutnie w całej masie bez udziału tzw. punktowego bodźca energetycznego. W przypadku zapłonu mowa jest o zapaleniu mieszaniny palnej punktowym bodźcem energetycznym. Proces ten ma miejsce w ograniczonej przestrzeni, przy czym czoło płomienia przemieszcza się dalej samoczynnie na całą pozostałość materiału i dotyczy to cieczy palnych. Ostatni rodzaj czynnika warunkującego proces palenia to samozapalenie, które odnosi się do egzotermicznego procesu zachodzącego na skutek zmian biologicznych, fizycznych lub chemicznych. Wytworzone wówczas ciepło powoduje zapalenie się materiału.

W zależności od składu materiału emitowana jest różna ilość ciepła, która wpływa na etapowość procesu spalania. Mogą także powstawać różne produkty, determinujące dalszy przebieg tego procesu. W zależności od obecności związków miejsce mogą mieć topnienie, parowanie, rozkład, utlenienie, zapalenie i palenie. Na poszczególnych etapach emitowane są związki, które mają różny charakter chemiczny, aktywność biologiczną, i tym samym różnorodne oddziaływanie na człowieka i środowisko. Rozproszone małe cząstki gazowe i stałe, powstałe wskutek spalania materiałów organicznych, nadające charakterystyczną barwę, zapach, smak, gęstość i toksyczność, zdolność przenikania i przemieszczania się w otoczeniu, tworzą dym. Należy zaznaczyć, że dym o barwie niebieskiej, białej i żółtej, o smaku gorzkawym i słodkawym, wskazuje na obecność substancji trujących. Produktami spalania są m.in. lotne produkty spalania, takie jak tlenki węgla, metan, wodór, siarkowodór, ditlenek siarki, oraz stałe produkty spalania jak sadza, popiół czy żużel, różniące się składem i właściwościami [38]. Niezbędne jest zatem objęcie pełną analizą środowisko, w którym strażak-ratownik realizuje swoje zadania, narażając swoje bezpieczeństwo i zdrowie. Określenie elementów i ich współoddziaływanie ma istotne znaczenie dla opracowania narzędzi niezbędnych do ochrony osób biorących udział w zdarzeniu.

## Personal protective equipment in the rescuer's main protection composition for standard rescue operations

The main protection for the rescuer consists of personal protective equipment [34] designed for the so-called basic activities [6] in rescue operations. Formally, the guidelines in this respect can be found in the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration on detailed conditions of safety and hygiene of service of firefighters of the State Fire Service [45]. These measures are covered by the so-called duties under the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 29 September 2021 on the uniforms of firefighters of the State Fire Service [46] as basic individual protection measures. These include special clothing, special gloves, a chimney sweep, firefighters' boots: rubber and leather and a firefighter's helmet, which are among the firefighter's main protective equipment, and special lightweight clothing, technical gloves. The requirements for personal protective equipment are included in the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 20 June 2007 on the list of products used to ensure public safety or protection of health and life and property, as well as the rules for issuing admittance of these products for use [47].

In view of the relatively many combination solutions, it should be noted that the term 'main protection' has been used without the so-called 'lightweight special clothing', bearing in mind the kit necessary for use by firefighter-rescuers in almost every intervention. Without the indicated measures, it is practically impossible for a firefighter-rescuer to be admitted to any operations. Waivers in favour of limited protection (lightweight special clothing) can be made after full identification of personal hazards in the incident environment. There may be reservations about the term "special clothing", which is only used in Poland and sometimes it is necessary to use additional explanations in communication with foreign centres, most often by quoting the number of the standard whose requirements it is supposed to meet. A certain explanation can be found in the fact that in the interim period of its introduction, so-called 'moro' clothing was used, and a little later, so-called 'popular clothing', i.e. clothing with a layered construction in which impregnated natural fibre fabrics were used instead of fabrics structurally resistant to the high-temperature environment. It was in clear contrast that special clothing was intended to fulfil the full protective functions for the firefighter covered by EN 469 [48].

The requirement to use harmonised standards for all personal protective equipment was articulated by the introduction of Council Directive 89/686/EEC [49]. Its key message in the context of the creation of the internal market was the integration of health and safety requirements for personal protective equipment (PPE) in all Member States. Analogous to clothing, gloves were named. In accordance with scientific nomenclature and practical use in the world, the authors are of the opinion that personal protective equipment should be called firefighter's clothing or gloves. It is difficult to find references to equipment units described as 'non-special'.

## Środki ochrony indywidualnej w składzie ochrony głównej ratownika przeznaczone do standardowych działań ratowniczych

Ochronę główną ratownika stanowią środki ochrony indywidualnej [34] przeznaczone do tzw. czynności podstawowych [6] w działaniach ratowniczych. Formalnie wytyczne w tym zakresie znajdują się w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej [45]. Środki te objęte są tzw. należnościami wynikającymi z rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 września 2021 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej [46] jako środki ochrony indywidualnej podstawowe. Należą do nich ubranie specjalne, rękawice specjalne, kominiarka, buty strażackie: gumowe i skórzane oraz hełm strażacki, które zaliczają się do środków ochrony głównej strażaka, oraz ubranie specjalne lekkie, rękawice techniczne. Wymagania w zakresie środków ochrony indywidualnej ujęto w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania [47].

Należy zaznaczyć, że wobec relatywnie wielu kombinacji określenie „ochrona główna” zostało zastosowane bez tzw. ubrania specjalnego lekkiego, mając na uwadze zestaw niezbędny do użytkowania przez strażaków-ratowników w każdej niemal interwencji. Bez wskazanych środków praktycznie nie można dopuścić strażaka-ratownika do jakichkolwiek działań. Odstąpić na rzecz ograniczonej ochrony (ubranie specjalne lekkie) można po pełnym rozpoznaniu zagrożeń personalnych w środowisku zdarzenia. Zastrzeżenia może budzić określenie „ubranie specjalne”, które stosowane jest tylko w Polsce i zdarza się, że w komunikacji z ośrodkami zagranicznymi konieczne jest udzielenie dodatkowych wyjaśnień, najczęściej poprzez przytoczenie numeru normy, której wymagania to ubranie ma spełniać. Pewną podpowiedzią może być fakt, iż w okresie przejściowym jego wprowadzenia używano tzw. odzieży „moro”, a nieco później tzw. „ubrań popularnych”, czyli ubrań o konstrukcji warstwowej, w których stosowano zamiast tkanin strukturalnie odpornych na działanie środowiska wysokich temperatur, impregnowane tkaniny z włókien naturalnych.

To właśnie w wyraźnym odróżnieniu od nich ubrania specjalne miały spełniać na potrzeby strażaka pełne funkcje ochronne objęte normą EN 469 [48]. Wymóg stosowania norm harmonizowanych w odniesieniu do wszelkich środków ochrony osobistej wyartykułowany został przez wprowadzenie do stosowania dyrektywy Rady 89/686/EWG [49]. Jej kluczowym przesłaniem w kontekście powstawania rynku wewnętrznego była integracja wymagań dotyczących zdrowia i bezpieczeństwa w zakresie środków ochrony indywidualnej we wszystkich państwach członkowskich. Analogicznie do ubrań nazwano rękawice. Autorzy stoją na stanowisku, iż środki ochrony indywidualnej powinny, zgodnie z nomenklaturą naukową oraz praktycznym zastosowaniem w świecie, nosić nazwę ubrań czy też rękawic strażackich. Trudno jest znaleźć

PPE is currently defined in Regulation (EU) 2016/425 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2016 on personal protective equipment and repealing Council Directive 89/686/EEC [35], Article 3 p.1) "personal protective equipment" (PPE) means: "a means designed and manufactured to be worn or held by a person for protection against one or more risks to that person's health or safety". The same Article 3 indicates that, formally, all interchangeable elements of the indicated measures and connection systems are to be treated as PPE. These provisions can be applied to all applications, even though the Regulation mentioned above indicates that the definitions in Article 3 are developed for the purposes of this document.

Due to the situation of threats to peace and the construction of rescue structures with these in mind, it is worth emphasising that a line of separation between the requirements for individual protection equipment for civilian units and those for military rescue units is still being maintained in fire protection units – despite the rise of military rescue structures in the world and in the country. Explicit provisions highlighting this fact are included in both documents. Despite such formal regulations, military structures (Military Fire Protection and others) use solutions, including requirements for equipment and their admittance system, that apply universally in civilian fire protection.

The requirements and test methods are contained in the relevant standards operating respectively in all systems. In addition, requirements taking into account the additional characteristics of equipment units and the detailing necessary under national conditions appear in the regulations developed accordingly, on the basis of which items of equipment are admitted for use in fire protection. Organisational systems for testing and the resulting certificates of admittance are developed for this implementation.

Not only because of the role of covering a relatively large body surface and the associated environmental exposure, but also to reduce personal risk, special clothing is important. Their characteristics are defined by the provisions set out in the relevant standards (see Table 5).

The standard requirements are the threshold parameter values necessary to achieve in the admittance system [50]. Meeting the requirements of the standard is a necessary, but not necessarily sufficient, condition. Often, admittance for the market and in fire protection unit (JOP) applications [51] requires additional conditions. It is becoming increasingly common practice for JOP firefighter-rescuers to reach for garments with significantly higher specifications than those posted in the standard. In addition, attention is drawn to performance capabilities and characteristics not included in the admittance documents. The quality of workmanship and level of technological sophistication are playing an increasingly important role.

wzmianki na temat jednostek sprzętowych określanych jako „nie specjalne”.

Obecnie środki ochrony indywidualnej definiowane są w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylecia dyrektywy Rady 89/686/EWG [35], artykule 3 p.1). Oznaczają: „środki zaprojektowane i wyprodukowane do noszenia lub trzymania przez osobę w celu ochrony przed jednym lub większą liczbą zagrożeń dla zdrowia lub bezpieczeństwa tej osoby”. W tym samym artykule 3 wskazano, iż formalnie wszystkie elementy wymienne wskazanych środków oraz systemy przyłączy należy traktować jak środki ochrony indywidualnej. Zapisy te można odnosić do wszelkich zastosowań, mimo iż w ww. rozporządzeniu wskazuje się, że definicje ujęte w artykule 3 opracowane są na potrzeby tego dokumentu.

Ze względu na sytuację zagrożeń pokoju i konstruowaniu z ich uwzględnieniem struktur ratowniczych warto podkreślić, iż w dalszym ciągu w jednostkach ochrony przeciwpożarowej – mimo rosnących w świecie i w kraju struktur ratowniczych militarnych – utrzymana jest linia oddzielenia wymagań środków ochrony indywidualnej wobec jednostek cywilnych od wymagań dla jednostek ratowniczych wojskowych. Wyraźne zapisy podkreślające ten fakt zawarte są w obu dokumentach. Mimo takich formalnych regulacji w strukturach wojskowych (Wojskowa Ochrona Przeciwpożarowa i inne) używa się rozwiązań, w tym wymagań wobec wyposażenia i systemu ich dopuszczania, mających zastosowanie powszechne w cywilnej ochronie przeciwpożarowej.

Wymagania oraz metody badań zawarte są w odpowiednich normach funkcjonujących odpowiednio we wszystkich systemach. Ponadto wymagania uwzględniające dodatkowe właściwości jednostek sprzętowych oraz niezbędne w warunkach krajowych uszczegółowienia pojawiają się w opracowanych odpowiednio przepisach, na podstawie których elementy wyposażenia dopuszczane są do eksploatacji w ochronie przeciwpożarowej. W tym celu wypracowane są systemy organizacyjne badań i wydawanych na ich podstawie świadectw dopuszczenia.

Istotne nie tylko ze względu na rolę okrywania relatywnie dużej powierzchni ciała i z nim związanej ekspozycji na działania czynników środowiska, ale również ograniczanie ryzyka personalnego, są ubrania specjalne. Ich właściwości określają zapisy przedstawione w odpowiednich normach (zob. tabela 5).

Wymagania normowe stanowią progowe wartości parametrów niezbędne do osiągnięcia w systemie dopuszczenia [50]. Warunkiem koniecznym, ale niekoniecznie wystarczającym, jest spełnienie wymagań normy. Często dopuszczenie do rynku i zastosowań w jednostkach ochrony przeciwpożarowej (JOP) [51] wymaga spełnienia dodatkowych warunków. Coraz szerszą praktyką wyposażania strażaków-ratowników JOP jest sięganie po ubrania o znacznie wyższych parametrach niż zamieszczone w normie. Ponadto zwraca się uwagę na możliwości eksploatacyjne i właściwości nieujęte w dokumentach dopuszczenia. Coraz większą rolę odgrywają jakość wykonania i poziom zaawansowania technologicznego.

**Table 5.** Standard requirements for special clothing. Overview of the requirements and standards to which firefighter's clothing is tested  
**Tabela 5.** Wymagania normowe ubrań specjalnych. Zestawienie wymagań oraz norm, według których wykonuje się badania ubrań strażackich

Test parameter / Badany parametr	Value of the parameter / Wartość parametru	Test method / Metoda badania
	Special clothing in accordance with EN 469. Performance level 2 / Ubranie specjalne zgodne z PN-EN 469. Poziom wykonania 2	
Resistance to heat transfer from the flame / Odporność na przenikanie ciepła od płomienia	HTI24 $\geq$ 13.0 HTI24 – HTI12 $\geq$ 4.0	PN-EN 15025
Resistance to radiative heat transfer / Odporność na przenikanie ciepła od promieniowania	RHTI24 $\geq$ 18.0 RHTI24 – RHTI12 $\geq$ 4.0 Radiation density 40 KW/m <sup>2</sup> / Gęstość promieniowania 40 KW/m <sup>2</sup>	PN-EN ISO 6942
Flame propagation / Rozprzestrzenianie płomienia	Index 3 / Wskaźnik 3	PN-EN 15025 PN-EN 533
Tensile strength / Wytrzymałość na rozciąganie	$\geq$ 450 N Seams $\geq$ 225 N / Szwy $\geq$ 225 N	PN-EN 13934-1 method 1 PN-EN 13935-2
Resistance to tearing / Wytrzymałość na rozerwanie	$\geq$ 25	
Resistance to heat / Odporność na ciepło	No melting, no dripping, shrinkage $\leq$ 5% / Brak topienia, kroplenia, kurczliwość $\leq$ 5%	PN-EN 17493
Resistance to penetration of liquid chemicals / Odporność na przesiąkanie płynnych chemikaliów	Wettability $\leq$ 80% / Zwilżalność $\leq$ 80%	PN-EN 6530
Resistance to water penetration / Odporność na przesiąkanie wody	$2 \geq$ 20 kPa	PN-EN 20811
Water vapour resistance / Opór pary wodnej	$2 \leq$ 30 m2 Pa/W	PN-EN 31092
Visibility / Widzialność	Reflective strips $\geq$ 0.13 m <sup>2</sup> Fluorescent stripes $\geq$ 0.20 m <sup>2</sup> / Pasy odbłaskowe $\geq$ 0.13 m <sup>2</sup> Pasy fluorescencyjne $\geq$ 0.20 m <sup>2</sup>	PN-EN 471
Thermal resistance / Opór cieplny	Not tested / Nie bada się	PN-EN 31092
Change in dimensions after washing, cleaning / Zmiana wymiarów po praniu czyszczeniu	$\leq$ 3%	PN-EN ISO 5077 1

Source: Own elaboration based on PN-EN ISO 11399:2005.

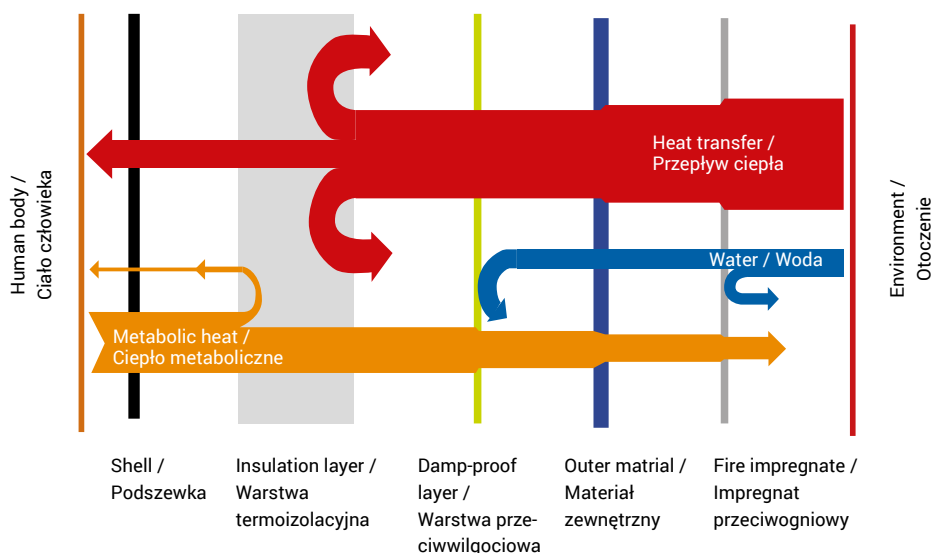
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PN-EN ISO 11399:2005.

The vast majority of operations are carried out by the rescuers in the kit defined by EN 469 [52], EN 15614 [53] changed in 2020 to EN 15384 [54]. The clothing, with a construction based on EN 469 [52], is a multilayer fabric system dedicated to all rescue operations with a key role in fighting fires with wide emissions in the area of external fires as well as internal fires. The complete special clothing consists of two parts, i.e. a ¾ length jacket and trousers with a multi-layer construction. The garments are made of materials that provide the firefighter with protection when their life or health is at risk. Their main function is to provide the firefighter-rescuer with effective protection against hot steam and flames, among other things. A high level of resistance to the

Zdecydowana większość działań wykonywana jest przez ratowników w zestawie określonym normami PN-EN 469 [52], PN-EN 15614 [53] zmienionej w 2020 roku na EN 15384 [54]. Ubranie o konstrukcji opartej o PN-EN 469 [52] stanowi układ tkaninowy wielowarstwowy przeznaczony do wszystkich działań ratowniczych z kluczową rolą zwalczania pożarów o szerokiej emisji w zakresie pożarów zewnętrznych oraz do pożarów wewnętrznych. Kompletne ubranie specjalne składa się z dwóch części, tj. z kurtki długości ¾ i spodni o konstrukcji wielowarstwowej. Ubrania wykonywane są z materiałów, które zapewniają strażakowi ochronę w chwili zagrożenia jego życia lub zdrowia. Główną ich funkcją jest zapewnienie strażakowi-ratownikowi

effects of heat before burns, as well as against acids, alkalis and fuels, is also required. At the same time, it protects the rescuer from wetness and wind, enabling thermoregulation of the human body through its ability to wick away sweat and heat generated from exertion and stress. A key role in the protective mechanism is played by the thermoregulation system based on the properties of the individual fabrics. Assuming that hot microclimates have the most destructive effect on the body, the main focus is on protection against them. The thermal energy flux from the environment passes through the outer material, moisture barrier, insulation layer and lining towards the surface to the rescuer's body (assuming the rescuer is wearing underwear) (see Figure 4).

skutecznej ochrony między innymi przed gorącą parą wodną i płomieniami. Wymagana jest także wysoka odporność na działanie czynników gorących (ochrona przez poparzeniami), jak również przed działaniem kwasów, zasad i paliw. Jednocześnie zabezpiecza ratownika przed przemoczeniem i wiatrem, umożliwiając termoregulację ludzkiego organizmu poprzez zdolność odprowadzenia na zewnątrz potu i ciepła wytwarzanego w wyniku wysiłku i stresu. Kluczową rolę w mechanizmie ochronnym pełni system termoregulacji oparty na właściwościach poszczególnych tkanin. Zakładając że najbardziej destrukcyjny wpływ na organizm ma działanie mikroklimatu gorącego, główny nacisk położony jest na ochronę przed nim. Strumień energii cieplnej z otoczenia przechodzi przez materiał zewnętrzny, barierę przeciwwilgociową, warstwę izolacji i podszewkę w kierunku powierzchni do ciała ratownika (w założeniu ratownik nosi na sobie bieliznę) (zob. ryc. 4).



**Figure 4.** Distribution of energy exchange during the impact of heat streams on a rescuer in a special firefighter's suit  
**Rycina 4.** Rozkład wymiany energii w trakcie oddziaływania strumieni ciepłych na ratownika w ubraniu specjalnym strażackim

**Source / Źródło:** R. Wolański., *Technologia i materiały do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwym i mikrofalowym*, rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza. Kraków 2008 [29].

When working in a hot environment, sweat is secreted from the rescuer's body surface to maintain thermal balance. In cases of no or limited sweat secretion, there is a risk of heat stress. Sweat, as it evaporates from the underwear, from the space between the body and the underwear, the underwear and the lining and the lining and the insulating layer, passes through the membrane towards the outer layer. In the mechanism of transporting moisture from the body towards the outside, the membrane plays a key role. Its pores on the side of the body expand so that the particles can pass towards the outside. In this way, excess moisture generated during the firefighter's work is removed. In the reverse direction, i.e. on the side of the operating environment, in many cases a hot environment, moisture

W trakcie pracy wykonywanej w środowisku gorącym, w celu zachowania równowagi termicznej, z powierzchni ciała ratownika wydzielany jest pot. Gdy pot nie występuje lub jego ilość jest ograniczona, pojawia się zagrożenie stresem gorącym. Pot, gdy odparowuje z bielizny, z przestrzeni pomiędzy ciałem a bielizną, bielizną a podszewką oraz podszewką a warstwę izolacyjną, przechodzi przez membranę w kierunku warstwy zewnętrznej. W mechanizmie transportu wilgoci od strony ciała w kierunku zewnętrznym, kluczową rolę pełni membrana. Jej pory od strony ciała rozszerzają się tak, by cząstki mogły przedostać się w kierunku zewnętrznym. W ten sposób nadmiar wilgoci generowany w trakcie pracy strażaka jest usuwany. W kierunku odwrotnym, tj. od strony środowiska działania, w wielu przypadkach środowiska gorącego, wilgoć nie



does not pass towards the insulating layer, because the shape of the membrane pore geometry blocks this tendency.

The most recent standard EN 469:2021 [52] and its earlier equivalents, specifying the performance requirements for firefighter's clothing, has, since its first edition in 1995, set very high requirements in terms of, among other things, insulation, resistance to heat and heat transmission from flame and radiation, resistance to liquid chemical seepage or water seepage, flame spread, tensile and tear strength, water vapour resistance or visibility. Parameters such as flame heat transfer [55] and radiant heat transfer [56] are also covered by normative requirements (see Table 5).

## Summary and conclusions

The work of a firefighter-rescuer involves many risks, including, but not limited to, health risks as a result of being in difficult, often extreme conditions. The analysis of the present risks has to be multifaceted, as psychological pressure, high unnatural temperatures, high concentrations of pollutants, often with high toxic and even carcinogenic potential, can all occur at any one time. Therefore, it is necessary to prepare tools to minimise the negative effects of such exposures. The used clothing must meet the relevant requirements for resistance to external agents. One of the key elements of a rescue firefighter's main protection is the so-called 'special clothing'. Its basic variant is clothing known as heavy (as opposed to 'light' – wildland fire suit). Its optimal design, taking into account the versatility of the application, is the focus of attention from the operations, scientific and industrial communities. Today's tactical field conditions, abounding in a wide range of microclimate environments, with a virtually infinite set of performed activities, stimulate an imperative for innovation in reducing health and life hazards for firefighter-rescuers. The issues identified in the article in terms of guidelines and the conditions to which firefighters are exposed set the scene for innovation and modification so as to enable the best possible protection and personal safety in rescue interventions.

## Literature / Literatura

- [1] Dyrektywa Komisji (UE) 2019/1832 z dnia 24 października 2019 r. zmieniająca załączniki I, II i III do dyrektywy Rady 89/656/EWG w odniesieniu do dostosowań o charakterze czysto technicznym (Dz.Urz. UE L 279/35, 31.10.2019).
- [2] Rozporządzenie Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z dnia 4 listopada 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. 2021 poz. 2088).
- [3] Załącznik I Dyrektywy Komisji (UE) 2019/1832 z dnia 24 października 2019 r. zmieniająca załączniki I, II i III do dyrektywy Rady 89/656/EWG.
- [4] Stankiewicz G., Wardak D., Krasowski T., Kołodziejczak M., Banasiak A., Kuśmirek J., Kokot-Góra S., Rozwadowska Ł., Przewoźniak D., *Regulamin rozwinięć samochodów ratowniczo-gaśniczych*, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2016.

przechodzi w kierunku warstwy izolacyjnej, ponieważ ukształtowanie geometrii porów membrany blokuje tę tendencję.

Najnowsza norma PN-EN 469:2021 [52] oraz wcześniejsze jej odpowiedniki, określające wymagania użytkowe dla ubrań strażackich, od pierwszego wydania w 1995 r. stawia bardzo wysokie wymogi pod względem m.in. izolacyjności, odporności na ciepło i przenikanie ciepła od płomienia i promieniowania, odporności na przesiąkanie płynnych chemikaliów czy też przesiąkanie wody, rozprzestrzenianie płomienia, wytrzymałość na rozciąganie i rozerwanie, opór pary wodnej czy też widzialność. Również takie parametry, jak przenikanie ciepła od płomienia [55] czy przenikania ciepła od promieniowania [56], objęte są wymaganiami normatywnymi (zob. tabela 5).

## Podsumowanie i wnioski

Praca strażaka-ratownika związana jest z wieloma zagrożeniami, w tym m.in. zdrowotnymi, będącymi efektem przebywania w trudnych, często ekstremalnych warunkach. Analiza występujących zagrożeń musi być wieloaspektowa, gdyż w jednej chwili zaistnieć mogą: presja psychiczna, wysoka nienaturalna temperatura, wysokie stężenia zanieczyszczeń, niejednokrotnie o wysokim potencjale toksycznym, a nawet rakotwórczym. Niezbędne jest zatem przygotowanie narzędzi, które pozwolą na minimalizację negatywnych skutków takich ekspozycji. Stosowane ubrania muszą spełniać odpowiednie wymagania w zakresie odporności na czynniki zewnętrzne. Jednym z kluczowych elementów ochrony głównej strażaka ratownika jest tzw. „ubranie specjalne”. Podstawową jego odmianą jest ubranie nazywane ciężkim (w odróżnieniu od „lekkiego” – ang. *wildland fire suit*). Wokół jego optymalnej konstrukcji, uwzględniającej uniwersalizm zastosowania, skupia się uwaga środowisk eksploatacji, nauki i przemysłu. Współczesne warunki pola taktycznego, obfitując w szeroki wachlarz mikroklimatu środowisk, przy praktycznie nieskończonym zbiorze wykonywanych czynności, stymulują imperatyw innowacji w ograniczaniu zagrożeń zdrowia i życia strażaków-ratowników. Wskazane w artykule zagadnienia w zakresie wytycznych oraz warunków, na które strażak jest narażony, wyznaczają kierunki innowacji i modyfikacji tak, aby umożliwić jak najlepszą ochronę i bezpieczeństwo personalne w interwencjach ratowniczych.

- [5] Wolański R.M., Chwała W., Giełżecki J., Kupicz W., Luzar A., *Znaczenie taktyczne samochodów ratowniczo-gaśniczych, w: Wybrane aspekty bezpieczeństwa i ergonomii użytkownika sprzętu na samochodach pożarniczych*, D. Miedzińska, P. Rybak (red.), Wyd. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2022.
- [6] Rozporządzenie Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 869).
- [7] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 1991 Nr 81, poz. 351).
- [8] SWD-PSP-Podręcznik użytkownika Systemu SWD-ST Abakus Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o. 2014.
- [9] Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/karty-oceny-ryzyka-zawodowego> [dostęp: 10.09.2022].
- [10] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 czerwca 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Kodeks pracy (Dz.U. 2022 poz. 1510).
- [11] Szopa T., *Niezawodność i bezpieczeństwo*, Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
- [12] Wykowska M., *Ergonomia*, Wyd. AGH, Kraków 2016, [http://www.ergonomia.agh.edu.pl/Skrypt\\_Ergonomia-M.Wykowska/ergonomia/index.htm-24.10.22](http://www.ergonomia.agh.edu.pl/Skrypt_Ergonomia-M.Wykowska/ergonomia/index.htm-24.10.22) [dostęp: 09.10.2022].
- [13] Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy <http://archiwum.ciop.pl/27580> [dostęp: 09.10.2022].
- [14] Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych. Strażak. [https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?\\_nfpb=true&pageLabel=P7200142851340545953779&html\\_tresc\\_root\\_id=19019&html\\_tresc\\_id=18999&html\\_klucz=19019&html\\_klucz\\_spis=](https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&pageLabel=P7200142851340545953779&html_tresc_root_id=19019&html_tresc_id=18999&html_klucz=19019&html_klucz_spis=) [dostęp: 09.10.2022].
- [15] PN-EN-ISO-11079:2008-Ergonomia środowiska termicznego – Wyznaczanie i interpretacja stresu termicznego wynikającego z ekspozycji na środowisko zimne z uwzględnieniem wymaganej izolacyjności cieplnej odzieży (IREQ) oraz wpływu wychłodzenia miejscowego.
- [16] Sudół-Szopinska M., Chojnacka A., *Określanie warunków komfortu termicznego w pomieszczeniach za pomocą wskaźników PMV i PPD*, „Bezpieczeństwo Pracy” 2007, 5, 19–23.
- [17] Projekt INNOS: O ROB/0011/03/001 Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych.
- [18] Butler B.W., Cohien J.D., *Firefighter Safety Zones: a Theoretical Model Based on Radiative Heating*, “International Journal of Wildland Fire” 1998, 8(2), 73–77.
- [19] Barker R.L., *A Review of Gaps and Limitations in Test Methods for First Responder Protective Clothing And Equipment. Final report presented to the National Personal Protection Technology Laboratory at the National Institute for Occupational Safety and Health*, January 31, 2005, 37.
- [20] Ali H.M.A., Mohammed R., *A review of the firefighting fabrics for flashover temperature*, “International Journal of Engineering Sciences & Research Technology” 2015, 4(3), 247–257.
- [21] Wiśniewski T.S., *Wymiana ciepła w ochronach osobistych strażaków*, Wyd. Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska, Warszawa 2016.
- [22] Behnke W.P., *Predicting Flash Protection of Clothing from Laboratory Test Using Second-Degree Burn to Rate Performance*, “Fire and Materials” 1984, 8, 6–12.
- [23] Veghte J.H., Ph.D., *Physiologic Response of Fire Fighters Wearing Structural and Hazmat Protective Clothing*, *Second Annual Conference on Protective Clothing*, Clemson University, May 1988.
- [24] Abbott N.J., Shulman S., *Protection from Fire: Nonflammable Clothing – A Review*, “Fire Technology” 1976, 12, 204–218.
- [25] Foster J.A.: Roberts G.V., *Measurements of the Firefighter Environment-Summary Report*, “Fire Engineers Journal” 1995, 55, 30–34.
- [26] Hoschke B.N. *Standards and Specificants for Firefighters*, “Fire Safety Journal” 1981, 4, 125–137.
- [27] Kutlu B., Cireli A.A., *Thermal Analysis and Performance Properties of thermal protective clothing*, “Fibers & Textiles in Eastern Europe” 2005, 13, 3(51), 58–62.
- [28] Guzewski P., Wróblewski D., Małozieć D., *Czerwona Księga Pożarów, T 1 i 2*, Wyd. CNBOP-PIB, Józefów, <https://doi.org/10.17381/2016.4.2>.
- [29] Wolański R., *Technologia i materiały do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym*, Rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2008.
- [30] Gagnon B. D., Dembsey N. A., Keltner N. R., Lucht D. A., *Evaluation of New test Methods for Fire Fighting Clothing*, Worcester Polytechnic Institute, May 2000.
- [31] Horn P.G., Kerber S., Andrews J., Kesler R.M., Newman H., Stewart J.W., Fent K.W., Smith D.L., *Impact of Repeated Exposure and Cleaning on Protective Properties of Structural Firefighting Turnout Gear*, “Fire Technology” 2021, 57, 791–813. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01021-w>.
- [32] Zhang H., Song G., Gu Y., Ren H., Cao J., *Effect of moisture content on thermal protective performance of fabric assemblies by a stored energy approach under flash exposure*. “Textile Research Journal” 2017, 88(16), <https://doi.org/10.1177/0040517517712097>.
- [33] Zieliński L., *Wskaźnik siły chłodzącej powietrza (WCI). Warunki pracy. BHP w środowisku pracy*, <https://www.portalbhp.pl/bhp-w-srodowisku-pracy/wskaznik-sily-chlodzacej-powietrza-wci-2644.html> [dostęp: 09.10.2022].
- [34] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286).
- [35] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady 2016/425/UE z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylecia dyrektywy Rady 89/686/EWG.
- [36] Wroński J., *Warunki pracy: Jak chronić pracowników przed zimnem*, w: *BHP w firmie*, 2021, 47–56.
- [37] Rozporządzenie ministra rodziny, pracy i polityki społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych

- dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018, poz. 1286).
- [38] Rabajczyk A., Zielecka M., Małozieć D., *Hazards Resulting from the Burning Wood Impregnated with Selected Chemical Compounds*, "Applied Sciences" 2020, 10, 6093, <https://doi.org/10.3390/app10176093>.
- [39] Baysal E., Deveci I., Turkoglu T., Tokar H., *Thermal analysis of oriental beech sawdust treated with some commercial wood preservatives*, "Maderas. Ciencia y Tecnología" 2017, 19, 329–338.
- [40] Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of 16 February 1998 concerning the placing of biocidal products on the market.
- [41] Regulation (Eu) No 528/2012 Of The European Parliament And Of The Council Of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products (Dz. Urz. UE L 167/1, 27.6.2012).
- [42] Shrivastava P., Baweja C., Nalawade H., Kumar A.V., Ramanan V., Malhotra V., *An Experimental Insight into the Smoldering-Flaming Transition Phenomenon*, "Journal of Combustion" 2017, 2017, <https://doi.org/10.1155/2017/4062945>.
- [43] Rein G., *Smoldering combustion*, w: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, M.J. Hurley, D. Gottuk, J.R. Hall i in., Wyd. Springer, New York 2016, 581–603.
- [44] Santoso M.A., Huang X., Prat-Guitart N. i in., *Smouldering fires and soils*, w: *Fire Effects in Soil Properties*, P. Pereira, J. Mataix-Solera, X. Úbeda i in., Wyd. CSIRO Clayton, Canberra 2019, 203–216.
- [45] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 sierpnia 2021 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2021 r., poz. 1681).
- [46] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 września 2021 r. w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2021, poz. 179).
- [47] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. 2007 Nr 143, poz. 1002).
- [48] EN 469 Protective clothing for firefighters – Performance requirements for protective clothing for firefighting activities. 2020. CSN EN Standard.
- [49] Dyrektywa Rady 89/686/EWG (PPE) – Środki ochrony indywidualnej.
- [50] Wróblewski D. (red), *Czerwona księga świadectw dopuszczenia*, Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2016, <https://doi.org/10.17381/2016.5>.
- [51] Ustawa o ochronie przeciwpożarowej z dn. 24 sierpnia 1991 r. (Dz.U. 2022, poz. 2057).
- [52] PN-EN 469. Odzież ochronna dla strażaków – Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowych.
- [53] PN-EN 15614 Odzież ochronna dla strażaków – Metody badań laboratoryjnych oraz wymagania dla odzieży ochronnej używanej przy pożarach w przestrzeni otwartej.
- [54] EN ISO 15384 Protective clothing for firefighters – Laboratory test methods and performance requirements for wildland firefighting clothing. CSN EN Standard. 2018.
- [55] PN-EN-367 Odzież ochronna – Ochrona przed ciepłem i płomieniem – Metoda wyznaczania przenikania ciepła przy działaniu płomienia.
- [56] PN-EN ISO 6942 Odzież ochronna – Ochrona przed gorącym i ogniem – Metoda badania: Ocena materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania cieplnego.

**PROF. ANNA RABAJCZYK, D.SC.** – graduate of the Institute of Chemistry at the Higher School of Pedagogy in Kielce (now: Jan Kochanowski University in Kielce). She received her PhD in chemistry from the Department of Chemistry at the University of Opole in 2000 and her habilitation degree from the Wrocław University of Technology in 2011. She was awarded a professorship in 2022 in the area of environmental engineering, mining and energy. She specialises in environmental engineering. Expert in carbon and water footprint calculations. Ecomediator on sustainability. Research interests are related to the areas of environmental chemistry, nanotechnology, biotechnology and their application in environmental engineering, including neutralisation and removal of pollutants, clean-up of contaminated areas. Manager and member of teams implementing projects and grants funded from national (NCN, NCBR, MNiSW) and foreign (USA, EU) sources, both scientific, implementation, teaching and investment. She has received foreign scholarships (USA, Norway, Ireland). She has been and is a member of expert panels, organising committees and scientific committees of national and international

**PROF. DR HAB. ANNA RABAJCZYK** – absolwentka Instytutu Chemii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach (obecnie: Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach). W 2000 r. uzyskała stopień doktora nauk chemicznych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego, a w 2011 r. stopień doktora habilitowanego na Politechnice Wrocławskiej. W 2022 r. otrzymała tytuł profesora w dziedzinie: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Specjalność – inżynieria środowiska. Ekspert w zakresie kalkulacji śladu węglowego i wodnego. Ekmediator w zakresie zrównoważonego rozwoju. Zainteresowania badawcze związane są z obszarem chemii środowiska, nanotechnologii, biotechnologii i ich zastosowania w inżynierii środowiska, w tym neutralizacji i usuwaniu zanieczyszczeń, oczyszczaniu obszarów skażonych. Kierownik oraz członek zespołów realizujących projekty i granty finansowane ze źródeł krajowych (NCN, NCBR, MNiSW) i zagranicznych (USA, EU), zarówno naukowych, wdrożeniowych, dydaktycznych, jak i inwestycyjnych. Otrzymała stypendia zagraniczne (USA, Norwegia, Irlandia). Była i jest członkiem zespołów eksperckich, komitetów organizacyjnych oraz komitetów naukowych konferencji i kongresów krajowych i zagranicznych.

conferences and congresses. The results of the research have been published in more than eighty publications (mostly in journals on the Philadelphia List) and monographs, studies commissioned by external bodies, and presented in lectures at many national and international conferences and seminars conducted by invitation.

**SEN. BRIG. (RETD.) ROBERT WOLAŃSKI, PH.D. ENG.** – employee of the Fire Service College of the State Fire Service in Cracow, Department of Civil and Cultural Protection Training Centre. Graduate of the AGH University of Science and Technology in Kraków, officer studies at the Main School of Fire Service, postgraduate studies in the area of wheeled vehicle operation (Higher Officers' Car School in Piła) and road accident expertise (Cracow University of Technology with the Institute of Forensic Expertise). He defended his doctoral thesis on infrared and microwave thermal protection technologies and materials at the Faculty of Materials Engineering and Ceramics of the AGH University of Science and Technology. Parallel to his teaching activities he carries out scientific work within the scope of projects and individual research. He cooperates with research teams from both universities and recognised institutes. He focuses on safety engineering issues with a particular emphasis on rescuer safety. He is the author of a number of publications and a reviewer for recognised publications. In innovation activities, he is the co-author of the patent "Method of manufacturing ceramic layers on fabric". He has initiated the organisation of a number of conferences and seminars aimed at presenting and exchanging scientific and technical ideas in the area of progressive structures, technologies and organisational solutions for reducing the risk of rescue operations. Currently, as a member of staff at the Centre for Education in the Protection of People and Cultural Property at SAPSP Krakow, he continues to promote, educate and develop initiatives in the area of protection of cultural heritage.

Wyniki badań zostały opublikowane w ponad osiemdziesięciu publikacjach (w większości w czasopismach z Listy Filadelfijskiej) i monografiach, opracowaniach przygotowywanych na zlecenie jednostek zewnętrznych, i prezentowane podczas wystąpień na wielu konferencyjnych krajowych i zagranicznych oraz seminariach prowadzonych na zaproszenie.

**ST. BRYG. W ST. SP. DR INŻ. ROBERT MARCIN WOLAŃSKI** – pracownik Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, Wydziału Centrum Szkolenia Ochrony Ludności i Dóbr Kultury. Absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, studium oficerskiego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, studiów podyplomowych z zakresu eksploatacji pojazdów kołowych (Wyższa Oficerska Szkoła Samochodowa w Pile) oraz ekspertyz wypadku drogowego (Politechnika Krakowska z Instytutem Ekspertyz Sądowych). Obronił pracę doktorską z zakresu technologii i materiałów do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej. Prowadzi równoległe z działalnością dydaktyczną prace naukowe w ramach projektów i badań indywidualnych. Współpracuje z zespołami badawczymi zarówno uczelni wyższych, jak i uznanych instytutów. Koncentruje się na zagadnieniach inżynierii bezpieczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa ratowników. Jest autorem szeregu publikacji i recenzentem uznanych wydawnictw. W działalności innowacyjnej jest współautorem patentu „Sposób wytwarzania ceramicznych warstw na tkaninie”. Jest inicjatorem organizacji szeregu konferencji i seminariów ukierunkowanych na prezentację i wymianę myśli naukowo-technicznej w obszarze progresywnych konstrukcji, technologii i rozwiązań organizacyjnych w zakresie ograniczenia ryzyka prowadzenia działań ratowniczych. Obecnie jako pracownik Centrum Kształcenia Ochrony Ludności i Dóbr Kultury w SAPSP Kraków kontynuuje swoją działalność promowania, edukacji i rozwoju inicjatyw w zakresie ochrony dziedzictwa kulturowego.



WARSZAWA 05-07.12.2023

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego SITPChem zaprasza do aktywnego udziału w **Konferencji Naukowo-Technicznej „Przemysł Chemiczny”**, która odbędzie się w dniach **5–7 grudnia 2023 w Warszawie**



### Edukacja i nauka

- ⇒ strategię w badaniach i innowacji
- ⇒ nowe kwalifikacje rynkowe
- ⇒ transformacje cyfrowe i automatyzacja, w tym analityka danych, robotyka, automatyzacja procesów, uczenie maszynowe
- ⇒ rozwój Sektorowych Ram Kwalifikacji, strategię kształcenia i szkolnictwa zawodowego
- ⇒ branżowe Centra Umiejętności (BCU)
- ⇒ współpraca z pracodawcami dla rozwoju kształcenia zawodowego



### Rozwój i technologia

- ⇒ transformacje cyfrowe w produkcji
- ⇒ strategię zwiększenia efektywności wykorzystania surowców
- ⇒ platforma wodorowa
- ⇒ procesy biotechnologiczne
- ⇒ energooszczędne, niskoemisyjne i ekologiczne procesy produkcyjne
- ⇒ bezpieczeństwo pożarowe i środowiskowe instalacji i zakładów przemysłowych
- ⇒ robotyzacja i sztuczna inteligencja w produkcji
- ⇒ cyberbezpieczeństwo
- ⇒ gospodarowanie odpadami
- ⇒ procesy recyklingu chemicznego, mechanicznego i regeneracyjnego
- ⇒ interdyscyplinarność chemii



### Ochrona środowiska

- ⇒ zmiany klimatyczne i bezpieczeństwo energetyczne
- ⇒ odnawialne źródła energii. W tym technologia jądrowa dla przemysłu
- ⇒ zielony wodór i jego rola w transformacji energetycznej
- ⇒ gospodarka w obiegu zamkniętym

**zapisz się już dziś**

[www.konferencja-przemyslchemiczny.pl](http://www.konferencja-przemyslchemiczny.pl)



Patronat honorowy:



Patronat instytucjonalny:



**Naczelna Organizacja Techniczna**  
Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych



Patronat medialny:



Robert Wolański<sup>a)\*</sup>, Anna Rabajczyk<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> *The Fire Service College of the State Fire Service in Cracow / Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie*

<sup>b)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: arabajczyk@cnbop.pl*

## Selected Aspects of Transformation of Textile Elements of Firemen's Personal Protection

### Wybrane aspekty transformacji tekstylnych elementów ochrony osobistych strażaków

#### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of the article is to present selected problems related to the directions of changes in the clothing that is the equipment of the rescuer firefighter and that is part of standard personal protective equipment.

**Introduction:** Development in technology and the economy is resulting in products with increasingly complex structures in our environment. In the event of a fire, substances can be emitted that threaten the health and life of the firefighter. Therefore, personal protective equipment used by firefighters (including clothing) must be constantly adapted to the changing environment. Both the fibres and the structure or layering of the garment are modified. Increasingly, users of these products expect adequate resistance to biological and chemical agents. This is a result of the increasing number of factors that pose a risk when firefighters are working. Despite the clothing modifications used to date, it is still not possible to exclude the risk of toxic substances, such as polyaromatic hydrocarbons, which are products of combustion in a fire environment, and acid gases penetrating the firefighter's skin. The simultaneous exposure to radiant heat in the fire environment and the physical work performed by the firefighter significantly intensify the heat and mass exchange in the personal protection. Therefore, the interaction of protective structures with the rescuer's body is playing an increasingly important role. Modifications based on nanotechnology are being used to make garments more resistant while maintaining or even reducing their weight. However, it should be pointed out that sometimes the changes concern one aspect, such as humidity, to the exclusion of other hazards arising from the physical and chemical characteristics of the substances emitted during the event.

**Methodology:** The article is based on a review of selected literature on the topic covered.

**Conclusions:** Modifications made to the fibres or to the structure and composition of the garment make it possible to obtain a product with improved performance in terms of protecting the firefighter. It is important to note, however, that they should consider all possible exposure pathways and not focus on one selected parameter. Therefore, further work is needed to adapt clothing to the emerging risks.

**Keywords:** innovations, firefighter's personal protective equipment, firefighter's special clothing

**Type of article:** review article

---

**Received:** 31.03.2023; **Reviewed:** 10.05.2023; **Accepted:** 13.06.2023;

Authors' ORCID IDs: R. Wolański – 0000-0002-5625-0936, A. Rabajczyk – 0000-0003-4476-8428;

The authors contributed equally to this article;

**Please cite as:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 86–101, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.5>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest przedstawienie wybranych problemów związanych z kierunkami zmian w ubraniach stanowiących wyposażenie strażaka-ratownika oraz będących częścią standardowych środków ochrony indywidualnej.

**Wprowadzenie:** Rozwój w technologii oraz gospodarce powoduje, że w naszym otoczeniu pojawiają się produkty o coraz bardziej złożonych strukturach. W przypadku pożaru mogą być emitowane substancje zagrażające zdrowiu i życiu strażaka. Środki ochrony indywidualnej stosowane przez straż pożarną (w tym także odzież) muszą być zatem stale dostosowywane do zmieniającego się środowiska. Modyfikacjom podlegają zarówno włókna, jak i struktura, czy warstwowość odzieży. Coraz częściej użytkownicy tych wyrobów oczekują odpowiedniej odporności na działanie czynników biologicznych i chemicznych. Jest to rezultat rosnącej liczby czynników stanowiących zagrożenie podczas pracy strażaków. Mimo zastosowanych dotychczas modyfikacji ubrań nadal nie można wykluczyć ryzyka przenikania do powierzchni skóry strażaka substancji toksycznych, np. węglowodorów poliaromatycznych, będących

produktami spalania w środowisku pożaru, oraz kwaśnych gazów. Równoczesne oddziaływanie promieniowania cieplnego w środowisku pożarowym oraz wykonywana przez strażaka praca fizyczna intensyfikują znacząco wymianę ciepła i masy w ochronach osobistych. Coraz większą rolę odgrywa zatem interakcja konstrukcji ochronnych z organizmem ratownika. W celu zwiększenia odporności odzieży przy jednoczesnym utrzymaniu bądź nawet zmniejszeniu jej wagi zastosowanie znajdują modyfikacje bazujące na nanotechnologii. Należy jednak zauważyć, iż niejednokrotnie zmiany dotyczą jednego aspektu, np. wilgotności, z pominięciem innych zagrożeń wynikających z charakterystyki fizyko-chemicznej substancji emitowanych podczas zdarzenia.

**Metodologia:** Artykuł został opracowany na podstawie przeglądu wybranej literatury z zakresu poruszanej tematyki.

**Wnioski:** Modyfikacje wprowadzane we włóknach czy też strukturze i składzie odzieży pozwalają na otrzymanie produktu charakteryzującego się lepszymi parametrami w zakresie ochrony strażaka. Należy jednak zauważyć, iż powinny one uwzględniać wszystkie możliwe drogi narażenia, a nie skupiać się na jednym, wybranym parametrze. Dlatego też niezbędne są dalsze prace nad dostosowaniem odzieży do pojawiających się zagrożeń.

**Słowa kluczowe:** innowacje, środki ochrony indywidualnej strażaka, ubrania specjalne straży pożarnej

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 31.03.2023; **Zrecenzowany:** 10.05.2023; **Zaakceptowany:** 13.06.2023;

Identyfikatory ORCID autorów: R. Wolański – 0000-0002-5625-0936, A. Rabajczyk – 0000-0003-4476-8428;

Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 86–101, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.5>;

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

## Introduction

The work of firefighters is very often associated with the need to operate in difficult conditions. Consequently, they are exposed to a variety of external factors due to the specific nature of the incident, such as high temperatures or high concentrations of toxins produced during the fire. The destructive impact of external factors, resulting in a risk to health and life, is minimised through the use of appropriate measures, including, but not limited to, appropriate clothing.

The design of garments that are PPE is subject to constant modification. The first changes initiating the evolution of clothing involved impregnating natural fibre textiles to make them flame retardant. Subsequent work in this area has been carried out continuously, in line with developments in the economy and social needs. Recent developments have introduced synthetic fabric and laminate constructions. In all such technologies, a protection model based on the principle of insulating the body from the environment and – consequently – limiting and delaying the passage of heat flux and pollutants to the skin surface is adopted as the primary mechanism.

Fabrics and garments are also subject to constant modification due to the requirements introduced in the legal system – from the implementation of ASTM F1959 [1], the arc test section of ASTM F1506 [2] (resulting from research by Stoll & Chianta [3]), or the introduction of a criterion to protect the rescuer firefighter from the risk of a second-degree burn [4–5]. There is also a fabric construction model based on metallised outer layers, included in PN-EN-1486:2009 [6]. However, it is used sporadically due to the technical characteristics of this model, i.e. weight, low resistance of the reflective layers, ergonomic limitations. Furthermore – as emphasized marketing-wise – its high level of heat flux reflectivity is temporary. This is due to the rapid heating of the

## Wprowadzenie

Praca strażaków związana jest bardzo często z koniecznością funkcjonowania w trudnych warunkach. W konsekwencji narażeni są oni na różnorodne czynniki zewnętrzne wynikające ze specyfiki zdarzenia, jak np. wysoka temperatura czy duże stężenie toksyn powstałych podczas pożaru. Destrukcyjny wpływ czynników zewnętrznych, powodujący zagrożenie zdrowia i życia, minimalizowany jest poprzez zastosowanie odpowiednich środków, w tym m.in. odpowiednią odzież.

Konstrukcje ubrań będących środkami ochrony indywidualnej podlegają stałym modyfikacjom. Pierwsze zmiany inicjujące ewolucję ubrań polegały na impregnowaniu tekstyliów z włókien naturalnych w celu uzyskania ich uniepalnienia. Kolejne prace w tym obszarze prowadzone były w sposób ciągły, adekwatnie do rozwoju gospodarki i potrzeb społecznych. Najnowsze rozwiązania wprowadziły syntetyczne konstrukcje tkanin i laminatów. We wszystkich tego rodzaju technologiach jako podstawowy mechanizm przyjęto model ochrony oparty na zasadzie izolowania ciała od środowiska i – w konsekwencji – ograniczenia i opóźnienia przejścia strumienia cieplnego i zanieczyszczeń do powierzchni skóry.

Tkaniny i odzież podlegają stałym modyfikacjom także ze względu na wymagania wprowadzane w systemie prawnym – od momentu wdrożenia normy ASTM F1959 [1], części dotyczącej testu łukowego w normie ASTM F1506 [2] (będącego rezultatem badań Stoll & Chianta [3]), czy też wprowadzenia kryterium ochrony strażaka-ratownika przed zagrożeniem powstania II stopnia oparzenia [4–5].

Istnieje również model konstrukcji tkanin oparty na metalizowanych zewnętrznych warstwach, ujęty w PN-EN-1486:2009 [6]. Stosowany jest jednak sporadycznie ze względu na właściwości techniczne tego modelu, tj. ciężar, niską odporność warstw refleksyjnych, ograniczenia ergonomiczne. Ponadto jego – podkreślany

metallic layer, which is mostly made up of aluminium, the conduction path and the significant lifting of subsequent layers (adhesive, support fabric). The effect is separation of the metal foil sheets from the support fabric due to loss of cohesion.

An increasing expectation of users is the resistance of clothing to biological and chemical agents. This is a result of the expanding range of hazard factors possible during rescue operations, including for hot microclimates. The risk of toxic substances (such as polyaromatic hydrocarbons) or acid gases penetrating the firefighter's skin cannot be ruled out – even with all the innovations to date. The simultaneous interaction of heat fluxes formed in the fire environment and the physical work performed by the firefighter significantly intensify the heat and mass exchange in the personal protection. The interaction of protective structures with the rescuer's body is therefore playing an increasingly important role.

## Material modifications

The outer shells, the outermost layer of the material, are directly exposed to the outside world. Its primary role is therefore to provide cover against exposures associated with the microclimate environment during the rescue operations. It is the one which in most cases of exposure takes the main destructive impulse. In a fire environment, it is also intended to provide a barrier against heat fluxes.

The outer layer is a fabric with a surface density of up to 210 g/m<sup>2</sup>. The first special clothing designs were dominated by fabric solutions based on NOMEX (poly(isophthalate-1,3-phenylenediamide)) and KERMEL (polyamide-imide) fibres. In recent years, with the emergence of new fibre designs, PBO (poly(p-phenylene-2,6-benzobisoxazole)) and PBI (polybenzimidazole) fibres have begun to be introduced. They are most often combined with KEVLAR (poly(paraphenylene terephthalamide)) fibres. PBO fibres are characterised by a significantly higher – compared to KEVLAR – tensile strength. They burn at oxygen contents above 68% and undergo thermal decomposition at temperatures above 650°C. They also show high chemical resistance and dimensional stability. They have a low moisture absorption coefficient of approximately 0.6% [7].

The aim of the applied modifications is to achieve above 21% a parameter called the limiting oxygen index (LOI), which indicates the minimum percentage of oxygen required for combustion [8–9]. Table 1 shows a selection of fibre materials used in the construction of outdoor fabrics in relation to the limiting oxygen index (LOI).

marketingowo – wysoki poziom zdolności odbijania strumieni ciepłych ma charakter chwilowy. Wynika to z szybkiego nagrzewania się warstwy metalicznej, zbudowanej przeważnie z aluminium, drogę przewodzenia oraz znaczące podniesienie kolejnych warstw (klej, tkanina nośna). Efektem jest oddzielanie się płatów folii metalowej od tkaniny nośnej na skutek utraty spójności.

Coraz częstszym oczekiwaniem użytkowników jest odporność odzieży na działanie czynników biologicznych i chemicznych. Jest to rezultat rozszerzenia się wachlarza czynników zagrożeń możliwych do wystąpienia w trakcie działań ratowniczych, w tym dla gorącego mikroklimate. Ryzyka tego, że do powierzchni skóry strażaka przenikną substancje toksyczne (takie jak węglowodory poliaromatyczne) czy kwaśne gazy, wykluczyć nie można – nawet przy zastosowaniu wszystkich dotychczasowych innowacji. Równoczesne oddziaływanie strumieni ciepłych tworzących się w środowisku pożaru oraz wykonywana przez strażaka praca fizyczna znacząco intensyfikują wymianę ciepła i masy w ochronach osobistych. Coraz większą rolę odgrywa zatem interakcja konstrukcji ochronnych z organizmem ratownika.

## Modyfikacje materiałowe

Warstwa zewnętrzna (ang. *outer shells*), czyli najbardziej zewnętrzna warstwa materiału, jest narażona bezpośrednio na oddziaływanie czynników zewnętrznych. Jej podstawową rolą jest zatem zapewnienie osłony przed narażeniami związanymi ze środowiskiem mikroklimate podczas działań ratowniczych. To ona w większości przypadków ekspozycji przyjmuje główny impuls destrukcyjny. W środowisku pożaru stanowić ma także barierę przed działaniem strumieni ciepłych.

Warstwę zewnętrzną stanowi tkanina o gęstości powierzchniowej dochodzącej do 210 g/m<sup>2</sup>. W pierwszych konstrukcjach ubrań specjalnych dominowały rozwiązania tkanin opartych na włóknach NOMEX (poli(izoftalano-1,3-fenyldiamid)) oraz KERMEL (poliamidoimidy). W ostatnich latach, wraz z pojawieniem się nowych konstrukcji włókien, zaczęto wprowadzać włókna PBO (poli(p-fenyleno-2,6-benzobisoksazol)) i PBI (polibenimidazol). Najczęściej łączone są one z włóknami KEVLAR (poly(paraphenylene terephthalamide)). Włókna PBO charakteryzują się znacznie większą – w porównaniu do KEVLARU – wytrzymałością na rozciąganie. Palą się w warunkach zawartości tlenu powyżej 68%, a rozpadowi termicznemu ulegają w temperaturach powyżej 650°C. Wykazują także wysoką odporność chemiczną i stabilność wymiarów. Mają niski współczynnik pochłaniania wilgoci – na poziomie ok. 0,6% [7].

Celem stosowanych modyfikacji jest osiągnięcie powyżej 21% parametru zwanego wskaźnikiem indeksu tlenowego (ang. *limiting oxygen index*, LOI), który wskazuje na minimalną zawartość procentową tlenu, wymaganą do spalania [8–9]. W tabeli 1 przedstawiono wybrane materiały włókien stosowanych do konstrukcji tkanin zewnętrznych w odniesieniu do wskaźnika indeksu tlenowego (LOI).



**Table 1.** Examples of fibres used in the outer layer**Tabela 1.** Przykłady włókien stosowanych w warstwie zewnętrznej

Fibre / Włókno	Manufacturer / Producent	LOI [%]	Fatigue strength [GPa]
NOMEX	Du Pont	29	0.67
CONEX	Conex	29	0.61
KERMEL	Rhone-Poulenc	31	0.53
PBI	Hoechst-Celanese	41	0.39
PANOX	RK Textiles	55	0.25

**Source / Źródło:** D. Miedzińska, R. Wolański, *Review of fibers and fabrics used for special services protective clothing in terms of their mechanical and thermal properties* [10].

The most important expected property of the material is the relatively low thermal conductivity compared to other fibre compositions. This property is particularly desirable when confronted with the materials used for membranes, as it is able to ensure that the heat flow towards the body surface is delayed sufficiently so that the membrane does not overheat too quickly, putting it out of service. Table 2 shows a comparison of fabrics with PBO and PBI progressive fibre content [11].

Najważniejszą oczekiwaną właściwością materiału jest relatywnie niska przewodność cieplna w porównaniu z innymi kompozycjami włókien. Ta właściwość jest szczególnie pożądana w konfrontacji z materiałami stosowanymi do produkcji membran, gdyż jest w stanie zapewnić opóźnienie przepływu ciepła w kierunku powierzchni ciała na tyle, by nie nastąpiło zbyt szybkie przegrzanie membrany, wyłączające ją z eksploatacji. W tabeli 2 przedstawiono porównanie tkanin z zawartością progresywnych włókien PBO i PBI [11].

**Table 2.** Comparison of properties of selected fibres used in fabric compositions for outer layers of special clothing**Tabela 2.** Porównanie właściwości wybranych włókien stosowanych w kompozycjach tkanin na warstwy zewnętrzne ubrań specjalnych

Fibre name/ Manufacturer / Nazwa włókna/ Producent	Density [g/cm <sup>3</sup> ] / Gęstość [g/cm <sup>3</sup> ]	Tensile resistance [GPa] / Wytrzymałość na rozciąganie [GPa]	Tensile modulus of elasticity [GPa] / Moduł sprężystości przy rozciąganiu [GPa]	Elongation at break [%] / Wydłużenie przy zerwaniu [%]	Decomposition temperature [°C] / Temperatura rozkładu [°C]	Water absorption [%] / Absorpcja wody [%]	Limiting Oxygen Index [LOI] / Wskaźnik (ograniczonego) indeksu tlenowego [LOI]
<b>Aramid fibres / Włókna aramidowe</b>							
Nomex (m-aramid)/ DuPont	1.38	0.59–0.86	7.9–12.1	20–45	400–430	5.2	29
Kevlar (p-aramid)/ DuPont	1.44	2.9–3.0	70–112	2.4–3.6	520–540	3.9	29
Twaron/ Teijin Aramid	1.45	2.4–3.6	60–120	2.2–4.4	500	3.5–5.0	29
Technora/ Teijin Aramid	1.39	3.4	72	4.6	500	4	25
<b>PBO fibres / Włókna PBO</b>							
ZYLON AS/ Toyobo Corporation	1.54	5.8	180	3.5	650	2	68
Toyobo Corpo- ration	1.56	5.8	270	2.5	650	0.6	68
<b>Others / Inne</b>							
PBI Performance Producers	1.4	0.4	5.6	30	550	15	41
Poliester	1.38	1.1	15	25	260	0.4	17

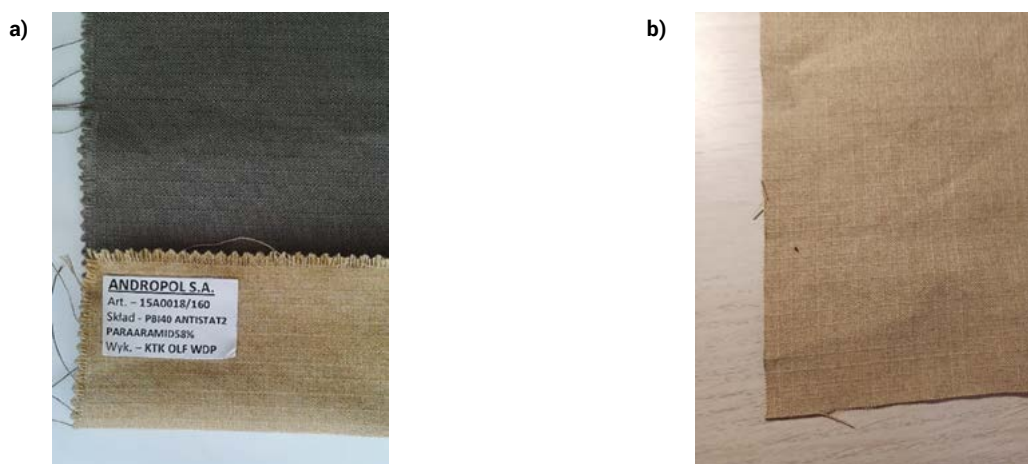
**Source / Źródło:** D. Czerwieńko, K. Lemańska, Ł. Pastuszka, *Technologia materiałów na ubrania strażackie* [11].

Among a number of important requirements for the resistance of protective (special) clothing to external agents, resistance to water and aggressive chemical agents plays an important role. Taking into account the operation of the garments in an environment with a strong expansion of a wide range of combustion products and environmental aggression, fibre-protective impregnations were introduced into the outer layers. Most current fabrics use fluorocarbons (FCs), e.g. perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA). They are intended to protect not only against water penetration towards the thermal insulation layer and the membrane, but also any solutions. However, due to the carcinogenic nature of these compounds, their use is restricted by the European legislation.

Of the fibres that do not contain FCs, PBI fibres in combination with KEVLAR fibres in a ratio of 40/58% are used for the composition, along with the addition of other fibres, such as electrostatic fibres at 2% (see Figure 1). In this combination, they are characterised by high resistance to heat fluxes while maintaining mechanical and strength properties and retaining elasticity.

Spółród szeregu istotnych wymagań wobec odporności ubrań ochronnych (specjalnych) na działanie czynników zewnętrznych istotną rolę odgrywa odporność na działanie wody i agresywnych czynników chemicznych. Uwzględniając eksploatację ubrań w środowisku o silnej ekspansji szerokiej gamy produktów spalania i agresji środowiska, w warstwy zewnętrzne wprowadzono impregnaty zabezpieczające włókna. W większości obecnie stosowanych tkanin wykorzystuje się fluorowęglowodory (ang. *fluorocarbons*, FCs), np. kwas perfluorooktanosulfonowy (ang. *perfluorooctanesulfonic acid*, PFOS) i kwas perfluorooktanowy (ang. *perfluorooctanoic acid*, PFOA). Mają one chronić nie tylko przed przenikaniem wody w kierunku warstwy termoizolacyjnej i membrany, ale również wszelkich roztworów. Jednakże ze względu na rakotwórczy charakter tych związków, ich stosowanie jest ograniczane przez prawodawstwo europejskie.

Spółród włókien niezawierających FCs wykorzystywane są do kompozycji włókna PBI w połączeniu z włóknami KEVLAR w stosunku 40/58% wraz z dodatkiem innych włókien, np. elektrostatycznych w ilości 2% (zob. ryc. 1). W takim zestawieniu charakteryzują się one wysoką odpornością na działanie strumieni ciepłych przy jednoczesnym utrzymaniu właściwości mechanicznych i wytrzymałościowych oraz zachowaniu elastyczności.



**Figure 1.** Material for the PROTON outer layer with the following fibre content: a) PBI – 40%, Paraaramid – 58%, Antistatic – 2%; b) PBI – 40%, Paraaramid – 58%, Antistatic – 2%

**Rycina 1.** Materiał na warstwę zewnętrzną PROTON z zawartością włókien: a) PBI – 40%, Paraaramid – 58%, Antistatic – 2%; b) PBI – 40%, Paraaramid – 58%, Antistatic – 2%

**Source / Źródło:** R. Wolański.

The techniques used to produce chemically modified flame-retardant fibres depend primarily on the type of combustible fibre that forms the substrate in the modification process. Both synthetic fibres (polyester, nylon and acrylic) and natural fibres (wool, cotton and viscose) are used [12–14]. Flame retardants for synthetic fibres include halogens, nitrogen, silicon and phosphorus. These substances are incorporated into the polymerisation process during melt spinning or doped into the spinning bath during the production of solution-spun fibres. When fibres modified in this manner are exposed to high temperatures and

Techniki stosowane w celu wytworzenia chemicznie modyfikowanych włókien ognioodpornych zależą przede wszystkim od rodzaju palnych włókien stanowiących podłoże w procesie modyfikacji. Stosowane są tu zarówno włókna syntetyczne (poliester, nylon i akryl), jak i włókna naturalne (wełna, bawełna i wiskoza) [12–14]. Substancjami zmniejszającymi palność w przypadku włókien syntetycznych są m.in. halogeny, azot, krzem i fosfor. Substancje te są włączane do procesu polimeryzacji podczas przędzenia ze stopu lub domieszkowane do kąpieli przędzalniczej podczas wytwarzania włókien przędzonych z roztworu. Gdy tak zmodyfikowane włókna

thermal hazards, they form a vapour-gas phase (non-volatile ester compound) or a solid condensed phase (carbon charred compound). This reduces their flammability. Thus, the isolation of other materials lying under the fibre takes place and the integrity of the firefighters' protective clothing is maintained.

## Non-woven aerogel

One method used in polymer modification uses aerogels, which are synthesised using sol-gel processing and supercritical drying at ambient pressure. The substances obtained in this way have an extremely fine and highly porous structure (with pores only a few nanometres in size), while containing 99.8% air. Non-woven materials modified in this way have a higher heat transfer coefficient and thus better insulation [15]. It should be noted that the use of aerogel in heat protective clothing is very complex, as it requires a balance of comfort and protection [16].

Shaid et al. [16] investigated the protective properties of aerogel fleece in heat protective clothing, including firefighter's protective clothing (FPC). A 100% woven Nomex face fabric, a non-woven fabric and a commercial moisture barrier from Bruck Textile of Australia were used as the thermal liner. The non-woven aerogel was based on silica aerogel in a flexible form with a thermal conductivity of approximately  $23 \text{ mW/m} \times \text{K}$  and a fabric weight of  $285 \text{ g/m}^2$ . The reinforcing material was plastic from the Australian company MFB (Metropolitan Fire Brigade). The results show that aerogel non-woven can provide eight times the thermal resistance of commercial reinforcement and thermal material. The use of a layer of non-woven aerogel as a thermal liner resulted in a fivefold increase in heat resistance compared to using only a thermal liner and three times the resistance of the combined properties of the existing thermal liner and moisture barrier. The possibility of burns occurring under a compressive load of 49 N on a surface heated to  $200^\circ\text{C}$  was also tested. It was found that if only commercial reinforcing material was used in the garment, the firefighter wearing it, under the conditions indicated above, would suffer an immediate burn (within 30 seconds). In contrast, if only the non-woven aerogel is used, it will take 86 seconds before the firefighter feels pain, 107 seconds before they suffer a first-degree burn and 2.5 minutes before they are second-degree burn. The use of non-woven aerogel means that the firefighter has more than a minute of additional time to withdraw from the emergency. It has also been found that the use of aerogel reinforcement can significantly increase the protective properties of FPC [16].

Modification of the crystalline structure of fibres at a specific transformation temperature is the basis of shape memory materials (SMMs), which are able to change their current shape to a specific shape of the crystalline structure. Under the influence of heat, the shape memory material in the fireproof garment is activated. The air gaps that exist between adjacent layers of clothing widen, providing better insulation [17]. In case of polymers, the shape memory effect is observed when a plastic adapting to one shape returns to its previously adopted shape

narażane są na wysokie temperatury i zagrożenie termiczne, tworzą fazę gazowo-parową (nielotny związek estrowy) lub fazę skondensowaną w stanie stałym (węglowy związek zwęglony). W ten sposób zmniejszana jest ich palność. Tym samym następuje izolacja innych materiałów leżących pod włóknem i zachowana pozostaje integralność odzieży ochronnej strażaków.

## Włóknina aerożelowa

Jedną z metod stosowanych w modyfikacji polimerów wykorzystuje aerożele, które są syntetyzowane przy użyciu przetwarzania zol-żel i suszenia w stanie nadkrytycznym pod ciśnieniem otoczenia. Tak otrzymane substancje mają niezwykle drobną i bardzo porowatą strukturę (z porami o wielkości zaledwie kilku nanometrów), zawierają przy tym 99,8% powietrza. Zmodyfikowane w ten sposób materiały włókninowe charakteryzują się większym współczynnikiem przenikania ciepła i tym samym lepszą izolacją [15]. Należy zwrócić uwagę, że stosowanie aerożelu w odzieży chroniącej przed wysoką temperaturą jest bardzo złożone, ponieważ wymaga zrównoważenia komfortu i ochrony [16].

Shaid i in. [16] zbadali właściwości ochronne włókniny aerożelowej w odzieży chroniącej przed wysoką temperaturą, w tym ubraniach ochronnych strażaka (ang. *firefighter's protective clothing*, FPC). Jako wyściółkę termiczną zastosowano w 100% tkaniny materiał wierzchni Nomex, włókninę i komercyjną barierę dla wilgoci firmy Bruck Textile z Australii. Włóknina aerożelowa bazowała na aerożelu krzemionkowym w elastycznej formie o przewodności cieplnej ok.  $23 \text{ mW/m} \times \text{K}$  i gramaturze tkaniny  $285 \text{ g/m}^2$ . Materiałem wzmacniającym było tworzywo australijskiej firmy MFB (Metropolitan Fire Brigade). Wyniki badań wskazują, że włóknina aerożelowa może zapewnić ośmiokrotnie większą odporność termiczną niż komercyjny materiał wzmacniający i materiał termiczny. Zastosowanie warstwy włókniny aerożelowej jako wyściółki termicznej spowodowało pięciokrotny wzrost odporności na ciepło w porównaniu do zastosowania jedynie wyściółki termicznej i trzykrotnie większą odporność niż połączone właściwości istniejącej wyściółki termicznej i bariery dla wilgoci. Badaniom poddano także możliwość wystąpienia oparzenia pod obciążeniem ściskającym 49 N na powierzchni ogrzanej do  $200^\circ\text{C}$ . Stwierdzono, że jeśli w ubraniu użyje się tylko komercyjnego materiału wzmacniającego, to noszący je strażak, we wskazanych wyżej warunkach, dozna natychmiastowego oparzenia (w ciągu 30 sekund). Natomiast w przypadku zastosowania wyłącznie włókniny aerożelowej minie 86 sekund zanim strażak odczuje ból, 107 sekund zanim dozna oparzenia pierwszego stopnia i 2,5 minuty przed oparzeniem drugiego stopnia. Zastosowanie włókniny aerożelowej powoduje, że strażak ma dodatkowo ponad minutę czasu na wycofanie się z sytuacji zagrożenia. Stwierdzono także, że zastosowanie zbrojenia aerożelowego może znacząco zwiększyć właściwości ochronne FPC [16].

Modyfikacje struktury krystalicznej włókien w określonej temperaturze transformacji jest podstawą materiałów z pamięcią kształtu (ang. *shape memory materials*, SMM), które są w stanie zmienić swój aktualny kształt na określony kształt struktury krystalicznej. Pod wpływem ciepła następuje aktywacja materiału

at a certain temperature. Phase-change materials (SMM) are also used in firefighters' protective clothing to increase thermal protection. Based on the results developed from the theoretical model, it was concluded that the incorporation of PCM into firefighter clothing would provide equivalent thermal protection with reduced garment thickness [15].

## Nanofibers

The nanofibers have a large specific surface area. The non-woven mesh makes the materials 'breathable' and thermally insulating. A common method of applying nanofibers to protective clothing is coating [18]. While traditional textiles used in thermal protective clothing rely on a passive insulation mechanism, "smart" clothing can provide active protection. In this case, liquid water is injected into the outer layer of the garment through a capillary mesh, and the injection process is activated by a temperature sensor embedded in the outer layer of the fabric [19]. There is a high absorption of heat and – consequently – a slowing of the temperature rise in the outer layer, which provides active protection against exposure to flash fires [15].

Comparative studies of single- and multi-layered fabrics developed using conventional and/or state-of-the-art technology, i.e. nanofibers, were carried out by Mandal et al. [20]. The analysed materials contained nanofibers and were classified in the group of multilayer fabrics. One fabric contained layers consisting of different systems, including: a meta-aramid yarn based on Filament Twill technology and a fabric made of para-aramid fibre yarn, a fabric with a composition of meta-aramid (93%), para-aramid (5%) and anti-static fibre (2%), a PTFE-coated membrane on aramid non-woven fabric, a meta-aramid non-woven fabric, and a meta-aramid nano-woven fabric. The second fabric consisted of a nonwoven fabric made of meta-aramid (75%), para-aramid (23%) and antistatic nonwoven (2%), as well as a PTFE-coated membrane on aramid nonwoven, meta-aramid nonwoven, meta-aramid nanofiber and a fabric made of: meta-aramid (93%), para-aramid (5%) and antistatic fibre (2%) [21]. The basic properties of these fabrics were measured, such as weight, thickness, thermal resistance, air permeability, resistance to evaporation and water distribution speed. Standard ISO and American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC) test methods were used for this, with thermal protection performance measured under exposure to flame and radiant heat of varying intensities. Based on the obtained results, the weight and thickness of the fabrics containing the nanofiber classified these materials in the group of the three thinnest and five lightest fabrics [21–22].

Parameters such as thermal resistance ( $K \cdot m^2/W \cdot 10^{-3}$ ), air-permeability ( $cm^3/cm^2/s$ ) and water/sweat spreading speed ( $mm/s$ ) were also analysed. The fabrics included in the study

z pamięcią kształtu w odzieży ognioodpornej. Poszerzają się szczeliny powietrzne występujące między sąsiednimi warstwami odzieży, co zapewnia lepszą izolację [17]. W przypadku polimerów efekt pamięci kształtu obserwuje się, gdy tworzywo przystosowujące się do jednego kształtu powraca w określonej temperaturze do wcześniej przyjętego kształtu. Materiały zmiennofazowe (ang. *phase-change materials*, SMM) stosowane są także w strażackiej odzieży ochronnej celem zwiększenia ochrony termicznej. Bazując na wynikach opracowanych na podstawie modelu teoretycznego, stwierdzono, że włączenie PCM do odzieży strażackiej zapewni równoważną ochronę termiczną przy zmniejszonej grubości odzieży [15].

## Nanowłókna

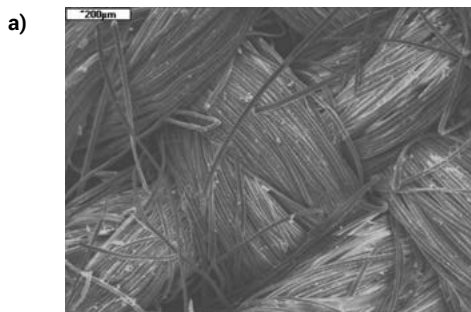
Nanowłókna mają dużą powierzchnię właściwą. Siatka włókninowa sprawia, że materiały są „oddychające” i izolujące termicznie. Powszechną metodą nakładania nanowłókien na odzież ochronną jest powlekanie [18]. Podczas gdy tradycyjne materiały tekstylne stosowane w odzieży termoochronnej opierają się na mechanizmie pasywnej izolacji, odzież „inteligentna” może zapewnić ochronę aktywną. W jej przypadku płynna woda jest wstrzykiwana do zewnętrznej warstwy odzieży przez siateczkę kapilarną, a proces wstrzykiwania jest aktywowany przez czujnik temperatury osadzony w zewnętrznej warstwie tkaniny [19]. Następuje duża absorpcja ciepła i – w konsekwencji – spowolnienie wzrostu temperatury w warstwie zewnętrznej, co zapewnia aktywną ochronę przed narażeniem na ogień błyskawiczny [15].

Badania porównawcze tkanin jedno- i wielowarstwowych, opracowanych przy użyciu konwencjonalnej i/lub najnowszej technologii, tj. nanowłókniny, przeprowadzili m.in. Mandal i in. [20]. Materiały poddane analizie zawierały nanowłókniny i były klasyfikowane w grupie tkanin wielowarstwowych. Jedna tkanina zawierała warstwy, na które składały się różne układy, w tym: przędza meta-aramidowa oparta na technologii Filament Twill i tkanina z przędzy z włókna para-aramidowego, tkanina o składzie: meta-aramid (93%), para-aramid (5%) i włókno antystatyczne (2%), membrana powlekana PTFE na włókninie aramidowej, włóknina meta-aramidowa, nanowłóknina meta-aramidowa. Druga tkanina składała się z włókniny wytworzonej z meta-aramidu (75%), para-aramidu (23%) i antystatycznej włókniny (2%), a także z membrany powlekanej PTFE na włókninie aramidowej, włókniny meta-aramidowej, nanowłókniny meta-aramidowej oraz tkaniny zbudowanej z: meta-aramidu (93%), para-aramidu (5%) i włókna antystatycznego (2%) [21]. Zmierzono podstawowe właściwości tych tkanin, takie jak: waga, grubość, odporność termiczna, przepuszczalność powietrza, odporność na parowanie i prędkość rozprowadzania wody. Wykorzystano do tego standardowe metody testowe ISO oraz Amerykańskiego Stowarzyszenia Chemików i Kolorystów Tekstyliów (ang. *American Association of Textile Chemists and Colorists*, AATCC), przy czym skuteczność ochrony termicznej została zmierzona w warunkach narażenia na działanie płomienia i ciepła promieniowania o różnym natężeniu. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że masa oraz grubość tkanin zawierających nanowłókninę klasyfikowały te materiały w grupie trzech najcieńszych i pięciu najlżejszych tkanin [21–22].

were among the five best performing, with the worst performance in the parameter relating to evaporative resistance ( $\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$ ). The range of values for this parameter for the ply fabric group was 9.4–25.4, while values in the range of 14.2–13.0 were obtained for the fabrics analysed. The thermoprotective and thermophysiological properties of fabrics containing nanofiber indicate that these fabrics meet the requirements in the areas studied [21].

### Modifications with metal and non-metal nanoparticles

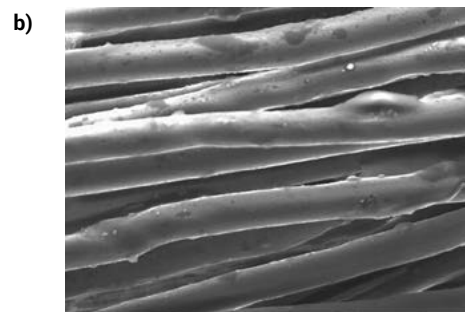
The structure of an aramid fabric is characterised by the 'microdistribution' of fibres in a slice of the fabric surface (see Figure 2). Therefore, the essence of all fabric weave design solutions is to ensure that the individual fibres subjected to heat transfer work together properly. In particular, when they are heated, they swell, so that the pores tighten and the outer layer is 'sealed', which triggers the thermal insulation mechanism of the layer.



Analizie poddano także wartości takich parametrów jak odporność termiczna (ang. *thermal resistance*,  $\text{K} \cdot \text{m}^2/\text{W} \cdot 10^{-3}$ ), przepuszczalność powietrza (ang. *air-permeability*,  $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$ ) oraz szybkość rozprzestrzeniania wody (potu) (ang. *water/sweat spreading speed*,  $\text{mm}/\text{s}$ ). Tkaniny objęte badaniami należały do grupy pięciu o najlepszych parametrach, przy czym najslabiej tkaniny te wypadły w przypadku parametru odnoszącego się do odporności na parowanie (ang. *evaporative resistance*,  $\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$ ). Zakres wartości tego parametru dla grupy tkanin wielowarstwowych wynosił 9,4–25,4, podczas gdy dla analizowanych tkanin otrzymano wartości w granicach 14,2–13,0. Właściwości termochronne i termofizjologiczne tkanin zawierających nanowłókninę wskazują, że tkaniny te spełniają wymagania w badanych obszarach [21].

### Modyfikacje za pomocą nanocząstek metali i niemetalu

Struktura tkaniny aramidowej charakteryzuje się „mikrorozmieszczeniem” włókien w wycinku powierzchni tkaniny (zob. ryc. 2). Dlatego też istotą wszystkich rozwiązań konstrukcyjnych splotów tkanin jest zapewnienie właściwej współpracy poszczególnych włókien poddanych działaniu wymiany ciepła. W szczególności podczas nagrzewania następuje ich spęcznienie, przez co zacieśniają się pory i następuje „uszczelnienie” warstwy zewnętrznej, co uruchamia mechanizm izolowania termicznego warstwy.



**Figure 2.** Images from scanning electron microscope SEM of the structure of the fabric: a) aramid; b) coated with ceramic nanocomposite nc-TiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**Rycina 2.** Zdjęcia z elektronowego mikroskopu skanningowego SEM struktury tkaniny: a) aramidowej; b) pokrytej nanokompozytem ceramicznym nc-TiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**Source / Źródło:** R. Wolański.

In 2006, a technological solution was developed in which an nc-TiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ceramic nanolayer was applied to each fibre (see Figure 2), complementing the existing protective insulating mechanism with a reflective effect. This solution significantly increases the thermal efficiency of protection in hot microclimate environments [23].

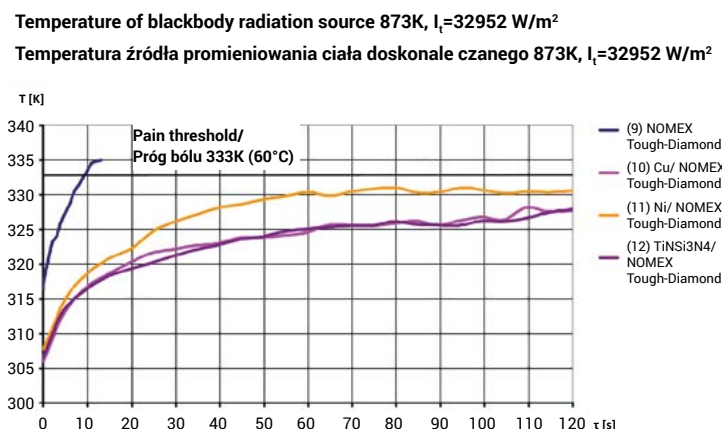
One of the more progressive material solutions is the modification of fibres using physical vapour deposition (PVD) methods [14, 23–26]. Different variants of vacuum technology, including vacuum deposition, arc and magnetron vacuum deposition [27], and different materials – such as metals or ceramic materials

W 2006 r. opracowano rozwiązanie technologiczne, w którym naniesiono na każde z włókien nanowarstwę ceramiczną nc-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (zob. ryc. 2), uzupełniając dotychczasowy ochronny mechanizm izolujący o działanie refleksyjne. Rozwiązanie to znacząco podnosi skuteczność termiczną ochrony w warunkach środowiska mikroklimatu gorącego [23].

Jednym z bardziej progresywnych rozwiązań materiałowych jest modyfikacja włókien z zastosowaniem metod PVD (ang. *physical vapour deposition*) [14, 23–26]. W badaniach i toku konstrukcyjnym brano pod uwagę różne warianty technologii próżniowych, w tym naparowanie próżniowe, łukową i magnetronowego

– were considered in the testing and design process. Due to the specificity of substrates such as synthetic NOMEX, KEVLAR and other fibres, the focus was primarily on low-temperature plasma technologies. The results of the conducted tests led to the conclusion that the most optimal material that can be applied to standard textile outer layers of special clothing is TiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. This is evidenced, among other things, by the temperature variations on the inside of the face fabric, metal-coated fabrics and nc-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> nanocomposite (see Figure 3).

napyłania próżniowego [27], oraz różne materiały, takie jak metale czy materiały ceramiczne. Ze względu na specyfikę podłoży, jakimi są syntetyczne włókna NOMEX, KEVLAR i inne, skupiono się przede wszystkim na technologiach plazmy niskotemperaturowej. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły stwierdzić, że najbardziej optymalnym materiałem, który może być naniesiony na standardowe materiały tekstylne zewnętrznych warstw ubrań specjalnych, jest TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Świadczą o tym m.in. przebiegi zmian temperatury po wewnętrznej stronie tkaniny wierzchniej, tkanin pokrytych metalami oraz nanokompozytem nc-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (zob. ryc. 3).



**Figure 3.** The course of temperature changes on the inner side of the surface fabric coated with metallic (Cu, Ni) and ceramic nc-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.  
**Rycina 3.** Przebieg zmian temperatury po wewnętrznej stronie tkaniny wierzchniej pokrytej warstwami metalicznymi (Cu, Ni) oraz ceramiczną nc-TiN/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.

**Source / Źródło:** R. Wolański, *Technologia i materiały do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym* [23].

As part of the work carried out during the project No. DOB-BIO 6/04/104/2014 “State-of-the-art technologies for nanocomposite reflective material layers of firefighter protective clothing” [28], material modification tests were carried out. Their aim was to increase surface hardness, wear resistance or thermal resistance – so that it not only protects the life and health of the rescuer, but also ensures freedom and comfort. State-of-the-art nanocomposite reflective layers were used, applied to the fabric using magnetron sputtering and the application of suitable coatings with optimal chemical composition, structure and physical properties. Tests were also carried out to investigate the possibility of incorporating an energy-absorbing auxetic fabric into a layered protective structure. This solution was designed to increase resistance to explosion (e.g. gas) due to the energy dissipation properties of the explosion and the special arrangement of the fabric fibres [29]. Auxetic materials are characterised by a negative Poisson’s ratio, which means that under tension they increase their dimension in the direction perpendicular to the direction of the tensile force, while when compression occurs, their dimension decreases in at least one of the directions perpendicular to the compressive force [30].

Studies have shown that the use of polymer nanoparticles to produce nanocomposites improves the mechanical, thermal and

W ramach prac prowadzonych podczas realizacji projektu nr DOB-BIO 6/04/104/2014 „Nowoczesne technologie nanokompozytowych, refleksyjnych warstw materiałów strażackich ubrań ochronnych” [28] zrealizowano badania w zakresie modyfikacji materiału. Ich celem było zwiększenie powierzchniowej twardości, odporności na zużycie czy odporności termicznej – tak aby nie tylko chronił życie i zdrowie ratownika, ale także zapewnił mu swobodę i komfort pracy. Zastosowano nowoczesne, nanokompozytowe warstwy refleksyjne, nanoszone na tkaninę za pomocą magnetronowego rozpyłania oraz nakładania odpowiednich powłok o optymalnym składzie chemicznym, strukturze i właściwościach fizycznych. Przeprowadzono także badania nad możliwością wprowadzenia do warstwowej konstrukcji ochronnej energochłonnej tkaniny auksetycznej. Takie rozwiązanie miało na celu zwiększenie odporności na wybuch (np. gazu) dzięki właściwościom rozpraszania energii wybuchu i specjalnemu układowi włókien tkaniny [29]. Materiały auksetyczne charakteryzują się ujemnym współczynnikiem Poissona, co oznacza, że pod wpływem rozciągania powiększają swoje wymiary w kierunku prostopadłym do kierunku działania siły rozciągającej, natomiast w sytuacji, kiedy dochodzi do ściskania, ich wymiar zmniejsza się w co najmniej jednym z kierunków prostopadłych do działania siły ściskającej [30].

electrical properties of fabrics [31–33] and reduces their flammability. At the same time, it has been indicated that nanoparticles should be combined with other flame retardants [34–35]. Nanoparticles reduce heat release and improve certain anti-drip properties of thermoplastics, and when combined with a flame retardant, their effect is intensified. The mechanism for reducing heat release provided by polymer nanocomposite technology ultimately involves reducing polymer weight loss, which in turn reduces heat (fuel) release. In doing so, it should be noted that nanoparticles may cause some processing difficulties during the manufacture of PMCs. Nanoparticles almost always make the polymer more viscous, and this can create challenges in the manufacture of PMCs. Often, the high viscosity of the resin prevents the polymer from completely wetting the fibre, leading to voids and 'dry' spots in the PMC that contribute to mechanical damage. Therefore, with the presence of nanoparticles in the fabric that increase the viscosity of the resin, it can be very difficult to obtain a material with suitable parameters [35].

Aluminosilicate nanofillers, including montmorillonite, Hectorite, bentonite and saponite, are becoming increasingly popular and, when dispersed appropriately, allow for improved mechanical properties of polymeric materials, increased ignition resistance and barrier properties to chemicals [36]. The use of layered nanofillers makes it possible to obtain polymeric intercalation nanocomposites and exfoliation nanocomposites. In the first case, the nanofiller platelets are separated by individual polymer chains and retain their layered structure, while in the second case the nanofiller is distributed uniformly in the polymer matrix [36].

The demand for functional and cost-effective flame-resistant textiles (FRTs) is increasing, so Nie et al. [37] investigated the development of a simple casting method to produce flame-resistant hydrogel/textiles (FR-GT) composite materials based on acrylamide (AAM) and SiO<sub>2</sub>. The obtained results showed that the active diffusion of an aqueous AAM/SiO<sub>2</sub> pre-gel solution into the textile structure enabled the formation of strong interfacial adhesion between the hydrogel and the textiles. The presence of the chemical crosslinking agent PEGDA (polyethylene glycol diacrylate) and the physical crosslinking agent SiO<sub>2</sub> limited the expansion of the hydrogel volume during swelling. In addition, the PAAM/SiO<sub>2</sub> nanocomposite hydrogel layer prevented scorching in high-temperature environments (i.e. > 100°C) by dissipating heat from the water during evaporation. The produced hybrid hydrogel-textile composites have applications in the production of fireproof materials, including fireproof gloves [37], life-saving materials such as fire blankets [38].

Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie nanocząstek polimerowych do wytwarzania nanokompozytów poprawia właściwości mechaniczne, termiczne i elektryczne tkanin [31–33] oraz zmniejsza ich palność. Jednocześnie wskazano, że nanocząstki powinny być połączone z innymi środkami zmniejszającymi palność [34–35]. Nanocząstki zmniejszają wydzielanie ciepła i poprawiają pewne właściwości zapobiegające kapaniu tworzyw termoplastycznych, a w połączeniu z niepalniaczem, ich działanie jest zintensyfikowane. Mechanizm redukcji wydzielania ciepła zapewniany przez technologię nanokompozytów polimerowych polega ostatecznie na zmniejszeniu utraty masy polimeru, co z kolei ogranicza wydzielanie ciepła (paliwa). Należy przy tym zauważyć, że nanocząstki mogą powodować pewne trudności w przetwarzaniu podczas wytwarzania PMC. Nanocząstki prawie zawsze sprawiają, że polimer staje bardziej lepki, a to z kolei może stwarzać wyzwania w wytwarzaniu PMC. Często wysoka lepkość żywicy uniemożliwia polimerowi całkowite zwilżenie włókna, co prowadzi do pustych przestrzeni i „suchych” miejsc w PMC, które przyczyniają się do powstawania uszkodzeń mechanicznych. Dlatego też przy obecności w tkaninie nanocząstek zwiększających lepkość żywicy uzyskanie materiału o odpowiednich parametrach może być bardzo trudne [35].

Coraz większą popularność zyskują nanonapełniacze glinokrzemianowe, w tym montmorylonit, hektoryt, bentonit i saponit, które przy odpowiedniej dyspersji pozwalają na poprawę właściwości mechanicznych materiałów polimerowych, zwiększenie odporności na zapalenie i barierowości w stosunku do substancji chemicznych [36]. Zastosowanie nanonapełniaczy warstwowych umożliwia otrzymanie polimerowych nanokompozytów interkalacyjnych oraz nanokompozytów eksfoliacyjnych. W pierwszym przypadku płytki nanonapełniacza są rozdzielone pojedynczymi łańcuchami polimeru i zachowują swoją strukturę warstwową, w drugim natomiast nanonapełniacz rozmieszczony jest równomiernie w osnowie polimeru [36].

Zapotrzebowanie na funkcjonalne i odpalne tkaniny trudnopalne (ang. *flame-resistant textiles*, FRT) jest coraz większe, dlatego też Nie i in. [37] przeprowadzili badania w zakresie opracowania prostego sposobu odlewania do wytwarzania trudnopalnych materiałów kompozytowych hydrożel/tekstyna z hydrożelem (ang. *flame-resistant gel/textiles*, FR-GT) opartego o akrylamid (AAM) i SiO<sub>2</sub>. Otrzymane wyniki wykazały, że aktywna dyfuzja wodnego roztworu pre-żelu AAM/SiO<sub>2</sub> do struktury tekstylnej umożliwiła powstanie silnej adhezji międzyfazowej między hydrożelem a tekstyliami. Obecność chemicznego środka sieciującego PEGDA (ang. *polyethylene glycol diacrylate*) oraz fizycznego, jakim jest SiO<sub>2</sub>, ograniczała rozszerzanie się objętości hydrożelu podczas pęcznienia. Dodatkowo warstwa hydrożelu nanokompozytowego PAAM/SiO<sub>2</sub> zapobiegała przypalaniu w środowiskach o wysokiej temperaturze (tj. > 100°C), dzięki odprowadzaniu ciepła z wody podczas parowania. Wytworzone hybrydowe kompozyty hydrożelowo-tekstylne mają zastosowanie w produkcji materiałów ognioodpornych, w tym rękawic ognioodpornych [37], materiałach ratujących życie, takich jak koce gaśnicze [38].

## Innovations in performance evaluation

Methods of assessing the effectiveness of textile elements in personal protective equipment or entire protective equipment are also being innovated, as is the case with clothing – both light and heavy. The material systems themselves are subject to testing similar to the standard tests, with their criteria. In addition, technological developments in instrumentation and measurement methods are creating the conditions for more effective optimisation of design solutions for protective measures.

For many years, methods have been used to measure the temperature between the individual layers of materials included in the layout sets specific to special clothing [39]. These measurements lead to characteristics of the course of temperature change under the influence of heat flux, such as:

- system based on NFPA 1971 – 2000 (National Fire Protection Association) in the context of ASTM 4108 reference (according to TPP – *thermal protective performances*),
- measurement method based on the radiant protective performances (RPP) indicator,
- TPTF (*thermal properties test fixture*) method for evaluating the materials of protective clothing samples.

The TPTF method uses a MACOR ceramic material that simulates the behaviour of human skin and 122 temperature sensors (sensors). This allows the effectiveness of protective clothing against hot environments to be assessed, taking into account radiation, flame action and inward heat transfer. Another solution referring to the response of human skin to heat fluxes in firefighters' personal protection was used, among others, in tests by the teams of Rezwan et al. [40] and Bogusławska-Bączek and Hes [41].

In addition to the classic solution with multi-channel measurement using temperature sensors in the form of thermocouples, solutions using infrared radiation measurement, i.e. using thermal imaging cameras, are increasingly being used. There are also solutions where the measurement is dual-track, both thermographic and thermocouple. The temperature waveforms obtained from the measurements allow the data to be verified.

In the THERMOTEX project (No. DOB-BIO6/04/104/2014 “State-of-the-art technologies for nanocomposite reflective material layers of firefighter protective clothing”) [28], several progressive methods were used to study the performance of fabrics and their kits dedicated to special clothing. Test stands were developed with the ability to measure heat fluxes passing through fabric layers with simultaneous wetting of the samples. Moreover, the possibility of simultaneous measurement with thermocouples and, on the protected side of the shield, a thermal imaging camera has been introduced. Heat fluxes can be generated either from electric radiant heaters, a burner (flame interaction test) or a metal component (hot contact test) [41].

Innovations are also being carried out in the use of digital modelling of risk factors and the introduction of computer simulations [42–45]. Methods based on physical simulations using mannequins are gaining great recognition in the operating environment [46]. The level of construction of these stands makes it possible to reproduce real situations more and more faithfully.

## Innowacje w zakresie oceny skuteczności

Innowacjom podlegają również metody oceny skuteczności elementów tekstylnych w środkach ochrony osobistej czy całych ochron, jak ma to miejsce w przypadku ubrań – zarówno lekkich, jak i ciężkich. Same układy materiałów podlegają badaniu analogicznemu do badań normowych, z zachowaniem ich kryteriów. Ponadto rozwój technologiczny oprzyrządowania i metod pomiarowych stwarza warunki do efektywniejszej optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych środków ochrony.

Od wielu lat stosuje się metody pomiaru temperatury pomiędzy poszczególnymi warstwami materiałów wchodzącymi w skład zestawów układu właściwych dla ubrań specjalnych [39]. Pomiaru te prowadzą do uzyskania charakterystyk przebiegu zmian temperatury pod wpływem strumienia cieplnego, jak np.:

- system oparty na standardzie NFPA 1971 – 2000 (National Fire Protection Association) w kontekście odniesienia do normy ASTM 4108 (wg wskaźnika TPP – ang. *thermal protective performances*),
- metoda pomiaru oparta na odniesieniu do wskaźnika RPP (ang. *radiant protective performances*),
- metoda oceny materiałów próbek odzieży ochronnej TPTF (ang. *hermal properties test fixture*).

W metodzie TPTF stosuje się ceramiczny materiał MACOR symulujący zachowanie skóry ludzkiej oraz 122 czujniki (sensory) temperatury. Pozwala to na ocenę skuteczności odzieży ochronnej na działanie środowiska gorącego z uwzględnieniem promieniowania, działania płomienia oraz przenikania ciepła do wewnątrz. Inne rozwiązanie nawiązujące do reakcji skóry ludzkiej na strumienie ciepła w ochronach osobistych strażaków zastosowano m.in. w badaniach zespołów Rezwan i in. [40] oraz Bogusławska-Bączek i Hes [41].

Poza zastosowaniem klasycznego rozwiązania z pomiarem wielokanałowym przy użyciu czujników temperatury w postaci termopar coraz częściej stosowane są rozwiązania z użyciem pomiaru promieniowania podczerwonego, tj. z wykorzystaniem kamer termowizyjnych. Istnieją też rozwiązania, w których pomiar jest dwutorowy, zarówno termograficzny, jak i w postaci termopar. Otrzymane w wyniku pomiarów przebiegi wykresów temperatur pozwalają na weryfikację danych.

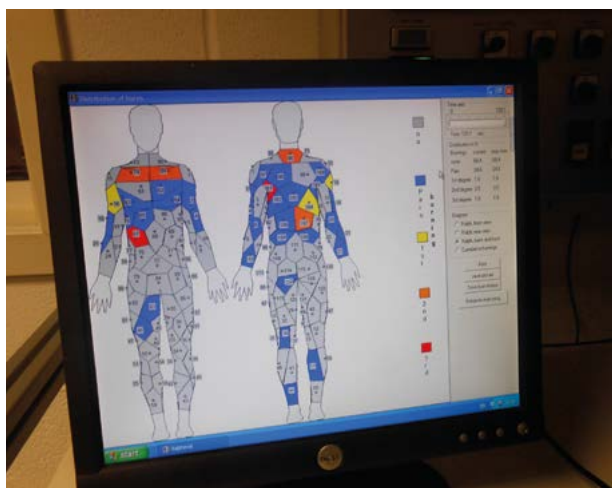
W projekcie THERMOTEX (nr DOB-BIO6/04/104/2014 „Nowoczesne technologie nanokompozytowych, refleksyjnych warstw materiałów strażackich ubrań ochronnych”) [28], w badaniu skuteczności tkanin i ich zestawów dedykowanych do ubrań specjalnych, zastosowano kilka progresywnych metod. Opracowano stanowiska z możliwością pomiaru strumieni ciepłych przechodzących przez warstwy tkanin z równoczesnym zawilgoceniem próbek. Ponadto wprowadzono możliwość jednoczesnego pomiaru z zastawianiem termopar oraz od strony chronionej osłony, kamery termowizyjnej. Strumienie ciepłe mogą być generowane zarówno od promienników elektrycznych, palnika (badanie oddziaływania płomienia), jak i elementu metalowego (badanie gorącego kontaktu) [41].

Innowacje prowadzone są również w zakresie zastosowania modelowania cyfrowego czynników zagrożeń i wprowadzenie symulacji komputerowych [42–45]. Duże uznanie



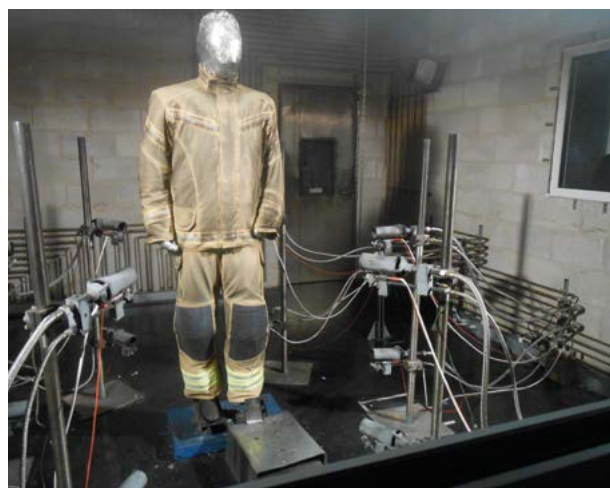
The test stands or climate chambers themselves, with their ability to precisely programme simulated conditions via digital control, are one of the conditions for reproducing real-life situations. The second is the ability to measure with a high degree of accuracy and the video recording of the trial as part of the developed test.

Examples of references to the fire environment are the PYROMAN tests [47] (Centre for Research on Protection and Comfort, North Carolina), THERMOMAN (DU PONT), Ralph (BTTG, see Figure 4) [46] or the use of a mannequin developed by the University of Alberta 'Harry Burns' (University of Alberta) [48].



w środowisku eksploatacji zyskują metody oparte na symulacjach fizycznych z wykorzystaniem manekinów [46]. Poziom konstrukcji tych stanowisk pozwala coraz wierniej odtwarzać rzeczywiste sytuacje. Same stanowiska czy komory klimatyczne z możliwościami precyzyjnego programowania symulowanych warunków poprzez cyfrowe sterowanie to jeden z warunków odtwarzania realnych sytuacji. Drugi natomiast to możliwości pomiaru z dużą dokładnością oraz rejestracja wizyjna przebiegu próby w ramach opracowanego testu.

Przykładami odniesień do środowiska pożaru są testy PYROMAN [47] (Center for Research on Protection and Comfort, North Carolina), THERMOMAN (DU PONT), Ralph (BTTG, zob. ryc. 4) [46] czy też zastosowanie manekinu opracowanego przez Uniwersytet Alberta „Harry Burns” (Uniwersytet Alberta) [48].



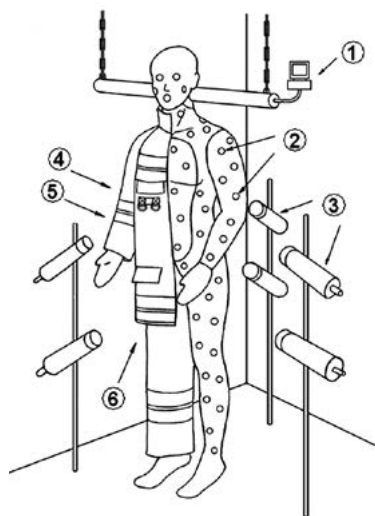
**Figure 4.** Execution of the fire test using the RALPH mannequin in the BTTG Manchester laboratory  
**Rycina 4.** Realizacja testu ogniowego z wykorzystaniem manekina RALPH w laboratorium BTTG Manchester  
**Source / Źródło:** R. Wolański.

In all cases – in addition to obtaining measurements of the temperature reached in specific units of time on the surface of the mannequin – it is also possible to observe the behaviour of the protective clothing. The use of thermal mannequins makes it possible to test the thermal insulation of clothing [49]. The results obtained by this method allow for constructive evaluation and conclusions and provide an important impetus for any modernisation and development.

Another important function from the point of view of potential users is to obtain information about the possible risk of defined levels of burn degrees. Therefore, tests using mannequins, such as THERMOMAN [50] (see Figure 5), are also carried out on the effect of heat fluxes – also in the context of workload and the associated heat and moisture exchange in clothing. With the use of mannequins, the water vapour resistance of clothing sets (Thermal Evaporative Resistance, RET) can also be determined with reference to ASTM F2370-10 [51]. This standard provides a description, requirements and a method for implementing the tests.

We wszystkich przypadkach – poza uzyskaniem wyników pomiarów temperatury osiągniętej w określonych jednostkach czasu na powierzchni manekina – możliwa jest także obserwacja zachowania ubrań ochronnych. Zastosowanie manekinów termicznych umożliwia badania izolacyjności cieplnej odzieży [49]. Wyniki otrzymane tą metodą pozwalają na konstruktywne ocenę i wnioski oraz stanowią istotny impuls do wszelkich modernizacji i rozwoju.

Inną istotną funkcją z punktu widzenia potencjalnych użytkowników jest uzyskanie informacji o możliwym zagrożeniu zdefiniowanych poziomów stopni oparzeń. Dlatego też badania z wykorzystaniem manekinów, jak np. THERMOMAN [50] (zob. ryc. 5), prowadzone są także w zakresie wpływu strumieni cieplnych – również w kontekście obciążenia pracą i związanymi z nią wymianą ciepła i wilgoci w ubraniach. Dzięki zastosowaniu manekinów można wyznaczać także opór pary wodnej zestawów odzieżowych (ang. *Thermal Evaporative Resistance*, RET) w nawiązaniu do normy ASTM F2370-10 [51]. Norma ta zawiera opis, wymagania i metodę realizacji badań.



**Figure 5.** Diagram of the thermal test stand with THERMOMAN mannequin [46] (where: 1. a system that records the temperature changes given by the sensors and prepares a prediction of possible burns using the garment under test. 2. Temperature sensors distributed over the surface of the mannequin (122 pieces). The temperature is not recorded in the areas covered by the firepit, helmet, gloves and boots. 3. 8 gas burners arranged around the mannequin. 4. Sample of clothing under test. 5. Jacket. 6. Trousers)

**Rycina 5.** Schemat stanowiska do badań termicznych z manekinem THERMOMAN [46] (gdzie: 1. System rejestrujący zmiany temperatury podawane przez czujniki i przygotowujący prognozę możliwych poparzeń przy użyciu badanego ubrania. 2. Czujniki temperatury rozmieszczone na powierzchni manekina (122 sztuki). Nie rejestruje się temperatury w miejscach przykrywanych przez kominarkę, hełm, rękawice i buty. 3. Palniki gazowe w ilości 8 sztuk rozmieszczone wokół manekina. 4. Próbką badanego ubrania. 5. Kurtka. 6. Spodnie)

**Source / Źródło:** R. Wolański R., J Giełżecki, B. Brzychczyk, *Badanie ubrań specjalnych przy użyciu manekina Ralph* [46, s. 65–70].

Other examples include research conducted at the Technical University of Łódź [52] using the Newton mannequin and at the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute [53]. The structure of the NEWTON mannequin is made of copper. The silhouette is covered with an epoxy laminate with carbon fibre reinforcement. It is suitable for physical workloads in an ambient temperature range of -20–50°C. It is worth noting that mannequins designed for ergonomic testing are often constructed with gender specificity and requirements in mind, with the female equivalent of the Newton mannequin being the DIANA mannequin [53].

## Conclusion

Technological change, which encompasses virtually all areas of modern human activity, from work to leisure, is also taking place in the design and development of personal protective equipment. They are the result of both social conditions and the transformation of risk factors in particular areas of life. The human-technology-environment system, despite its seemingly well-established framework, is also evolving. Meeting environmental and technical risks is at the same time protecting people in the microclimates of their activities. Special clothing is one of the core elements of primary protection and should reactively keep up with threats. Textile material solutions play a key role in their protective mechanism, hence the importance of upgrading and modifying them for the safety of the firefighter. However, both the legal requirements for safety and the nature of the environment of a fire or other incident resulting in the emission of various hazards must be taken into account. Therefore, the further

Innym przykładem są badania prowadzone na Politechnice Łódzkiej [52] z zastosowaniem manekina Newton oraz w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym [53]. Konstrukcja manekina NEWTON wykonana jest z miedzi. Sylwetka pokryta jest laminatem epoksydowym o wzmocnieniu z włókien węglowych. Dostosowany jest do obciążeń pracą fizyczną w zakresie temperatur otoczenia -20–50°C. Warto zaznaczyć, iż manekiny przeznaczone do badań ergonomicznych często konstruowane są z uwzględnieniem specyfiki i wymagań ze względu na płeć, a odpowiednikiem żeńskim manekina Newton jest manekin DIANA [53].

## Podsumowanie

Przemiany technologiczne obejmujące swą dynamiką praktycznie wszystkie obszary działalności współczesnego człowieka, od pracy po rekreację, również mają miejsce w konstrukcji i rozwoju środków ochrony indywidualnej. Są rezultatem zarówno uwarunkowań społecznych, jak i transformacji czynników zagrożeń w poszczególnych dziedzinach życia. Układ człowiek – technika – środowisko, mimo pozornie ugruntowanych ram, również ulega ewolucjom. Wychodzenie naprzeciw zagrożeniom środowiska i techniki to zarazem ochrona człowieka w mikroklimatach jego aktywności. Ubrania specjalne należą do podstawowych elementów ochrony głównej i powinny reaktywnie nadążać za zagrożeniami. Kluczową rolę w ich mechanizmie ochronnym odgrywają tekstylne rozwiązania materiałowe, stąd istotne znaczenie ma ich modernizacja i modyfikacja pod kątem bezpieczeństwa strażaka. Należy jednak uwzględnić zarówno wymagania prawne w zakresie bezpieczeństwa, jak i charakter środowiska pożaru

direction and type of changes and modifications made should take into account the broad spectrum of hazards present at the site, rather than focusing only on selected parameters.

być innych zdarzeń, których konsekwencją jest emisja różnego rodzaju zagrożeń. Dlatego też dalszy kierunek oraz rodzaj wprowadzanych zmian i modyfikacji powinien uwzględniać szerokie spektrum zagrożeń występujących w miejscu zdarzenia, a nie skupiać się jedynie na wybranych parametrach.

## Literature / Literatura

- [1] ASTM F1959. Standard Test Method for Determining the Arc Rating of Materials for Clothing. 2017, pp. 14, [https://doi.org/10.1520/F1959\\_F1959M-14E01](https://doi.org/10.1520/F1959_F1959M-14E01).
- [2] ASTM F1506-22. Standard Performance Specification for Flame Resistant and Electric Arc Rated Protective Clothing Worn by Workers Exposed to Flames and Electric Arcs. 2022, pp. 12, <https://doi.org/10.1520/F1506-22>.
- [3] Stoll A.M., Chianta M.A., *Burn Protection and Prevention in Convective and Radiant Heat Transfer*, "Aerospace Medicine" 1968, 39, 1097–1100.
- [4] Song G., Wang F., *Firefighters' Clothing and Equipment: Performance, Protection, and Comfort*, CRC Press Taylor & Francis Group. 2019, <https://doi.org/10.1201/9780429444876>.
- [5] Wiśniewski T.S., *Wymiana ciepła w ochronach osobistych strażaków*, Wyd. Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska, Warszawa 2016.
- [6] PN-EN-1486:2009 Odzież ochronna. Metody badania i wymagania dla odzieży odbijającej napromieniowanie cieplne przeznaczonej do specjalnej akcji przeciwpożarowej.
- [7] Wesołowska M., Delczyk-Olejniczak B., *Włókna w balistyce – dziś i jutro*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2011, 1/2, 41–50.
- [8] Mandal S., Camenzind M., Annaheim S., Rossi R.M., *Firefighters' Protective Clothing and Equipment*, w: Song G., Wang F., *Firefighters' Clothing and Equipment: Performance, Protection, and Comfort*, CRC Press Taylor & Francis Group, 2019, Ch. 2, 35.
- [9] Bourbigot S., *Flame retardancy of textiles: New approaches* [w] Horrocks A.R., Price D. (eds), *Advances in Fire Retardant Materials*. United Kingdom, Woodhead Publishing Limited, 2008, 9–40.
- [10] Miedzińska D., Wolański R., *Review of fibers and fabrics used for special services protective clothing in terms of their mechanical and thermal properties*, "Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej" 2022, 71(1), 15–34, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1379>.
- [11] Czerwieńko D., Lemańska K., Pastuszka Ł., *Technologia materiałów na ubrania strażackie*, BITP Vol. 28 Issue 4, 2012, pp. 119–129.
- [12] Samanta A.K., Baghchi A., Biswas S.K., *Fire retardant finishing of jute fabric and its thermal behaviour using phosphorous and nitrogen based compound*, "Journal of Polymer Materials" 2011, 28(2), 149–169.
- [13] Tasukada M., Khan M.M.R., Tanaka T., Morikawa H., *Thermal characteristics and physical properties of silk fabrics grafted with phosphorous flame retardant agents*, "Textile Research Journal" 2011, 81(15), 1541–1548, <https://doi.org/10.1177/0040517511407376>.
- [14] Gielżecki J., Mania R., Marszałek, Wolański R., *Deposition of Thin (Ti,Si)N Reflective Layers on Textiles Substrates*, "Przegląd Elektrotechniczny" 2022, 98(9), 235–238, <https://doi.org/10.15199/48.2022.09.55>.
- [15] Song G., Lu Y., *Flame resistant textiles for structural and proximity firefighting* [w] Kilinc F.S., *Handbook of fire resistant textiles*, Woodhead Publishing Limited, 2013. Ch. 19, 520–548, <https://doi.org/10.1533/9780857098931.4.520>.
- [16] Shaid A., Wang L., Padhye R., Bhuyian M.A.R., *Aerogel non-woven as reinforcement and batting material for firefighter's protective clothing: a comparative study*, "Journal of Sol-Gel Science and technology" 2018, 87(1), 95–104, <https://doi.org/10.1007/s10971-018-4689-8>.
- [17] Liu X.X., Lin L.T., Wang X.D., Zheng H.Q., *Study on temperature response and thermal protection of shape memory combination fabrics*, w: *Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings*, Y. Li, X.N. Luo, Y.F. Liu (red.), Textile Bioengineering and Informatics Society, Beijing, China: 2011, 230–236.
- [18] Dadi H.H., *Literature Overview of Smart Textiles*, Swedish School of Textiles, Master of Textile Technology, University of Borås, Sweden 2010.
- [19] Chitphiromsri P., Kuznetsov A.V., Song G., Barker R.L., *Investigation of feasibility of developing intelligent firefighter-protective garments based on the utilization of a water-injection system*, "Numerical Heat Transfer Applications" 2006, 49, 427–450, <https://doi.org/10.1080/10407780500359869>.
- [20] Mandal S., Annaheim S., Greve J., Camenzind M., Rossi R.M., *Modeling for predicting the thermal protective and thermo-physiological comfort performance of fabrics used in firefighters' clothing* "Textile Research Journal" 2018, 89(14), 2836–2849, <https://doi.org/10.1177/0040517518803779>.
- [21] Lessan F., Montazer M., Moghadam M., *A novel durable flame-retardant cotton fabric using sodium hypophosphite, nano TiO<sub>2</sub> and maleic acid*, "Thermochim. Acta" 2011, 520, Issue 1–2, 48–54, <https://doi.org/10.1016/j.tca.2011.03.012>.
- [22] Rabajczyk A., Zielecka M., Popielarczyk T., Sowa T., *Nanotechnology in Fire Protection – Application and Requirements*, "Materials" 2021, 14(24), 7849, <https://doi.org/10.3390/ma14247849>.
- [23] Wolański R., *Technologia i materiały do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym*, rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydz. Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Kraków 2008.
- [24] Mania R., Godlewska E., Mars K., Morgiel J., Wolański R., *Metoda otrzymywania cienkich warstw ceramicznych na tkaninach*, Patent PL, (2014), 215960 B1.

- [25] Marszałek K., Morgiel J., Wolański R., *Warstwy  $TiN-Si_3N_4$  nanoszone tkaniny ochronne techniką magnetronową*, „Elektronika” 2014, 55(2), 19–22.
- [26] Miedzińska D., Giełżecki J., Mania R., Marszałek K., Wolański R., *Experimental study on thermal loads of fabrics used the construction of firefighters' protective clothing covered with reflective composite nanolayers  $Ti, Si$  and  $Ti, Si/(Ti, Si)N$* , “Materials” 2021, 14, 3493, <https://doi.org/10.3390/ma14133493>.
- [27] Leja E., Precht E., Wolański R., *Metody nanoszenia powłok na ochrony osobiste służb ratowniczych, Materiały konferencyjne: Tendencje rozwojowe w technikach ratowniczych i wyposażeniu technicznym*, Kraków 2007, 62–70.
- [28] Projekt THERMOTEX, nr DOB–BIO 6/04/104/2014 „Nowoczesne technologie nanokompozytowych, refleksyjnych warstw materiałów strażackich ubrań ochronnych”, <https://thermotex.wat.edu.pl/> [dostęp: 20.02.2023].
- [29] *Nowoczesne technologie nanokompozytowe w ubraniach strażackich*, portalmundurowy.pl [dostęp: 20.02.2023].
- [30] Idczak E., Stręk T., *Badania dynamiczne struktur kompozytowych z rdzeniem o właściwościach auksetycznych*, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna Techniki Komputerowe w Inżynierii, 2016, [https://tki.wat.edu.pl/2016/streszczenia\\_TKI\\_pdf/109\\_idczak.pdf](https://tki.wat.edu.pl/2016/streszczenia_TKI_pdf/109_idczak.pdf) [dostęp: 20.02.2023].
- [31] Kim H., Abdala A.A., Macosko C.W., *Graphene/polymer nanocomposites*, “Macromolecules” 2010, 43, 6515–6530, <https://doi.org/10.1021/ma100572e>.
- [32] Byrne M.T., Gun'ko Y.K., *Recent advances in research on carbon nanotube-polymer composites*, “Advanced Materials” 2010, 22, 1672–1688, <https://doi.org/10.1002/adma.200901545>.
- [33] Paul D.R., Robeson L.M., *Polymer nanotechnology: nanocomposites*, “Polymer” 2008, 49, 3187–3204, <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.04.017>.
- [34] Ray S.S., Okamoto M., *Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing*, “Progress in Polymer Science” 2003, 28, 1539–1641, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2003.08.002>.
- [35] Morgan A.B., *Flame retarded polymer layered silicate nanocomposites: a review of commercial and open literature systems*, “Polymers for Advanced Technologies” 2006, 17, 206–217, <https://doi.org/10.1002/pat.685>.
- [36] Krzemińska S., Hrynyk R., Pietrowski P., *Possible application of nanomaterials in personal protective equipment*, “Work Safety: Science and Practice” 2009, 5, 7–9.
- [37] Nie Y., Mugaanire I.T., Guo Y., Wang R., Hou K., Zhu M., *A hybrid hydrogel/textile composite as flame-resistant dress*, “Progress in Natural Science: Materials International” 2021, 31, 33–40, <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2020.11.009>.
- [38] Illeperuma W.R.K., Rothmund P., Suo Z., Vlassak J.J., *Fire-Resistant Hydrogel-Fabric Laminates: A Simple Concept That May Save Lives*, “ACS Applied Materials & Interfaces” 2016, 8, 2071–2077, <https://doi.org/10.1021/acsami.5b10538>.
- [39] Mell W.E., Lawson R.J., *A Heat Transfer Model for Firefighters' Protective Clothing*, “Fire Technology” 2010, 46(4), 833–841, <https://doi.org/10.1007/s10694-010-0139-z>.
- [40] Rezwan A.A., Hossain S., Islam M.A., *Study of thermal response of skin symulant material with a protective fabric under a hot air jest*, 5th BSME International Conference on Thermal Engineering, Dhaka, 21–23.12.2012.
- [41] Bogusławska-Bączek M., Hes L., *Effective Water Vapour Permeability of Wet Wool Fabric and Blended Fabrics*, “Fibres & Textiles. Eastern Europe” 2013, 21, 1(97), 67–71.
- [42] Łapka P., Furmański P., *Evaluation of a human skin surface temperature for the protective clothing – Skin system based on the protective clothing–skin imitating material results*, “International Journal Of HEAT and Mass Transfer” 2017, 114, 1331–1340, <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmst.2017.06.033>.
- [43] Łapka P., Furmański P., *Zastosowanie dwurównaniowego modelu transportu ciepła w skórze do oceny charakterystyk cieplnych ubrań ochronnych*, „Przemysł Chemiczny” 2017, 96(2), 343–347, <https://doi.org/10.15199/62.2017.2.13>.
- [44] Wiśniewski T., Furmański P., Łapka P., *Problemy związane z oceną ochron osobistych poddanych obciążeniu ciepłemu*, w: *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia straży pożarnej*, J. Roguski J. (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, 85-106, <https://doi.org/10.17381/2015.2>.
- [45] Łapka P., Furmański P., *Modeling and analysis of the influence of the protective garment movement on the skin temperature and burn degree*, “Fire Safety Journal” 2020, 111, 102916, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102916>.
- [46] Wolański R., Giełżecki J., Brzychczyk B., *Badanie ubrań specjalnych przy użyciu manekina Ralph*, w: Ziółko M. (red.), *Tendencje rozwojowe w zwalczaniu pożarów*, Wyd. AGH, Kraków 2017, 65–70.
- [47] <https://textiles.ncsu.edu/tpacc/heat-and-flame-protection/pyroman> [dostęp: 20.02.2023].
- [48] Udayraj, Talukdar P., Das A., Alagirusamy R., *Heat and mass transfer through thermal protective clothing – A review* “International Journal of Thermal Sciences” 2016, 106, 32–56, <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2016.03.006>.
- [49] Krucińska I., Korycki R., Skrzetuska E., Kowalski K., Puszkarz A., *Wybrane zagadnienia z metrologii użytkowej odzieży funkcjonalnej*, Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [50] Szutczyńska D., Roguski J., *Complex Approach to Thermal Testing of Firefighters' Protective Clothing*, SFT Vol. 58 Issue 2, 2021, pp. 154–16, <https://doi.org/10.12845/sft.58.2.2021.9>.
- [51] ASTM F2370-10 Standard Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin, 2015, 6, <https://doi.org/10.1520/F2370-10>.
- [52] Krucińska I., Skrzetuska E., *Badania ergonomiczne odzieży ochronnej z zastosowaniem manekina typu NEWTON*, w: *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia straży pożarnej*, J. Roguski (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, 107–116, <https://doi.org/10.17381/2015.2>.
- [53] Młynarczyk M., *Manekiny termiczne jako narzędzie oraz oporu pary wodnej zestawów odzieży*, „Bezpieczeństwo Pracy” 2015, 1/15, 18–20.

**PROF. ANNA RABAJCZYK, D.SC.** – graduate of the Institute of Chemistry at the Higher School of Pedagogy in Kielce (now: Jan Kochanowski University in Kielce). She received her PhD in chemistry from the Department of Chemistry at the University of Opole in 2000 and her habilitation degree from the Wrocław University of Technology in 2011. She was awarded a professorship in 2022 in the area of environmental engineering, mining and energy. She specialises in environmental engineering. Expert in carbon and water footprint calculations. Ecomediator on sustainability. Research interests are related to the areas of environmental chemistry, nanotechnology, biotechnology and their application in environmental engineering, including neutralisation and removal of pollutants, clean-up of contaminated areas. Manager and member of teams implementing projects and grants funded from national (NCN, NCBR, MNiSW) and foreign (USA, EU) sources, both scientific, implementation, teaching and investment. She has received foreign scholarships (USA, Norway, Ireland). She has been and is a member of expert panels, organising committees and scientific committees of national and international conferences and congresses. The results of the research have been published in more than eighty publications (mostly in journals on the Philadelphia List) and monographs, studies commissioned by external bodies, and presented in lectures at many national and international conferences and seminars conducted by invitation.

**SEN. BRIG. (RETD.) ROBERT WOLAŃSKI, PH.D. ENG.** – employee of the Fire Service College of the State Fire Service in Cracow, Department of Civil and Cultural Protection Training Centre. Graduate of the AGH University of Science and Technology in Kraków, officer studies at the Main School of Fire Service, postgraduate studies in the area of wheeled vehicle operation (Higher Officers' Car School in Piła) and road accident expertise (Cracow University of Technology with the Institute of Forensic Expertise). He defended his doctoral thesis on infrared and microwave thermal protection technologies and materials at the Faculty of Materials Engineering and Ceramics of the AGH University of Science and Technology. Parallel to his teaching activities he carries out scientific work within the scope of projects and individual research. He cooperates with research teams from both universities and recognised institutes. He focuses on safety engineering issues with a particular emphasis on rescuer safety. He is the author of a number of publications and a reviewer for recognised publications. In innovation activities, he is the co-author of the patent "Method of manufacturing ceramic layers on fabric". He has initiated the organisation of a number of conferences and seminars aimed at presenting and exchanging scientific and technical ideas in the area of progressive structures, technologies and organisational solutions for reducing the risk of rescue operations. Currently, as a member of staff at the Centre for Education in the Protection of People and Cultural Property at SAPSP Krakow, he continues to promote, educate and develop initiatives in the area of protection of cultural heritage.

**PROF. DR HAB. ANNA RABAJCZYK** – absolwentka Instytutu Chemii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach (obecnie: Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach). W 2000 r. uzyskała stopień doktora nauk chemicznych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego, a w 2011 r. stopień doktora habilitowanego na Politechnice Wrocławskiej. W 2022 r. otrzymała tytuł profesora w dziedzinie: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Specjalność – inżynieria środowiska. Ekspert w zakresie kalkulacji śladu węglowego i wodnego. Ekomediator w zakresie zrównoważonego rozwoju. Zainteresowania badawcze związane są z obszarem chemii środowiska, nanotechnologii, biotechnologii i ich zastosowania w inżynierii środowiska, w tym neutralizacji i usuwaniu zanieczyszczeń, oczyszczaniu obszarów skażonych. Kierownik oraz członek zespołów realizujących projekty i granty finansowane ze źródeł krajowych (NCN, NCBR, MNiSW) i zagranicznych (USA, EU), zarówno naukowych, wdrożeniowych, dydaktycznych, jak i inwestycyjnych. Otrzymała stypendia zagraniczne (USA, Norwegia, Irlandia). Była i jest członkiem zespołów eksperckich, komitetów organizacyjnych oraz komitetów naukowych konferencji i kongresów krajowych i zagranicznych. Wyniki badań zostały opublikowane w ponad osiemdziesięciu publikacjach (w większości w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej) i monografiach, opracowaniach przygotowywanych na zlecenie jednostek zewnętrznych, i prezentowane podczas wystąpień na wielu konferencyjnych krajowych i zagranicznych oraz seminariach prowadzonych na zaproszenie.

**ST. BRYG. W ST. SP. DR INŻ. ROBERT MARCIN WOLAŃSKI** – pracownik Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, Wydziału Centrum Szkolenia Ochrony Ludności i Dóbr Kultury. Absolwent Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, studium oficerskiego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, studiów podyplomowych z zakresu eksploatacji pojazdów kołowych (Wyższa Oficerska Szkoła Samochodowa w Pile) oraz ekspertyz wypadku drogowego (Politechnika Krakowska z Instytutem Ekspertyz Sądowych). Obronił pracę doktorską z zakresu technologii i materiałów do produkcji ochron termicznych przed promieniowaniem podczerwonym i mikrofalowym na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej. Prowadzi równoległe z działalnością dydaktyczną prace naukowe w ramach projektów i badań indywidualnych. Współpracuje z zespołami badawczymi zarówno uczelni wyższych, jak i uznanych instytutów. Koncentruje się na zagadnieniach inżynierii bezpieczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa ratowników. Jest autorem szeregu publikacji i recenzentem uznanych wydawnictw. W działalności innowacyjnej jest współautorem patentu „Sposób wytwarzania ceramicznych warstw na tkaninie”. Jest inicjatorem organizacji szeregu konferencji i seminariów ukierunkowanych na prezentację i wymianę myśli naukowo-technicznej w obszarze progresywnych konstrukcji, technologii i rozwiązań organizacyjnych w zakresie ograniczenia ryzyka prowadzenia działań ratowniczych. Obecnie jako pracownik Centrum Kształcenia Ochrony Ludności i Dóbr Kultury w SAPSP Kraków kontynuuje swoją działalność promowania, edukacji i rozwoju inicjatyw w zakresie ochrony dziedzictwa kulturowego.

Bogdan Kołcz<sup>a)\*</sup>

<sup>a)</sup> The Jan Grodek State University in Sanok / Uczelnia Państwowa im. Jana Grodka w Sanoku

\* Corresponding author / Autor korespondencyjny: bkolcz@up-sanok.edu.pl

## Formal and Legal Requirements for Rescue Entities for the Identification of Chemical Hazards in Poland

### Wymagania formalnoprawne wobec podmiotów ratowniczych dotyczące rozpoznawania zagrożeń chemicznych w Polsce

#### ABSTRACT

**Aim:** The article presents issues related to selected aspects of chemical and environmental rescue, their location in the legal norms in relation to the performed tasks and taking into account the needs of the society. In this respect, the legal acts relating to the operation of the system of identifying chemical and environmental rescue hazard, its transformation, and its impact on the safety and execution of tasks by the rescue entities were reviewed. Moreover, the meaning of records relating to the identification of chemical hazards was analysed and clarified. The topics were based on new legal regulations on the detailed organization of the national rescue and firefighting system and guidelines covering the organization of chemical and ecological rescue in Poland. The reviewed area in this analysis relates to the identification of hazardous materials, the designation of danger zones, the ability of emergency responders to identify hazards in formal and legal conditions, and their identification by the functioning cooperating entities. The dependencies that exist in the identification system and the future directions of its development are indicated.

**Introduction:** In today's world, the expectations of the society for emergency services focus on the quick and efficient execution of an organized rescue operation. In chemical rescue, the primary factor affecting the course and success of the operation is the identification of the chemical threat. Conducting reconnaissance activities under conditions of changing threats requires skills and the fulfilment of a number of conditions that will affect the functioning of the rescue entities in the reconnaissance system. Experience from ongoing rescue operations shows that reconnaissance tasks are carried out to varying degrees. On the one hand, they depend on regulations, and on the other, on the capabilities of emergency responders and the difficulties arising from the resulting disasters and chemical accidents. Therefore, it is reasonable to review selected legal elements relating to the identification of hazardous materials – in particular, those that condition the efficient and effective operation of the rescue entities in terms of the existing risks.

**Methodology:** The article was developed using analyses of legal acts and literature on improving the system of threat identification. Consideration was given to the existing threats, the current international situation, the possibility of uncontrolled action and the release of hazardous substances with chemical, biological or radiological properties, especially in the border area. In analysing the conducted research, publications on rescue law, legal norms of the national rescue and firefighting system, emergency management, guidelines from chemical and ecological rescue, articles from the area of reconnaissance and conference materials were used.

**Conclusions:** The emergence of new regulations in the *Principles of Chemical and Environmental Rescue* has led to the need for a unified course of action in the area of identifying the chemical agent. Ongoing monitoring of the area for the presence of a hazardous substance – due to the frequently changing weather conditions at the scene – should be a permanent part of the competence tasks of the rescue units. In addition, continuous and effective analysis of the samples taken at the site of the hazardous substance would allow detection and identification of the hazard relatively early – so that further appropriate action could then be taken. Such a solution would allow the emergency manager to conduct a chemical rescue operation continuously and make accurate decisions at every stage of the operation, despite a possible sudden change in the weather conditions. The inclusion in the regulations of all possible elements of identification in terms of the existing hazards will affect the effectiveness of the rescue entities in the elimination of chemical, biological, radiological hazards.

**Keywords:** hazardous substance, danger zone, chemical and environmental rescue, chemical reconnaissance

**Type of article:** review article

---

Received: 27.01.2023; Reviewed: 02.02.2023; Accepted: 02.02.2023;

Author's ORCID ID: 0000-0002-2113-2905;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 102–118, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.6>;

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

---

## ABSTRAKT

**Cel:** W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące wybranych aspektów ratownictwa chemicznego i ekologicznego, ich umiejscowienia w unormowaniach prawnych w odniesieniu do wykonywanych zadań i z uwzględnieniem potrzeb społeczeństwa. W tym kontekście dokonano przeglądu aktów prawnych odnoszących się do funkcjonowania systemu rozpoznawania zagrożeń w ramach ratownictwa chemicznego i ekologicznego, jego transformacji oraz wpływu na bezpieczeństwo i realizację zadań przez podmioty ratownicze. Ponadto przeanalizowano oraz wyjaśniono znaczenie zapisów odnoszących się do rozpoznania zagrożeń chemicznych. Tematyka została oparta na nowych uregulowaniach prawnych w zakresie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego oraz wytycznych obejmujących organizację ratownictwa chemicznego i ekologicznego w Polsce. Zweryfikowany w tej analizie obszar dotyczy rozpoznania materiałów niebezpiecznych, wyznaczenia stref zagrożenia, możliwości działania podmiotów ratowniczych w zakresie rozpoznania zagrożeń w uwarunkowaniach formalnoprawnych i ich identyfikacji przez funkcjonujące podmioty współdziałające. Wskazano zależności, które występują w systemie rozpoznawczym, i przyszłe kierunki jego rozwoju.

**Wprowadzenie:** We współczesnym świecie oczekiwania społeczeństwa względem służb ratowniczych skupiają się na szybkim i sprawnym przeprowadzeniu zorganizowanej akcji ratowniczej. W ratownictwie chemicznym podstawowym czynnikiem determinującym przebieg i sukces akcji ma rozpoznanie zagrożenia chemicznego. Prowadzenie działań rozpoznawczych w warunkach zmieniających się zagrożeń wymaga umiejętności i spełnienia szeregu uwarunkowań, które będą miały wpływ na funkcjonowanie podmiotów ratowniczych w systemie rozpoznania. Doświadczenia z prowadzonych działań ratowniczych wskazują, że zadania rozpoznawcze realizowane są w różnym stopniu. Z jednej strony zależą od regulacji prawnych, a z drugiej możliwości podmiotów ratowniczych i trudności wynikających z powstałych katastrof i awarii chemicznych. W związku z powyższym zasadne jest dokonanie przeglądu wybranych elementów prawnych odnoszących się do rozpoznania materiałów niebezpiecznych – w szczególności tych, które warunkują sprawne i efektywne działanie podmiotów ratowniczych w kontekście występujących zagrożeń.

**Metodologia:** Artykuł został opracowany przy wykorzystaniu analiz aktów prawnych oraz literatury przedmiotu na temat usprawnienia systemu rozpoznawania zagrożeń. Uwzględniono występujące zagrożenia, obecną sytuację międzynarodową, możliwość powstania niekontrolowanego działania i uwolnienia się substancji niebezpiecznych o właściwościach chemicznych, biologicznych lub radiologicznych, w szczególności w strefie przygranicznej. Dokonując analizy przeprowadzonych badań, wykorzystano publikacje dotyczące prawa ratowniczego, unormowania prawne krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, zarządzania kryzysowego, wytyczne z ratownictwa chemicznego i ekologicznego, artykuły z obszaru rozpoznania oraz materiały konferencyjne.

**Wnioski:** Pojawienie się nowych uregulowań prawnych w *Zasadach ratownictwa chemicznego i ekologicznego* spowodowało potrzebę opracowania jednolitego kierunku działania w obszarze rozpoznawania czynnika chemicznego. Bieżące monitorowanie terenu pod kątem obecności substancji niebezpiecznej – ze względu na często zmieniające się warunki atmosferyczne na miejscu zdarzenia – powinno być stałym elementem zadań kompetencyjnych jednostek ratowniczych. Ponadto ciągła i efektywna analiza pobranych próbek w miejscu występowania substancji niebezpiecznej pozwoliłaby wykryć i zidentyfikować zagrożenie stosunkowo wcześniej – tak aby następnie podjąć kolejne, właściwe działania. Takie rozwiązanie pozwoliłoby kierującemu działaniem ratowniczym prowadzić akcję ratownictwa chemicznego w sposób ciągły i podejmować trafne decyzje na każdym etapie akcji, pomimo ewentualnej nagłej zmiany warunków pogodowych. Ujęcie w regulacjach prawnych wszystkich możliwych elementów rozpoznawczych w kontekście występujących zagrożeń będzie wpływać na efektywność podmiotów ratowniczych w likwidacji zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych.

**Słowa kluczowe:** substancja niebezpieczna, strefa zagrożenia, ratownictwo chemiczne i ekologiczne, rozpoznanie chemiczne

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

---

**Przyjęty:** 27.01.2023; **Zrecenzowany:** 02.02.2023; **Zaakceptowany:** 02.02.2023;

Identyfikator ORCID autora: 0000-0002-2113-2905;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 102–118, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.6>;

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

---

## Introduction

In today's international environment, society's expectations of emergency responders focus on the rapid and efficient execution of organized chemical, biological, nuclear, radiological and explosive (CBRNE) threat reconnaissance activities [1]. Recognition of CBRNE threats in non-military operations in Poland is carried out by the State Fire Service (PSP), established as a professional, uniformed formation equipped with specialized equipment that organizes and directs rescue operations. In chemical and environmental rescue organized by PSP, the primary factor affecting the course and effectiveness of the action is the proper identification of the hazardous substance [2]. Conducting reconnaissance activities under conditions of changing threats requires the skills of the rescue entities and the fulfilment of a number of conditions that will determine their tasks in the reconnaissance system. Experience from ongoing rescue operations and exercises show that activities in the recognition of a given agent are carried

## Wprowadzenie

We współczesnych uwarunkowaniach międzynarodowych oczekiwania społeczeństwa względem podmiotów ratowniczych koncentrują się na szybkim i sprawnym przeprowadzeniu zorganizowanych działań rozpoznania zagrożeń chemicznych, biologicznych, nuklearnych, radiologicznych i wybuchowych (CBRNE) [1]. Rozpoznanie zagrożeń CBRNE w działaniach pozamilitarnych w Polsce realizowane jest przez Państwową Straż Pożarną (PSP), powołaną jako zawodową, umundurowaną i wyposażoną w specjalistyczny sprzęt formację, która organizuje akcje ratownicze i kieruje nimi. W ratownictwie chemicznym i ekologicznym organizowanym przez PSP podstawowym czynnikiem mającym wpływ na przebieg i skuteczność akcji jest właściwe rozpoznanie substancji niebezpiecznej [2]. Prowadzenie działań rozpoznawczych w warunkach zmieniających się zagrożeń wymaga od podmiotów ratowniczych umiejętności oraz spełnienia szeregu uwarunkowań, które będą decydować o ich zadaniach w systemie rozpoznania.

out to varying degrees. On one hand, they depend on the capabilities of the rescue entities, and on the other hand, on the impediments associated with a particular disaster or chemical accident.

The topics included in the article have been the subject of analysis of many rescue specialists due to the possibility of actually performing the assigned tasks in an actual incident. The literature has been modest on the subject, as there was not enough technical solutions. The emergence in Europe of innovative techniques for identifying a hazardous substance in the field (it should be mentioned that this is not about identifying the substance in stationary laboratories, but about immediate action in the field) has created an opportunity to use and introduce them as a solution to the problem in emergency entities. In Poland, the recognition and identification of threats intensified before the organization of EURO 2012. The subject was beginning to narrow down to a smaller and smaller group of entities that could carry out this venture. This has made it possible to develop new knowledge in the direction of recognizing the agent we want to study, to learn more about its properties, about the threat it generates to people and the environment, and against which we will take appropriate neutralizing measures. The faster and more thoroughly a factor is investigated, the more effectively the threat will be eliminated and safe conditions created for society to function.

This raises questions about the extent to which universal security is ensured by the legal measures put in place to condition the efficient identification of the chemical threats. In other words, how the existing law by defining the institutional framework in the area of recognizing hazardous material is adapted to the existing needs and fulfils the expected role. Therefore, it is advisable to analyse the legal norms on the organization of the national rescue and firefighting system, as well as chemical and environmental rescue operating in non-military structures.

### Legal basis for the implementation of chemical and environmental rescue

The basic definition of chemical and ecological rescue is included in § 16 (1) of the Decree of the Minister of Internal Affairs and Administration of 17 September 2021 on the detailed organization of the national rescue and firefighting system (KSRG) [1]. It shows that chemical and environmental rescue is the planning, organization and implementation of rescue operations necessary to reduce or eliminate the immediate risks posed by hazardous substances to humans, animals, the environment or property. A similar definition is set forth in the rules for the organization of chemical and environmental rescue in KSRG. It also applies to planning, organizing and executing the rescue operations necessary to reduce or eliminate the immediate risks posed by the hazardous materials [3]. The difference between the cited definitions is significant in that the latter indicates a broader range of activities, taking into account explosives and objects, ignitable

Doświadczenia z prowadzonych akcji ratowniczych i ćwiczeń wskazują, że czynności w rozpoznaniu danego czynnika realizowane są w różnym stopniu. Zależą one z jednej strony od możliwości podmiotów ratowniczych, a z drugiej utrudnień związanych z konkretną katastrofą lub awarią chemiczną.

Tematyka zawarta w artykule jest przedmiotem analiz wielu specjalistów z dziedziny ratownictwa ze względu na możliwości faktycznego wykonania wyznaczonych zadań w rzeczywistym zdarzeniu. Dotąd literatura skromnie wypowiedziała się na ten temat, ponieważ brakowało wystarczających rozwiązań technicznych. Pojawienie się w Europie innowacyjnych technik rozpoznawania substancji niebezpiecznej w terenie (należy wspomnieć, że nie chodzi tutaj o rozpoznanie substancji w laboratoriach stacjonarnych, ale o działania natychmiastowe w terenie) stworzyło szansę wykorzystania i wprowadzenia ich jako rozwiązanie problemu w podmiotach ratowniczych. W Polsce intensyfikacja rozpoznania i identyfikacji zagrożeń nastąpiła przed organizacją EURO 2012. Temat ten zaczynał się zawężać do coraz mniejszej grupy podmiotów, które to przedsięwzięcie mogłyby realizować. Dzięki temu możliwe było opracowanie nowej wiedzy w kierunku rozpoznawania czynnika, który chcemy zbadać, o którego właściwościach i generowanym zagrożeniu dla ludzi i środowiska chcemy dowiedzieć się więcej o jego właściwościach, o generowanym przez niego zagrożeniu dla ludzi i środowiska oraz wobec którego podejmiemy stosowne środki neutralizujące. Im dany czynnik zostanie szybciej i dokładniej zbadany, tym skuteczniej zostanie zlikwidowane zagrożenie oraz stworzone bezpieczne warunki do funkcjonowania społeczeństwa.

Powstają zatem pytania, w jakim zakresie zapewniają bezpieczeństwo powszechne wprowadzone środki prawne warunkujące sprawne rozpoznanie zagrożeń chemicznych. Innymi słowy, jak obowiązujące prawo przez określenie instytucjonalnych ram w obszarze rozpoznania materiału niebezpiecznego jest dostosowane do istniejących potrzeb i spełnia oczekiwaną rolę. Wynika stąd celowość przeanalizowania unormowań prawnych dotyczących organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego oraz ratownictwa chemicznego i ekologicznego funkcjonujących w strukturach pozamilitarnych.

### Prawne podstawy realizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego

Podstawowa definicja ratownictwa chemicznego i ekologicznego została ujęta w § 16 ust. 1 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (KSRG) [1]. Wynika z niej, iż ratownictwo chemiczne i ekologiczne to planowanie, organizowanie i realizacja działań ratowniczych niezbędnych do zmniejszenia lub likwidacji bezpośrednich zagrożeń stwarzanych przez substancje niebezpieczne dla ludzi, zwierząt, środowiska lub mienia. Podobnej treści definicja została określona w zasadach organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w KSRG. Dotyczy również planowania, organizowania i realizacji działań ratowniczych niezbędnych do zmniejszenia lub likwidacji bezpośrednich zagrożeń stwarzanych przez materiały niebezpieczne [3]. Różnica między przytoczonymi definicjami jest o tyle istotna, że druga z nich wskazuje na szerszy zakres



materials and others, but without specifying – as in the case of the former – for whom the threat is dangerous.

Rescue operations in chemical and environmental rescue include, among others:

- recognition and identification of the threat;
- securing the rescue zone, including the designation and marking of the danger zone;
- assessing the extent of the threat and forecasting its development;
- eliminating, reducing or increasing the danger zone;
- securing the area affected by a hazardous substance spill;
- assessing the extent of the resulting incident [1].

Efficient operation of the reconnaissance system will rely on the execution of the tasks by all executive and rescue teams involved from the beginning of a destructive event to the removal of the source of danger. The organization of reconnaissance activities is carried out at all levels of command, while the recognition of a hazardous substance should be performed by specialized emergency services. This element is indicated in § 27 (1) of the regulation on the detailed organization of KSRG, in which it is the leader of the rescue operation at the level of emergency management who is required to determine the type of danger and designate the danger zone. In turn, successive leadership at the tactical and strategic levels are required to assess the threat by determining its nature and forecasting further development [1]. The main actors in this undertaking are specialized chemical-ecological rescue groups (SGRChem) organized on the basis of rescue and firefighting units of the State Fire Service.

Rescue activities in the area of chemical and environmental rescue in accordance with the regulation, specified in the rescue plan, are carried out by KSRG entities, taking into account their training and specialized equipment and personal protective equipment, in particular the SGRChem of the State Fire Service and other KSRG entities that are fire protection units. At this point, it should be added that the KSRG entities are not only units of the State Fire Service or fire protection units outside the State Fire Service, referred to in Article 15 of the Law of 24 August 1991 on fire protection, but also other services, inspections, guards, institutions and entities that voluntarily, through a civil law agreement, agreed to cooperate in the rescue operations [4]. Such agreements may be concluded by the district chief of PSP, the provincial chief of PSP or the chief commander of PSP with entities that voluntarily express their willingness to cooperate in the rescue operations on the territory of the district, province or country, respectively. On the other hand, as stated in the above-cited Article 15, the support of the rescue operations by services, inspections, guards, institutions and other entities that are not in KSRG may also be carried out if:

- the entity in question is included in the rescue plan to support the organization of the rescue operations,
- the scope of the rescue operations is to be correlated with the crisis management plans.

The above definitions illustrate in detail the activities relating to the type of action to eliminate a threat.

działań, uwzględnia materiały i przedmioty wybuchowe, materiały zapalne i inne, ale bez doprecyzowania – tak jak w przypadku pierwszej – dla kogo zagrożenie jest niebezpieczne.

Działania ratownicze w zakresie ratownictwa chemicznego i ekologicznego obejmują m. in.:

- rozpoznanie i identyfikację zagrożenia;
- zabezpieczenie strefy działań ratowniczych, w tym wyznaczenie i oznakowanie strefy zagrożenia;
- ocenę rozmiarów zagrożenia i prognozowanie jego rozwoju;
- likwidację, ograniczenie lub zwiększenie strefy zagrożenia;
- zabezpieczenie terenu objętego wyciekami substancji niebezpiecznej;
- ocenę rozmiarów powstałego zdarzenia [1]

Sprawne działanie systemu rozpoznawczego będzie polegać na realizacji zadań przez wszystkie zespoły wykonawczo-ratownicze zaangażowane od początku powstania zdarzenia destrukcyjnego do usunięcia źródła zagrożenia. Organizacja działań rozpoznawczych odbywa się na wszystkich szczeblach dowodzenia, natomiast rozpoznanie substancji niebezpiecznej wykonywane powinno być przez wyspecjalizowane służby ratownicze. Ten element wskazany został w § 27 ust. 1 rozporządzenia w sprawie szczegółowej organizacji KSRG, w którym to właśnie kierujący działaniem ratowniczym na poziomie kierowania interwencyjnego ma obowiązek ustalić rodzaj zagrożenia oraz wyznaczyć strefę zagrożenia. Z kolei następnymi przejmującymi kierowanie na poziomie taktycznym i strategicznym zobowiązani są dokonać oceny zagrożenia przez ustalenie jego charakteru i prognozowania dalszego rozwoju [1]. Głównymi podmiotami w tym przedsięwzięciu są specjalistyczne grupy ratownictwa chemiczno-ekologicznego (SGRChem) zorganizowane na bazie jednostek ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej.

Działania ratownicze w zakresie ratownictwa chemicznego i ekologicznego, określone w planie ratowniczym, w myśl rozporządzenia prowadzą podmioty KSRG z uwzględnieniem ich wykształcenia oraz wyposażenia w sprzęt specjalistyczny i środki ochrony indywidualnej, w szczególności SGRChem Państwowej Straży Pożarnej i inne podmioty KSRG będące jednostkami ochrony przeciwpożarowej. W tym miejscu należy dodać, że podmiotami KSRG są nie tylko jednostki Państwowej Straży Pożarnej czy jednostki ochrony przeciwpożarowej spoza PSP, o których mowa w art. 15 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, ale również inne służby, inspekcje, straże, instytucje oraz podmioty, które dobrowolnie w drodze umowy cywilnoprawnej zgodziły się współdziałać w akcjach ratowniczych [4]. Umowy takie może zawierać komendant powiatowy PSP, komendant wojewódzki PSP lub komendant główny z podmiotami, które dobrowolnie wyrażą chęć współdziałania w akcjach ratowniczych, odpowiednio na obszarze powiatu, województwa lub kraju. Natomiast jak wynika z przywołanego wyżej art. 15, wspomaganie działań ratowniczych przez służby, inspekcje, straże, instytucje oraz inne podmioty nie będące w KSRG może być również realizowane, jeżeli:

- dany podmiot został ujęty w planie ratowniczym mającym wspomagać organizację działań ratowniczych,
- zakres działań ratowniczych ma być skorelowany z planami zarządzania kryzysowego.

Powyższe definicje obrazują szczegółowo czynności odnoszące się do rodzaju działań zmierzających do likwidacji zagrożenia.

## Legal considerations versus recognition of chemical hazards

Among the listed activities carried out during chemical and environmental rescue, attention should be paid to the main task of recognizing and identifying the threat posed by a hazardous substance to humans, animals, the environment (§ 16 (1) and (2) (1) of the regulation on the detailed organization of the national rescue and firefighting system). From the point of view of speed and efficiency in chemical rescue, identification should take place in the shortest possible time. Conducting rescue operations for an unidentified hazardous substance poses great danger to the rescuers in the danger zone. Obtaining information on the type of substance found in industrial plants will not create difficulties, while it will be problematic to determine the actual danger zone in case of traffic incidents and other local emergencies, which highlight the more complicated issue of the recognition process of a substance. Therefore, we can divide the reconnaissance in this area into two groups: the first – where emergency responders are grappling with a substance that is properly labelled and described – and the second – where we are dealing with a completely unknown and undescribed chemical substance, such as a tank of unknown origin abandoned in the woods or gas sprayed in the elevator of an apartment building.

The scope of tasks performed in chemical and ecological rescue in the area of reconnaissance is also defined by the rules of organization of chemical and ecological rescue in the national rescue and firefighting system [3]. It should be emphasized that already at the basic level for all rescue and firefighting units in PSP and fire protection units included in KSRG or rescue entities cooperating with KSRG has been assigned to recognize and secure the scene of the incident. They also include designating danger zones, conducting measurements with measuring instruments, including radiometric measurements of the power of the ionizing radiation dose and estimating the effective dose. An expanded range of specialized tasks is carried out by individual SGRChem at readiness levels: A – chemical security, B – chemical reconnaissance, C – special reconnaissance, D – decontamination, CBRN E – module, L – laboratory analysis, which depend on the qualifications of the chemical rescuers, their number and equipment, including analytical and measuring devices.

**The tasks of SGRChem at readiness level A** include activities to reduce the impact of hazardous materials on the environment, support for readiness levels of chemical reconnaissance, special reconnaissance, laboratory analysis, including recognition and identification of the threat, forecasting its development, and designation and marking of danger zones. In addition, inspections of the emission of hazardous materials, radiometric measurements for measuring the dose power of ionizing radiation and qualitative spectrometric analyses can be carried out.

**At readiness level B**, measurement and analytical activities are carried out, supporting activities for the readiness levels of chemical security, special reconnaissance, laboratory analysis and other services in the subject area, as well as the implementation of tasks during CBRNE events including terrorist threats.

## Uwarunkowania prawne wobec rozpoznania zagrożeń chemicznych

Spośród wymienionych czynności realizowanych podczas ratownictwa chemicznego i ekologicznego należy zwrócić uwagę na główne zadanie, jakim jest rozpoznanie i identyfikacja zagrożenia stwarzanego przez substancję niebezpieczną dla ludzi, zwierząt, środowiska (§ 16 ust. 1 i 2 pkt 1 rozporządzenia w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego). Z punktu widzenia szybkości i skuteczności działania w ratownictwie chemicznym, identyfikacja powinna się odbyć w jak najkrótszym czasie. Prowadzenie działań ratowniczych w przypadku niezidentyfikowanej substancji niebezpiecznej stanowi duże ryzyko dla ratowników znajdujących się w strefie zagrożenia. Pozyskanie informacji o rodzaju substancji występującej w zakładach przemysłowych nie stworzy trudności, natomiast problematyczne będzie wyznaczenie rzeczywistej strefy zagrożenia w przypadku zdarzeń drogowych i innych miejscowych zagrożeń, które uwidaczniają bardziej skomplikowaną problematykę procesu rozpoznawczego danej substancji. Dlatego też rozpoznanie w tym zakresie możemy podzielić na dwie grupy: pierwszą – w przypadku gdy podmioty ratownicze zmagają się z substancją, która jest prawidłowo oznakowana i opisana – oraz drugą – gdy mamy do czynienia z całkowicie nieznaną i nieopisaną substancją chemiczną np. porzuconym w lesie zbiornikiem niewiadomego pochodzenia czy gazem rozpylonym w windzie bloku mieszkalnego.

Zakres zadań realizowanych w ratownictwie chemicznym i ekologicznym w obszarze rozpoznawania określają również zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym [3]. Należy podkreślić, że już na poziomie podstawowym dla wszystkich jednostek ratowniczo-gaśniczych w PSP oraz jednostek ochrony przeciwpożarowej włączonych do KSRG lub podmiotów ratowniczych współdziałających z KSRG przypisane zostało rozpoznanie i zabezpieczenie miejsca zdarzenia. Do nich należy również wyznaczenie stref zagrożenia, przeprowadzenie pomiarów za pomocą przyrządów pomiarowych, w tym pomiarów radiometrycznych w zakresie mocy dawki promieniowania jonizującego oraz szacowania dawki efektywnej. Rozszerzony zakres zadań specjalistycznych realizowany jest przez poszczególne SGRChem na poziomach gotowości: A – zabezpieczenia chemicznego, B – rozpoznania chemicznego, C – rozpoznania specjalnego, D – dekontaminacji, E – modułu CBRN, L – analizy laboratoryjnej, które zależą od kwalifikacji ratowników chemicznych, ich liczby oraz wyposażenia sprzętowego, w tym urządzeń analityczno-pomiarowych.

**Zadania SGRChem na poziomie gotowości A** obejmują działania ograniczające wpływ materiałów niebezpiecznych na otoczenie, wsparcie dla poziomów gotowości rozpoznania chemicznego, specjalnego, analizy laboratoryjnej, w tym rozpoznanie i identyfikację zagrożenia, prognozowanie jego rozwoju oraz wyznaczenie i oznakowanie stref zagrożenia. Ponadto mogą być prowadzone kontrole emisji materiałów niebezpiecznych, pomiary radiometryczne w zakresie pomiaru mocy dawki promieniowania jonizującego oraz jakościowe analizy spektrometryczne.

They include:

- recognizing and identifying the threat and forecasting its development;
- designation and marking of danger zones or their verification;
- sampling;
- conducting radiometric measurements in the field of radioactive contamination, qualitative spectrometric analysis, measurement of neutron flux density;
- verification of effective doses estimated by forces and resources implementing chemical and ecological rescue in the basic range.

**At readiness level C**, the SGRChem's tasks involve carrying out operations that require the use of advanced technical means and those with a special degree of complexity that exceeds the capabilities of SGRChem of the chemical reconnaissance readiness level. These activities also relate to the execution of tasks during CBRNE events, including terrorist threats, and support of other services in the area in question. The scope of tasks includes, among others:

- conducting imaging reconnaissance using advanced technical means (including: mobile robots, unmanned aerial vehicles, optoelectronic devices, remote manipulation devices);
- sampling using advanced technical means (including: mobile robots, unmanned aerial vehicles, optoelectronic devices, remote manipulation devices);
- manipulation of hazardous materials using advanced technical means (including: mobile robots, unmanned aerial vehicles, optoelectronic devices, remote manipulation devices);
- conducting operations support for the levels of chemical security, chemical reconnaissance, laboratory analysis and other services.

**Readiness level E** – CBRN module should meet the criteria set by the European Commission for operational capability and self-sufficiency.

**Readiness level L** – laboratory analysis refers to advanced analytical methods and means, provides expert support in the interpretation of data on the event and results of instrumental analysis. The scope of tasks includes, among other things, performing the analysis of samples provided by the units included in KSRG, remote interpretation of the sent results of instrumental analysis.

In the rescue rules, while comparing the scope of analytical and measurement tasks at different levels of readiness in terms of anticipated threats, it is worth emphasizing the inclusion of SGRChem's performance of spectrometric analysis activities already in readiness level A. The task of qualitative spectrometric analysis will also be undertaken at the readiness level B. Similarly, the activity of handling hazardous materials using advanced technical means will be performed at level C, while the analysis of samples provided by units incorporated in KSRG will be performed at level L. Therefore, it can be concluded that all of the above tasks indicate conducting qualitative analysis, while they do not explicitly capture conducting quantitative analysis. Due to

**Na poziomie gotowości B** realizowane są czynności pomiarowe i analityczne, wsparcie działań dla poziomów gotowości zabezpieczenia chemicznego, rozpoznania specjalnego, analizy laboratoryjnej oraz pozostałych służb w przedmiotowym zakresie, jak również realizacji zadań podczas zdarzeń CBRNE w tym zagrożeń terrorystycznych. Dotyczą one m.in.:

- rozpoznania i identyfikacji zagrożenia oraz prognozowania jego rozwoju;
- wyznaczenia i oznakowania stref zagrożenia lub ich weryfikacji;
- samplingu;
- prowadzenia pomiarów radiometrycznych w zakresie skażeń promieniotwórczych, analizy spektrometrycznej jakościowej, pomiaru gęstości strumienia neutronów;
- weryfikacji dawek efektywnych oszacowanych przez siły i środki realizujące ratownictwo chemiczne i ekologiczne w zakresie podstawowym.

**Na poziomie gotowości C** zadania SGRChem dotyczą prowadzenia działań wymagających użycia zaawansowanych środków technicznych i tych o szczególnym stopniu skomplikowania, przewyższającym możliwości SGRChem poziomu gotowości rozpoznania chemicznego. Działania te dotyczą również realizacji zadań podczas zdarzeń CBRNE, w tym zagrożeń terrorystycznych oraz wsparcia pozostałych służb w przedmiotowym zakresie. Zakres zadań obejmuje m.in.:

- prowadzenie rozpoznania obrazowego przy użyciu zaawansowanych środków technicznych (m.in.: mobilne roboty, bezzałogowe statki powietrzne, urządzenia optoelektroniczne, urządzenia manipulacji zdalnej);
- sampling przy użyciu zaawansowanych środków technicznych (m.in.: mobilne roboty, bezzałogowe statki powietrzne, urządzenia optoelektroniczne, urządzenia manipulacji zdalnej);
- manipulację materiałami niebezpiecznymi przy użyciu zaawansowanych środków technicznych (m.in.: mobilne roboty, bezzałogowe statki powietrzne, urządzenia optoelektroniczne, urządzenia manipulacji zdalnej);
- prowadzenie wsparcia działań dla poziomów zabezpieczenia chemicznego, rozpoznania chemicznego, analizy laboratoryjnej oraz pozostałych służb.

**Poziom gotowości E** – moduł CBRN powinien spełniać kryteria określone przez Komisję Europejską w zakresie możliwości operacyjnych i samowystarczalności.

**Poziom gotowości L** – analiza laboratoryjna dotyczy zaawansowanych metod i środków analitycznych, zapewnia wsparcie merytoryczne w zakresie interpretacji danych o zdarzeniu i wyników analizy instrumentalnej. Zakres zadań obejmuje m.in. wykonanie analizy próbek dostarczonych przez jednostki włączone do KSRG, zdalną interpretację przesłanych wyników analizy instrumentalnej.

Porównując w zasadach ratownictwa zakres zadań analityczno-pomiarowych na poszczególnych poziomach gotowości w aspekcie przewidywanych zagrożeń, warto wyeksponować ujęcie w nich wykonywanych przez SGRChem czynności w zakresie analizy spektrometrycznej już w ramach gotowości A. Zadanie analizy spektrometrycznej jakościowej będzie podejmowane

the intensification of incidents eligible for analytical and measurement activities by emergency responders, it is advisable that this task be included explicitly in KSRG regulation in the activities reserved for chemical and ecological rescue. At this point, it is worth mentioning that earlier rules captured the use of analytical techniques for detecting and measuring the values of concentrations and intensities of hazardous factors [3]. The whole endeavour involves maintaining the conduct of continuous and effective analysis of the samples taken at the site of the hazardous substance to determine whether the hazard will be detected in time and identified – so that further appropriate action can be taken. It should be noted that as early as 2007, the primary task according to the principles of the organization of chemical-ecological rescue was to identify hazards and assess and forecast their development, including the identification or sampling of chemicals that pose a threat. An important element is the last activity, which is not included in any other legal provision on the rescue system. This task included in the guidelines already indicated that chemical reconnaissance would move toward obtaining (at the scene of an incident) complete data on hazardous materials for the threat found.

również na poziomie gotowości B. Podobnie czynność manipulacji materiałami niebezpiecznymi przy użyciu zaawansowanych środków technicznych wykonywana będzie na poziomie C, natomiast analiza próbek dostarczonych przez jednostki włączone do KSRG odbywać się będzie na poziomie L. Można zatem wnioskować, że wszystkie powyższe zadania wskazują na prowadzenie analizy jakościowej, natomiast nie ujmują jednoznacznie prowadzenia analizy ilościowej. Ze względu na intensyfikację zdarzeń kwalifikujących się do prowadzenia czynności analityczno-pomiarowych przez podmioty ratownicze, wskazane jest, aby to zadanie zostało ujęte jednoznacznie w rozporządzeniu KSRG w czynnościach zarezerwowanych dla ratownictwa chemicznego i ekologicznego. W tym miejscu warto dodać, że wcześniejsze zasady ujmowały stosowanie technik analitycznych wykrycia i pomiaru wartości stężeń i natężeń czynników niebezpiecznych [3]. Całość przedsięwzięcia wiąże się z utrzymaniem prowadzenia ciągłej i efektywnej analizy pobranych próbek w miejscu występowania substancji niebezpiecznej, która pozwoli określić, czy dane zagrożenie zostanie wykryte na czas i zidentyfikowane – tak aby można było podjąć dalsze właściwe działania. Należy zauważyć, że już w 2007 roku podstawowym zadaniem według zasad organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego było rozpoznawanie zagrożeń oraz ocena i prognozowanie ich rozwoju, w tym identyfikacja lub pobieranie próbek substancji chemicznych stwarzających zagrożenia. Ważnym elementem jest ostatnia czynność, która nie została ujęta w żadnym innym przepisie prawnym dotyczącym systemu ratowniczego. Zadanie to zawarte w wytycznych już wtedy wskazywało, że rozpoznanie chemiczne będzie zmierzać w kierunku uzyskania na miejscu zdarzenia pełnych danych o materiałach niebezpiecznych dotyczących zastanego zagrożenia.

### Designation and verification of the danger zone in formal and legal conditions

The new regulation on the detailed organization of the national rescue and firefighting system, of 17 September 2021, in § 16 (2), stipulates that chemical and environmental rescue operations include, among other things, securing the zone of rescue operations, including designating and marking the danger zone, and reducing or increasing the danger zone. The catalogue of principles of organization of chemical and ecological rescue of KSRG defines the term “danger zone”, as an area in which there is a threat to human life and health [3]. The above concept is also explained in the guidebook *Principles of Rescue*. Its definition of a danger zone is the distance within which all persons must be evacuated and in all directions from the source of the spill/leak [5]. Generally, in chemical rescue, the division of the contaminated area into danger zone I and danger zone II is accepted [3]. In Zone I, the rescuers can carry out operations in respiratory protection and gas-tight clothing, using equipment in EX (explosion-proof non-sparking) protection. In Zone II, equipment and rescuers are prepared to enter Zone I, a medical point, decontamination point, forces and resources are organized. The border between these zones is the level of the highest permissible concentration of the hazardous substance to be measured

### Wyznaczenie i weryfikacja strefy zagrożenia w uwarunkowaniach formalnoprawnych

W nowym rozporządzeniu w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego z 17 września 2021 roku w § 16 ust. 2 określono, że działania ratownicze w zakresie ratownictwa chemicznego i ekologicznego obejmują między innymi zabezpieczenie strefy działań ratowniczych, w tym wyznaczenie i oznakowanie strefy zagrożenia oraz ograniczanie lub zwiększanie strefy zagrożenia. W katalogu zasad organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego KSRG zdefiniowano pojęcie „strefy zagrożenia”, określając je jako obszar, w którym występuje zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi [3]. Powyższe pojęcie wyjaśnione zostało również w przewodniku *Zasady postępowania ratowniczego*. Przedstawiona w nim definicja strefy zagrożenia to odległość, w obrębie której należy ewakuować wszystkie osoby i we wszystkich kierunkach od źródła wylania/wycieku [5]. Zasadniczo w ratownictwie chemicznym przyjmuje się podział terenu skażonego na strefę zagrożenia I i strefę zagrożenia II [3]. W strefie I ratownicy mogą prowadzić działania w aparatach ochrony dróg oddechowych i ubraniach gazoszczelnych, stosując sprzęt w zabezpieczeniu EX (przeciwybuchowym nieiskraczącym). W strefie II przygotowuje się sprzęt i ratowników do wejścia w strefę I, organizuje się punkt medyczny, punkt dekontaminacyjny, siły i środki. Granicą między tymi strefami jest poziom

with measuring devices by the reconnaissance team. Designating a danger zone is about ensuring the safety of both those at or near the scene of an incident and the rescuers themselves. During rescue operations, the threshold values used for concentrations of chemical agents should not be exceeded. In Poland, the threshold values are defined as the maximum permissible concentration (NDS), the highest permissible instantaneous concentration (NDSch) and the highest permissible ceiling concentration (NDSP) [6]. Lethal concentration values are used for hazardous concentrations for humans. These are LC50 meaning inhalation lethal dose, expressed in units of  $\text{mg}/\text{m}^3$ , and LD50 as oral or epidermal lethal dose expressed in  $\text{mg}/\text{kg}$  body weight [7].

A danger zone can also be designated by any unit that does not have measuring equipment. It is done with the help of the guidebook *Principles of Rescue* [5]. The ranges of the danger zones in this document are set for small and large spills. Spills that are less than 208 litres are called small, and those exceeding this value are called large. Meanwhile, the rules for the organization of chemical and environmental rescue in the national rescue and firefighting system specify in the elementary guidelines for the safety of the firemen or rescuers to observe the minimum distance from the site of the incident for hazardous materials or objects creating an explosion hazard – not less than 150 m, while for hazardous materials or objects creating a hazard of ionizing radiation – not less than the initial radius of zone I specified in Annexes R, and for other hazardous materials or objects creating a hazard – not less than 50 m [3].

However, the most accurate designation of the danger zone will be carried out by a reconnaissance team with appropriate measuring equipment and an adequate number of rescuers. According to the principles of chemical and environmental rescue, in case of rescue operations in the area of radiation hazards, KSRG units, as part of hazard reconnaissance, carry out radiometric measurements to determine the level of exposure and determine the area in which the following occur: the power of ionizing radiation dose above  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$  or radioactive contamination.

At this point, it should be noted that according to the annex to the guide mentioned above, in the event of the possibility of a radiation emergency, the following sizes of the emergency zone around the site were assumed based on the indications of the measuring instruments:

- it is recommended to adopt a minimum zone radius of 3 m;
- determine the zone boundary at the point where the dose power does not exceed  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$  (micro sieverts per hour);
- the size of the zone must not be less than 3 m from the source (30 m in open terrain is recommended, during a fire also the minimum radius of the zone is 30 m);
- the location of forces and resources must be min. 50 m [3].

If a container with radioactive material is located inside a room/facility, the boundaries of the danger zone may be the walls of the room/facility. If the dosimetry instrument indicates a dose power of more than  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$  at the border of the 3-meter zone, the zone should be increased until the limit is reached ( $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ) – this is known as Zone I (hot). In the absence of direct-reading electronic dosimetry equipment, the

najwyższego dopuszczalnego stężenia substancji niebezpiecznej, jaki zostanie zmierzony urządzeniami pomiarowymi przez zespół rozpoznawczy. Wyznaczenie strefy zagrożenia to zapewnienie bezpieczeństwa zarówno osobom znajdującym się w miejscu lub pobliżu zdarzenia, jak i samym ratownikom. Podczas działań ratowniczych stosowane wartości progowe dla stężeń czynników chemicznych nie powinny być przekraczane. W Polsce wartości progowe określone są najwyższym dopuszczalnym stężeniem NDS, najwyższym dopuszczalnym stężeniem chwilowym NDSch oraz najwyższym dopuszczalnym stężeniem pułapowym NDSP [6]. W przypadku wystąpienia niebezpiecznego stężenia dla ludzi stosuje się wartości stężeń śmiertelnych. Są to LC50 oznaczająca inhalacyjną dawkę śmiertelną, wyrażaną w jednostkach  $\text{mg}/\text{m}^3$ , oraz LD50 jako dawkę śmiertelną doustną lub naskórka wyrażaną w  $\text{mg}/\text{kg}$  masy ciała [7].

Wyznaczyć strefę zagrożenia może również każda jednostka, która nie posiada urządzeń pomiarowych. Dokonuje tego za pomocą przewodnika *Zasady postępowania ratowniczego* [5]. Zasięgi stref zagrożenia w tym dokumencie zostały wyznaczone dla małych i dużych wycieków. Wycieki mniejsze niż 208 litrów nazywane są małymi, a przekraczające tę wartość dużymi. Z kolei w zasadach organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym określa się w elementarnych wytycznych dla bezpieczeństwa strażaków lub ratowników, aby przestrzegać minimalnej odległości od miejsca zdarzenia dla materiałów niebezpiecznych lub obiektów tworzących zagrożenie wybuchem – nie mniej niż 150 m, dla materiałów niebezpiecznych lub obiektów tworzących zagrożenie promieniowaniem jonizującym – nie mniej niż wstępny promień strefy I określony w załącznikach R, natomiast dla pozostałych materiałów niebezpiecznych lub obiektów tworzących zagrożenie – nie mniej niż 50 m [3].

Najdokładniejsze jednak wyznaczenie strefy zagrożenia będzie przeprowadzone przez zespół rozpoznawczy posiadający odpowiednie urządzenia pomiarowe oraz stosowną liczbę ratowników. Zgodnie z zasadami ratownictwa chemicznego i ekologicznego w przypadku działań ratowniczych w zakresie zagrożeń radiacyjnych jednostki KSRG w ramach rozpoznania zagrożenia wykonują pomiar radiometryczny w celu określenia poziomu narażenia oraz wyznaczają obszar, w którym występują: moc dawki promieniowania jonizującego powyżej  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$  lub skażenia promieniotwórcze.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że zgodnie z załącznikiem do wyżej wspomnianego przewodnika, jeżeli brana jest pod uwagę możliwość wystąpienia zagrożenia radiacyjnego, to wokół miejsca zdarzenia – na podstawie wskazań przyrządów pomiarowych – ustala się następujące wielkości strefy awaryjnej:

- minimalny promień strefy 3 m;
- granica strefy ulokowana w miejscu, w którym moc dawki nie przekracza  $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$  (mikro siwertów na godzinę);
- wielkość strefy powyżej 3 m od źródła (zaleca się 30 m w terenie otwartym, podczas pożaru również promień minimalny strefy to 30 m);
- umiejscowienie sił i środków oddalone od miejsca bezpośredniego zdarzenia o min. 50 m [3].

W przypadku lokalizacji pojemnika z materiałem promieniotwórczym wewnątrz pomieszczenia/objektu, granice strefy

guide indicates that to estimate the effective dose received by a rescuer during rescue operations, it is necessary to know how long the rescuer has been in the vicinity of the radioactive material and the strength of the radiation dose at the rescuer's location [3].

The principles of chemical and environmental rescue also specify the participation of KSRG units in the event of a threat from a biological agent [3]. The national rescue and firefighting system, within the framework of its equipment capabilities, rescue potential, cooperates with the competent authorities and entities during emergency events caused by the threat of a biological agent, including during events of a terrorist nature [8]. The work performed then is in support of the activities of services and institutions responsible for the implementation of public health tasks against infections and infectious diseases. All activities carried out by KSRG units should be carried out under the supervision of the State Sanitary Inspectorate, the medical services that carry them out directly, or a veterinarian in the case of animal diseases. The rules define the conduct of KSRG units, including, but not limited to:

- events related to the risk of biological agents of group 3 or 4, which is defined in Annex No. B.1 [3],
- the occurrence of an incident with an unidentified shipment that may pose a biohazard, which is defined in Annex No. B.2 [3].

In the *Principles...* [3] it is noted that the activities referred to above are carried out by KSRG entities, taking into account their training and equipment with specialized equipment and personal protective equipment.

It should be emphasized that the boundaries of the zones will constantly change due to meteorological conditions – especially wind. An important role is played by the place where the danger originates (for example, in urban development or near a forest complex). It will affect the intensity and timing of the release of the hazardous substance. That is why it is so important to constantly monitor the danger zone by designated rescue workers with measuring devices. In terms of zoning of particular importance is the density of the substance relative to the air. Gases much lighter than air float and disperse, and heavier ones stay near the surface of the earth, often getting into rooms, causing not only toxic but also explosive hazards.

The designation of a zone for a solid substance probably does not cause difficulties due to the limited possibilities of spreading it in this state of concentration. If a zone is designated for a liquid substance, consideration should be given to whether the substance has entered water bodies or water intakes. In the situation of contamination of drinking water, sanitary-epidemiological services carry out contamination measurements, and in case of surface water and land – environmental protection services. Spreading and zoning in surface waters will then depend on the viscosity of the spill (for example petroleum substances), which affects flow resistance and surface tension. If there is a difference between the surface tensions at the oil-water interface, then the spread of the oil patch will be greater, depending on the temperature of the water and air, as these factors will have a significant impact on the viscosity of oil liquids, the presence

zagrożenia mogą stanowić ściany tego pomieszczenia/obiektu. Jeżeli przyrząd dozymetryczny wskaże moc dawki większą niż 100  $\mu\text{Sv/h}$  na granicy 3-metrowej strefy, należy strefę zwiększyć aż do osiągnięcia granicznej wartości (100  $\mu\text{Sv/h}$ ) – jest to tzw. strefa I (gorąca).

W przypadku braku elektronicznego sprzętu dozymetrycznego z odczytem bezpośrednim przewodnik wskazuje, że do oszacowania dawki skutecznej otrzymanej przez ratownika podczas działań ratowniczych konieczna jest znajomość czasu przebywania w pobliżu materiału promieniotwórczego oraz mocy dawki promieniowania w miejscu przebywania ratownika [3].

Zasady ratownictwa chemicznego i ekologicznego określają również udział jednostek KSRG w przypadku wystąpienia zagrożenia czynnikiem biologicznym [3]. Krajowy system ratowniczo-gaśniczy, w ramach posiadanych możliwości sprzętowych, potencjału ratowniczego, współpracuje z właściwymi organami i podmiotami podczas zdarzeń nadzwyczajnych wywołanych zagrożeniem czynnikiem biologicznym, w tym podczas zdarzeń o charakterze terrorystycznym [8]. Wykonywane wówczas prace mają charakter wspomagający działania służb i instytucji odpowiedzialnych za realizację zadań z zakresu ochrony zdrowia publicznego przed zakażeniami i chorobami zakaźnymi. Wszystkie czynności prowadzone przez jednostki KSRG powinny być wykonywane pod nadzorem Państwowej Inspekcji Sanitarnej, służb medycznych, które je bezpośrednio realizują lub lekarza weterynarii w przypadku chorób zwierzęcych. Zasady określają postępowanie jednostek KSRG m.in. w zakresie:

- zdarzeń związanych z zagrożeniem czynnikami biologicznymi z grupy 3 lub 4, które zostało określone w załączniku nr B.1 [3],
- wystąpienia zdarzenia z niezidentyfikowaną przesyłką mogącą stanowić zagrożenie biologiczne, które zostało określone w załączniku nr B.2 [3].

W *Zasadach...* [3] zaznacza się, że czynności, o których mowa powyżej, prowadzą podmioty KSRG z uwzględnieniem ich wykszolenia oraz wyposażenia w sprzęt specjalistyczny i środki ochrony indywidualnej.

Należy podkreślić, że granice stref będą ulegać ciągłej zmianie ze względu na warunki meteorologiczne – w szczególności wiatr. Ważną rolę odgrywa przy tym miejsce powstania zagrożenia (np. w zabudowie miejskiej lub w pobliżu kompleksu leśnego). Będzie ono wpływać na intensywność i czas wydzielania się substancji niebezpiecznej. Dlatego tak bardzo ważne jest ciągłe monitorowanie strefy zagrożenia przez wyznaczonych ratowników z urządzeniami pomiarowymi. Szczególne znaczenie w aspekcie wyznaczenia stref ma gęstość substancji względem powietrza. Gazy znacznie lżejsze od powietrza unoszą się i rozpraszają, a cięższe utrzymują się przy powierzchni ziemi, przedostając się niejednokrotnie do pomieszczeń i powodując nie tylko zagrożenie toksyczne, ale również wybuchowe.

Wyznaczenie strefy dla substancji stałej zapewne nie powoduje trudnień ze względu na ograniczone możliwości rozprzestrzenienia się jej w tym stanie skupienia. W przypadku wyznaczenia strefy dla substancji ciekłej należy rozważyć, czy substancja ta nie przedostała się do akwenów lub ujęć wodnych. W sytuacji zanieczyszczenia wody pitnej pomiary skażenia wykonują służby sanitarno-epidemiologiczne, a wód powierzchniowych i gruntu – służby ochrony środowiska. Rozprzestrzenianie i wyznaczenie

of wind force, the speed of the river current, the size of the body of water, the presence of wave action (it is estimated that the speed of spread of the patch is equal to 2–3% of the wind speed). When a river is contaminated, petroleum substances flow along the entire width of the riverbed (up to 30 m). The strong current causes substances to be thrown back toward the shore at the river's bends, while the value of the velocity of the spill front is equal to about 80% of that of the river's surface current.

Designating a zone during a toxic release is most problematic. This is due to the movement of the chemical not always in a predictable direction. The designated zone should be constantly monitored and protected from unauthorized persons. The initial determination of the zone will be related to visual recognition of the extent of the contamination and its possible movement, if the substance has a colour, odour or causes other physical phenomena. It should be important for the reconnaissance team at this point to determine the presence or absence of an explosive hazard. In the next part, determining the concentration of oxygen and, in the best situation, the concentration of the hazardous substance present. An indication of an oxygen concentration that deviates from the normative one (21% in the air) will indicate that there is an unsafe condition in the environment. If the reconnaissance team is equipped with measuring devices, the process of identifying the threat and designating the zone will depend on whether the devices are equipped to detect this factor. The situation will be more difficult when there is more than one toxic substance or when the interaction of this substance causes hazardous reactions, so more than one hazard, such as toxic, explosive [9]. The time it will take for the team to be able to conduct proper reconnaissance at all will also be a determinant, depending on the number of rescuers present at the scene.

The task of determining the size of the danger zone actually begins at the stage when forces and resources are dispatched by the on-call operational control stations. The initial designation of a zone is to ensure the safety of those inside and near such a zone. It is also intended to protect rescuers arriving at an incident with the measuring device on. Performing this task results in the immediate evacuation of people in immediate danger and the use of breathing apparatus by the rescuers operating in the contamination zone. Designating a zone also means constantly monitoring the spread of a hazardous substance. It is the process of continuously detecting a chemical agent that poses a threat to human health and life. Monitoring is a regularly repeated measurement carried out by a reconnaissance team present within the danger zone. Experience shows that due to the small number of rescuers, measuring equipment and their technical capabilities, this task may not be fully accomplished. As rescuers have limited capacity, they focus more on detection and identification of the substance only, while the zone itself is designated by schematic actions contained in the rules for the organisation of chemical and ecological rescue in KSRG or in a guidebook (for example: *Principles of Rescue Practice*), in which a given extent of the danger zone is adopted depending on the amount of the released substance. The best solution for this phase of the operation may be zone monitoring organised on the scene by a reconnaissance team using unmanned aerial vehicles [10]. The use of

strefy na wodach powierzchniowych będzie uzależnione wówczas od lepkości rozlanych substancji (przykładowo substancji ropopochodnych), która wpływa na opór podczas płynięcia i napięcie powierzchniowe. Jeżeli występuje różnica pomiędzy napięciami powierzchniowymi na granicy faz olej-woda, wtedy rozprzestrzenianie się plamy oleju będzie większe, zależne od temperatury wody i powietrza, ponieważ czynniki te będą miały istotny wpływ na lepkość cieczy ropopochodnych, występowania siły wiatru, prędkości nurtu rzeki, wielkości akwenu, występowania falowania (szacunkowo prędkość rozprzestrzeniania się plamy jest równa 2–3% prędkości wiatru). W przypadku skażenia rzeki substancje ropopochodne płyną całą szerokością koryta rzecznoego (do 30 m). Silny nurt powoduje, iż na zakolach rzeki substancje odrzucane są w kierunku brzegu, zaś wartość prędkości czoła rozlewu jest równa ok. 80% wartości prędkości nurtu powierzchniowego rzeki.

Wyznaczenie strefy podczas uwolnienia się substancji toksycznej jest najbardziej problematyczne. Jest to związane z przemieszczaniem się substancji chemicznej nie zawsze w przewidywalnym kierunku. Wyznaczoną strefę należy stale monitorować oraz zabezpieczyć przed osobami postronnymi. Wstępne określenie strefy będzie związane z wizualnym rozpoznaniem rozmiarów skażenia i ewentualnym jego przemieszczaniem się, o ile substancja będzie posiadała barwę, zapach lub powodowała inne zjawiska fizyczne. Dla zespołu rozpoznawczego w tym momencie powinno być ważne stwierdzenie obecności lub nie występowania zagrożenia wybuchowego, a w dalszej części – określenie stężenia tlenu, a w najlepszej sytuacji stężenia występującej substancji niebezpiecznej. Wskazanie stężenia tlenu odbiegającego od normatywnego (21% w powietrzu) będzie świadczyć o tym, że w otoczeniu występuje stan zagrożenia. Jeżeli na wyposażeniu zespołu rozpoznawczego będą znajdować się urządzenia pomiarowe, to proces identyfikacji zagrożenia i wyznaczenia strefy będzie uzależniony od tego, czy urządzenia będą przy stosowane do wykrycia tego czynnika. Sytuacja będzie trudniejsza, gdy występować będzie więcej niż jedna substancja toksyczna lub gdy oddziaływanie tej substancji będzie powodować reakcje niebezpieczne, a więc więcej niż jedno zagrożenie, np. toksyczne, wybuchowe [9]. Determinantem będzie również czas, w jakim zespół będzie w ogóle mógł przeprowadzić właściwe rozpoznanie w zależności od liczby ratowników obecnych na miejscu zdarzenia.

Zadanie dotyczące określenia wielkości strefy zagrożenia zaczyna się tak naprawdę już na etapie dysponowania sił i środków przez dyżurnych operacyjnych stanowisk kierowania. Wstępne wyznaczenie strefy to zapewnienie bezpieczeństwa osobom znajdującym się wewnątrz takiej strefy i w jej pobliżu. Ma również służyć ochronie ratowników dojeżdżających do zdarzenia z włączonym urządzeniem pomiarowym. Wykonanie tego zadania powoduje natychmiastową ewakuację ludzi będących w bezpośrednim zagrożeniu oraz stosowanie przez ratowników prowadzących działania w strefie skażenia aparatów ochrony dróg oddechowych. Wyznaczenie strefy to również stałe monitorowanie rozprzestrzeniającej się substancji niebezpiecznej. To proces ciągłego wykrywania czynnika chemicznego stwarzającego zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Monitorowanie to powtarzany regularnie pomiar wykonywany przez zespół rozpoznawczy obecny w obrębie strefy zagrożenia. Z doświadczenia wiadomo, że ze względu na małą liczbę ratowników, urządzeń pomiarowych i ich możliwości technicznych zadanie to może nie być

UAV with detectors to detect, identify and measure concentrations of a hazardous substance will allow proper monitoring of the hazard in the area [11]. An adequate solution may be to carry out scans of the surroundings using appropriate remote sensing equipment, an appropriate number of which should be carried by the emergency and co-operation services [12]. It should be emphasised that the process of designating a danger zone is not only included in the KSRG regulation, but also in the SGRChem Basic Level Rescue Rules and Readiness Level A and B. Moreover, it should be noted that the danger zone is constantly changing and should therefore be reviewed on an ongoing basis, which in turn is not a task exposed in the principles of rescue organisation at basic, A and C level of SGRChem readiness. Therefore, depending on the type of threat present, a chemical reconnaissance group may not be sufficient. This will depend on the scale of the spread of the chemical threat. Therefore, the efficiency of the reconnaissance system will be determined by the organisation of this activity itself. Such a situation will require the deployment of more rescuers and more equipment. Concentrating the right amount of forces and resources in the initial phase of the operation will contribute to the smooth operation of the reconnaissance and rescue system. Interaction with the various rescue entities will also be an important part of this task, as the effective elimination of the threat will depend on this cooperation. Properly assessing the situation and anticipating in the decision-making process will be a special skill for the supervisor, which will influence the immediate development of the situation and the scale of the threat. Efficient initial reconnaissance will create an anticipated range of rescue operations.

In conclusion, identifying hazardous materials means knowing their physico-chemical and toxicological properties. Identifying them allows rescue teams to work out the right tactics to use in defining the danger zone, undertaking the appropriate evacuation of people, property or animals, securing the rescuers themselves, selecting rescue equipment.

### Recognition of CBRNE threats in interdepartmental cooperation in a non-military setting

The National Security Strategy indicates the importance of the process of integrating the national security management system by building adaptive capacities to connect processes, procedures, operating practices and merge legacy systems, including the crisis management system [13]. Turning to

w pełni zrealizowane. Ponieważ ratownicy mają ograniczone możliwości, bardziej skupiają się tylko na wykryciu i identyfikacji substancji, natomiast samą strefę wyznaczają poprzez schematyczne działania zawarte w zasadach organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w KSRG lub w poradniku (przykładowo: *Zasady postępowania ratowniczego*), w którym w zależności od ilości uwolnionej substancji przyjmuje się dany zasięg strefy zagrożenia. Najlepszym rozwiązaniem tej fazy działania może być monitoring strefy zorganizowany na miejscu zdarzenia przez zespół rozpoznawczy przy użyciu bezzałogowych statków powietrznych [10]. Wykorzystanie BSP z detektorami do wykrycia, identyfikacji i pomiaru stężeń substancji niebezpiecznej pozwoli na właściwe monitorowanie zagrożenia na danym terenie [11]. Adekwatnym rozwiązaniem może być prowadzenie skanowania otoczenia przy użyciu właściwych urządzeń zdalnej detekcji, których odpowiednią liczbę służby ratownicze i współdziałające powinny posiadać na swoim wyposażeniu [12]. Podkreślić należy, że proces wyznaczenia strefy zagrożenia ujęty jest nie tylko w rozporządzeniu KSRG, ale również w zasadach ratownictwa na poziomie podstawowym oraz poziomie A i B gotowości SGRChem. Ponadto należy zauważyć, że strefa zagrożenia ulega ciągłej zmianie, a więc powinna być weryfikowana na bieżąco, co z kolei nie jest zadaniem wyeksponowanym w zasadach organizacji ratownictwa na poziomie podstawowym, A i C gotowości SGRChem. Dlatego też, w zależności od rodzaju występującego zagrożenia, grupa rozpoznania chemicznego może okazać się niewystarczająca. Będzie to uzależnione od skali rozprzestrzeniania się zagrożenia chemicznego. W związku z powyższym o sprawności systemu rozpoznawczego będzie decydować sama organizacja tego działania. Taka sytuacja będzie wymagać zadysponowania większej liczby ratowników i większej ilości sprzętu. Skoncentrowanie odpowiedniej ilości sił i środków w początkowej fazie akcji przyczyni się do sprawnego działania systemu rozpoznawczego i ratowniczego. Ważnym elementem tego zadania będzie też współdziałanie z poszczególnymi podmiotami ratowniczymi, gdyż od współpracy tej zależęć będzie skuteczna likwidacja zagrożenia. Właściwe dokonanie oceny sytuacji i przewidywanie w procesie decyzyjnym będzie dla kierującego szczególną umiejętnością, która wpłynie na najbliższy rozwój sytuacji i skalę zagrożenia. Sprawne dokonanie rozpoznania wstępnego stworzy przewidywany zakres działań ratowniczych.

Reasumując, rozpoznanie materiałów niebezpiecznych to poznanie ich właściwości fizykochemicznych i toksykologicznych. Zidentyfikowanie ich pozwala wypracować zespołom ratowniczym właściwą taktykę działania polegającą na określeniu strefy zagrożenia, podjęcia stosownej ewakuacji ludzi, mienia czy zwierząt, zabezpieczenia samych ratowników, doborze sprzętu ratowniczego.

### Rozpoznanie zagrożeń CBRNE w ramach współpracy międzyresortowej w układzie pozamilitarnym

Strategia bezpieczeństwa narodowego wskazuje na to, jak ważny jest proces zintegrowania systemu zarządzania bezpieczeństwem narodowym poprzez budowanie zdolności adaptacyjnych umożliwiających połączenie procesów, procedur, praktyk działania oraz scalenie dotychczas funkcjonujących systemów,



non-military reconnaissance activities, it should be emphasised that, in accordance with Article 25(1) of the Crisis Management Act of 26 April 2007, subdivisions or branches of the armed forces participate in crisis situations when the use of other forces and means is impossible or may be insufficient [14]. Taking into account the occurrence of various threats in the contemporary environment, the law indicates the need to include the armed forces to perform the tasks carried out by the Government Security Centre, the provincial governor and support by public administration bodies of the tasks of the armed forces [14]. If, in a crisis situation, the use of other forces and resources is impossible or may be insufficient, the Minister of National Defence, at the request of the voivode, may place subdivisions or units of the armed forces at his/her disposal with their assignment to perform crisis management tasks [14]. The military is not one of the rescue parties, so the inclusion of branches of the armed forces in crisis management plans takes place in emergency situations and therefore in special cases. This can be a chemical hazard activity, especially when more forces and resources are needed (e.g. to monitor a hazard zone over a large area), and there are no other reconnaissance teams in the immediate vicinity. Functioning at the Central Centre for Analysis of Contamination (COAS), the Mobile OPBMR Laboratory is a specialist element in the Contamination Detection System (SWS) and secures the operation of the Polish Armed Forces [15]. The laboratory's unquestionable advantages are its professional equipment in the three modules: chemical, biological, radiological, its ability to operate overseas and its compliance with NATO standards for sampling, analysis and identification of chemical, radioactive substances and biological pathogens. It should be emphasised that the establishment of the Mobile OPBMR Laboratory has significantly improved the capabilities of the Polish Armed Forces in the area of contamination identification and thus made it possible to achieve NATO standards. According to the *Plan for Interaction of Organisational Units of the Unified National Contamination Detection and Alert System* issued on 14 April 2016, chemically, biologically or radioactively contaminated materials may also be sampled by Mobile Sampling Groups operating in specialised military units of the Chemical Forces or Sampling Teams from COAS [15]. In addition, samples of biologically contaminated materials can be collected by Biological Recognition Teams (ZRB), which are part of the Military Preventive Medicine Centres (WOMP). However, laboratory analyses of samples of contaminated materials can be carried out by the Mobile OPBMR Laboratory located at COAS, mobile laboratories located within specialised military units (subdivisions), stationary laboratories at the Military Institute of Chemistry and Radiometry, the Training Centre of the Engineering and Chemical Forces, the Military Academy of Technology, as well as the Military Food Service Research and Implementation Centre and the Military Institute of Hygiene and Epidemiology (WIHiE) [15].

As a result of the carried out research process, it is possible to formulate the thesis that the composite administrations are responsible for the management of CBRN events in their areas of responsibility, but it is noted that if their resources are insufficient, they can be assisted by other parties. Similarly, the armed forces may also require the support of the public administration before, during and after a CBRN event. The convergence of KSRG

m.in. systemu zarządzania kryzysowego [13]. Zmierzając do działań rozpoznawczych pozamilitarnych, należy podkreślić, że zgodnie z art. 25 pkt 1 ustawy z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym pododdziały lub oddziały sił zbrojnych uczestniczą w sytuacjach kryzysowych w przypadku, kiedy użycie innych sił i środków jest niemożliwe lub może okazać się niewystarczające [14]. Biorąc pod uwagę występowanie we współczesnym środowisku różnych zagrożeń, ustawa wskazuje potrzebę ujmowania sił zbrojnych do wykonywania zadań realizowanych przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, wojewodę oraz wsparcia przez organy administracji publicznej zadań sił zbrojnych [14]. Jeżeli w sytuacji kryzysowej użycie innych sił i środków jest niemożliwe lub może okazać się niewystarczające, minister obrony narodowej, na wniosek wojewody, może przekazać do jego dyspozycji pododdziały lub oddziały sił zbrojnych wraz ze skierowaniem ich do wykonywania zadań z zakresu zarządzania kryzysowego [14]. Wojsko nie należy do podmiotów ratowniczych, dlatego też ujmowanie oddziałów sił zbrojnych w planach zarządzania kryzysowego następuje w sytuacjach kryzysowych, a więc w szczególnych przypadkach. Może to być działanie związane z zagrożeniem chemicznym, szczególnie gdy zachodzi potrzeba użycia większej ilości sił i środków, (np. do monitorowania strefy zagrożenia na dużym obszarze), a w najbliższej odległości nie ma innych zespołów rozpoznawczych. Funkcjonujące w Centralnym Ośrodku Analizy Skażeń (COAS) Mobilne Laboratorium OPBMR jest elementem specjalistycznym w Systemie Wykrywania Skażeń (SWS) i zabezpiecza działanie Sił Zbrojnych RP [15]. Niewątpliwą zaletą laboratorium jest jego profesjonalne wyposażenie w trzech modułach: chemicznym, biologicznym, radiologicznym, zdolność działania poza granicami kraju oraz spełnianie standardów NATO w zakresie pobierania próbek, analizy i identyfikacji substancji chemicznych, promieniotwórczych i patogenów biologicznych. Należy podkreślić, że utworzenie Mobilnego Laboratorium OPBMR znacząco podniosło możliwości Sił Zbrojnych RP w zakresie identyfikacji skażeń, a przez to umożliwiło osiągnięcie standardów NATO. Zgodnie z wydanym w dniu 14 kwietnia 2016 roku *Planem współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład jednolitego krajowego systemu wykrywania skażeń i alarmowania* materiały skażone chemicznie, biologicznie lub promieniotwórczo mogą być pobierane również przez Mobilne Grupy Pobierania Prób, funkcjonujące w specjalistycznych jednostkach wojskowych Wojsk Chemicznych lub Zespoły Pobierania Prób z COAS [15]. Ponadto próby materiałów skażonych biologicznie mogą być pobierane przez Zespoły Rozpoznania Biologicznego (ZRB), wchodzące w skład Wojskowych Ośrodków Medycyny Prewencyjnej (WOMP). Natomiast analizy laboratoryjne prób materiałów skażonych prowadzi może Mobilne Laboratorium OPBMR znajdujące się w COAS, laboratoria mobilne wchodzące w skład specjalistycznych jednostek (pododdziałów) wojskowych, laboratoria stacjonarne w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii, Centrum Szkolenia Wojsk Inżynieryjnych i Chemicznych, Wojskowej Akademii Technicznej, a także Wojskowym Ośrodku Badawczo Wdrożeniowym Służby Żywnościowej i Wojskowym Instytucie Higieny i Epidemiologii (WIHiE) [15].

W wyniku przeprowadzonego procesu badawczego można sformułować tezę, że administracja zespolona ponosi odpowiedzialność

and SZ RP activities performed in reconnaissance activities indicated in Table 1 shows the possibility of cooperation between armed forces and rescue entities in the performance of tasks in support of the non-military system in situations of threat or occurrence of CBRN events. Table 1 mentioned above shows the basic tasks in terms of recognition of a dangerous agent by the KSRG and SWS entities of the Polish Armed Forces.

za zarządzanie zdarzeniami CBRN w swoich obszarach odpowiedzialności, ale zauważa się, że jeżeli ich zasoby są niewystarczające, mogą być wspomagane przez inne podmioty. Podobnie siły zbrojne mogą również wymagać wsparcia administracji publicznej przed zdarzeniem CBRN – podczas takiego zdarzenia i po jego zakończeniu. Zbieżność wykonywanych czynności KSRG i SZ RP w działaniach rozpoznawczych wskazana w tabeli 1 uwidacznia możliwość współdziałania sił zbrojnych i podmiotów ratowniczych w realizacji zadań w zakresie wsparcia układu pozamilitarnego w sytuacjach zagrożenia lub wystąpienia zdarzeń CBRN. Wspomniana tabela 1 przedstawia podstawowe zadania w zakresie rozpoznania czynnika niebezpiecznego przez podmioty KSRG i SWS SZ RP.

**Table 1.** Overview of tasks in the area of reconnaissance by KSRG and SWS SZ RP

**Tabela 1.** Zestawienie zadań z zakresu prowadzenia rozpoznania przez KSRG i SWS SZ RP

KSRG tasks / Zadania KSRG	SWS SZ RP tasks / Zadania SWS SZ RP
<p>Regulation of the Minister of the Interior and Administration of 17 September 2021 on the detailed organisation of the national rescue and firefighting system / Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego</p>	<p>Plan for the interoperability of the organizational units that are part of the unified national contingency detection and alert system [15] / Plan współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład jednolitego krajowego systemu wykrywania skażeń i alarmowania [15]</p>
<p>§ 16. 2. Rescue operations include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• recognition and identification of risk;</li> <li>• securing the rescue zone, including demarcation and marking of the danger zone;</li> <li>• assessing the extent of the threat and forecasting its development; <ul style="list-style-type: none"> <li>• elimination, reduction or enlargement of the danger zone. /</li> </ul> </li> </ul> <p>§ 16. 2. Działania ratownicze obejmują m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rozpoznanie i identyfikację zagrożenia;</li> <li>• zabezpieczenie strefy działań ratowniczych, w tym wyznaczenie i oznakowanie strefy zagrożenia;</li> <li>• ocenę rozmiarów zagrożenia i prognozowanie jego rozwoju;</li> <li>• likwidację, ograniczenie lub zwiększenie strefy zagrożenia.</li> </ul>	<p>4. General characteristics of the components of the national detection and alert system / 4. Ogólna charakterystyka elementów wchodzących w skład krajowego systemu wykrywania skażeń i alarmowania</p> <p>Point 4. item 4.1.2. The tasks of SWS SZ RP include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• detection of BMR strikes or other contamination events; <ul style="list-style-type: none"> <li>• forecasting the contamination situation;</li> </ul> </li> <li>• carrying out reconnaissance and monitoring of contamination; <ul style="list-style-type: none"> <li>• marking of the contaminated areas and identification of the restricted areas;</li> </ul> </li> <li>• collecting and transporting samples of contaminated materials, performing specialised laboratory analyses and interpreting them. /</li> </ul> <p>Pkt 4. ppkt 4.1.2. Do zadań SWS SZ RP należy m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wykrywanie uderzeń BMR lub innych zdarzeń, skutkujących wystąpieniem skażeń; <ul style="list-style-type: none"> <li>• prognozowanie sytuacji skażeń;</li> <li>• prowadzenie rozpoznania i monitoringu skażeń;</li> </ul> </li> <li>• oznakowanie rejonów skażonych i określanie rejonów zastrzeżonych;</li> <li>• pobieranie i transport próbek skażonych materiałów, wykonywanie specjalistycznych analiz laboratoryjnych i ich interpretacja.</li> </ul>
<p>Principles of organization of chemical and ecological rescue in the national rescue and firefighting system, KG PSP / Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym, KG PSP</p>	
<p>Levels of readiness including, but not limited to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• readiness level A – reconnaissance, identification of the threat, forecasting of its development, designation of the danger zone;</li> <li>• readiness level B – the verification of the danger zone, sampling; <ul style="list-style-type: none"> <li>• readiness level C – conducting an imaging diagnosis;</li> <li>• readiness level L – includes laboratory analysis. /</li> </ul> </li> </ul> <p>Poziomy gotowości obejmujące m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom gotowości A – rozpoznanie, identyfikację zagrożenia, prognozowanie jego rozwoju, wyznaczenie strefy zagrożenia;</li> <li>• poziom gotowości B – weryfikację strefy zagrożenia, sampling;</li> <li>• poziom gotowości C – prowadzenie rozpoznania obrazowego; <ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom gotowości L – analizę laboratoryjną.</li> </ul> </li> </ul>	

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The summary presented above shows the unity of the performed tasks and the possibility of mutual support and complementarity between rescue entities and branches of the armed forces in the area of recognising hazardous material. For this purpose, it is necessary to seek to strengthen and enhance the cooperation of KSRG with the armed forces by assigning training tasks, regulating these responsibilities along the lines of defence and crisis management [8].

## Recognition of risks in relation to ecological aspects

The reference to chemical and ecological rescue operating in KSRG for the reduction or elimination of environmental hazards is also reflected in the Act of 27 April 2001 Law on Environmental Protection. The aim of environmental protection in industrial plants is to protect the natural environment from the negative effects of hazardous substances [16]. The Act referred to above, in Article 253(1), requires the preparation of a safety report and, in Article 260(1), external and internal emergency plans to prevent, combat and limit the consequences of an industrial accident [2].

In § 6 of the regulation of the Minister of Development of 23 February 2016 on the safety report for a high-risk establishment, we find a reference indicating the obligation of the manager of a high-risk establishment to identify the hazards by means of a detailed description of possible major industrial accident scenarios with the determination of the probability or conditions of their occurrence together with the determination of initiating events [17].

It should be emphasised that the process of hazard identification started by upper-tier establishments in the event of a major industrial accident will be continued by the emergency responders. It will then be the objective of the emergency responders to verify the adopted parameters for the extent and scale of the identified potential effects of major industrial accidents, taking into account residential areas, their population density and type of development, forms of nature conservation and other areas likely to be affected. These activities will be carried out on the basis of emergency plans: internal and external. This will be based on, in particular, § 12(2) of the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 8 June 2016 on the requirements to be met by emergency plans, which includes an assessment of the consequences of a given scenario defining the extent of a major accident taking into account characteristic features such as explosive and toxic concentrations, explosive overpressures, thermal radiation defined according to the impact limit parameters of potential effects of major industrial accidents in terms of flammability, thermal radiation, explosiveness and toxicity of the dangerous substance [18]. It is in the operational charter of a given scenario that we find the tasks to be carried out, including, among others, conducting hazard reconnaissance by plant employees, sounding the emergency alarm, informing emergency services and other entities, designating and pre-marking the danger zone, or evacuating the danger site. Therefore, it can be concluded that the reconnaissance process begins when plant personnel notice the incident and adopt an initial safe zone for evacuated persons from the immediate danger.

Przedstawione wyżej zestawienie wskazuje na zespolenie realizowanych zadań oraz możliwość wzajemnego wspierania i uzupełniania się przez podmioty ratownicze i oddziały sił zbrojnych w zakresie rozpoznania materiału niebezpiecznego. W tym celu należy szukać wzmocnienia i zacieśnienia współpracy KSRG z siłami zbrojnymi poprzez przypisanie zadań szkoleniowych, regulując te obowiązki na wzór obronności oraz zarządzania kryzysowego [8].

## Rozpoznanie zagrożeń wobec aspektów ekologicznych

Nawiązanie do ratownictwa chemicznego i ekologicznego funkcjonującego w KSRG w zakresie zmniejszenia lub likwidacji zagrożeń dla środowiska znajduje odzwierciedlenie również w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Celem ochrony środowiska w zakładach przemysłowych jest ochrona otoczenia naturalnego przed negatywnym oddziaływaniem substancji niebezpiecznych [16]. Powyższa ustawa w art. 253 ust. 1 nakłada obowiązek opracowywania raportu o bezpieczeństwie, a w art. 260 ust. 1 zewnętrznych i wewnętrznych planów operacyjno-ratowniczych w celu zapobiegania, zwalczania i ograniczania skutków awarii przemysłowej [2].

W § 6 rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 23 lutego 2016 r. w sprawie raportu o bezpieczeństwie zakładu o dużym ryzyku odnajdujemy odniesienie, w którym wskazuje się obowiązek zidentyfikowania zagrożeń przez zarządzającego zakładem dużego ryzyka poprzez szczegółowy opis możliwych scenariuszy poważnych awarii przemysłowych z określeniem prawdopodobieństwa lub warunków ich wystąpienia wraz z określeniem zdarzeń inicjujących [17].

Należy podkreślić, że proces identyfikacji zagrożeń rozpoczęty przez zakłady dużego ryzyka w przypadku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej będzie kontynuowany przez podmioty ratownicze. Wówczas celem podmiotów ratowniczych będzie weryfikacja przyjętych parametrów zasięgu i skali zidentyfikowanych, potencjalnych skutków poważnych awarii przemysłowych z uwzględnieniem terenów zamieszkałych, ich gęstości zaludnienia i rodzaju zabudowy, form ochrony przyrody i innych obszarów, które mogą zostać dotknięte takimi awariami. Działania te będą prowadzone na podstawie planów operacyjno-ratowniczych: wewnętrznego i zewnętrznego. Podstawą tych działań będzie w szczególności § 12 pkt 2 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać plany operacyjno-ratownicze, które obejmują ocenę skutków danego scenariusza określającą zasięg poważnej awarii uwzględniający charakterystyczne cechy, takie jak stężenia wybuchowe i toksyczne, nadciśnienia wybuchowe, promieniowanie termiczne określone według parametrów granicznych oddziaływania potencjalnych skutków poważnych awarii przemysłowych w zakresie palności, promieniowania cieplnego, wybuchowości i toksyczności substancji niebezpiecznej [18]. To w karcie operacyjnej danego scenariusza odnajdujemy zadania przewidziane do realizacji, w tym m.in. prowadzenie rozpoznania zagrożenia przez pracowników

## Conclusion

The scope of the tasks of chemical and ecological rescue in the context of hazard recognition contained in formal and legal documents poses challenges for rescue entities in non-military operations in terms of not only equipment, training of the rescuers, but also the ability to carry out these tasks.

The efficiency of detection and alerting, the mobility of rescue services, the measurement and analysis equipment of rescue teams, the training of rescuers and the organisation of reconnaissance activities on the scene itself have a major impact on achieving full reconnaissance effectiveness and the success of chemical and environmental rescue operations. All of these factors affect the efficiency in identifying chemical hazards.

By indicating in the rules for chemical and ecological rescue the scope of tasks for imagery reconnaissance (using advanced technical, analytical means or manipulation of hazardous materials through the use of mobile robots, unmanned aerial vehicles, optoelectronic devices, remote manipulation devices, advanced methods and analytical means for interpreting incident data and instrumental analysis results), it is proposed that rescue operators achieve an optimal reconnaissance system adequate to environmental conditions.

The above factors have a major impact on the performance of the emergency services. In case of the limited possibilities of instrumental means and, on the other hand, the emergence of more and more complex chemical incidents, the relationships and dependencies occurring between the requirements contained in the departmental regulations and the recognition capabilities of the emergency services in relation to the actual chemical threats occurring become apparent. The identification of chemical hazards in rescue operations carried out by specialist groups should be based on advanced reconnaissance methods.

Legal considerations justifiably indicate that the commonly used catalytic, electrochemical instrumental methods available to emergency responders and used in measuring apparatus for efficient hazard recognition by detecting and measuring gas and liquid vapour concentrations should be replaced or supplemented by spectroscopic methods used in modern technology. These methods use electromagnetic radiation and would enable emergency responders to detect gases, liquid vapours, solids and liquids.

The rules should also clearly indicate the use of chemical analysis not only qualitatively but also quantitatively at the scene. Similarly, this task is highlighted in the SZ RP doctrinal document. In this respect, in the principles of the organisation of chemical and environmental rescue, the tasks of the SGRChem of

zakładu, ogłoszenie alarmu o zagrożeniu, poinformowanie służb ratowniczych i innych podmiotów, wyznaczenie i oznakowanie wstępne strefy zagrożenia, czy ewakuację z miejsca zagrożenia. Można zatem wnioskować, że proces rozpoznawczy rozpoczyna się w momencie zauważenia zdarzenia przez pracowników zakładu i przyjęcia wstępnej strefy bezpiecznej dla ewakuowanych osób z miejsca bezpośredniego zagrożenia.

## Podsumowanie

Zakres zadań ratownictwa chemicznego i ekologicznego w kontekście rozpoznawania zagrożeń zawarty w dokumentach formalnoprawnych stawia przed podmiotami ratowniczymi w działaniach pozamilitarnych wyzwania w zakresie nie tylko wyposażenia, wyszkolenia ratowników, ale również możliwości realizacji tych zadań.

Na osiągnięcie pełnej skuteczności działania rozpoznawczego oraz powodzenie akcji ratownictwa chemicznego i ekologicznego zasadniczy wpływ ma sprawność wykrywania i alarmowania, mobilność służb ratowniczych, wyposażenie w sprzęt pomiarowo-analityczny zespołów ratowniczych, wyszkolenie ratowników oraz sama organizacja działań rozpoznawczych na miejscu zdarzenia. Wszystkie te czynniki oddziałują na efektywność w rozpoznawaniu zagrożeń chemicznych.

Poprzez wskazanie w zasadach do ratownictwa chemicznego i ekologicznego zakresu zadań dotyczących rozpoznania obrazowego (przy użyciu zaawansowanych środków technicznych, analitycznych czy manipulacji materiałami niebezpiecznymi poprzez zastosowanie mobilnych robotów, bezałogowych statków powietrznych, urządzeń optoelektronicznych, urządzeń manipulacji zdalnej, zaawansowanych metod i środków analitycznych celem interpretacji danych o zdarzeniu i wyników analizy instrumentalnej) proponuje się podmiotom ratowniczym osiągnięcie optymalnego systemu rozpoznawczego adekwatnego do uwarunkowań środowiskowych.

Powyższe czynniki mają duży wpływ na realizację zadań przez służby ratownicze. W przypadku ograniczonych możliwości środków instrumentalnych, a z drugiej strony pojawiających się coraz bardziej skomplikowanych zdarzeń chemicznych, uwidaczniają się związki i zależności zachodzące między wymaganiami zawartymi w uregulowaniach resortowych a możliwościami rozpoznawczymi służb ratowniczych w stosunku do występujących rzeczywistych zagrożeń chemicznych. Identyfikacja zagrożeń chemicznych w działaniach ratowniczych prowadzonych przez grupy specjalistyczne powinno opierać się na zaawansowanych metodach rozpoznawczych.

Uwarunkowania prawne słusznie wskazują, że powszechnie stosowane katalityczne, elektrochemiczne metody instrumentalne dostępne dla podmiotów ratowniczych i wykorzystywane w aparaturze pomiarowej do sprawnego rozpoznania zagrożenia poprzez wykrycie i pomiar stężenia gazów i par cieczy powinny zostać zastąpione lub uzupełnione metodami spektroskopowymi stosowanymi w nowoczesnej technologii. Metody te wykorzystują promieniowanie elektromagnetyczne – pozwoliłyby podmiotom ratowniczym wykrywać gazy, opary cieczy, ciała stałe i substancje ciekłe.

readiness level C or L for activities requiring the use of advanced analytical methods and means should include in the content the provision of qualitative and quantitative analysis of the hazardous agent.

Therefore, it can be concluded that the legal norms should not only be adapted to the current hazards in which rescue operators are involved, but should also anticipate any eventuality dictated by real or external conditions, against which forces and means implementing the recognition of a dangerous agent can be put on high alert at any time.

Furthermore, it should be noted that the principles of rescue organisation have been adapted to the new conditions in rescue operations, confirmed by the statistics, in which specialist groups are confronted not only with chemical substances but also with a wide range of hazardous materials. This aspect is covered somewhat more extensively in the new definition of chemical reconnaissance, which recognises it as reconnaissance activities undertaken during incidents involving hazardous materials, carried out on the basis of specialised knowledge and skills using measurement and analytical techniques.

The analysis of the existing legal acts in terms of the possibility of integrating the reconnaissance systems of KSRG and OPBMR units has shown areas of common competence and tasks that can contribute to improving the effectiveness of operations in the identification of hazardous material, monitoring of the danger zone in particular in crisis situations and cross-border threats. The convergence of tasks indicates that the entities can complement each other and work together in order to achieve the intended goal of saving life, health, property and the environment, in particular from a threat with the characteristics of a natural disaster or other emergency. However, in order for the action process to be effective, there should be integration and cooperation between the actors in the organisation of joint practical exercises in the recognition of CBRNE threats.

Zasady powinny również jednoznacznie wskazywać stosowanie chemicznej analizy nie tylko jakościowej, ale i ilościowej na miejscu zdarzenia. Podobnie zadanie to zostało wyekspozowane w dokumencie doktrynalnym SZ RP. W tym zakresie w zasadach organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego, zadania SGRChem poziomu gotowości C lub L dotyczące działań wymagających użycia zaawansowanych metod i środków analitycznych powinny obejmować w treści zapis prowadzenia analizy jakościowej i ilościowej czynnika niebezpiecznego.

Można wnioskować zatem, że unormowania prawne nie tylko powinny być dostosowane do występujących obecnie zagrożeń, w których uczestniczą podmioty ratownicze, ale również powinny przewidywać każdą ewentualność podyktowaną warunkami rzeczywistymi lub zewnętrznymi, wobec których siły i środki realizujące rozpoznawanie czynnika niebezpiecznego mogą być w każdej chwili postawione w najwyższej gotowości.

Ponadto należy zauważyć, że zasady organizacji ratownictwa zostały dostosowane do nowych uwarunkowań w działaniach ratowniczych, potwierdzone w statystykach, w których grupy specjalistyczne zmagają się nie tylko z substancjami chemicznymi, ale również z szerokim zakresem materiałów niebezpiecznych. Ten aspekt został uwzględniony nieco szerzej w nowej definicji rozpoznania chemicznego ujmującej je jako czynności rozpoznawcze podejmowane podczas zdarzeń z materiałami niebezpiecznymi, realizowane w oparciu o specjalistyczną wiedzę i umiejętności z wykorzystaniem technik pomiarowych i analitycznych.

Analiza obowiązujących aktów prawnych pod kątem możliwości integracji systemów rozpoznawczych jednostek KSRG i OPBMR wykazała obszary wspólnych kompetencji oraz zadań, które mogą przyczynić się do poprawy skuteczności działań w rozpoznawaniu materiału niebezpiecznego, monitorowaniu strefy zagrożenia w szczególności w sytuacjach kryzysowych i zagrożeniach transgranicznych. Zbieżność zadań wskazuje, że podmioty mogą wzajemnie się uzupełniać i współdziałać w celu osiągnięcia zamierzonego celu, jakim jest ratowanie życia, zdrowia, mienia i środowiska naturalnego w szczególności przed zagrożeniem mającym znamiona klęski żywiołowej lub innych stanem nadzwyczajnym. Jednak aby proces działania był skuteczny, powinna nastąpić integracja i współdziałanie podmiotów w zakresie organizacji wspólnych ćwiczeń praktycznych w rozpoznaniu zagrożeń CBRNE.

## Literature / Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737 z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2022 poz. 2556 z późn. zm.).
- [3] *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym*, KG PSP, Warszawa 2021, <https://www.gov.pl/web/kgpsp/dokumenty-rchem> [dostęp: 12.11.2022].
- [4] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 2022 poz. 1557 z późn. zm.).
- [5] *Zasady postępowania ratowniczego. Przewodnik*, GIOŚ, Warszawa 2016.
- [6] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych

- dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286 z późn. zm.).
- [7] Skrypt do szkolenia z zakresu ratownictwa chemicznego realizowanego przez KSRG w zakresie podstawowym, KG PSP, Warszawa 2019.
- [8] Wyszomirska M., Konieczny A., *Problematyka oraz kierunki współpracy krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego ze strukturami samorządu terytorialnego*, SFT Vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 60–76, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.3>.
- [9] Maślanka S., *Rozpoznanie z wykorzystaniem wybranych substancji chemicznych, „W akcji”* 2010.
- [10] Roguski J., *Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w straży pożarnej*, w: *Systemy bezzałogowych statków powietrznych w ochronie przeciwpożarowej i ratownictwie*, M. Feltyński (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2022, 11–47, <https://www.cnbop.pl/wydawnictwa/ksiazki/978-83-958583-3-8/systemy-bsp-w-ochronie-ppoz.pdf> [dostęp: 10.11.2022].
- [11] Harmata W., Witczak M., Pietrzak G., *Koncepcja rozwiązań technicznych systemu powietrznego wykrywania skażeń wykorzystującego statki bezzałogowe*, BiTP Vol. 48 Issue 4, 2017, pp. 14–32, <https://doi.org/10.12845/bitp.48.4.2017.1>.
- [12] Harmata, W., Witczak, M., *Rozpoznanie skażeń w Polsce – aktualny stan wiedzy* BiTP Vol. 52 Issue 4, 2018, pp. 20–45, <https://doi.org/10.12845/bitp.52.4.2018.2>.
- [13] *Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa 2020.
- [14] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz.U. 2022 poz. 261 z późn.zm.).
- [15] *Plan współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład jednolitego krajowego systemu wykrywania skażeń i alarmowania*, Wyd. MON, Warszawa 2016, <https://www.katowice.uw.gov.pl/download/2018> [dostęp: 10.11.2022].
- [16] Skoczylas J., *Prawo ratownicze*, LexisNexis, wyd. 2., Warszawa 2011.
- [17] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 23 lutego 2016 r. w sprawie raportu o bezpieczeństwie zakładu o dużym ryzyku (Dz.U. 2016 poz. 287).
- [18] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać plany operacyjno-ratownicze, (Dz.U. 2016 poz. 821).
- [19] Kogut, B., *Organizacja i funkcjonowanie krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego*, w: *Zarządzanie kryzysowe. Dylematy zagrożeń i bezpieczeństwa państwa*, B. Kaczmarczyk, B. Kogut, P. Kobes (red.), t. 3, PWSZ, Legnica 2013.

**BOGDAN KOŁCZ, PH.D. ENG.** – Ph.D. in social sciences in the area of defence sciences. He obtained his degree in 2012 from the Faculty of Management and Command at the National Defence Academy in Warsaw. Graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw. From 2009 to 2018, District Commander of the State Fire Service in Leżajsk, provincial coordinator for CBRNE threat recognition. As of October 2019, assistant professor at the J. Grodek State University in Sanok, advisor for the prevention of major industrial accidents at a high-risk chemical plant. Organiser and co-organiser of scientific conferences, training courses, practical exercises in industrial plants. Reviewer of scientific articles and monographs. Author of publications in the area of chemical reconnaissance.

**DR INŻ. BOGDAN KOŁCZ** – doktor nauk społecznych w zakresie nauk o obronności. Stopień naukowy uzyskał w 2012 roku na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia w Akademii Obrony Narodowej w Warszawie. Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W latach 2009–2018 Komendant Powiatowy Państwowej Straży Pożarnej w Leżajsku, koordynator wojewódzki ds. rozpoznawania zagrożeń CBRNE. Od października 2019 roku adiunkt Uczelni Państwowej im. J. Grodka w Sanoku, doradca ds. przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym w zakładzie chemicznym dużego ryzyka. Organizator i współorganizator konferencji naukowych, szkoleń, ćwiczeń praktycznych w zakładach przemysłowych. Recenzent artykułów naukowych i monografii. Autor publikacji z zakresu rozpoznania chemicznego.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).



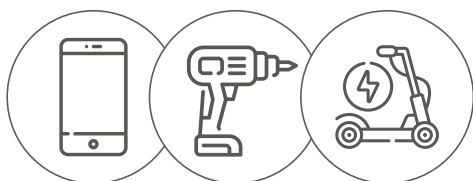
CNBOP-PIB

Laboratorium akredytowane  
przez Polskie Centrum Akredytacji – AB 1280

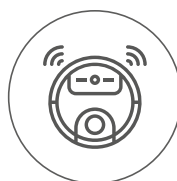
TWÓJ PARTNER W  
**BEZPIECZEŃSTWIE**

## Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości

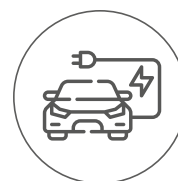
### ZASTOSOWANIE AKUMULATORÓW LITOWO-JONOWYCH



**Urządzenia  
codziennego  
użytku**



**Urządzenia  
gospodarstwa  
domowego**



**Pojazdy  
elektryczne**

**POŻARY AKUMULATORÓW LITOWO-JONOWYCH CHARAKTERYZUJĄ SIĘ DYNAMICZNYM PRZEBIEGIEM, CZĘSTO POPRZEDZONYM GWAŁTOWNYM WYDZIELENIEM SIĘ GAZÓW O WŁAŚCIWOŚCIACH PALNYCH LUB TOKSYCZNYCH**

**W CNBOP-PIB prowadzimy badania** akumulatorów Li-Ion m.in. pod kątem:

Oceny stopnia zabezpieczenia akumulatora litowo-jonowego poddawanego:

- ✓ długotrwałemu oddziaływaniu podwyższonej temperatury
- ✓ ogrzewaniu płomieniem zewnętrznym
- ✓ mechanicznemu uszkodzeniu

Oceny możliwości ugaszenia pożaru, np. pojazdu elektrycznego lub akumulatora litowo-jonowego, np. na linii produkcyjnej, w czasie przetwarzania odpadów w zakładzie z wykorzystaniem różnych technik i systemów gaśniczych:

#### **KORZYŚCI Z BADAŃ:**

- ✓ dobór odpowiednich zabezpieczeń w zakładzie/obiekcie
- ✓ ocena ryzyka i zagrożenia wybuchem/pożaru
- ✓ poprawa bezpieczeństwa pożarowego
- ✓ udoskonalanie zabezpieczeń przeciwpożarowych akumulatora litowo-jonowego

Bogdan Kosowski<sup>a)</sup>, Robert Piec<sup>b)</sup>, Arkadiusz Kielin<sup>c)</sup>\*

<sup>a)</sup> Uniwersytet Jagielloński w Krakowie / Jagiellonian University in Krakow

<sup>b)</sup> Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie / Main School of Fire Service in Warsaw

<sup>c)</sup> Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie / Municipal Headquarters of the State Fire Service in Krakow

\* Corresponding author / Autor korespondencyjny: [arkadiusz.kielin@psp.krakow.pl](mailto:arkadiusz.kielin@psp.krakow.pl)

## Unification of the Construction of Tank Vehicles as an Important Element in Improving the Safety of Transport and Rescue Operations

### Unifikacja budowy cystern jako istotny element poprawy bezpieczeństwa transportu i prowadzenia działań ratowniczych

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of the research was to verify the assumptions regarding the need to unify and standardize the design of tank vehicles in order to make it easier for rescuers from specialized chemical-ecological rescue groups (SRGChem) to make the right decisions at the scene. Ultimately, such unification is expected to allow the safe elimination of the threat by improving the rescue efforts of the groups in question. To carry it out, it is necessary to analyse rescue operations and draw conclusions, which should be made available to the manufacturers of tank vehicles, carriers and SGRChem rescuers.

**Project and methodology:** In the first stage of consideration, an analysis of the literature was carried out, followed by a survey of the rescuers who are members of SRGChem in order to find out their opinions on the unification of the construction of tank vehicles. Questions included emergency unloading valves. Interviews were also conducted with experts familiar with the issues of the subject in question, in particular practitioners who perform command functions in the SGRChem on a daily basis.

**Results:** A survey of emergency responders from specialized chemical and environmental rescue groups shows that the vast majority of this group sees a significant problem arising from the varied design of tank vehicles for transporting hazardous substances. An overwhelming number of respondents indicated that unification of the construction of tank vehicles transporting hazardous substances is feasible, but requires a lot of discussions with the manufacturers in terms of seeking new solutions, i.e., insurance relief for tank vehicles that would be certified for unified construction.

**Conclusions:** The transportation of hazardous materials is a complex process that requires specialized knowledge. The organization of transport in accordance with current safety regulations and standards ensures not only the minimization of risks arising from the transport of hazardous materials, but also its full efficiency. It is important to remember that every participant in the transport of dangerous goods has certain responsibilities. The greatest scope is imposed on the carrier and the shipper. At the same time, it is necessary to pay attention to an indispensable element of transport safety – that is, training, which should be carried out for all employees who come into contact with dangerous goods. All these considerations lead to the conclusion that unification of the construction of tank vehicles would have a significant impact on improving the safety of transport and the effectiveness of ongoing rescue operations.

**Keywords:** safety, transport, rescue, training, hazardous substances

**Type of article:** original scientific article

---

Received: 22.11.2022; Reviewed: 13.02.2023; Accepted: 13.02.2023;

Authors' ORCID IDs: B. Kosowski – 0000-0003-3397-4445; R. Piec – 0000-0002-5234-5639; A. Kielin – 0000-0002-3098-7016;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 120–130, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.7>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem badań była weryfikacja przyjętych założeń na temat konieczności unifikowania i ujednoczenia budowy cystern, tak aby ułatwić ratownikom specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego (SRGChem) podjęcie właściwych decyzji na miejscu akcji. Finalnie taka unifikacja ma pozwolić na bezpieczną likwidację zagrożenia poprzez usprawnienie działań ratowniczych wspomnianych grup. Do jej przeprowadzenia konieczne jest dokonanie analizy czynności ratowniczych oraz wyciągnięcie wniosków, które powinny być udostępnione producentom cystern, przewoźnikom oraz ratownikom SGRChem.

**Projekt i metody:** W pierwszym etapie rozważań dokonano analizy literatury, następnie przeprowadzono badania ankietowe wśród ratowników będących członkami SRGChem w celu poznania ich opinii na temat unifikacji budowy cystern. Pytania dotyczyły m.in. zaworów do awaryjnego rozładunku.



Przeprowadzono także wywiady z ekspertami znającymi problematykę przedmiotowego tematu, w szczególności praktykami, którzy na co dzień pełnią funkcje dowódcze w SGRchem.

**Wyniki:** Z rozeznania przeprowadzonego wśród ratowników specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego wynika, że zdecydowana większość tej grupy dostrzega znaczny problem wynikający ze zróżnicowanej budowy cystern do przewozu substancji niebezpiecznych. Przeważająca liczba ankietowanych wskazała, że unifikacja budowy cystern przewożących substancje niebezpieczne jest możliwa do realizacji, lecz wymaga wielu rozmów z producentami w zakresie poszukiwania nowych rozwiązań, tj. ulgi w ubezpieczeniach cystern, które posiadałyby certyfikat potwierdzający zunifikowaną budowę.

**Wnioski:** Przewóz materiałów niebezpiecznych jest skomplikowanym procesem wymagającym specjalistycznej wiedzy. Organizacja transportu zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami w zakresie bezpieczeństwa gwarantuje nie tylko zminimalizowanie zagrożeń wynikających z przewozu materiałów niebezpiecznych, ale i pełną jego efektywność. Należy pamiętać, że każdy uczestnik przewozu towarów niebezpiecznych ma określone obowiązki. Największy zakres nałożony jest na przewoźnika oraz na nadawcę przesyłki. Jednocześnie trzeba zwrócić uwagę na nieodzowny element bezpieczeństwa w transporcie – czyli szkolenia, które powinny być przeprowadzane dla wszystkich pracowników mających styczność z towarami niebezpiecznymi. Wszystkie te uwarunkowania prowadzą do konkluzji, że unifikacja budowy cystern miałaby istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa transportu i skuteczności prowadzonych działań ratowniczych.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo, transport, ratownictwo, szkolenie, substancje niebezpieczne

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

---

**Przyjęty:** 22.11.2022; **Zrecenzowany:** 13.02.2023; **Zaakceptowany:** 13.02.2023;

Identyfikatory ORCID autorów: B. Kosowski – 0000-0003-3397-4445; R. Piec – 0000-0002-5234-5639; A. Kielin – 0000-0002-3098-7016;936; Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 120–130, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.7>;

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

---

## Introduction

Transporting dangerous goods requires expert knowledge of the composition, chemical and physical properties of the cargo being transported, as well as specialized packaging and transportation equipment. This area is governed by very precise international regulations and rules of conduct. Unifying and complying with the regulations for transporting hazardous materials increases safety and facilitates effective inspections. In practice, this means that dangerous cargoes that hit the roads of countries that comply with the ADR agreement have the same names and identification numbers. Moreover, they are tested, classified, packaged and labelled in the same way. This state of affairs also makes it easier for the rescuers to deal with potential hazards or dangerous situations arising from the transport of these substances. In particular, this concerns the identification of hazards and procedures for dealing with their uncontrolled release into the environment.

“The transport of dangerous goods by road is in the range of 10–15% of total transport. The majority of these are bulk shipments by tank vehicles, where more than 70% are liquid fuels. It is forecast that these transports will double in our country within 5 to 10 years” [1]. In order to ensure that the increase in the share of freight does not worsen road safety, good legislation in this area and absolute enforcement in daily transport practice, as well as proper education of those involved in the transport and rescue chain, are essential. The general recommendations for the transport of dangerous goods developed by the UN for the various modes of transport by road, rail, sea, air are the basis for the development of specific safety rules for the transport of these materials by road in Europe. The United Nations Economic

## Wprowadzenie

Transport towarów niebezpiecznych wymaga fachowej wiedzy na temat składu, właściwości chemicznych i fizycznych przewożonego ładunku, a także specjalistycznych opakowań i środków transportowych. Obszar ten regulują bardzo precyzyjne międzynarodowe przepisy i zasady postępowania. Ujednolicenie i przestrzeganie przepisów przewozu materiałów niebezpiecznych zwiększa poziom bezpieczeństwa i ułatwia prowadzenie skutecznych kontroli. W praktyce oznacza to, że ładunki niebezpieczne, które trafiają na drogi państw przestrzegających umowy ADR, mają takie same nazwy i numery rozpoznawcze. Co więcej, są w ten sam sposób badane, klasyfikowane, pakowane i znakowane. Taki stan rzeczy jest także ułatwieniem dla ratowników w zakresie likwidacji potencjalnych zagrożeń lub niebezpiecznych sytuacji losowych wynikających z transportu tychże substancji. W szczególności dotyczy to identyfikacji zagrożeń i procedur postępowania w przypadku ich niekontrolowanego uwolnienia do środowiska.

„Przewóz towarów niebezpiecznych transportem drogowym kształtuje się w granicach 10–15% całości przewozów. Większość z nich stanowią transporty masowe w cysternach, gdzie ponad 70% to paliwa ciekłe. Prognozy mówią, że w ciągu 5–10 lat w naszym kraju podwoi się ilość tych przewozów” [1]. Aby wzrost udziału przewozów nie pogorszył stanu bezpieczeństwa na drogach, niezbędne jest dobre prawo w tej dziedzinie oraz bezwzględne egzekwowanie go w codziennej praktyce transportowej, a także właściwe kształcenie uczestników łańcucha transportowego i ratowniczego. Ogólne zalecenia dotyczące transportu towarów niebezpiecznych opracowane przez ONZ dla różnych środków transportu drogowego, kolejowego, morskiego, lotniczego

Commission for Europe's Committee of Experts published The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR) in Geneva on 30 September 1957, which is updated every two years. "The current agreement for 2021–2023 covers 52 countries" [2], where it is the standard to guarantee the safety of road transport of goods that can cause danger. "Poland has been a signatory to this agreement since 1975, but a real and reliable implementer since 2003. Within the meaning of Article 1 of the ADR Agreement, the term (...) "dangerous goods" shall mean such materials and articles the international carriage of which by road is prohibited or authorised under certain conditions laid down in Annexes A and B. Such a general definition makes it possible to translate the application of the agreement to all road transport loads. Making their transport consent conditional is the fulfilment of the provisions in Annexes A and B – it imposes specific obligations on all participants in the transport process: from the manufacturer, the shipper, the carrier to the consumer. Everyone must act in such a way that safety is maintained at the prescribed level" [3].

"Cargo transported by road amounts to 1,551.8 million tonnes, of which dangerous goods account for 155.2 million tonnes. Central routes for the transport of dangerous goods are mainly through urbanised areas. The predominant customers of hazardous chemicals transported by tank vehicles are industrial companies. Most dangerous goods are transported in the areas of Łódź, Tricity, Tarnów, Bydgoszcz and Kielce and Czechowice-Dziedzice. A fundamental threat is the transport of chemicals by road from industrial plants through cities, as this creates a high probability of a disaster within the metropolis and the risk of loss of life or permanent damage to the health of several thousand people, as well as pollution of the ecosystem" [3]. Periodically, incidents of local accidents involving harmful substances are registered in Poland, which are the result of non-compliance with the rules in force in the transport of dangerous goods by road. Spills of petroleum substances and acids are particularly dangerous for the environment and are most often caused by leaking valves, tank damage or collisions. The result of such action can be a fire, as well as the explosion of tank vehicles carrying hazardous substances. The means of transport that may be authorised for the transport of hazardous materials and substances are motor vehicles that have the appropriate certificates authorising them to transport the agents in question. They are:

- vehicles transporting dangerous agents and materials in consignments,
- vehicles transporting dangerous agents and materials in bulk,
- vehicles transporting dangerous agents and materials in tanks.

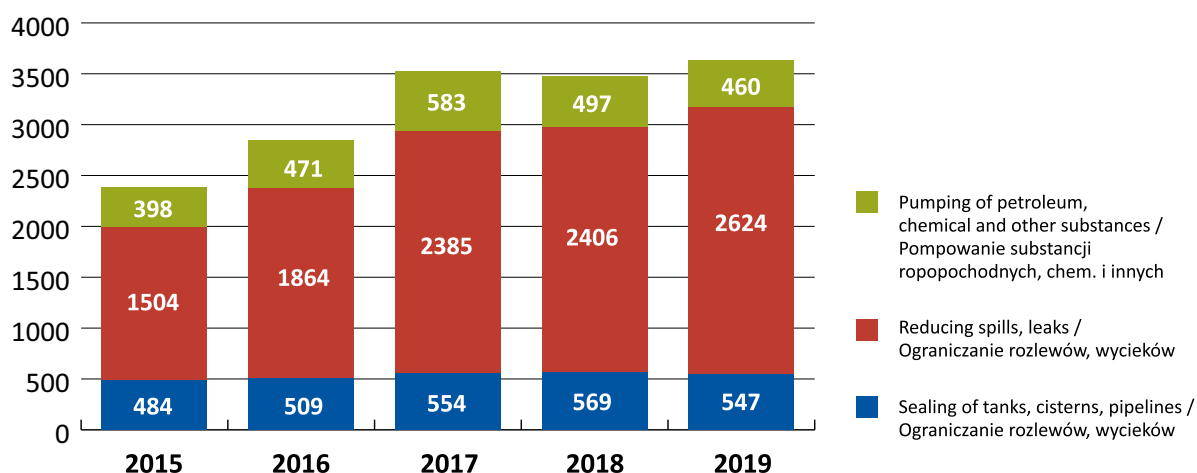
"In Poland, single-track vehicles (motorbikes or motorbikes with an attached semi-trailer or trailer) are not allowed to transport hazardous materials. The means of transport of dangerous goods shall be properly marked in accordance with the provisions contained in the ADR, i.e. provided with two rectangular orange-coloured plates conforming to the requirements of the ADR agreement and properly affixed to the means of transport (at the rear and front of the vehicle) and with hazard number (UN) plates and warning stickers (on both sides of the vehicle)" [3].

są podstawą do opracowania szczegółowych zasad bezpieczeństwa transportu tych materiałów w transporcie drogowym w Europie. Komitet Ekspertów Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (ang. United Nations Economic Commission for Europe) opublikował w Genewie w dniu 30 września 1957 r. umowę europejską o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych (ang. The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, ADR), która jest aktualizowana co dwa lata. „Obecna umowa na lata 2021–2023 obejmuje 52 kraje” [2], w których jest standardem gwarantującym bezpieczeństwo transportu drogowego towarów mogących powodować zagrożenie. „Polska jest sygnatariuszem tej umowy od 1975 r., ale rzeczywistym i rzetelnym jej realizatorem od roku 2003. W rozumieniu artykułu 1 Umowy ADR określenie: (...) „towary niebezpieczne” oznacza takie materiały i przedmioty, których międzynarodowy przewóz drogowy jest zabroniony lub dozwolony pod pewnymi warunkami ustalonymi w załącznikach A i B. Tak ogólna definicja pozwala przełożyć stosowanie umowy na wszystkie ładunki w transporcie drogowym. Uwarunkowanie zgody na ich przewóz jest spełnieniem przepisów zawartych w załącznikach A i B – nakłada na wszystkich uczestników procesu transportowego szczegółowe obowiązki: od producenta, przez nadawcę, przewoźnika do odbiorcy. Wszyscy muszą postępować tak, aby bezpieczeństwo było zachowane na określonym w przepisach poziomie” [3].

„Przewóz ładunków transportem drogowym wynosi 1551,8 mln ton, z czego towary niebezpieczne stanowią 155,2 mln ton. Centralne szlaki przewozu towarów niebezpiecznych przebiegają w głównej mierze przez tereny zurbanizowane. Przeważającymi odbiorcami niebezpiecznych związków chemicznych przewożonych cysternami są przedsiębiorstwa przemysłowe. Najwięcej towarów niebezpiecznych transportuje się w obszarach Łodzi, Trójmiasta, Tarnowa, Bydgoszczy oraz Kielc i Czechowic-Dziedzic. Zasadniczym zagrożeniem jest przewóz środków chemicznych transportem samochodowym z zakładów przemysłowych przez miasta, ponieważ stwarza to duże prawdopodobieństwo wystąpienia katastrofy w obrębie metropolii oraz ryzyko utraty życia bądź trwałego uszczerbku na zdrowiu kilkunastu tysięcy ludzi, jak i również zanieczyszczenia ekosystemu” [3]. Cyklicznie rejestruje się w Polsce zdarzenia miejscowych awarii z udziałem substancji szkodliwych, które są rezultatem nieprzestrzegania zasad obowiązujących w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych. Dla środowiska szczególnie groźne są wycieki substancji ropopochodnych oraz kwasów, które najczęściej powstają w przypadku nieszczelnych zaworów, uszkodzeń zbiornika bądź kolizji. Skutkiem takiego działania może być pożar, a także wybuch cystern przewożących substancje niebezpieczne. Środkami transportowymi, które mogą być dopuszczone do przewozu materiałów i substancji niebezpiecznych, są pojazdy mechaniczne posiadające właściwe świadectwa, zezwalające na transport takich ładunków. Są to:

- pojazdy przewożące środki i materiały niebezpieczne w sztukach przesyłek,
- pojazdy przewożące środki i materiały niebezpieczne luzem,
- pojazdy przewożące środki i materiały niebezpieczne w cysternach.

„W Polsce do transportu materiałów niebezpiecznych nie dopuszczone są pojazdy jednośladowe (motocykle lub motocykle z przyczepioną naczepą lub przyczepą). Środki transportu towarów niebezpiecznych powinny być właściwie oznakowane zgodnie z przepisami zawartymi w ADR, tj. zaopatrzone w dwie prostokątne tablice barwy pomarańczowej, odpowiadające wymaganiom podanym w umowie ADR i właściwie zamocowane na środku transportowym (z tyłu i przodu pojazdu) oraz w tablice z numerami zagrożenia (UN) i nalepkami ostrzegawczymi (po obu stronach pojazdu)” [3].



**Figure 1.** The number of incidents related to rescue operations conducted by SGRChem in the country in 2015–2019 and emergency unloading of tank vehicles, pumping of petroleum substances, containment of spills, leaks and sealing of tanks, cisterns, pipelines  
**Rycina 1.** Liczba zdarzeń związanych z działaniami ratowniczymi prowadzonymi przez SGRChem na terenie kraju w latach 2015–2019 i awaryjnym rozładunkiem cystern, pompowaniem substancji ropopochodnych, ograniczeniem rozlewów, wycieków, uszczelnieniem zbiorników, cystern, rurociągów

Source: Own elaboration based on data from KG PSP [4]

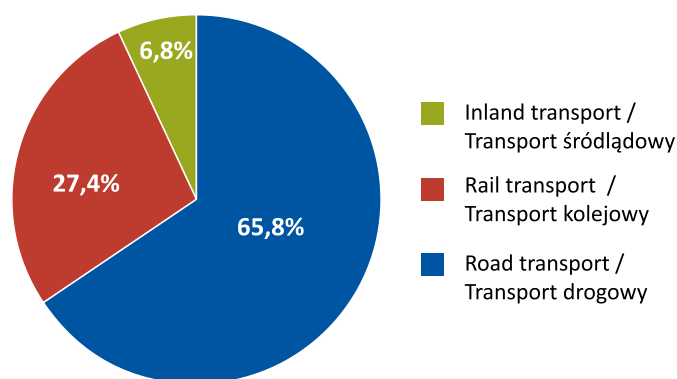
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z KG PSP [4]

Analysis of the data presented in Figure 1 shows that the share of the transport of hazardous materials in Poland is increasing year by year. The occurrence of an adverse event combined with the presence of these substances generates a risk of the transported materials escaping to the outside. This can cause localised contamination of the ecosystem (ground and surface water, as well as the ground), the spread of toxic clouds and flammable vapours and damage to the public's health and, in the worst cases, death.

Dangerous goods pose a particular risk to humans and animals. Among all modes of transport in our country, road transport dominates, with a rate of 65.8% (see Figure 2). Therefore, it can be assumed that the likelihood of a hazardous event occurring is greatest in this mode of transport. Naturally, it should be noted that road transport, according to statistics (Central Statistical Office – Road Transport in Poland in 2018 and 2019, Warsaw–Szczecin 2021) [5], is the most dangerous in terms of accidents of all transport modes.

Analiza danych przedstawionych na rycinie 1 wskazuje, że w Polsce z roku na rok zwiększa się udział transportu materiałów niebezpiecznych. Zaistnienie zdarzenia niekorzystnego w połączeniu z obecnością tych substancji generuje ryzyko wydostania się przewożonych materiałów na zewnątrz. Spowodować to może miejscowe skażenie ekosystemu (wód gruntowych i powierzchniowych, a także gruntu), rozprzestrzenianie się toksycznych chmur i palnych par oraz uszczerbek na zdrowiu społeczeństwa, a w najgorszych przypadkach śmierć.

Towary niebezpieczne tworzą szczególne zagrożenie dla ludzi oraz zwierząt. Wśród wszystkich gałęzi transportu w naszym kraju przeważa transport drogowy, którego wskaźnik wynosi 65,8% (zob. ryc. 2). Można więc przyjąć, że prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia właśnie w tej gałęzi transportu jest największe. Oczywiście zaznaczyć należy, że transport drogowy według statystyk (Główny Urząd Statystyczny – Transport Drogowy w Polsce w latach 2018 i 2019, Warszawa–Szczecin 2021) [5] jest najniebezpieczniejszy pod względem wypadkowości ze wszystkich gałęzi transportu.



**Figure 2.** Share of road, rail and inland waterway transport in the transport of dangerous goods  
**Rycina 2.** Udział transportu drogowego, kolejowego i śródlądowego w przewozach towarów niebezpiecznych

**Source/Źródło:** G. Rogalski, D. Pyza, *Zagrożenia w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych*, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej* 2018 [6].

As the rescue operations carried out by specialised chemical and environmental rescue teams are very diverse, the article focuses on the problem of dealing with the unsealing of tank vehicles carrying hazardous media. The emergency unloading of tank vehicles distributing hazardous substances plays an important role in improving transport safety and the effectiveness of rescue operations. The problem faced by the emergency services is the large number of different technical solutions used in the fittings of these tank vehicles. This raises the question of whether unification of the construction of the tank vehicles can improve safety in the transport of hazardous materials and the efficiency of the services during emergency incidents. The aim of the research presented here was to verify the assumptions made about the need to unify and standardise the construction of tank vehicles, which would make it easier for the rescuers to make the right decisions to eliminate the danger safely, and afterwards to analyse the operations carried out and draw conclusions. These, in turn, should also be available to the manufacturers of tank vehicles, carriers and SGRchem rescuers themselves.

In order to broaden the scope of consideration, the authors attempted to reach out to the international literature related to the subject. The following publications, among others, were analysed:

- D. Koulocheris, C. Vossou, *Exploration of Equivalent Design Approaches for Tanks Transporting Flammable Liquids*, „Computation” 2020, w której opisywana jest ocena integralności konstrukcyjnej cystern [7] oraz
- Peng, S., Zhou D., Xie B., *Analysis of LNG Storage Tank Safety: A Comprehensive Model Approach with ANP and Normal Cloud*, „Applied Science” 2022 [8],
- Węsierski T., Piec R., Majder-Łopatka M., Król B., Gawroński W., Kwiatkowski M., *Hazards Generated by an LNG Road Tanker Leak: Field Investigation of Vapour Propagation under Class B Conditions of Atmospheric Stability*, „Energies” 2021, w których została przeprowadzona analiza bezpieczeństwa zbiorników LNG [9].

However, the analysis of the literature did not lead the authors to a scientific consideration of the unification of the construction of the tank vehicles. This fact is indicative of a research niche within the subject matter under discussion.

Ponieważ działania ratownicze prowadzone przez specjalistyczne grupy ratownictwa chemiczno-ekologicznego są bardzo różnorodne, w artykule skupiono się na problematyce postępowania związanego z rozszczelnieniem cystern przewożących niebezpieczne media. W poprawie bezpieczeństwa transportu i skuteczności działań ratowniczych ważną rolę odgrywa awaryjny rozładunek cystern dystrybuujących substancje niebezpieczne. Problemem, z którym spotykają się służby ratownicze, jest duża liczba różnych rozwiązań technicznych stosowanych w armaturze tych cystern. Powstaje zatem pytanie, czy unifikacja budowy cystern może poprawić bezpieczeństwo w transporcie materiałów niebezpiecznych oraz skuteczność działania służb podczas zdarzeń awaryjnych. Celem przedstawionych badań była weryfikacja postawionych założeń dotyczących konieczności unifikowania i ujednolicenia budowy cystern, które to ułatwiłyby ratownikom podjęcie właściwych decyzji zmierzających do bezpiecznej likwidacji zagrożenia, a po ich przeprowadzeniu – dokonanie analizy przeprowadzonych czynności i wyciągnięcie wniosków. Te z kolei powinny być dostępne także dla producentów cystern, przewoźników oraz samych ratowników SGRchem.

Chcąc rozszerzyć zakres rozważań, autorzy podjęli próbę dotarcia do międzynarodowej literatury związanej z przedmiotowym tematem. Dokonano analizy m.in. następujących publikacji:

- D. Koulocheris, C. Vossou, *Exploration of Equivalent Design Approaches for Tanks Transporting Flammable Liquids*, „Computation” 2020, w której opisywana jest ocena integralności konstrukcyjnej cystern [7] oraz
- Peng, S., Zhou D., Xie B., *Analysis of LNG Storage Tank Safety: A Comprehensive Model Approach with ANP and Normal Cloud*, „Applied Science” 2022 [8],
- Węsierski T., Piec R., Majder-Łopatka M., Król B., Gawroński W., Kwiatkowski M., *Hazards Generated by an LNG Road Tanker Leak: Field Investigation of Vapour Propagation under Class B Conditions of Atmospheric Stability*, „Energies” 2021, w których została przeprowadzona analiza bezpieczeństwa zbiorników LNG [9].

Analiza literatury nie doprowadziła jednak autorów do rozważań naukowych na temat unifikacji budowy cystern. Fakt ten świadczy o niszy badawczej w ramach omawianej problematyki.

## Methodology

The first stage of consideration was an analysis of the literature, followed by a survey of the rescuers who are members of specialist chemical-ecological rescue teams. The aim of the survey was to find out their views on the unification of the construction of tank vehicles, including valves for emergency unloading. The research was carried out in 2020 (first quarter). The questionnaire was distributed to the specialist chemical and environmental rescue teams operating in the National Fire Service via the Internet. 463 correctly completed questionnaires were collected. The survey questionnaire used a Likert scale [10] in a five-point variant, which is often used in social research, to find out the opinions of the respondents. It is used to measure the opinions, attitudes, views of the people surveyed on a questionnaire question.

## Test results

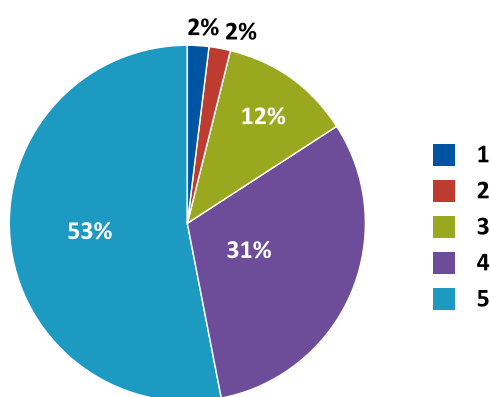
In the course of the analysis carried out among the rescuers of specialist chemical and environmental rescue teams, it was found that the vast majority perceive a major problem in the diversity of construction of tank vehicles for the transport of hazardous substances. It causes great difficulties for the rescuers during the emergency unloading of tank vehicles – if only in relation to the location of the valves and the operation of the very fittings used to unload them. The problem builds up when the tank vehicle is unsealed and/or overturned. As shown in Figure 3, more than half of the rescuers indicate that unification of the construction of the tank vehicles, including the location of the emergency unloading valves and their proper labelling, would greatly improve the conduct of emergency unloading operations. Thus, the adopted research assumptions in the research process carried out were confirmed.

## Metodyka

W pierwszym etapie rozważań dokonano analizy literatury, następnie przeprowadzono badania ankietowe wśród ratowników będących członkami specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego. Celem sondażu było poznanie ich opinii na temat unifikacji budowy cystern, w tym zaworów do awaryjnego rozładunku. Badania wykonano w 2020 roku (I kwartał). Kwestionariusz rozesłano do specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego funkcjonujących w Państwowej Straży Pożarnej drogą internetową. Zebrano 463 poprawnie wypełnione ankiety. W kwestionariuszu badań do poznania opinii respondentów wykorzystano skalę Likerta [10] w wariantcie pięciostopniowym, której często używa się w badaniach społecznych. Stosuje się ją do pomiaru opinii, postaw, poglądów badanych osób na zadane pytanie kwestionariuszowe.

## Wyniki badań

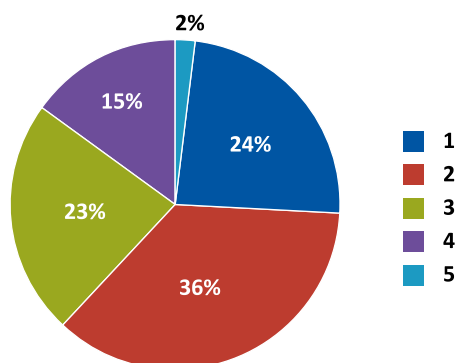
W toku przeprowadzonej analizy wśród ratowników specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego ustalono, że zdecydowana większość dostrzega duży problem w zakresie różnorodności budowy cystern do przewozu substancji niebezpiecznych. Powoduje on ogromne trudności dla ratowników podczas awaryjnego rozładunku cystern – chociażby związane z umiejscowieniem zaworów oraz działaniem samej armatury stosowanej do ich rozładunku. Problem się nawarstwia, gdy cysterna ulegnie rozszczelnieniu lub/i przewróceniu. Jak pokazano na rycinie 3, ponad połowa ratowników wskazuje, że unifikacja budowy cystern, w tym umiejscowienia zaworów do awaryjnego rozładunku i ich właściwego oznakowania, znacznie usprawniłaby prowadzenie działań związanych z awaryjnym rozładunkiem. Tym samym przyjęte założenia badawcze w przeprowadzonym procesie badawczym zostały potwierdzone.



**Figure 3.** Graph showing the percentage distribution of responses to the question: "Please indicate on a scale of 1 to 5 (where 1 is: it would not change the existing status quo and 5 is: it would significantly improve the conduct of operations) whether unification of the construction of tank vehicles, including valves for emergency unloading, would significantly improve the conduct of the SGRchem's emergency decommissioning operations"

**Rycina 3.** Wykres przedstawiający procentowy rozkład odpowiedzi na pytanie: „Proszę określić w skali od 1 do 5 (gdzie 1 to: nie zmieniłoby istniejącego stanu rzeczy, a 5 to: znacznie usprawniłoby to prowadzenie działań), czy unifikacja budowy cystern, w tym zaworów do awaryjnego rozładunku, w znaczący sposób poprawiłoby prowadzenie działań SGRchem w zakresie likwidacji zagrożenia”

**Source / Źródło:** Own elaboration / Opracowanie własne.



**Figure 4.** Graph showing the percentage distribution of responses to the question: “Considering a scoring scale of 1 to 5 (where 1 is: there is a major problem and 5 is: there are no problems in this area), please determine whether there is a problem related to the variety of the construction of tank vehicles transporting hazardous substances and, consequently, whether there is a problem related to the connection of systems for emergency unloading?”

**Rycina 4.** Wykres rozkładu odpowiedzi na pytanie: „Biorąc pod uwagę skalę punktacji od 1 do 5 (gdzie 1 to: istnieje duży problem, a 5 to: brak problemów w tym zakresie), proszę określić, czy istnieje problem związany z różnorodnością budowy cystern przewożących substancje niebezpieczne, a co za tym idzie, czy istnieje problemem związany z podłączeniem układów do awaryjnego rozładunku?”

**Source / Źródło:** Own elaboration / Opracowanie własne.

According to practitioner-experts very familiar with the subject, there is currently a major problem with marking (and therefore finding by the rescuers during the operation), the valves for emergency unloading during incidents involving the overturning of tank vehicles carrying hazardous substances (see Figure 4). They also stress that things are not made easier by drivers, who are often unfamiliar with the construction of tank vehicles. According to the experts' recommendation, emergency unloading valves should be located in several places on the tank vehicle (e.g. on the right, left and rear), so that if the tank vehicle overturns on either side, emergency unloading systems can still be connected. Furthermore, serving firefighters in the SGRchem aptly point out that, along with the unification of the location of the valves for emergency unloading, the hooks for emergency lifting of tank vehicles should be unified, along with information on whether the tank vehicle can be 'put up' full or must be emptied. The experts mentioned earlier also say that the carrier should provide 24/7 access to an ADR advisor who is familiar with the specifics of the particular transport, as well as with the construction of the tank vehicle that is carrying the medium in question.

Many specialists in chemical and environmental rescue and transport believe that an agreement should be created between the Transport Technical Supervision (TDT) and the Headquarters of the State Fire Service (KG PSP). TDT should make technical materials on the construction of tank vehicles available to KG PSP, and then KG PSP should post these materials on the command's website, so that firefighters from all over the country would have the opportunity to get acquainted with the construction of various types of tank vehicles. A very good solution would be to create cards (on the pattern of rescue cards in passenger vehicles), which would inform the rescuers about all important details helpful during the rescue operations connected with emergency unloading of tanks, and, in particular, about the location and means of connecting systems for their emergency unloading.

The possibility of unifying the construction of tank vehicles transporting hazardous substances exists, but it requires many discussions with the manufacturers to find new solutions. This would include, for example, insurance concessions for tank

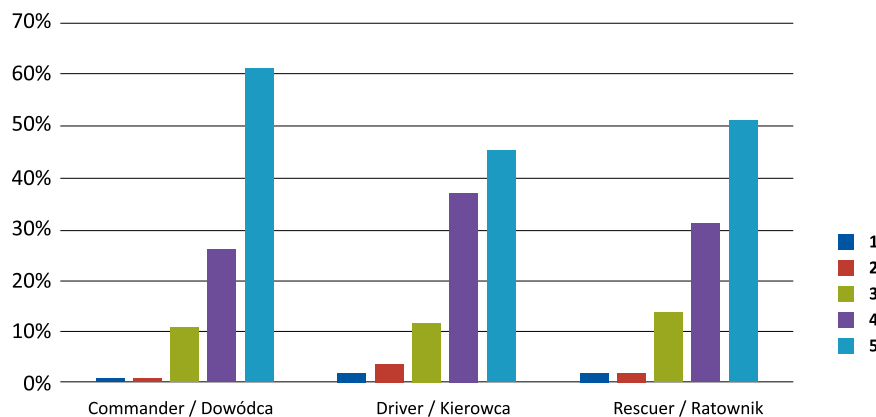
Według praktyków-ekspertów bardzo dobrze zaznajomionych z tematem aktualnie istnieje duży problem z oznakowaniem (a co za tym idzie odnalezieniem przez ratowników w trakcie akcji), zaworów do awaryjnego rozładunku podczas zdarzeń związanych z przewróceniem cystern przewożących substancje niebezpieczne (zob. ryc. 4). Podkreślają także, że sprawy nie ułatwiają kierowcy, często niezający budowy cystern. Zgodnie z rekomendacją ekspertów zawory do awaryjnego rozładunku powinny być zlokalizowane w kilku miejscach cysterny (np. z prawej, lewej strony i z tyłu), tak aby w sytuacji, gdy cysterna wywróci się na dowolną ze stron, nadal można było podłączyć układy do jej awaryjnego rozładunku. Co więcej, pełniący służbę w SGRchem strażacy trafnie zauważają, że wraz z unifikacją umiejscowienia zaworów do awaryjnego podnoszenia cystern wraz z informacją, czy cysterna może być „stawiana” pełna, czy musi zostać opróżniona. Wspomniani eksperci twierdzą także, iż przewoźnik powinien zapewnić całodobowy dostęp do doradcy ADR, znającego specyfikę konkretnego transportu, jak i budowę cysterny, która przewozi dane medium.

Wielu specjalistów z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego i transportu uważa, że należy stworzyć porozumienie pomiędzy Transportowym Dozorem Technicznym (TDT) i Komendą Główną Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP). TDT powinien udostępniać materiały techniczne dotyczące budowy cystern do KG PSP, a następnie KG PSP powinno zamieszczać te materiały na stronach www komendy, tak aby strażacy z całego kraju mieli możliwość zapoznania się z budową różnego rodzaju cystern. Bardzo dobrym rozwiązaniem byłoby stworzenie kart (na wzór kart ratowniczych w pojazdach osobowych), które informowałyby ratowników o wszystkich istotnych szczegółach pomocnych podczas prowadzenia działań ratowniczych związanych z awaryjnym rozładunkiem cystern, a w szczególności o umiejscowieniu i sposobach podłączenia układów do ich awaryjnego rozładunku.

Możliwość unifikacji budowy cystern przewożących substancje niebezpieczne istnieje, lecz wymaga wielu rozmów z producentami w zakresie poszukiwania nowych rozwiązań. Obejmowałyby one np. ulgi w ubezpieczeniach cystern, które

vehicles that would be certified as being of unified construction. The National Fire Service should also lobby for such solutions. This is confirmed, for example, by the results of a survey of the rescuers serving in SGRChem (see Figure 5). Commanders, drivers and rescuers unanimously indicate that unifying the construction of the tank vehicles, including the valves for emergency unloading, would significantly improve the conduct of the SGRChem's emergency response operations.

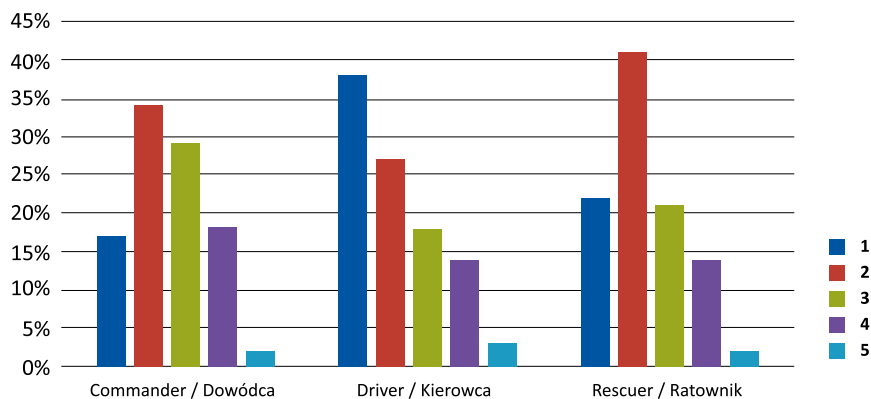
posiadałyby certyfikat potwierdzający zunifikowaną budowę. Wskazane jest, aby PSP lobbowała za tego typu rozwiązaniami. Potwierdzają to chociażby wyniki przeprowadzonych badań ankietowych wśród ratowników pełniących służbę w SGRChem (zob. ryc. 5). Dowódcy, kierowcy i ratownicy zgodnie wskazują, że unifikacja budowy cystern, w tym zaworów do awaryjnego rozładunku, w znaczący sposób poprawiłoby prowadzenie działań SGRChem w zakresie likwidacji zagrożenia.



**Figure 5.** Graph showing the percentage distribution of responses to the question: "Please indicate on a scale of 1 to 5 (where 1 is: would not change the existing state of affairs and 5 is: would significantly improve the conduct of operations) whether unification of the construction of tank vehicles, including valves for emergency unloading, would significantly improve the conduct of the SGRChem's emergency recovery operations?" depending on the respondent's function

**Rycina 5.** Wykres przedstawiający procentowy rozkład odpowiedzi na pytanie: „Proszę określić w skali od 1 do 5 (gdzie 1 to: nie zmieniliby istniejącego stanu rzeczy, a 5 to: znacznie usprawniłoby to prowadzenie działań), czy unifikacja budowy cystern, w tym zaworów do awaryjnego rozładunku, w znaczący sposób poprawiłoby prowadzenie działań SGRChem w zakresie likwidacji zagrożenia?” w zależności od pełnionej przez ankietowanych funkcji

**Source / Źródło:** Own elaboration / Opracowanie własne.



**Figure 6.** Graph showing the percentage distribution of responses to the question: "Considering a scoring scale from 1 to 5 (where 1 is: there is a big problem and 5 is: no problems in this respect), please specify whether there is a problem related to the variety of construction of tank vehicles transporting hazardous substances and, consequently, whether there is a problem related to the connection of systems for emergency unloading?" according to the respondents' function

**Rycina 6.** Rozkład procentowy odpowiedzi na pytanie: „Biorąc pod uwagę skalę punktacji od 1 do 5 (gdzie 1 to: istnieje duży problem, a 5 to: brak problemów w tym zakresie), proszę określić, czy istnieje problem związany z różnorodnością budowy cystern przewożących substancje niebezpieczne, a co za tym idzie, czy istnieje problemem związany z podłączeniem układów do awaryjnego rozładunku?” w zależności od pełnionej przez ankietowanych funkcji

**Source / Źródło:** Own elaboration / Opracowanie własne.

The vast majority of respondents also perceive a problem with the diversity of construction of tank vehicles transporting hazardous substances, as shown in Figure 6.

Zdecydowana większość ankietowanych zauważa również problem związany z różnorodnością budowy cystern przewożących substancje niebezpieczne, co przedstawiono na rycinie 6.

Taking into account all the above aspects of carrying out rescue operations related to the emergency unloading of tank vehicles carrying hazardous substances that have been involved in an accident, a number of problems were encountered in dealing with the hazard that occurred. In the first phase of the operation and after reconnaissance, the rescue commander must decide how to discharge it in an emergency. This is to minimise the risk (a filled tank vehicle that will be lifted poses a huge risk of damage to the tank shell or its equipment as a result of unnatural stresses) and allow the tank vehicle to be placed 'on its wheels' and then towed to a safe location.

According to firefighter-practitioners, the key issue remains that of the emergency unloading of tank vehicles that have been involved in accidents and rollovers. While incidents where the tank vehicle has not overturned are not troublesome for the rescuers (due to the fact that, in most cases, they do not need to be unloaded to eliminate the hazard), incidents where the tank vehicle has overturned cause significant difficulties for the rescuers. One does not need to be a specialist in this area to realise that putting an empty tank vehicle "on its wheels" is safer than performing the same operation with a full load. Situations where a filled tank vehicle has overturned pose numerous problems: firstly, in unloading it safely, and secondly, in restoring the tank vehicle so that it can be towed to a safe location. The figures cited above, which refer to the survey, perfectly illustrate the problematic nature of this issue. The vast majority of firefighters involved in day-to-day chemical-environmental rescues are of the opinion that unification of the construction of tank vehicles would greatly facilitate this type of rescue operation.

## Conclusions

In an effort to improve the level of safety in the transport of dangerous goods by road, state authorities should supervise it and carry out an appropriate number of safety checks. Penalties for failing to comply with the legal standards and for failing to apply health and safety rules should be severe for non-compliance (e.g. the amounts of penalties awarded should be proportionate to the cost of repairing the damage that needs to be incurred to restore the pre-accident condition). The transport of dangerous goods is a transport that requires a great deal of knowledge in this area, as well as the application of appropriate preventive measures.

"The transport of chemicals and mixtures that meet the classification criteria in the area of dangerous goods is regulated by laws of both national and international scope. A separate set of rules has been created for each type of transport, due to the specificity of each. The requirements contained in the legislation are the absolute minimum that must be ensured in order to carry out transport and associated activities safely. The undertaking of the necessary safety measures for transport and the implementation of the rescue operations is dictated by the need to eliminate the risk of a hazardous reaction occurring during the transport and decommissioning activities of the incident, since such an incident may result in violent chemical reactions, the formation of unstable

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe aspekty prowadzenia działań ratowniczych związanych z awaryjnym rozładunkiem cystern przewożących substancje niebezpieczne, które uległy wypadkowi, napotymano na szereg problemów w zakresie likwidacji zaistniałego zagrożenia. W pierwszej fazie działań i po dokonaniu rozpoznania kierujący działaniem ratowniczym musi podjąć decyzję co do sposobu awaryjnego jej rozładunku. Ma to zminimalizować zagrożenie (napelniona cysterna, która będzie podnoszona, stwarza ogromne ryzyko uszkodzenia płaszcza cysterny lub jej oprzyrządowania w wyniku zaistnienia nienaturalnych naprężeń) i umożliwić postawienie cysterny „na koła”, a następnie odholowania w bezpieczne miejsce.

Według strażaków-praktyków kluczowy pozostaje problem związany z awaryjnym rozładunkiem cystern, które uległy wypadkowi i przewróceniu. O ile incydenty, w których nie doszło do wywrócenia cysterny, nie są kłopotliwe dla ratowników (ze względu na to, iż w większości przypadków nie trzeba ich rozładowywać, aby zlikwidować zagrożenie), to zdarzenia, w których doszło do jej wywrócenia, sprawiają ratownikom znaczne trudności. Nie trzeba być specjalistą w tej dziedzinie, aby zrozumieć, że stawianie „na koła” pustej cysterny jest bezpieczniejsze niż wykonywanie tej samej operacji przy pełnym ładunku. Sytuacje, w których wypełniona cysterna wywróciła się, stwarzają liczne problemy związane: po pierwsze, z bezpiecznym jej rozładunkiem, a po drugie z przywróceniem cysterny do stanu prawidłowego, tak aby było możliwe odholowanie jej w bezpieczne miejsce. Wyżej przywołane ryciny odnoszące się do badań ankietowych doskonale przedstawiają problematykę tego zagadnienia. Zdecydowana większość strażaków zajmujących się na co dzień ratownictwem chemiczno-ekologicznym jest zdania, że unifikacja budowy cystern znacznie ułatwiłaby prowadzenie tego typu działań ratowniczych.

## Wnioski

W dążeniu do poprawienia poziomu bezpieczeństwa przewozu drogowego towarów niebezpiecznych organy państwowe powinny sprawować nad nim nadzór i przeprowadzać odpowiednią liczbę kontroli bezpieczeństwa. Kary za nieprzebrzeżenie norm prawnych oraz za niestosowanie zasad BHP powinny być dotkliwe dla osób nieprzebrzeżających przepisów (np. kwoty zasądzonych kar powinny być współmierne do kosztów naprawy szkód, które należy ponieść, aby przywrócić stan sprzed awarii). Transport towarów niebezpiecznych jest transportem wymagającym bardzo dużej wiedzy w tym zakresie, a także stosowania odpowiednich środków zapobiegawczych.

„Przewóz substancji chemicznych i mieszanin, które spełniają kryteria klasyfikacyjne w zakresie problematyki towarów niebezpiecznych, regulowany jest przepisami o zasięgu zarówno krajowym, jak też międzynarodowym. Do wszelakiego rodzaju transportu został utworzony odrębny zbiór przepisów, co wynika ze specyfiki każdego z nich. Wymagania zawarte w aktach prawnych są absolutnym minimum, które należy zapewnić w celu bezpiecznego wykonywania przewozów i czynności im towarzyszących. Przedsięwzięcie niezbędnych środków w zakresie bezpieczeństwa transportu i realizacji działań ratowniczych podyktowane jest koniecznością wyeliminowania ryzyka wystąpienia reakcji niebezpiecznej podczas przewozu i czynności związanych z likwidacją zdarzenia, ponieważ



materials, or the release of flammable, suffocating, oxidising and/or poisonous gases. It should be noted that safety in the transport of dangerous goods is undoubtedly influenced by the technical condition of the entire means of transport including its individual systems and parts. Numerous studies are being conducted around the world to improve their durability and reliability" [3].

In summary, the transport of hazardous materials is a very complex process requiring specialised knowledge. Organising transport in accordance with current safety regulations and standards ensures not only that the risks arising from the transport of hazardous materials are minimised, but also that it is fully efficient and professional. It is important to remember that everyone involved in the transport of dangerous goods has specific responsibilities and duties. The greatest scope is imposed on the carrier and the shipper. The shipper should be familiar with the characteristics and properties of the goods, as this is the basis for selecting the appropriate packaging for the hazardous material being transported, affixing warning stickers to the goods and preparing the transport documentation. A required and one of the most important documents to facilitate transport is a written instruction for the driver, which streamlines the process of handling and dealing with the transported medium in the event of a hazard involving it. The document includes, among other things, the type and specification of the load to be transported, the driver's primary and secondary activities, possible risks, safety measures. The carrier, on the other hand, is required to confirm its knowledge of the regulations on the transport of hazardous materials. To this end, training is essential and should be provided not only to those directly involved in the transport, but also to other workers dealing with dangerous goods throughout the transport chain. Training is fundamental in the transport of dangerous goods, as even a small error by personnel who are inadequately trained can cause a disaster. Knowledge of the types of packaging, the means of transport used for the transport of dangerous goods, the properties of chemicals, the possibilities for dealing with accidents must be possessed by every driver who is involved in the transport of dangerous substances, as well as by the employer who employs them. All of the above considerations lead to the conclusion that the unification of the construction of tank vehicles would have a significant impact on improving the safety and efficiency of the conducted rescue operations. In the authors' opinion, the construction of the tank vehicles in road transport should be unified as a first step – as it is this branch of transport that carries the greatest risks.

An indispensable element of the introduction of the above-mentioned changes should be the adaptation of the process of training and in-service training of firefighters who are members of specialised chemical-ecological rescue groups to the current needs in this regard.

## Literature / Literatura

- [1] Urban J., Szylar K., *Bezpieczeństwo przy transporcie materiałów niebezpiecznych*, Translogistics, Wrocław 2014.  
 [2] *Zasięg Umowy ADR – w jakich 52 krajach obowiązuje*, wpis

w wyniku takiego zdarzenia może dojść do gwałtownych reakcji chemicznych, tworzenia materiałów niestabilnych, czy też wydzielania gazów palnych, duszących, utleniających i/lub trujących. Należy zaznaczyć, że niewątpliwym wpływem na bezpieczeństwo w przewozie towarów niebezpiecznych ma stan techniczny całego środka transportu wraz z jego poszczególnymi układami i częściami. Na całym świecie prowadzone są liczne badania, które mają na celu zwiększenie ich trwałości i niezawodności" [3].

Reasumując, przewóz materiałów niebezpiecznych jest bardzo skomplikowanym procesem wymagającym specjalistycznej wiedzy. Organizacja transportu zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami w zakresie bezpieczeństwa gwarantuje nie tylko zminimalizowanie zagrożeń wynikających z przewozu materiałów niebezpiecznych, ale i jego pełną efektywność oraz profesjonalizm. Należy pamiętać, że każdy uczestnik transportu towarów niebezpiecznych ma określone obowiązki i zadania. Największy zakres nałożony jest na przewoźnika oraz na nadawcę przesyłki. Nadawca powinien znać charakterystykę i właściwości towaru, ponieważ na tej podstawie dobiera się do przewożonego materiału niebezpiecznego odpowiednie opakowanie, umieszcza na nim nalepki ostrzegawcze oraz sporządza dokumentację przewozową. Wymaganiem i jednym z najważniejszych dokumentów, ułatwiających transport, jest instrukcja pisemna dla kierowcy, która usprawnia proces obchodzenia się z przewożonym medium i postępowania w przypadku wystąpienia zagrożenia z jego udziałem. Dokument zawiera m.in. rodzaj i specyfikację transportowanego ładunku, czynności podstawowe i dodatkowe kierowcy, możliwe zagrożenia, środki bezpieczeństwa. Natomiast przewoźnik zobowiązany jest do potwierdzenia znajomości przepisów w zakresie przewozu materiałów niebezpiecznych. W tym celu niezbędne są szkolenia, które powinny być przeprowadzane nie tylko dla osób biorących udział bezpośrednio w transporcie, ale także dla innych pracowników mających do czynienia z towarami niebezpiecznymi w całym łańcuchu transportowym. Szkolenia są podstawą w transporcie towarów niebezpiecznych, bowiem nawet niewielki błąd personelu, który jest niewłaściwie przeszkolony może być przyczyną katastrofy. Wiedzę co do rodzajów opakowań, środków transportu stosowanych przy przewozie towarów niebezpiecznych, właściwości substancji chemicznych, możliwości postępowania w przypadku awarii musi posiadać każdy kierowca, który zajmuje się przewozem substancji niebezpiecznych, a także zatrudniający go pracodawca. Wszystkie powyższe uwarunkowania prowadzą do konkluzji, że unifikacja budowy cystern miałyby istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa i skuteczności prowadzonych działań ratowniczych. W opinii autorów w pierwszym etapie powinna zostać zunifikowana budowa cystern w transporcie drogowym – jako że właśnie ta gałąź transportu niesie za sobą największe zagrożenia.

Nieodzownym elementem wprowadzenia ww. zmian powinno być dostosowanie procesu szkolenia i doskonalenia zawodowego strażaków będących członkami specjalistycznych grup ratownictwa chemiczno-ekologicznego do obowiązujących potrzeb w tym zakresie.

- na blogu, <https://adrpartner.pl/blog/zasiieg-umowy-adr-w-jakich-krajach-obowiazuje/> [dostęp: 23.11.2022].  
 [3] Kielin A., *Organizacja działań ratowniczych prowadzonych*

- przez Specjalistyczne Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego podczas awaryjnego rozładunku cystern przewożących substancje niebezpieczne, praca doktorska, Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie, Warszawa 2020.
- [4] Dane statystyczne KG PSP [https://www.straz.gov.pl/panstwowa\\_straz\\_pozarna/interwencje\\_psp](https://www.straz.gov.pl/panstwowa_straz_pozarna/interwencje_psp) [dostęp: 21.01.2020].
- [5] *Transport Drogowy w Polsce w latach 2018 i 2019*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa–Szczecin 2021 [12].
- [6] Rogalski G., Pyza D., *Zagrożenia w transporcie drogowym towarów niebezpiecznych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej 2018.
- [7] Koulocheris D., Vossou C., *Exploration of Equivalent Design Approaches for Tanks Transporting Flammable Liquids*, „Computation” 2020 8(2), 33, <https://doi.org/10.3390/computation8020033>.
- [8] Peng, S., Zhou D., Xie B., *Analysis of LNG Storage Tank Safety: A Comprehensive Model Approach with ANP and Normal Cloud*, „Applied Science” 2022 12(23), 11941, <https://doi.org/10.3390/app122311941>.
- [9] Węsierski T., Piec R., Majder-Łopatka M., Król B., Gawroński W., Kwiatkowski M., *Hazards Generated by an LNG Road Tanker Leak: Field Investigation of Vapour Propagation under Class B Conditions of Atmospheric Stability*, „Energies” 2021 14(24), 8483, <https://doi.org/10.3390/en14248483>.
- [10] Lutyński J., *Metody badań społecznych. Wybrane zagadnienia*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź 2000.

**BOGDAN KOSOWSKI, D.SC. ENG., PROFESSOR OF JAGIELLONIAN UNIVERSITY** – specialises in broadly understood issues of systems theory related to the organisation of security management in business entities, institutions and public administration. It confronts theoretical knowledge with practical experience gained in the National Fire Service, government and local administration, public institutions and economic entities. It combines and adapts organisational and management science theory with security science, using a comprehensive approach based on risk analysis of threat variability.

**SEN. BRIG. ROBERT PIEC, PH.D. ENG.** – graduate of the Main School of Fire Service. Doctor of technical sciences in the discipline of environmental engineering awarded by the resolution of the Scientific Council of the Central Institute for Labour Protection – National Research Institute. He has also completed postgraduate studies – Emergency Management at the Main School of Fire Service, postgraduate studies – Databases at the School of Applied Computer Science and Management and postgraduate studies with doctoral seminars – Risk Analysis at the Academy of Finance. He has the author or co-author of numerous articles, monograph chapters and papers presented at national and international conferences. He is currently the Director of the Institute of Internal Security at the Main School of Fire Service.

**BRIG. ARKADIUSZ KIELIN, PH.D. ENG.** – graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw, has served in fire protection since 1999. He completed his bachelor's degree at the Main School of Fire Service, his master's degree at the Higher School of Insurance and Banking in Warsaw, postgraduate studies with doctoral seminars in risk management at the Academy of Finance in Warsaw. Doctor of Social Sciences in the discipline of Security Science conferred by resolution of the Council for the Scientific Discipline of Security Science at the Main School of Fire Service. He is the author of publications on chemical and environmental rescue and emergency response standards. Over the years, he has held many command positions including those related to chemical and environmental rescue. Lecturer at the Jagiellonian University in Krakow. He currently holds the position of Deputy Commander of the Krakow City Fire Brigade.

**DR HAB. INŻ. BOGDAN KOSOWSKI, PROF. UJ** – specjalizuje się w szeroko rozumianych zagadnieniach teorii systemów związanych z organizacją zarządzania bezpieczeństwem w podmiotach gospodarczych, instytucjach i administracji publicznej. Konfrontuje wiedzę teoretyczną z praktycznym doświadczeniem zdobytym w Państwowej Straży Pożarnej, administracji rządowej i samorządowej, instytucjach publicznych i podmiotach gospodarczych. Łączy i adaptuje teorię organizacji i nauk o zarządzaniu z nauką o bezpieczeństwie, stosując kompleksowe podejście oparte na analizie ryzyka związanego ze zmiennością zagrożeń.

**ST. BRYG. DR INŻ. ROBERT PIEC** – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska nadany uchwałą Rady Naukowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego. Ukończył również studia podyplomowe – zarządzanie w stanach zagrożeń w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, studia podyplomowe – bazy danych w Wyższej Szkole Informatyki Stosowanej i Zarządzania oraz studia podyplomowe z seminariami doktoranckimi – Analiza ryzyka w Akademii Finansów. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów, rozdziałów monografii oraz referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych. Obecnie pełni obowiązki Dyrektora Instytutu Bezpieczeństwa Wewnętrznego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

**BRYG. DR INŻ. ARKADIUSZ KIELIN** – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, służbę w ochronie przeciwpożarowej pełni od 1999 roku. Ukończył studia I stopnia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, studia II stopnia w Wyższej Szkole Ubezpieczeń i Bankowości w Warszawie, studia podyplomowe z seminariami doktoranckimi w zakresie zarządzania ryzykiem w Akademii Finansów w Warszawie. Doktor nauk społecznych w dyscyplinie nauki o bezpieczeństwie nadany uchwałą Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Bezpieczeństwie w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Jest autorem publikacji z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego i standardów udzielania pomocy ratowniczej. Na przestrzeni lat zajmował wiele stanowisk dowódczych w tym związanych z ratownictwem chemiczno-ekologicznym. Wykładowca Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Obecnie zajmuje stanowisko Zastępcy Komendanta Miejskiego PSP w Krakowie.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).

# WSPIERAMY NOWE TECHNOLOGIE I ELEKTROMOBILNOŚĆ

**NOWOŚĆ w CNBOP-PIB!**

## Stanowisko do badania falowników



**BADANIA I TESTY FUNKCJONALNE** różnych konfiguracji instalacji PV w zakresie:

- bezpieczeństwa pożarowego
- zgodności z warunkami ochrony przeciwpożarowej
- bezpieczeństwa ekip ratowniczych



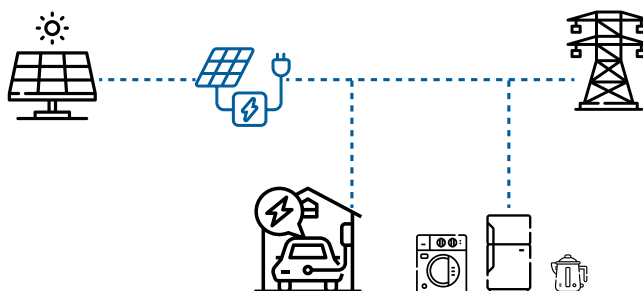
### UPOWSZECHNIANIE WIEDZY

- wypracowanie wzorcowej dokumentacji projektowej instalacji PV dla obiektów budowlanych
- opracowanie innych standardów technicznych dotyczących ochrony przeciwpożarowej, takich jak wytyczne, wymagania dla wyrobów, metody badań



### DYDAKTYKA I SZKOLENIA

- dla różnych grup zawodowych w zakresie projektowania, budowy, działania i eksploatacji instalacji PV z uwzględnieniem przede wszystkim bezpieczeństwa pożarowego



**CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ**  
im. Józefa Tuliszkowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Grzegorz Mroczo<sup>a)\*</sup>, Robert Śliwiński<sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>\*</sup> *Corresponding author / Autor korespondencyjny: gmroczo@cnbop.pl*

## Analysis of Selected Issues of the CPR Proposal, Taking into Account the Specifics of Fire Alarm Systems

### Analiza wybranych zagadnień projektu CPR z uwzględnieniem specyfiki systemów sygnalizacji pożarowej

#### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this publication is to present the results of ongoing theoretical research – an assessment of the newly proposed regulation that will replace Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council establishing harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. The purpose of the conducted research was to analyse and compare the legal provisions.

**Introduction:** Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council is a document that regulates the marketing of almost all construction products in the European Union. After 11 years since the publication of Regulation 305/2011, and less than 10 since its full entry into force, the European Commission has published on its website a proposal for a regulation that will ultimately replace today's EU-wide regulation in 2025. The changes are, among other things, an outcome of the Commission's 2016 report on the implementation of the regulation, which identified deficiencies in its implementation and a significant number of problems related to standardization, among other issues. This state of affairs was confirmed by the 2021 report of the Internal Market and Consumer Protection Commission.

**Methodology:** The authors used theoretical research, such as analysis of literature and legal documents, synthesis, generalization, inference, comparison and analogy. An analysis was performed of the current regulation and compared with the proposal for a new regulation, which has been published by the European Commission and is publicly available to all citizens.

**Conclusion:** The presented analysis of the proposed regulation, which is ultimately intended to replace the existing European regulation, shows that the implementation of the new (amended) act may contribute to the complexity of the processes involved in the marketing of construction products within the European Union. The document itself is characterized by a high degree of complexity, in which, under the banner of simplification and unification of the construction product market, among other things, the scope of the European Commission's powers is expanded, new obligations are introduced for the manufacturers of construction products, notified bodies assessing products, and new requirements for products and a new type of declaration are introduced. Its implementation will be a major challenge for EU member states and all players in the construction products market.

**Keywords:** construction products, regulation 305/2011, European regulations, marketing of construction products

**Type of article:** review article

---

Received: 21.04.2023; Reviewed: 22.05.2023; Accepted: 14.06.2023;

Authors' ORCID IDs: G. Mroczo – 0000-0002-9499-539X; R. Śliwiński – 0000-0002-7309-1332;

The authors contributed equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 132–150, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.8>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie wyników prowadzonych badań teoretycznych – oceny nowo projektowanego rozporządzenia, które zastąpi rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG. Celem prowadzonych badań było dokonanie analizy i porównanie przepisów prawa.

**Wprowadzenie:** Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 jest dokumentem, który reguluje sposób wprowadzania do obrotu niemal wszystkich wyrobów budowlanych w Unii Europejskiej. Po 11 latach od czasu opublikowania Rozporządzenia 305/2011, a niespełna 10 od czasu pełnego wejścia w życie, Komisja Europejska opublikowała na swojej stronie internetowej projekt rozporządzenia, które docelowo w 2025 roku ma zastąpić obowiązujący dzisiaj w całej Unii Europejskiej przepis. Zmiany są m.in. pochodną sprawozdania Komisji z 2016 r. dotyczącego wykonania rozporządzenia,

w którym wskazano uchybienia w jego wdrażaniu oraz znaczną liczbę problemów związanych m.in. z normalizacją. Stan ten potwierdził raport Komisji Rynku Wewnętrznego i Ochrony Konsumentów z 2021 roku.

**Metodologia:** Autorzy wykorzystali badania teoretyczne, takie jak: analiza literatury i dokumentów prawnych, synteza, uogólnianie, wnioskowanie, porównanie oraz analogia. Dokonano analizy obowiązującego przepisu oraz zestawiono go z projektem nowego rozporządzenia, które zostało opublikowane przez Komisję Europejską i jest publicznie dostępne dla wszystkich obywateli.

**Wnioski:** Przedstawiona analiza projektu rozporządzenia, które docelowo ma zastąpić obowiązujący europejski przepis, pokazuje, iż wdrożenie nowego (znowelizowanego) aktu może przyczynić się do zwiększenia złożoności procesów związanych z wprowadzaniem do obrotu wyrobów budowlanych na terenie Unii Europejskiej. Sam dokument charakteryzuje się wysokim stopniem skomplikowania, w którym pod hasłem uproszczenia i ujednoczenia rynku wyrobów budowlanych m.in. rozszerza się zakres uprawnień Komisji Europejskiej, wprowadza nowe obowiązki dla producentów wyrobów budowlanych, jednostek notyfikowanych oceniających wyroby, a także wprowadza nowe wymagania dla wyrobów i nowy rodzaj deklaracji. Wstępna analiza tego przepisu wywołuje konsternację i liczne wątpliwości. Wdrożenie go do stosowania będzie dużym wyzwaniem dla państw członkowskich UE oraz wszystkich uczestników rynku wyrobów budowlanych.

**Słowa kluczowe:** wyroby budowlane, rozporządzenie 305/2011, przepisy europejskie, wprowadzanie wyrobów budowlanych do obrotu

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 21.04.2023; **Zrecenzowany:** 22.05.2023; **Zaakceptowany:** 14.06.2023;

Identyfikatory ORCID autorów: G. Mroczko – 0000-0002-9499-539X; R. Śliwiński – 0000-0002-7309-1332;

Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 132–150, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.8>;

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

## Introduction

In 2022, 11 years after the publication of Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the Council [1], the European Commission made available on its website a proposal containing a draft act that will ultimately, in 2025, replace the EU-wide regulation governing the marketing of construction products in force today.

Regulation No. 305/2011 [1] establishing harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC was drawn up in Strasbourg on 9 March 2011, with selected articles and annexes of the regulation entering into force on 1 July 2013. As of that date, notified bodies began issuing only new certificates of constancy of performance – so-called CPR certificates instead of CPD certificates (in force and issued in Poland since 2004).

The introduction of Regulation 305/2011 was justified by the need to replace Directive 89/106/EEC. The change was intended to simplify the legal framework and improve the transparency and effectiveness of the measures in place at the time. Moreover, the regulation was to take into account horizontal legislation on the introduction of products into the internal market and remove technical obstacles in the area of construction – only by establishing harmonized technical specifications for assessing the performance of construction products.

This raises the question of why a significant step has just been taken to end Regulation 305/2011. The Commission's report on the application of the aforementioned regulation, dating back to 2016 [2], identified deficiencies in its implementation and a significant number of problems related to standardization, among others. The problems are confirmed by a later 2021 report, according to which “the standstill in the creation and adaptation of harmonized standards for construction products, which can be attributed in part to formal requirements (see the Court's

## Wstęp

W 2022 r. po 11 latach od publikacji rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 [1] Komisja Europejska udostępniła na swojej stronie internetowej wniosek zawierający projekt aktu prawnego, który docelowo w 2025 r. ma zastąpić obowiązujący dzisiaj w całej Unii Europejskiej przepis regulujący wprowadzanie do obrotu wyrobów budowlanych.

Rozporządzenie nr 305/2011 [1] ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG sporządzono w Strasburgu 9 marca 2011 r., przy czym wybrane artykuły i załączniki tego rozporządzenia weszły w życie 1 lipca 2013 r. Od tego dnia jednostki notyfikowane zaczęły wydawać wyłącznie nowe certyfikaty stałości właściwości użytkowych – tzw. certyfikaty CPR zamiast certyfikatów CPD (obowiązujących i wydawanych w Polsce od 2004 roku).

Wprowadzenie rozporządzenia 305/2011 uzasadniano koniecznością zastąpienia dyrektywy 89/106/EWG. Zmiana ta miała przyczynić się do uproszczenia ram prawnych oraz poprawy przejrzystości i skuteczności ówczesnie obowiązujących środków. Ponadto rozporządzenie miało uwzględnić prawodawstwo horyzontalne dotyczące wprowadzania produktów na rynek wewnętrzny oraz usunąć przeszkody techniczne w dziedzinie budownictwa – jedynie poprzez ustanowienie zharmonizowanych specyfikacji technicznych służących do oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.

Rodzi się więc pytanie, dlaczego poczyniono właśnie znaczący krok zmierzający do końca rozporządzenia 305/2011. W sprawozdaniu Komisji dotyczącym stosowania ww. rozporządzenia, pochodzącym jeszcze z 2016 r. [2], wskazano uchybienia w jego wdrażaniu oraz znaczną liczbę problemów związanych m.in. z normalizacją. Problemy potwierdza późniejszy raport z 2021 r., według którego „impas w tworzeniu i dostosowywaniu zharmonizowanych norm

Judgment of 27/10/2016 in *James Elliott Construction Limited v. Irish Asphalt Limited* [4]), has stalled the further development of harmonized standards. Problems arising from the slow adoption of harmonized standards and the lack of references to them have also been noted, as the adoption process has not kept pace with changes in the sector, creating uncertainty among companies [...] and the lack of harmonized standards and the incomplete nature of existing standards have contributed to the introduction of additional national requirements for construction products, creating obstacles to their free movement in the single market” [3]. There are more reasons, but this one, according to the authors, is the best example. Polish Standards PN-EN 54-22, PN-EN 54-27, PN-EN 54-29, PN-EN 54-30, PN-EN 54-31, which have not been accepted for harmonization with the CPR, may constitute the correctness of the thesis submitted to the Commission.

In 2016 The Commission published a follow-up survey for adequacy assessment purposes on the construction sector [5]. It assessed the consistency of selected EU legislation applicable to the construction sector and analysed the regulatory overlap between the Construction Products Regulation [1] and the Ecodesign Directive [6] and the Energy Labelling Regulation [7]. The survey also confirmed inconsistencies in definitions, lack of cross-referencing and overlaps between the three pieces of legislation.

Three years later, the Commission published another assessment, already narrowed down to just one provision, on the Construction Products Regulation [8]. The paramount issues identified in this assessment, in order of importance, included:

- inefficient standardization system underpinning the Construction Products Regulation;
- ineffective and widely varying (across member states) market surveillance;
- smaller than expected scale of simplification achieved by the introduction of the Construction Products Regulation.

The conclusions of documents [5] and [8] have been taken into account in the proposal to amend the regulation in question.

## Works on the proposal

### Consultation with stakeholders

In the course of developing the aforementioned proposal, various stakeholders were consulted: member states, European technical bodies and associations, national authorities, companies and manufacturers, importers and distributors, consumer organizations, market surveillance authorities, European and international organizations (industry associations), notified bodies, labour and professional associations, and other parties such as individuals and other non-governmental organizations. The following briefly outlines the consultations carried out in accordance with the EU’s Better Regulation Guidelines.

dotyczących wyrobów budowlanych, który można częściowo przepisać wymogom formalnym (zob. Wyrok Trybunału z dnia 27.10.2016 r. w sprawie C-613/14 w sprawie *James Elliott Construction Limited przeciwko Irish Asphalt Limited* [4]), spowodował zahamowanie dalszego opracowywania zharmonizowanych norm. Zauważono również problemy wynikające z powolnego przyjmowania norm zharmonizowanych i braku odniesień do nich, ponieważ proces przyjmowania nie nadąża za przemianami zachodzącymi w sektorze, co powoduje niepewność wśród przedsiębiorstw [...], a brak norm zharmonizowanych i niekompletny charakter istniejących norm przyczyniły się do wprowadzenia dodatkowych wymogów krajowych dotyczących wyrobów budowlanych, co stwarza przeszkody dla ich swobodnego przepływu na jednolitym rynku” [3].

Powodów jest więcej, ale ten – zdaniem autorów – stanowi najlepszy przykład. Polskie Normy PN-EN 54-22, PN-EN 54-27, PN-EN 54-29, PN-EN 54-30, PN-EN 54-31, które nie zostały zaakceptowane do harmonizacji z CPR, mogą stanowić o poprawności tezy przedłożonej Komisji.

W 2016 r. Komisja opublikowała badanie uzupełniające do celów oceny adekwatności dotyczące sektora budowlanego [5]. W jego toku oceniono spójność wybranych aktów prawnych UE mających zastosowanie do sektora budowlanego oraz przeanalizowano nakładanie się przepisów prawnych między rozporządzeniem w sprawie wyrobów budowlanych [1] a dyrektywą w sprawie ekoprojektu [6] i rozporządzeniem w sprawie etykietowania energetycznego [7]. Badanie potwierdziło również niespójność definicji, brak odniesień i pokrywanie się zakresów stosowania tych trzech aktów prawnych.

Trzy lata później Komisja opublikowała kolejną, zawężoną już tylko do jednego przepisu ocenę dotyczącą rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych [8]. Do nadrzędnych kwestii zidentyfikowanych w tej ocenie, w kolejności ich istotności należą:

- nieefektywny system normalizacji stanowiący podstawę rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych;
- nieskuteczny i znacznie różniący się (w poszczególnych państwach członkowskich) nadzór rynku;
- mniejsza niż oczekiwano skala uproszczenia osiągnięta dzięki wprowadzeniu rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych.

Konkluzje z dokumentów [5] oraz [8] zostały uwzględnione we wniosku o zmianę omawianego rozporządzenia.

## Prace nad wnioskiem

### Konsultacje z zainteresowanymi stronami

W trakcie prac nad ww. wnioskiem przeprowadzono konsultacje z poszczególnymi zainteresowanymi stronami: państwami członkowskimi, europejskimi organami i stowarzyszeniami technicznymi, organami krajowymi, przedsiębiorstwami i producentami, importerami i dystrybutorami, organizacjami konsumentkami, organami nadzoru rynku, organizacjami europejskimi i międzynarodowymi (stowarzyszeniami branżowymi), jednostkami notyfikowanymi, stowarzyszeniami pracowników i stowarzyszeniami zawodowymi, a także z osobami fizycznymi i innymi organizacjami pozarządowymi. Poniżej przedstawiono pokrótce

**Online survey**

The survey targeted selected experts. Its purpose was to determine how to address the various horizontal issues identified during the assessment of the Construction Products Regulation and to gather data for further refinement of policy options [9, Appendix VI].

**Meetings with experts**

In March and September 2020, two special meetings with experts from member states were held on the review of the Construction Products Regulation. The purpose of the meetings was to discuss the process and the document [10] containing refined indicative options, as well as to gather member states' opinions on the following topics: scope and relationship with other EU laws, the harmonized area, national law and information needs, Annex I (basic requirements for construction works) and environmental requirements.

**Enterprise survey**

The purpose of the enterprise survey was to assess the expected impact of improved indicative strategic options on enterprises in the European sector of construction products. The survey targeted businesses operating in the sector [9, Appendix VII].

**Public consultations**

The public consultation [9, Annex VIII] showed that all stakeholder groups strongly rejected the repeal of the Construction Products Regulation (Policy Option E). Across most stakeholder groups, the largest groups were in favour of maintaining the current Construction Products Regulation (i.e., Core Policy Option A). A significant number of groups favoured a revision of the Construction Products Regulation (i.e., policy options B, C or D described in [10]).

Moreover, the survey of businesses showed that while operators generally support the current Construction Products Regulation, they highlighted a number of issues that needed to be addressed and needed to be revised. These mainly concerned the standardization process.

**Problems identified in Regulation 305/2011****Problem No. 1: a single market for construction products has not been created**

The problems already written about in the introduction are highlighted. These include the low number of harmonization of standards observed in recent years, and the few standards developed by European standards organizations (CEN, CENELEC).

informacje na temat konsultacji przeprowadzonych zgodnie z wytycznymi UE dotyczącymi lepszego stanowienia prawa.

**Badanie internetowe**

Badanie skierowano do wybranych ekspertów. Jego celem było określenie sposobu rozwiązania poszczególnych kwestii horyzontalnych zidentyfikowanych podczas oceny rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych oraz zebranie danych do dalszego dopracowywania wariantów strategicznych [9, załącznik VI].

**Spotkania z ekspertami**

W marcu i wrześniu 2020 r. odbyły się dwa specjalne spotkania z ekspertami z państw członkowskich poświęcone przeglądowi rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych. Celem spotkań było omówienie procesu i dokumentu [10] zawierającego dopracowane warianty orientacyjne, a także zebranie opinii państw członkowskich na następujące tematy: zakres i związek z innymi przepisami prawa UE, sfera zharmonizowana, prawo krajowe i potrzeby informacyjne, załącznik I (podstawowe wymagania dotyczące obiektów budowlanych) oraz wymogi środowiskowe.

**Badanie przedsiębiorstw**

Celem badania przedsiębiorstw była ocena oczekiwanego wpływu udoskonalonych orientacyjnych wariantów strategicznych na przedsiębiorstwa w europejskim sektorze wyrobów budowlanych. Badanie było skierowane do podmiotów gospodarczych działających w tym sektorze [9, załącznik VII].

**Konsultacje publiczne**

Konsultacje publiczne [9, załącznik VIII] wykazały, że wszystkie grupy zainteresowanych stron zdecydowanie odrzuciły uchylenie rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych (wariant strategiczny E). Najliczniejsze grupy zainteresowanych stron w większości opowiadały się za utrzymaniem obecnego rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych (tj. podstawowego wariantu strategicznego A). Znaczna część grup preferowała rewizję rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych (tj. warianty strategiczne B, C lub D opisane w [10]).

Ponadto badanie przedsiębiorstw wykazało, że chociaż podmioty gospodarcze zasadniczo popierają obecne rozporządzenie w sprawie wyrobów budowlanych, to jednak zwróciły uwagę na szereg kwestii, które należało rozwiązać i które wymagały rewizji. Dotyczyły one przede wszystkim procesu normalizacji.

**Problemy zidentyfikowane w rozporządzeniu 305/2011****Problem nr 1: nie stworzono jednolitego rynku wyrobów budowlanych**

Podkreślone zostały problemy, o których już napisano we wstępie. Dotyczą m.in. obserwowanej w ostatnich latach niewielkiej liczby harmonizacji norm oraz niewielu norm opracowywanych przez europejskie organizacje normalizacyjne (CEN, CENELEC).

In the recent years, standards created by European standards organizations have rarely been able to be cited in the Official Journal of the European Union (OJEU) mainly due to their legal shortcomings. Harmonized standards, according to the CPR, can only indicate requirements and methods for assessing performance in relation to essential characteristics that are related to the basic requirements for construction works. Therefore, it is not possible to indicate other requirements in the standards, such as those that are not related to performance. For example, requiring correct operation, colour, functionality is not, according to the CPR, in the area of performance. This situation is considered by the authors to be controversial, to say the least, because construction products in Group 10 Fixed firefighting equipment (including fire alarm systems, voice alarm systems, smoke and heat control systems, fixed firefighting equipment) are clearly different from typical construction products (e.g. cement, reinforcing steel) – they are electronic devices controlled by dedicated software. For such products, it is not possible to describe the requirements only in the form of performance. These are often important issues specific to this type of equipment, such as the colour of the control button enclosures (manual call point: red, manual smoke control button: orange), the signalling of the operating condition of the systems (green – quiescent, yellow – damage, red – alarm), or the functionality of the device for charging the batteries of the backup power supply of the control panels, etc. Placing such requirements in a harmonized standard is incompatible with the provisions of the current CPR – it is for this reason, among others, that the draft EN 12101-9 standard cannot be published and harmonized, as well as updates and amendments to the EN 54 series, EN 12094 or EN 12101.

Naturally, many harmonized standards in the area of fire alarm systems or fixed firefighting equipment establish such requirements, as these standards were published and harmonized during the time of the Construction Directive (before 2013) or in the early days of the CPR. The standards as they stand are used, while there is no possibility of publishing changes or updates to these standards, and thus bringing about harmonization of standards adequate to the current needs and expectations of the fire protection industry.

No publication of up-to-date standards, relating to construction products, in the Official Journal of the European Union is a key factor disrupting the smooth functioning of the single market, creating trade barriers and causing additional costs and administrative burdens for operators. In practice, a manufacturer wishing to market fire detectors based on, for example, EN 54-29 *Fire detection and fire alarm systems – Multi-sensor fire detectors. Point detectors using a combination of smoke and heat sensors* must obtain certification in each EU country where this is required. In Poland, it must undergo a national process of assessment and verification of constancy of performance and mark the product with the “B” construction mark.

W ostatnich latach normy tworzone przez europejskie organizacje normalizacyjne rzadko mogły być cytowane w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej głównie ze względu na ich braki prawne. Normy zharmonizowane, w myśl CPR, mogą wskazywać jedynie wymagania i metody oceny właściwości użytkowych w odniesieniu do zasadniczych charakterystyk, które związane są z wymaganiami podstawowymi dla obiektów budowlanych. Nie można zatem w normach wskazywać innych wymagań, takich które nie są związane z właściwościami użytkowymi. Przykładowo wymaganie poprawnego działania, kolorystyki, funkcjonalności nie leży, w myśl CPR, w obszarze właściwości użytkowych. Sytuację tę autorzy uznają za co najmniej kontrowersyjną, bowiem wyroby budowlane z grupy 10 Fixed firefighting equipment (m.in. systemy sygnalizacji pożarowej, dźwiękowe systemy ostrzegawcze, systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, stałe urządzenia gaśnicze) wyraźnie odróżniają się od typowych wyrobów budowlanych (np. cement, stal zbrojeniowa) – są to urządzenia elektroniczne sterowane za pomocą dedykowanego oprogramowania. Dla takich wyrobów nie ma możliwości opisanego wymagań jedynie w formie właściwości użytkowych. Są to często istotne kwestie właściwe dla tego typu urządzeń, np. kolorystyka obudów przycisków sterujących (ręczny ostrzegacz pożarowy: czerwony, ręczny przycisk oddymiania: pomarańczowy), sygnalizacja stanu pracy systemów (zielony – dozór, żółty – uszkodzenie, czerwony – alarm), czy też funkcjonalność urządzenia do ładowania akumulatorów zasilania rezerwowego central itp. Umieszczenie takich wymagań w normie zharmonizowanej jest niezgodne z postanowieniami aktualnego CPR – to m.in. z tego powodu projekt normy EN 12101-9 nie może zostać opublikowany i zharmonizowany, podobnie zresztą jak aktualizacje i zmiany do norm serii EN 54, EN 12094 czy EN 12101.

Oczywiście wiele norm zharmonizowanych z obszaru systemów sygnalizacji pożarowej czy stałych urządzeń gaśniczych ustanawia takie wymagania, ponieważ normy te zostały opublikowane i zharmonizowane w czasie obowiązywania dyrektywy budowlanej (przed 2013 r.) lub w początkach funkcjonowania CPR. Normy w ich brzmieniu są stosowane, natomiast nie ma możliwości opublikowania zmian lub aktualizacji tych norm, a tym samym doprowadzenia do harmonizacji norm adekwatnych do aktualnych potrzeb i oczekiwań branży zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Brak publikacji aktualnych norm dotyczących wyrobów budowlanych w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej stanowi kluczowy czynnik zakłócający sprawne funkcjonowanie jednolitego rynku, stwarzający bariery handlowe oraz powodujący dodatkowe koszty i obciążenia administracyjne dla podmiotów gospodarczych. W praktyce producent chcący wprowadzać do obrotu czujki pożarowe w oparciu np. o normę EN 54-29 *Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 29: Czujki pożarowe wielodetektorowe – Czujki punktowe wykorzystujące kombinacje detektorów dymu i ciepła* musi uzyskać certyfikaty w każdym kraju UE, w którym jest to wymagane. W Polsce musi przejść krajowy proces oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych i oznakować wyrób znakiem budowlanym „B”.



**Problem No. 2: Implementation challenges at the national level**

The proposed regulation points out that “market surveillance activities vary widely (in quality and effectiveness) from one member state to another”. In addition, shortcomings related to the operation of notified bodies were identified, which would suggest that the provisions of the Construction Products Regulation should be more precise. Selected articles of the current Regulation 305/2011, e.g. Article 43, Article 52 and Article 55, were cited in this regard. However, the statement “deficiencies related to operation” has not been thoroughly developed, so no polemic is possible in this regard.

**Problem No. 3: complexity of the legal framework / no simplification has been made**

It was pointed out here that the provisions of the Construction Products Regulation are either not clear enough or overlap within the legal framework itself by overlapping the information required for the declaration of performance and for CE marking. In addition, as the new draft points out, “the introduction of the simplification provisions of the CPR, aimed mainly at small and medium-sized enterprises (SMEs), has been limited due to the lack of knowledge about and clarity of these provisions. The biggest administrative burden is on the smallest enterprises”. In fact, the burden on them has been (and will also remain in the new future associated with the amendment of the CPR regulation) incomparably greater than organizations that do not qualify as micro, small and medium-sized enterprises. This is a result of the regulation itself: every construction product – no matter by whom it is manufactured – is supposed to meet the same requirements.

**Problem No. 4: broader policy priorities such as green and digital transformation and product safety cannot be achieved through the Construction Products Regulation**

In case of digital transformation, the current wording of the CPR supports the paper form of documenting performance, and points to the digital form as an additional possibility. This makes information about digital construction products insufficiently accessible to market participants, and thus digital transformation goals cannot be achieved.

In case of environmental transformation, the problem is that the available harmonized standards cover only certain elements related to the environmental impact of products (such as pollution). Many issues cannot be expressed in standards by indicating only methods for assessing performance, and currently the other way – i.e. making requirements for products explicitly in harmonized standards – is incompatible with the CPR.

To stimulate demand for low-carbon and carbon-storing construction products, consistent and transparent information is needed on the climate, environmental and sustainability impacts of construction products, as well as the ability to regulate inherent product features such as durability or reparability. Undoubtedly, this is a necessary change, which the authors assess as

**Problem nr 2: Wyzwania związane z wdrażaniem na poziomie krajowym**

Projekt rozporządzenia wskazuje, że „działania w zakresie nadzoru rynku są bardzo zróżnicowane (pod względem jakości i skuteczności) w poszczególnych państwach członkowskich”. Ponadto zidentyfikowano niedociągnięcia związane z funkcjonowaniem jednostek notyfikowanych, co miałyby wskazywać, iż przepisy rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych powinny być bardziej precyzyjne. Przywołano na tę okoliczność wybrane artykuły obowiązującego rozporządzenia 305/2011 np. art. 43, art. 52 oraz art. 55. Nie rozwinęto jednak dokładnie stwierdzenia „niedociągnięcia związane z funkcjonowaniem”, więc w tym zakresie żadna polemika nie jest możliwa.

**Problem nr 3: złożoność ram prawnych / nie dokonano ich uproszczenia**

Zwrócono w tym miejscu uwagę, iż przepisy rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych nie są wystarczająco jasne albo nakładają się na siebie w obrębie samych ram prawnych poprzez pokrywanie się informacji wymaganych w deklaracji właściwości użytkowych i przy oznakowaniu CE. Ponadto – jak wskazuje nowy projekt – „wprowadzanie przepisów upraszczających zawartych w rozporządzeniu w sprawie wspólnych przepisów, skierowanych głównie do MŚP, było ograniczone ze względu na brak wiedzy o tych przepisach i brak jasności tych przepisów. Największe obciążenia administracyjne spoczywają na najmniejszych przedsiębiorstwach”. Faktycznie, obciążenia spoczywające na nich były (i pozostaną również w nowej przyszłości związanej ze zmianą rozporządzenia CPR) nieporównywalnie większe niż organizacji niezaliczających się do mikro, małych i średnich przedsiębiorstw. Wynika to z samego rozporządzenia: każdy wyrób budowlany – niezależnie przez kogo jest produkowany – ma spełniać te same wymagania.

**Problem nr 4: za pomocą rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych nie można zrealizować szerszych priorytetów politycznych, takich jak ekologiczna i cyfrowa transformacja oraz bezpieczeństwo wyrobów**

W przypadku transformacji cyfrowej aktualne brzmienie CPR podtrzymuje formę papierową dokumentowania właściwości użytkowych, a jako dodatkową możliwość wskazuje formę cyfrową. Sprawia to, że dostępność informacji o wyrobach budowlanych w formie cyfrowej dla uczestników rynku jest ograniczona i tym samym cele dotyczące transformacji cyfrowej nie mogą być osiągnięte.

W przypadku transformacji ekologicznej problem polega na tym, że dostępne normy zharmonizowane obejmują tylko niektóre elementy związane z oddziaływaniem wyrobów na środowisko (jak np. zanieczyszczenie). Wielu zagadnień nie sposób wyrazić w normach poprzez wskazanie wyłącznie metod oceny właściwości użytkowych, a aktualnie inny sposób – czyli stawianie wyrobom wprost wymagań w normach zharmonizowanych – jest niezgodny z CPR.

W celu pobudzenia popytu na niskoemisyjne i składujące dwutlenek węgla wyroby budowlane potrzebne są spójne i przejrzyste informacje na temat wpływu wyrobów budowlanych na

moving in the right direction. Ideas, however good and expedient they may be, do not always translate (or will in the future) into regulatory simplification, and the complexity of the regulatory framework and the burden on SMEs was described earlier as one of the problems. This aspect will be discussed later in the article.

#### Justification of the changes to the new CPR (selected theses )

1. "The implementation of environmental goals, including the fight against climate change, necessitates the establishment of new environmental obligations and the development and application of an assessment method for calculating the environmental sustainability of construction products".

The goals, which "make it necessary to establish new obligations," contradict the identified problems of "regulatory complexity and the need for simplification". It can be predicted that the degree of complexity will be even higher. The regulation will also bring changes and difficulties for groups other than the manufacturers. Indeed, the document indicates that: "for the same reason, it is necessary to expand the circle of regulated operators, as distributors, suppliers and manufacturers have a role to play in calculating environmental sustainability in the construction sector".

2. "Ensuring the free movement of construction product kits or assemblies in the internal market will bring tangible benefits, especially to citizens, consumers and businesses. However, for the sake of legal certainty, their composition should be precisely defined in the harmonized technical specifications or European assessment documents".

For fire alarm system kits, one action may be to harmonize the specific standard EN 54-13:2017+A1:2019 Fire detection and fire alarm systems – *Compatibility and connectivity assessment of system components*. The standard, while not a typical product standard, does include functional requirements in its content. The document further details the requirements for the integrity of a fire alarm system when it is connected to other systems. The case for harmonization of EN 54-13 will be the first change that could be a significant (legal) facilitation for the designers of fire alarm systems. For today, the use of the aforementioned standard is entirely voluntary. The state of affairs, on the other hand, should be the other way around – and the manufacturer of a system (a set or assembly of construction products) should be required to declare performance with the listed standard.

3. "The EU's 2022 strategy on standardization [12] identifies the construction sector as one of the most relevant areas where harmonized standards could improve competitiveness and reduce market barriers". Thus, the problem of harmonizing standards is repeated many times [13]. As

Klimat, środowisko i zrównoważony rozwój, a także możliwość regulowania nieodłącznych cech wyrobów, takich jak trwałość lub możliwość naprawy. Bez wątpienia jest to zmiana konieczna, którą autorzy oceniają jako dążącą w dobrym kierunku. Idee, jakkolwiek dobre i celne by nie były, nie zawsze przekładają się (czy będą się w przyszłości przekładać) na uproszczenie przepisów, a złożoność ram prawnych i obciążenia na MŚP opisano wcześniej jako jeden z problemów. Aspekt ten zostanie rozwinięty w dalszej części artykułu.

#### Uzasadnienie zmian do nowego CPR (wybrane tezy )

1. „Realizacja celów środowiskowych, w tym walka ze zmianą klimatu, powoduje konieczność ustanowienia nowych obowiązków w zakresie ochrony środowiska naturalnego oraz stworzenia podstaw do opracowania i stosowania metody oceny służącej obliczaniu zrównoważenia środowiskowego wyrobów budowlanych”.

Cele, które „powodują konieczność ustanowienia nowych obowiązków”, stoją w sprzeczności ze zidentyfikowanymi problemami „złożoności przepisów i konieczności ich uproszczenia”. Można prognozować, że stopień skomplikowania będzie jeszcze wyższy. Rozporządzenie przyniesie zmiany i utrudnienia także innym grupom niż producenci. Dokument wskazuje bowiem, że: „z tego samego powodu konieczne jest poszerzenie kręgu regulowanych podmiotów gospodarczych, ponieważ dystrybutorzy, dostawcy i producenci mają do odegrania rolę w obliczaniu stopnia zrównoważenia środowiskowego w sektorze budowlanym”.

2. „Zapewnienie swobodnego przepływu zestawów lub zespołów wyrobów budowlanych na rynku wewnętrznym przyniesie wymierne korzyści, zwłaszcza obywatelom, konsumentom i przedsiębiorstwom. Ze względu na pewność prawa ich skład powinien być jednak dokładnie określony w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych lub europejskich dokumentach oceny”.

W przypadku zestawów systemów sygnalizacji pożarowej jednym z działań może być zharmonizowanie specyficznej normy EN 54-13:2017+A1:2019 Systemy sygnalizacji pożarowej – *Część 13: Ocena kompatybilności i możliwości przyłączenia podzespołów systemu*. Norma, choć nie jest typową normą wyrobu, zawiera jednak w swojej treści wymagania funkcjonalne. Dokument ten ponadto wyszczególnia wymagania dotyczące integralności instalacji sygnalizacji pożarowej, kiedy ta przyłączana jest do innych systemów. Przypadek harmonizacji EN 54-13 będzie pierwszą zmianą, która może stanowić istotne (legalne) ułatwienie pracy projektantów systemów sygnalizacji pożarowej. Na dzisiaj bowiem posługiwanie się wyżej wymienioną normą jest całkowicie dobrowolne. Stan faktyczny powinien być natomiast odwrotny – producent systemu (zestawu lub zespołu wyrobów budowlanych) powinien mieć obowiązek deklarowania właściwości użytkowych z wymienioną normą.

3. „W Unijnej strategii w sprawie normalizacji na 2022 r. [12] wskazano sektor budowlany jako jeden z najistotniejszych

of the date of this article, there is no indication that the state in this regard is about to improve. The progressive harmonization of standards is the other aspect that could improve the designer's experience, providing them not only with tools similar to those they use in much of their work with fire alarm systems, but also ultimately giving them access to a larger market of products that could potentially be used in the systems being designed. For today, a manufacturer of a product for which an EN standard has been developed, but does not have the status of a harmonized standard, must be ready to certify this product also in the context of the Polish market.

What is interesting, however, is the approach that the European Economic and Social Committee represents. In the aforementioned report [12], "the EESC recognizes the danger that in other regions of the world, standardization may have become a tool of industrial policy or a geopolitical instrument. The European Union must be ready to adjust its approach to ensure and enhance the competitiveness of European businesses and consumer protection".

It is worth returning at this point to problem No. 4, identified in Regulation 305/2011: "Through the Construction Products Regulation, broader policy priorities cannot be achieved [...]." As already mentioned, the proposal for the new CPR cites the report.

obszarów, w których normy zharmonizowane mogłyby poprawić konkurencyjność i ograniczyć bariery rynkowe". Problem harmonizacji norm powtarza się zatem wielokrotnie [13]. Na dzień powstawania niniejszego artykułu nic nie wskazuje, aby stan w tym zakresie miał ulec poprawie. Postępująca harmonizacja norm to drugi aspekt, który mógłby poprawić komfort pracy projektantów, dostarczając im nie tylko narzędzi analogicznych, jakimi posługują się w dużej części swojej pracy z systemami sygnalizacji pożarowej, ale również docelowo dałby im dostęp do większego rynku wyrobów, które potencjalnie można by stosować w projektowanych systemach. Na dzisiaj producent wyrobu, dla którego opracowano normę EN, ale nie posiada ona statusu normy zharmonizowanej, musi być gotowy na certyfikację tego wyrobu również w kontekście polskiego rynku.

Ciekawe jest natomiast podejście, jakie reprezentuje Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny. W wymienionym raporcie [12] „EKES dostrzega niebezpieczeństwo, że w innych regionach świata normalizacja mogła stać się narzędziem polityki przemysłowej lub instrumentem geopolitycznym. Unia Europejska musi być gotowa dostosować swoje podejście, aby zapewnić i zwiększyć konkurencyjność europejskich przedsiębiorstw oraz ochronę konsumentów”.

Warto w tym miejscu wrócić do zidentyfikowanego w rozporządzeniu 305/2011 problemu nr 4: „Za pomocą rozporządzenia w sprawie wyrobów budowlanych nie można zrealizować szerszych priorytetów politycznych [...]”. Jak już wspomniano, projekt nowego CPR przywołuje tenże raport.

## Selected changes included in the proposal for the new CPR

### The planned scope of the regulation [14]:

- construction products, including used products and remanufactured products,
- 3D data sets marketed to enable spatial printing of construction products covered by the regulation, and construction products and forms spatially printed,
- materials to be used in the spatial printing of construction products on or near the site or for production using forms on or near the site,
- construction products manufactured on the site for immediate incorporation into construction works, without the need for separate commercial activities to market them,
- key parts of the products covered by the regulation,
- parts or materials intended for use in products covered by the Regulation, if requested by the manufacturer of such parts or materials,
- kits or assemblies, if their composition is defined and included in harmonized technical specifications or European assessment documents,
- single-family prefabricated houses with a floor area of less than 180 m<sup>2</sup> or two-storey houses with a floor area of less than 100 m<sup>2</sup> per storey.

## Wybrane zmiany zawarte projekcie nowego CPR

### Planowany zakres przedmiotowy obowiązywania rozporządzenia [14]:

- wyroby budowlane, w tym wyroby używane i wyroby poddane regeneracji,
- zbiory danych 3D wprowadzone do obrotu w celu umożliwienia drukowania przestrzennego wyrobów budowlanych objętych rozporządzeniem oraz wyrobów budowlanych i form wydrukowanych przestrzennie,
- materiały przeznaczone do wykorzystania podczas drukowania przestrzennego wyrobów budowlanych na terenie budowy lub w jej pobliżu lub do produkcji przy użyciu form na terenie budowy lub w jej pobliżu,
- wyroby budowlane produkowane na terenie budowy w celu natychmiastowego wbudowania ich w obiekty budowlane, bez konieczności podjęcia oddzielnych działań handlowych zmierzających do wprowadzenia ich do obrotu,
- części kluczowe wyrobów objętych rozporządzeniem,
- części lub materiały przeznaczone do stosowania w wyrobach objętych rozporządzeniem, jeśli wniesie o to producent tych części lub materiałów,
- zestawy lub zespoły, jeżeli ich skład określono i ujęto

At the same time, it is proposed to remove from the scope of construction products those covered by the Lift Directive, the Drinking Water Directive and the Urban Wastewater Directive, among others:

- cranes (elevators),
- escalators and their components,
- boilers, pipes, tanks and auxiliary equipment and other products intended to come into contact with water for human consumption,
- wastewater treatment systems,
- sanitary equipment,
- traffic light related products.

### Unlocking the technical harmonization system

The revised CPR [14] proposes to divide technical specifications into two groups:

1. Mandatory harmonized standards, which will continue to address the assessment of performance related to the fulfilment by construction works of the basic requirements set forth in Annex 1 of the CPR<sup>1</sup>. Based on these standards, as before, manufacturers will evaluate and declare the performance of products.
2. Voluntary harmonized standards that will indicate requirements for products, such that are relevant to the product, but are not related to the assessment of their performance, e.g. requirements for meeting the intended purpose of use, correct operation of the product, requirements for construction, colour, function, requirements for product information (marking, labels and documents accompanying the product). Based on these standards, manufacturers will assess and declare product compliance with the requirements for the product.

In order to further improve the technical harmonization of products and to fill the gaps in its scope, the European Commission is also giving itself the additional power of being able to establish technical requirements for products (both in terms of performance and product requirements) by means of delegated acts to the CPR regulation. This will be possible, among other things, if:

- there will be unreasonable delays in the adoption of standards by European standards organizations,
- there will be an urgent need to adopt more harmonized technical specifications that cannot be regulated by standards alone,

<sup>1</sup> While specific requirements for the performance of products are to be derived from the technical and construction regulations of the member state – such as the requirement for a class of fire resistance of building elements, the requirement for continuity of energy supply under fire conditions for cable assemblies indicated in the regulation on technical conditions to which buildings and their location should conform.

w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych lub europejskich dokumentach oceny,

- domy jednorodzinne prefabrykowane jednokondygnacyjne o powierzchni użytkowej mniejszej niż 180 m<sup>2</sup> lub dwukondygnacyjne o powierzchni użytkowej mniejszej niż 100 m<sup>2</sup> na kondygnację.

Jednocześnie proponuje się usunięcie z zakresu wyrobów budowlanych tych objętych m.in. dyrektywą dźwigową, dyrektywą w sprawie wody pitnej i dyrektywą w sprawie ścieków komunalnych:

- dźwigi (windy),
- schody ruchome i ich elementy,
- kotły, rury, zbiorniki i urządzenia pomocnicze oraz inne produkty przeznaczone do kontaktu z wodą do spożycia przez ludzi,
- systemy oczyszczania ścieków,
- urządzenia sanitarne,
- wyroby związane z sygnalizacją świetlną drogową.

### Odblokowanie systemu harmonizacji technicznej

W zmienionym rozporządzeniu CPR [14] proponuje się podział specyfikacji technicznych na dwie grupy:

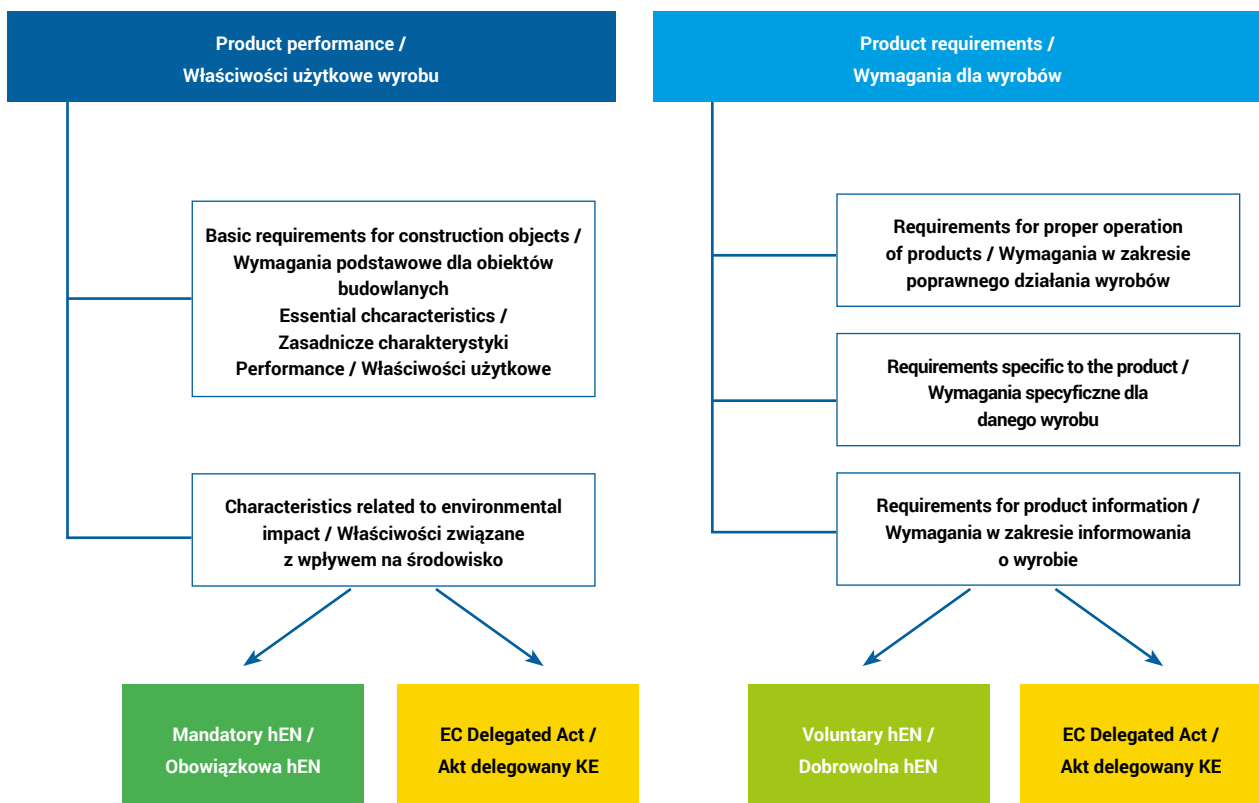
1. Obowiązkowe normy zharmonizowane, które nadal będą dotyczyły oceny właściwości użytkowych związanych ze spełnieniem przez obiekty budowlane wymagań podstawowych określonych w załączniku 1 do rozporządzenia CPR<sup>1</sup>. Na podstawie tych norm, tak jak dotychczas, producenci będą oceniali i deklarowali właściwości użytkowe wyrobów.
2. Dobrowolne normy zharmonizowane, które będą wskazywały wymagania dla wyrobów, takie które są dla wyrobu istotne, ale nie są związane z oceną ich właściwości użytkowych np. wymagania w zakresie spełnienia zamierzonego celu zastosowania, poprawnego działania wyrobu, wymagania w zakresie konstrukcji, kolorystyki, funkcji, wymagania dot. informowania o wyrobie (znakowanie, etykiety i dokumenty towarzyszące wyrobowi). Opierając się na tych normach, producenci będą oceniali i deklarowali zgodność wyrobu z wymaganiami dla wyrobu.

W celu dalszego usprawnienia harmonizacji technicznej wyrobów oraz uzupełnienia braków w jej zakresie Komisja Europejska nadaje sobie także dodatkowe uprawnienia polegające na możliwości ustanawiania wymagań technicznych dla wyrobów (zarówno w zakresie właściwości użytkowych, jak i wymagań dla wyrobu) w drodze aktów delegowanych do rozporządzenia CPR. Możliwe to będzie m.in. w przypadku, gdy:

- wystąpią nieuzasadnione opóźnienia w przyjęciu norm przez europejskie organizacje normalizacyjne,
- zaistnieje pilna potrzeba przyjęcia bardziej zharmonizowanych specyfikacji technicznych, których nie można uregulować samymi normami,

<sup>1</sup> Przy czym konkretne wymagania dot. właściwości użytkowych wyrobów mają wynikać z przepisów techniczno-budowlanych danego kraju członkowskiego – jak na przykład wymaganie w zakresie klasy odporności ogniowej elementów budynku, wymaganie w zakresie ciągłości dostawy energii w warunkach pożaru dla zespołów kablowych wskazane w rozporządzeniu dot. warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

- at least one essential characteristic relating to the basic requirements for construction works is not covered by standards whose references have already been published in the Official Journal,
  - standards will otherwise be deemed insufficient to cover the regulatory needs of member states or the needs of economic operators,
  - standards will be in line with EU climate and environmental legislation and ambitions.
- co najmniej jedna zasadnicza charakterystyka odnosząca się do podstawowych wymagań dla obiektów budowlanych nie jest objęta normami, do których odniesienia zostały już opublikowane w dzienniku urzędowym,
  - normy będą z innych powodów uznane za niewystarczające do pokrycia potrzeb regulacyjnych państw członkowskich lub potrzeb podmiotów gospodarczych,
  - normy będą zgodne z prawodawstwem i ambicjami UE w zakresie klimatu i środowiska.



**Figure 1.** New forms of technical harmonization of requirements for construction products  
**Rycina 1.** Nowe formy harmonizacji technicznej wymagań dla wyrobów budowlanych

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowane własne.

#### Introduction of new and modification of existing definitions

In its current form, the CPR regulation [1] indicates 28 definitions. The proposal to amend the regulation [14] introduces as many as 71 of them, including definitions of product type, product family, used product and remanufactured product, non-series production process, as well as repair, maintenance, product key part, materials for product space printing, space printing service provider, direct assembly, product requirements, among others. The wording of selected definitions has also been changed, including the definition of a construction product and a set of products.

#### Wprowadzenie nowych i modyfikacja istniejących definicji

W aktualnym brzmieniu rozporządzenie CPR [1] wskazuje 28 definicji. Projekt zmiany rozporządzenia [14] wprowadza ich aż 71, w tym m.in. definicje typu wyrobu, rodziny wyrobów, wyrobu używanego i wyrobu poddanego regeneracji, produkowanego jednostkowo, nieseryjnego procesu produkcyjnego, a także naprawy, konserwacji, części kluczowej wyrobu, materiałów przeznaczonych do drukowania przestrzennego wyrobów, dostawcy usług drukowania przestrzennego, bezpośredni montaż, wymogów dot. wyrobów. Zmieniono także brzmienie wybranych definicji, włącznie z definicją wyrobu budowlanego i zestawu wyrobów.

**Table 1. Summary of selected provisions of the current regulation and the analysed proposal**  
**Tabela 1. Zestawienie wybranych zapisów aktualnego rozporządzenia oraz analizowanego projektu**

Regulation 305/2011 / Rozporządzenie 305/2011	Proposal for the new CPR / Projekt nowego CPR
<p>“This Regulation lays down conditions for the placing or making available on the market of construction products by establishing harmonised rules on how to express the performance of construction products in relation to their essential characteristics and on the use of CE marking on those products”. / „Niniejsze rozporządzenie określa warunki wprowadzania do obrotu lub udostępniania na rynku wyrobów budowlanych, poprzez ustanowienie zharmonizowanych zasad wyrażania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk oraz zharmonizowanych zasad stosowania oznakowania CE na tych wyrobach”.</p>	<p>“This Regulation establishes harmonised rules for the making available on the market and direct installation of construction products, regardless of whether undertaken in the framework of a service or not, by establishing:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) rules on how to express the environmental, including climate, and safety performance of construction products in relation to their essential characteristics;</li> <li>b) environmental, including climate, functional and safety product requirements for construction products.</li> </ul> <p>This Regulation also establishes obligations incumbent on economic operators dealing with construction products or their components or with products that could be regarded as construction products whilst not being intended by their manufacturer to be construction products”. / „Niniejsze rozporządzenie ustanawia zharmonizowane przepisy dotyczące udostępniania na rynku i bezpośredniego montażu wyrobów budowlanych – niezależnie od tego, czy odbywa się to w ramach usługi – poprzez ustalenie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) zasad wyrażania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych w zakresie środowiska, w tym klimatu, i bezpieczeństwa w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk;</li> <li>b) wymogów dotyczących wyrobów budowlanych w zakresie środowiska, w tym klimatu, funkcjonalności i bezpieczeństwa.</li> </ul> <p>W niniejszym rozporządzeniu ustanawia się również zobowiązania podmiotów gospodarczych zajmujących się wyrobami budowlanymi lub ich częściami składowymi bądź wyrobami, które mogłyby zostać uznane za wyroby budowlane, mimo że zgodnie z zamierzeniem producenta nie są one wyrobami budowlanymi”.</p>
<p><b>A fundamental change in approach, taking into account the environment and climate, as well as emphasized functionality and safety.</b>  <b>The change will undeniably increase the workload performed at notified bodies (see Annex V of the new CPR). /</b>  <b>Podstawowa zmiana w podejściu, uwzględniająca środowisko i klimat, a także podkreślane funkcjonalność i bezpieczeństwo.</b>  <b>Zmiana niezaprzeczalnie zwiększy nakład pracy wykonywanej w jednostkach notyfikowanych (zob. załącznik V do nowego CPR).</b></p>	
<p>‘Construction product’ means any product or kit which is produced and placed on the market for incorporation in a permanent manner in construction works or parts thereof and the performance of which has an effect on the performance of the construction works with respect to the basic requirements for construction works; /</p> <p>„Wyrób budowlany” oznacza każdy wyrób lub zestaw wyprodukowany i wprowadzony do obrotu w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych lub ich częściach, którego właściwości wpływają na właściwości użytkowe obiektów budowlanych w stosunku do podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych;</p>	<p>‘Construction product’ means any formed or formless physical item, including its packaging and instructions for use, or a kit or assembly combining such items, that is placed on the market or produced for incorporation in a permanent manner in construction works or parts thereof within the Union, with the exception of items that are necessarily first integrated into an assembly, kit or other construction product prior to being incorporated in a permanent manner in construction works;</p> <p>* ‘permanent’ means for a duration of two years or longer; /</p> <p>„Wyrób budowlany” oznacza każdy uformowany lub nieuformowany przedmiot materialny, łącznie z jego opakowaniem i instrukcją użytkowania, lub zestaw lub zespół łączący takie przedmioty, który jest wprowadzany do obrotu lub produkowany w celu trwałego* wbudowania w obiekty budowlane lub ich części w Unii, z wyjątkiem przedmiotów, które muszą być najpierw włączone do zespołu, zestawu lub innego wyrobu budowlanego przed ich trwałym wbudowaniem w obiekty budowlane;</p> <p>*„trwały” oznacza trwający dwa lata lub dłużej;</p>
<p><b>No definition /</b> <b>Brak definicji</b></p>	<p>‘Product requirements’ means a threshold level or another characteristic with which a product has to comply before it can be placed on the market or installed directly, including those requirements relating to labelling and instructions for use or other information to be provided; /</p> <p>„Wymogi dotyczące wyrobów” oznaczają wartość progową lub inną cechę, którą wyrób musi spełniać, zanim zostanie wprowadzony na rynek lub bezpośrednio zamontowany, w tym wymogi dotyczące etykietowania i instrukcji obsługi lub innych informacji, które należy przedstawić;</p>

**'Intended use'** means the intended use of the construction product as defined in the applicable harmonised technical specification; /

„Zamierzone zastosowanie” oznacza zamierzone zastosowanie wyrobu budowlanego określone w mającej zastosowanie zharmonizowanej specyfikacji technicznej;

**'Intended use'** means the use intended by the manufacturer, including the conditions for usage, as laid out in technical documentation, on labels, in instructions for use, or in publicity material, whilst usages mentioned only in one of these are already part of the 'intended use'; /

„Zamierzone zastosowanie” oznacza zastosowanie przewidziane przez producenta, w tym warunki użytkowania, jak określono w dokumentacji technicznej, na etykietach, w instrukcjach użytkowania lub w materiałach reklamowych, podczas gdy zastosowania wymienione tylko w jednym z nich są już częścią użytkowania zgodnego z przeznaczeniem”;

The changes will certainly have a positive impact on the transparency of all documentation, on which designers also work when selecting specific systems or system components. Structured in this way, the regulations should make product documentation as clear and reliable as signed CoP declarations. /

Zmiany na pewno będą miały pozytywny wpływ na przejrzystość całej dokumentacji, na której również pracują projektanci, dobierając konkretne systemy czy podzespoły systemów. Tak skonstruowane przepisy powinny sprawić, że dokumentacja wyrobu stanie się tak samo czytelna i rzetelna jak podpisywane deklaracje SWU.

**'Placing on the market'** means the first making available of a construction product on the Union market; /

„Wprowadzenie do obrotu” oznacza udostępnienie po raz pierwszy wyrobu budowlanego na rynku unijnym;

**'Placing on the market'** means the first making available of a product on the Union market or the first making available of a used product where any of the conditions of Article 2(2) are fulfilled or of a remanufactured product; /

„Wprowadzenie do obrotu” oznacza udostępnienie po raz pierwszy wyrobu na rynku unijnym lub udostępnienie po raz pierwszy wyrobu używanego, jeżeli spełniony jest którykolwiek z warunków określonych w art. 2 ust. 2, lub wyrobu poddanego regeneracji;

For the first time, the construction regulations talk about remanufactured products. Designers / maintainers will have a wide choice of products – not only new, but also remanufactured. At this point, however, it is impossible to say whether the latter category will actually appear on the market. /

Po raz pierwszy w przepisach budowlanych mówi się o wyrobach poddawanych regeneracji. Projektanci / konserwatorzy będą mieli szeroki wybór produktów – nie tylko nowych, ale i regenerowanych. Na ten moment nie można jednak stwierdzić, czy ta druga kategoria faktycznie pojawi się w obrocie.

No definition /  
Brak definicji

**'State of scientific and technical knowledge'** means the way to achieve a certain goal that is the most efficient and advanced or close to it, and therefore goes beyond the average ways that can be chosen; /

„Stan wiedzy naukowej i technicznej” oznacza sposób osiągnięcia określonego celu, który jest najbardziej efektywny i zaawansowany albo zbliżony do niego, a więc wykracza poza przeciętne sposoby, które można wybrać;

A definition aimed basically at all parties interested in the investment process. Official. In a document of the rank of a European regulation.  
Definicja skierowana w zasadzie do wszystkich stron zainteresowanych procesem inwestycyjnym. Oficjalna. W dokumencie rangi rozporządzenia europejskiego.

Source: Own elaboration.  
Źródło: Opracowanie własne.

## Article 5

### Product requirements

Prior to placing on the market or direct assembly, all products covered by this Regulation shall meet the general, directly applicable product requirements set forth in Annex I (first) Part D [15] and the product requirements set forth in Annex I Part B and C, as specified for the relevant product family or category in accordance with paragraph 2. The requirements for products set forth in Annex I, Parts B and C shall apply only if determined in accordance with paragraph 2.

Product information about these items, both in terms of number and quality, should be sufficient to make informed decisions about purchasing, including the appropriate pieces needed,

## Artykuł 5

### Wymogi dotyczące wyrobów

Przed wprowadzeniem do obrotu lub bezpośrednim montażem wszystkie produkty objęte niniejszym rozporządzeniem spełniają wszystkie produkty objęte niniejszym rozporządzeniem spełniają ogólnie, bezpośrednio stosowane wymogi dotyczące wyrobów określone w załączniku I (pierwszym) część D [15] oraz wymogi dotyczące wyrobów określone w załączniku I część B i C, jak określono dla odpowiedniej rodziny lub kategorii wyrobów zgodnie z ust. 2. Wymogi dotyczące wyrobów określone w załączniku I część B i C mają zastosowanie wyłącznie wówczas, gdy zostały określone zgodnie z ust. 2.

Informacje o wyrobie dotyczące tych elementów, zarówno pod względem liczby, jak i jakości, powinny wystarczyć do podjęcia świadomych decyzji o zakupie, w tym o odpowiedniej potrzebnych

assembly, use, maintenance, disassembly, reuse and recycling of the product. They include all the drawings, diagrams, descriptions and explanations necessary to understand it.

#### PART D

Requirements for product information:

1. The following information shall be attached to the products:
  - 1.1. Product identification data: unambiguous type number based on the determination of the product type in accordance with Article 3, Section 31.
  - 1.2. Product description:
    - a) intended use,
    - b) intended users,
    - c) conditions of use,
    - d) estimated average and minimum life in accordance with the intended use (durability),
    - e) nominal dimensions (drawings),
    - f) main materials used,
    - g) key components.

Article 5 clearly indicates that the documentation provided by the manufacturer should be at least detailed, which is arguably a lenient term anyway, given the specificity of the requirements laid down. The main change here is the determination of the average and minimum life of a construction product in accordance with its intended use. The problem, it seems, will not exist for a large proportion of SSP components, but for example, voice alarm systems that are a subsystem in a fire alarm system will probably be burdened with additional computational and/or testing needs. This is due to the fact that most systems operate in parallel as “public address” broadcast systems and as “voice alarm” i.e. DSO, in which alarm functions are combined with non-alarm functions.

How then to determine the “estimated average and minimum life according to the intended use (durability)” when, for example, the harmonized standard EN 54-24 specifies only “fire safety” as the intended use? The authors conclude that in such a case, the manufacturer should have additional information (or tests) to determine this estimated period.

The answer to such considerations can be found in Article 21, which imposes the following obligations on the manufacturers:

The manufacturer refrains from making any statements about the product performance that are not based on:

- assessment method contained in a harmonized technical specification, if the performance in question is covered by such a specification; or
- assessment method, which is the most effective and advanced to produce an accurate assessment - in the absence of any method described in subsection (a) above.

Thus, returning to the loudspeaker example, in a PA/VA system it is necessary to determine whether the method is covered by a harmonized standard. It can already be said that it is not, since the standard is harmonized, but with the current regulation, which does not make such a requirement – durability for an application other than fire safety. For details according to para. 4.3 of EN 54-24 Durability, “the voice alarm loudspeaker shall be

sztuk , montażu, użytkowaniu, konserwacji, demontażu, ponownym użyciu i recyklingu wyrobu. Obejmują one wszystkie rysunki, schematy, opisy i objaśnienia niezbędne do jego zrozumienia.

#### CZĘŚĆ D

Wymogi dotyczące informacji o wyrobie:

1. Do wyrobów dołączane są następujące informacje:
  - 1.1. Dane identyfikacyjne wyrobu: jednoznaczny numer typu na podstawie określenia typu wyrobu zgodnie z art. 3 pkt 31.
  - 1.2. Opis wyrobu:
    - a) zamierzone zastosowania,
    - b) zamierzeni użytkownicy,
    - c) warunki użytkowania,
    - d) szacowany średni i minimalny okres użytkowania zgodnie z zamierzonym zastosowaniem (trwałość),
    - e) wymiary nominalne (rysunki),
    - f) główne wykorzystane materiały,
    - g) części kluczowe.

Artykuł 5 wyraźnie wskazuje, iż dokumentacja dostarczana przez producenta powinna być co najmniej szczegółowa, co i tak jest zapewne łagodnym określeniem, biorąc pod uwagę szczegółowość wymagań, jakie postawiono w tym zakresie. Główną zmianą jest tu określenie średniego i minimalnego okresu użytkowania wyrobu budowlanego zgodnie z jego zamierzonym zastosowaniem. Problemu, wydaje się, nie będzie mieć duża część podzespołów SSP, ale dla przykładu dźwiękowe systemy ostrzegawcze stanowiące podsystem w systemie sygnalizacji pożarowej obciążone będą zapewne dodatkowymi potrzebami obliczeniowymi i/lub badawczymi. Wynika to z faktu, iż większość systemów funkcjonuje równolegle jako systemy rozgłaszania *public address* oraz jako *voice alarm* tj. DSO, w którym funkcje alarmowe łączone są z funkcjami innymi niż alarmowe.

Jak w takim razie określić „szacowany średni i minimalny okres użytkowania zgodnie z zamierzonym zastosowaniem (trwałość)”, kiedy np. norma zharmonizowana EN 54-24 jako zamierzone zastosowanie podaje wyłącznie „bezpieczeństwo pożarowe”? Autorzy wnioskuje, że w takim wypadku producent powinien dysponować dodatkowymi informacjami (lub badaniami), które pozwolą na określenie tego szacowanego okresu.

Odpowiedzią na tego typu rozważania może być artykuł 21, który nakłada na producentów następujące obowiązki:

Producent powstrzymuje się od wszelkich oświadczeń dotyczących właściwości wyrobu, które nie są oparte na:

- metodzie oceny zawartej w zharmonizowanej specyfikacji technicznej, jeżeli dana właściwość jest objęta taką specyfikacją; lub
- metodzie oceny, która jest najbardziej skuteczną i zaawansowaną metodą umożliwiającą sporządzenie dokładnej oceny – w przypadku braku żadnej metody opisanej w podpunkcie a) wyżej.

Wracając zatem do przykładu głośnika w systemie PA/VA należy określić, czy metoda objęta jest normą zharmonizowaną. Można już teraz stwierdzić, że nie jest, gdyż norma jest zharmonizowana, ale z obowiązującym rozporządzeniem, które takiego wymagania nie stawia – trwałość dla zastosowania innego niż bezpieczeństwo pożarowe. Dla uszczegółowienia, zgodnie



rated for at least 100 h operation at the rated noise power specified by the manufacturer". This is solely a requirement related to the intended use of "fire safety", a VA component of the PA/VA systems widely used and given here as an example.

Likewise, those familiar with smoke and heat control systems will find the requirement in the National Technical Assessments issued by CNBOP-PIB for electrical control and signalling devices (USiS) in smoke and heat control systems. The control and signalling device intended exclusively for smoke ventilation should be subjected to the appropriate number of cycles in the alarm condition, applying to the selected reliability class (Re). For the purposes of operational reliability, USiS should be classified into one of the following classes (Re):

- Re A: according to the manufacturer's declaration ( $A > 50$ ),
- Re 50 or
- Re 1000.

The symbol A, 50 and 1000 will represent the number of operation cycles in the alarm condition. USiS intended for additional control in the quiescent condition (e.g., dual-function fans should be cycled an additional ten thousand times in the quiescent condition before beginning cycles in the alarm condition). Such devices are identified by adding the DP symbol to the reliability class, such as Re 1000DP.

The example taken from the national market is not coincidental and is not completely unrelated to the new CPR, as once the new document comes into force, only appropriate references to the new CPR, which is directly applicable in EU member states, will be introduced in Polish regulations, just as happened when Regulation 305/2011 came into force.

The next step will be to determine which assessment method is the most effective and advanced (presumably given the state of scientific and technical knowledge defined in the regulation) method to produce an accurate assessment. Therefore, in the opinion of the authors, there is no way around it without additional technical opinions, expert reports or laboratory reports. Naturally, in order to demonstrate due diligence, one would want to ensure that these documents are issued by accredited laboratories, preferably those operating under notified bodies that have issued the relevant certificates.

Another significant change is the need to identify key parts (g). According to Article 3 of "Definitions", a key part means a part which is intended by the manufacturer of a product or another economic operator to be used as component or spare part for a product and that has been specified by harmonised technical specifications as essential for the characterisation, safety or performance of a product. On one hand, the purpose is determined by the manufacturer but is limited de facto to the harmonized standard.

In para. 1 of the harmonized standard EN 54-11:2001 + A1:2005 Fire alarm systems – Manual call points, we find the scope of the standard, which indicates what parts the manual call point should consist of "[...] applies to manual call points that are simple mechanical switches, manual call points with simple electronic components (e.g. diodes, resistors), as well as manual call points that contain active electronic components [...]". Information in this regard can also be found in 3.2, "pane"

z pkt. 4.3 EN 54-24 Trwałość, „głośnik do dźwiękowych systemów ostrzegawczych powinien być zdolny do pracy przy mocy znamionowej określonej przez producenta, przez co najmniej 100 godzin." Jest to wyłącznie wymaganie związane z zamierzonym zastosowaniem „bezpieczeństwo pożarowe", czyli człon VA z szeroko stosowanych i podanych tutaj za przykład systemów PA/VA.

Podobnie, osoby zaznajomione z systemami kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła odnajdą wymaganie stawiane w Krajowych Ocenach Technicznych wydawanych przez CNBOP-PIB dla elektrycznych urządzeń sterujących i sygnalizujących (USiS) w systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Urządzenie sterujące i sygnalizujące przeznaczone wyłącznie do oddymiania powinno być poddane odpowiedniej liczbie cykli pracy w stanie alarmowania, stosowanie do wybranej klasy niezawodności (Re).

Na potrzeby niezawodności działania USiS powinny być klasyfikowane do jednej z niżej wymienionych klas (Re):

- Re A: wg deklaracji producenta ( $A > 50$ ),
- Re 50 lub
- Re 1000.

Oznaczenie A, 50 i 1000 będzie reprezentować liczbę cykli roboczych w stanie alarmowania. USiS przeznaczone do dodatkowego sterowania w stanie dozoru (np. dwufunkcyjnych wentylatorów) powinno być poddawane cyklem dodatkowo dziesięć tysięcy razy w stanie dozoru przed rozpoczęciem cyklu w stanie alarmowania. Takie urządzenia są identyfikowane poprzez dodanie oznaczenia DP do klasy niezawodności, np. Re 1000DP.

Przykład pobrany z rynku krajowego jest nieprzypadkowy i nie jest zupełnie bez związku z nowym CPR, bowiem po wejściu w życie nowego dokumentu w polskich przepisach wprowadzone zostaną jedynie odpowiednie odniesienia do nowego CPR, które obowiązuje wprost w krajach członkowskich UE, analogicznie jak stało się to w momencie wejścia w życie rozporządzenia 305/2011.

Kolejnym krokiem będzie określenie, jaka metoda oceny jest najbardziej skuteczną i zaawansowaną (zapewne biorąc pod uwagę zdefiniowany w rozporządzeniu stan wiedzy naukowej i technicznej) metodą umożliwiającą sporządzenie dokładnej oceny. Nie obędzie się zatem, w opinii autorów, bez dodatkowych opinii technicznych, ekspertyz czy sprawozdań laboratoryjnych. Oczywiście, chcąc wykazać się należytą starannością, należałoby zadbać, aby były to dokumenty wydane przez laboratoria akredytowane, najlepiej te funkcjonujące przy jednostkach notyfikowanych, które wydały stosowne certyfikaty.

Kolejną znaczącą zmianą jest konieczność wskazania części kluczowych g). Zgodnie z artykułem 3 „Definicje" poprzez część kluczową należy rozumieć część wyrobu, którą zgodnie z przeznaczeniem określonym przez jego producenta lub podmiot gospodarczy, stosuje się jako część składową lub część zamienną wyrobu, i którą określono w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych jako istotną dla charakterystyki, bezpieczeństwa lub właściwości użytkowych wyrobu". Z jednej strony przeznaczenie określa producent ale ograniczony jest on de facto do normy zharmonizowanej.

W pkt. 1 normy zharmonizowanej EN 54-11:2001 + A1:2005 Systemy sygnalizacji pożarowej - Część 11: Ręczne ostrzegacze pożarowe odnajdziemy zakres normy, który wskazuje z jakich

is “a part made of glass or glass-looking material, which, when struck or pressed, according to the instructions, is broken or visibly displaced by a change in position, and remains in this state until replaced or readjusted”, further points recall components: 3.6 – button, 3.7 – operating field, 3.8 – special tool (e.g. erasing equipment), 4.7.4 – protection against accidental activation.

Another example is the harmonized standard EN 54-24:2008 Fire alarm systems – Voice alarm systems – Loudspeakers, which specifies in section 3.1.10 that a loudspeaker is to be understood as “transducer which converts electrical energy into acoustical energy, comprising one or more drive units, one or more enclosure, a cable termination block, and relevant devices such as filters, transformers and any passive element”.

However, not all harmonized standards have such indications explicitly or have helpful references to components that can be a replacement part of the product. Whether the product manufacturer will be able to expand the list of spare parts not mentioned in the hEN on its own responsibility remains an unresolved issue for today. This aspect will be most relevant to maintainers of fire alarm systems, who will probably verify the documentation provided by the manufacturers with great care, mainly in terms of the list of key parts.

Annex D of the new CPR instead specifies that:

1. Harmonized technical specifications may indicate that a specific product information requirement does not apply to a particular category of products.
2. Where appropriate, the harmonized technical specifications should set forth the product information requirements specified in point 1, which may apply both to the product itself and to its installation in construction works. Accordingly, they should take into account the needs of designers, building authorities, construction specialists, building regulators, consumers and other users, occupants, use managers and maintenance specialists.

It should be emphasized that this provision throughout the proposal indicates the power of associations, groups and other forms of association of professionals and their possible voice in creating a new reality after the new regulation comes into force. A voice that will be able to be spoken in reference to a specific provision of European law, which seems, at least today, in times of great uncertainty, an optimistic element. It is hard to disagree with the statement that it is the above-mentioned groups who know the most about construction objects.

części powinien się składać ROP „[...] dotyczy ręcznych ostrzegaczy pożarowych, które są prostymi przełącznikami mechanicznymi, ręcznych ostrzegaczy pożarowych wyposażonych w proste elementy elektroniczne (np. diody, rezystory), jak również ręcznych ostrzegaczy pożarowych zawierających czynne elementy elektroniczne [...]”. Informacje w tym zakresie znajdziemy też w punkcie 3.2 „szybka” to „część wykonana ze szkła lub materiału wyglądającego jak szkło, która po uderzeniu lub po naciśnięciu, zgodnie z instrukcją, zostaje zbита lub w widoczny sposób przemieszczona przez zmianę położenia i pozostaje w tym stanie aż do wymiany lub ponownego nastawienia”, kolejne punkty przywołują podzespoły: 3.6 – przycisk, 3.7 – pole obsługi, 3.8 – specjalne narzędzie (np. wyposażenie do kasowania), 4.7.4 – zabezpieczenie przed przypadkowym uruchomieniem.

Innym przykładem może być norma zharmonizowana EN 54-24:2008 Systemy sygnalizacji pożarowej - Część 24: Dźwiękowe systemy ostrzegawcze - Głośniki, w której w punkcie 3.1.10 określono, iż poprzez głośnik należy rozumieć „przetwornik energii elektrycznej w energię akustyczną, składający się z co najmniej jednej jednostki generującej dźwięk, co najmniej jednej obudowy, listwy zaciskowej do podłączania kabli oraz odpowiednich urządzeń takich jak filtry, transformatory i jakichkolwiek innych pasywnych elementów”.

Jednak nie wszystkie normy zharmonizowane podają takie wskazania wprost lub posiadają pomocne odniesienia do części składowych mogących stanowić część zamienną wyrobu. Kwestią nierozstrzygniętą na dzisiaj pozostaje, czy producent wyrobu będzie mógł na własną odpowiedzialność rozszerzyć listę części zamiennych, których w hEN nie wymieniono. Ten aspekt najbardziej istotny będzie dla konserwatorów systemów sygnalizacji pożarowej, którzy będą zapewne z dużą pieczołowitością weryfikować dokumentację dostarczaną przez producentów, głównie pod kątem listy części kluczowych.

Załącznik D do nowego CPR precyzuje natomiast, iż:

1. W zharmonizowanych specyfikacjach technicznych można wskazać, że określony wymóg dotyczący informacji o wyrobie nie ma zastosowania do określonej kategorii wyrobów.
2. W stosownych przypadkach w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych należy określić wymogi dotyczące informacji o wyrobie określone w pkt 1, które mogą odnosić się zarówno do samego wyrobu, jak i do jego montażu w obiektach budowlanych. W związku z tym należy w nich uwzględnić potrzeby projektantów, urzędów budowlanych, specjalistów ds. budownictwa, organów nadzoru budowlanego, konsumentów i innych użytkowników, osób przebywających w obiekcie, zarządców użytkownika oraz specjalistów ds. konserwacji.

Należy podkreślić, że zapis ten w całym projekcie wskazuje na siłę stowarzyszeń, grup i innych form zrzeszania specjalistów i na ich możliwy głos w kreowaniu nowej rzeczywistości po wejściu w życie nowego przepisu. Głos, który będzie mógł być zabierany w powołaniu na konkretny przepis prawa europejskiego, co wydaje się przynajmniej dzisiaj, w czasach dużej niepewności, elementem optymistycznym. Trudno nie zgodzić się ze stwierdzeniem, że to ww. grupy znają się najlepiej na obiektach budowlanych.

## New requirements for product manufacturers

Chapter III of the regulation defines the rights and obligations of the economic operators. It sets out the general and specific obligations of manufacturers, including how to apply the relevant harmonized technical specifications (harmonized standards and delegated acts) to assess and declare the product's performance.

In particular, Article 22 sets out the environmental responsibilities of the manufacturers, including the obligation to declare mandatory sustainability performance as defined in Annex I, Part A, Section 2, the global warming potential, and requirements based on performance or minimum recycled content.

Subsequent articles identify the specific responsibilities of authorized representatives (Article 23), importers (Article 24), such as ensuring the safety of products under their control, verifying that the manufacturer has fulfilled its general obligations, distributors (Article 25), the responsibilities of fulfilment service providers, brokers, online marketplaces, online retailers and online stores (thereby including them in the compliance structure) (Article 27), and space printing service providers (Article 28). Provisions have therefore been made to allow new business models to be included in the legal framework as well. Also included are new specific obligations for operators dismantling or processing used products for reuse or remanufacturing (Article 29) and obligations for dual-use products and pseudo-manufacturing (Article 31). Online or remote sales of construction products have been regulated (Article 32).

## Declaration of performance (DoP) and declaration of conformity (DoC)

Chapter II (Articles 9–18) specifies the procedure, declarations and marking. Articles 9–12 regulate the declaration of performance and its applicable exemptions (including for micro-enterprises that do not engage in cross-border trade, under certain conditions: for remanufactured products or parts of construction works prepared for reuse or remanufactured).

Articles 13 and 14 set the rules for declarations of conformity (DoC, compliance with requirements for products under Article 5). To minimize the administrative burden, the declaration of conformity is combined with the declaration of performance.

According to Article 15, the declaration of performance and the declaration of conformity can be provided in electronic format or via direct link. They must be provided in the languages required by the member states in which the manufacturer intends to make the product available. The regulation introduces a new obligation to assess and declare the conformity of a product with the requirements for the product, which will be specified either in voluntary harmonized standards or in EC delegated acts.

## Nowe wymagania dla producentów wyrobów

W rozdziale III rozporządzenia określono prawa i obowiązki podmiotów gospodarczych. Wyznaczono w nim ogólne i szczegółowe obowiązki producentów, w tym dotyczące sposobu stosowania odpowiednich zharmonizowanych specyfikacji technicznych (norm zharmonizowanych i aktów delegowanych) w celu oceny i deklarowania właściwości użytkowych wyrobu.

W szczególności w art. 22 określono obowiązki producentów w zakresie ochrony środowiska naturalnego, w tym obowiązek deklarowania obowiązkowych właściwości dotyczących zrównoważonego rozwoju określonych w załączniku I część A sekcja 2, współczynnika globalnego ocieplenia oraz wymogów opartych na właściwościach użytkowych lub minimalnej zawartości materiałów z recyklingu.

W kolejnych artykułach wskazano szczegółowe obowiązki upoważnionych przedstawicieli (art. 23), importerów (art. 24), takie jak zapewnienie bezpieczeństwa wyrobów będących pod ich kontrolą, sprawdzenie, czy producent wypełnił swoje ogólne obowiązki, dystrybutorów (art. 25), obowiązki dostawców usług realizacji zamówień, brokerów, rynków internetowych, sprzedawców internetowych i sklepów internetowych (tym samym włączając ich do struktury zapewniania zgodności) (art. 27) oraz dostawców usług drukowania przestrzennego (art. 28). Wprowadzono zatem przepisy umożliwiające uwzględnienie w ramach prawnych także nowych modeli biznesowych. Uwzględniono również nowe szczegółowe obowiązki podmiotów gospodarczych zajmujących się demontażem lub przetwarzaniem wyrobów używanych w celu ich ponownego użycia lub regeneracji (art. 29) oraz obowiązki dotyczące wyrobów podwójnego zastosowania i pseudowyrobów (art. 31). Uregulowano sprzedaż wyrobów budowlanych online lub na odległość (art. 32).

## Deklaracja właściwości użytkowych (DoP) i deklaracja zgodności (DoC)

W rozdziale II (art. 9–18) określono procedurę, deklarację i oznakowanie. W art. 9–12 uregulowano kwestię deklaracji właściwości użytkowych i obowiązujących w niej zwolnień (w tym w odniesieniu do mikroprzedsiębiorstw, które nie prowadzą handlu transgranicznego, pod pewnymi warunkami: w przypadku wyrobów poddawanych regeneracji lub części obiektów budowlanych przygotowanych do ponownego użycia lub poddawanych regeneracji).

W art. 13 i 14 wyznaczono zasady dotyczące deklaracji zgodności (DoC, zgodność z wymogami dotyczącymi wyrobów na podstawie art. 5). Aby zminimalizować obciążenia administracyjne, deklaracja zgodności jest łączona z deklaracją właściwości użytkowych.

Zgodnie z art. 15 deklaracja właściwości użytkowych i deklaracja zgodności mogą być dostarczane w formie elektronicznej lub za pośrednictwem odnośnika bezpośredniego. Należy je dostarczać w językach wymaganych przez państwa członkowskie, w których producent zamierza udostępnić wyrób.

Rozporządzenie wprowadza nowy obowiązek oceny i deklarowania zgodności wyrobu z wymaganiami dla wyrobu, które określone będą w dobrowolnych normach zharmonizowanych albo w aktach delegowanych KE.

Analysis of the document shows that two types of declarations – DoP and DoC – will need to be issued for each product. In order to reduce the burden, the possibility of combining the two declarations into a single document has been introduced. This is a very important, and at the same time cumbersome and costly, change generating the need for parallel assessment and declaration of product performance and compliance of the product with its requirements.

## CE marking and other markings on the product

Articles 16–18 set forth general rules and conditions for CE marking and the use of other markings. CE marking is placed on products for which the manufacturer has drawn up a declaration of performance or conformity. The CE marking shall be affixed neither to key parts nor to parts that are not key parts.

Markings other than the CE marking, including private markings, may be affixed to a product only if they do not relate to matters regulated by the CE marking.

No marking other than the marking specified in EU regulations may be affixed to the product at a distance less than twice the length of the CE marking measured from any point of the CE marking and any other marking specified in EU regulations.

No markings other than the CE marking may be affixed to the declaration of performance or declaration of conformity.

## Conclusion

The intention of the authors of this article, prepared with consideration of publicly available documents, is in no way to criticize the new CPR. Environmental sustainability, used products or regulatory simplification are slogans close to the authors' hearts. However, this does not change the fact that the changes proposed in the new document will not affect less complex processes, fewer requirements, or lower (compared to current) process costs.

In addition, the authors note that the selected theses presented in this article are only a fraction of all the changes. The content of the regulation and annexes alone takes up more than a hundred pages. It is a highly complex legal text with the slogan of simplifying and unifying the market for construction products. Among other things, it expands the powers of the European Commission, introduces new obligations for the manufacturers of construction products, notified bodies evaluating products, and new requirements for products and a new type of declaration. A preliminary analysis of this provision raises consternation and numerous doubts. Its implementation will be a major challenge for EU member states and all players in the construction products market.

The draft amendment to the regulation was approved by the European Commission on 31 March 2022. The legislative process

Z analizy dokumentu wynika, że dla każdego wyrobu konieczne będzie wystawianie dwóch rodzajów deklaracji – DoP i DoC. W celu ograniczenia obciążeń wprowadzono możliwość łączenia obu deklaracji w jeden dokument. To bardzo istotna, a zarazem kłopotliwa i kosztowna zmiana generująca konieczność równoległego oceniania i deklarowania właściwości użytkowych wyrobów oraz zgodności wyrobu ze stawianymi mu wymaganiami.

## Oznakowanie CE i inne oznakowania na wyrobie

W art. 16–18 określono ogólne zasady i warunki dotyczące oznakowania CE oraz stosowania innych oznakowań.

Oznakowanie CE umieszcza się na wyrobach, dla których producent sporządził deklarację właściwości użytkowych lub zgodności. Oznakowania CE nie umieszcza się ani na częściach kluczowych, ani na częściach, które nie są częściami kluczowymi.

Oznakowania inne niż oznakowanie CE, w tym oznakowania prywatne, można umieszczać na wyrobie wyłącznie wówczas, gdy nie odnoszą się one do kwestii uregulowanych oznakowaniem CE.

Na wyrobie nie można zawierać żadnego oznakowania innego niż oznakowanie określone w przepisach unijnych w odległości mniejszej niż podwójna długość oznakowania CE mierzona od dowolnego punktu oznakowania CE i innego oznakowania określonego w przepisach UE.

Na deklaracji właściwości użytkowych lub deklaracji zgodności nie można umieszczać oznakowań innych niż oznakowanie CE.

## Podsumowanie

Zamiarem autorów niniejszego artykułu, przygotowanego z uwzględnieniem dostępnych publicznie dokumentów, nie jest w żadnym stopniu krytyka nowego CPR. Zrównoważone środowisko, wyroby używane czy uproszczenie przepisów prawa to hasła bliskie autorom. Nie zmienia to jednak faktu, że proponowane w nowym dokumencie zmiany nie wpłyną na zmniejszenie stopnia skomplikowania procesów, mniejsze wymagania czy niższe (w stosunku do obecnych) koszty procesów.

Ponadto autorzy zwracają uwagę, iż przedstawione w niniejszym artykule wybrane tezy to jedynie ułamek wszystkich zmian. Sama treść rozporządzenia i załączników zajmuje ponad sto stron. Jest to tekst prawny o wysokim stopniu skomplikowania, w którym pod hasłem uproszczenia i ujednolicenia rynku wyrobów budowlanych rozszerza się m.in. zakres uprawnień Komisji Europejskiej, wprowadza nowe obowiązki dla producentów wyrobów budowlanych, jednostek notyfikowanych oceniających wyroby, a także nowe wymagania dla wyrobów i nowy rodzaj deklaracji. Wstępna analiza tego przepisu wywołuje konsternację i liczne wątpliwości. Wdrożenie go do stosowania będzie dużym wyzwaniem dla państw członkowskich UE oraz wszystkich uczestników rynku wyrobów budowlanych.

Projekt zmiany rozporządzenia został zatwierdzony przez Komisję Europejską 31 marca 2022 roku. Aktualnie trwa proces

is currently underway, and at the time of this writing is at the first reading stage in the Council of the European Union – the General Secretariat of the Council has forwarded the draft to the Working Party on Intellectual Property and the Working Party on Technical Harmonization. The European Commission expects to publish the revised regulation in 2024. It is expected to take effect in 2025.

Finally, it is worth pointing out that in November 2022, the Internal Market and Consumer Protection Committee in the European Parliament made a number of comments on the draft of the new CPR. The detailed report contains as many as 171 pages. In this article, the authors deliberately did not refer to the comments in that document, so as not to further complicate the already complex new wording of the regulation. They merely signal its publication. The number and nature of the comments may (but need not) cause the European Commission to consider changes to the draft of this regulation and perhaps drop some of the new requirements proposed in it.

The progress of the legislative process can be followed at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/HIS/?uri=CELEX:52022PC0144&sortOrder=asc>.

legislacyjny, który w chwili opracowywania tego artykułu jest na etapie pierwszego czytania w Radzie Unii Europejskiej – Sekretariat Generalny Rady przekazał projekt do Grupy Roboczej ds. Własności Intelektualnej i Grupy Roboczej ds. Harmonizacji Technicznej. Komisja Europejska przewiduje publikację zmienionego rozporządzenia w 2024 roku. Ma ono ma zacząć obowiązywać w 2025 roku.

Na koniec warto wskazać, że w listopadzie 2022 r. Komisja Rynku Wewnętrznego i Ochrony Konsumentów w Parlamencie Europejskim zgłosiła szereg uwag do projektu nowego CPR. Szczegółowy raport zawiera aż 171 stron. W niniejszym artykule autorzy celowo nie odnosili się do uwag zawartych w tym dokumencie, aby dodatkowo nie komplikować – i tak już zawiłego – nowego brzmienia rozporządzenia. Jedynie sygnalizują jego publikację. Liczba oraz charakter uwag może (ale nie musi) spowodować, że Komisja Europejska będzie musiała rozważyć zmiany w projekcie tego rozporządzenia i być może zrezygnować z niektórych zaproponowanych w nim nowych wymagań.

Postępy procesu legislacji można śledzić pod adresem: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/HIS/?uri=CELEX:52022PC0144&sortOrder=asc>.

## Literature / Literatura

- [1] 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. Tekst mający znaczenie dla EOG (Dz.Urz. UE L z 2011 r. poz. 88.5).
- [2] Report From The Commission To The European Parliament And The Council on the implementation of Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC, COM(2016) 445 final.
- [3] Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 10 marca 2021 r. w sprawie wdrożenia rozporządzenia (UE) nr 305/2011 ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych (rozporządzenie w sprawie wyrobów budowlanych) (2020/2028(INI)).
- [4] Wyrok Trybunału z dnia 27 października 2016 r. (wniosek o wydanie orzeczenia w trybie prejudycjalnym złożony przez Supreme Court – Irlandia) – James Elliott Construction Limited/Irish Asphalt Limited (Dz.Urz. UE C 6 z 9.01.2017 r.; 62014CA0613).
- [5] European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Supporting study for the fitness check on the construction sector – EU internal market and energy efficiency legislation: executive summary, Publications Office, 2016, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/240051> [dostęp: 04.04.2023].
- [6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (Dz.U. L 285 z 31.10.2009).
- [7] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE (Dz.U. L 198 z 28.7.2017).
- [8] Commission Staff Working Document Evaluation of Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC, SWD(2019) 1770 final, Brussels, 24.10.2019.
- [9] European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Supporting study for the impact assessment of the CPR Review – Annexes to the final report, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/663061> [dostęp: 04.04.2023].
- [10] Refined indicative options for the review of the Construction products regulation, version 2 - 08.04.2020, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/40762> [dostęp: 06.04.2023].
- [11] European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Supporting study for the impact assessment of the CPR Review, Publications Office, July 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/15330> [dostęp: 04.04.2023].
- [12] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 2 lutego 2022 r., Strategia UE w zakresie

normalizacji. Ustanowienie światowych norm na rzecz odpornego, ekologicznego i cyfrowego jednolitego rynku UE, COM(2022) 31 final.

- [13] Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 10 marca 2021 r. w sprawie wdrożenia rozporządzenia (UE) nr 305/2011 ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych (rozporządzenie w sprawie wyrobów budowlanych) (2020/2028(INI)).
- [14] Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised conditions for the

marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011, Brussels, 30.3.2022, COM(2022) 144 final, 2022/0094 (COD).

- [15] Annexes to the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised conditions for the marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011, ANNEXES 1 to 7, Brussels, 30.3.2022, COM(2022) 144 final.

**GRZEGORZ MROCZKO, M.SC. ENG.** – a graduate of the Main School of Fire Service, an officer of the State Fire Service, representative of Poland in TC 72 of the European Technical Committee (CEN), TC 264 and AC 501 member of the Polish Committee for Standardization (PKN), He is responsible for the procedure of innovative products testing at CNBOP-PIB Technical Assessment Department.

**ROBERT ŚLIWIŃSKI, M.A. ENG.** – a graduate of the Civil Safety Engineering Department at the Main School of Fire Service in Warsaw. He completed post-graduate studies at the University of Warsaw and the Military University of Technology. Since the beginning of his career, he has been associated with the Scientific and Research Centre For Fire Protection – National Research Institute in Józefów. As a specialist of the Certification Department, he acted as the coordinator of the substantive area regarding devices included in fire alarm systems. As of 2019, Deputy Head of CNBOP-PIB Technical Assessment Department.

**MGR INŻ. GRZEGORZ MROCZKO** – absolwent SGSP, oficer Państwowej Straży Pożarnej, przedstawiciel Polski w TC 72 Europejskiego Komitetu Technicznego (CEN), członek KT 264 i KZ 501 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN). Zajmuje się procedurą testowania wyrobów innowacyjnych w Zakładzie Ocen Technicznych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowym Instytucie Badawczym.

**MGR INŻ. ROBERT ŚLIWIŃSKI** – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz Szkoły Głównej Handlowej. Ukończył studia podyplomowe na Uniwersytecie Warszawskim oraz Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego. Od początku kariery zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowarowej – Państwowym Instytutem Badawczym w Józefowie. Jako specjalista Jednostki Certyfikującej pełnił rolę koordynatora obszaru merytorycznego dot. urządzeń wchodzących w skład systemów sygnalizacji pożarowej. Od 2019 roku Zastępca Kierownika Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).

# TESTOWANIE WYROBÓW INNOWACYJNYCH CNBOP-PIB



## CEL

**Sprawdzanie przydatności** urządzeń i sprzętu do stosowania w działaniach ratowniczo-gaśniczych

**Użytkowanie wyrobów innowacyjnych** w ochronie przeciwpożarowej i na rzecz ochrony ludności

**Inspirowanie innowacyjności** producentów wyrobów



## KORZYŚCI

**Jakość oraz funkcjonalność** wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej

**Opinie i sugestie dla producenta** stymulujące rozwój wyrobów

**Baza sprawdzonych** wyrobów i rozwiązań – wykaz wydanych Opinii i Rekomendacji



## ZAŁOŻENIA

**Praktyczne testowanie** podczas ćwiczeń i/lub działań ratowniczo-gaśniczych

**Wyroby przekazywane** do testowania w drodze umowy użyczenia

**Standardowy czas testowania** – 2 miesiące od dostarczenia do jednostki testującej

**Transparentna współpraca** producent ↔ użytkownik końcowy



CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ  
im. Józefa Tuliszkowskiego  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



Karolina Chmiel<sup>a)\*</sup>, Michał Chmiel<sup>a)</sup>, Stanisław Smyk<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>b)</sup> *War Studies University / Akademia Sztuki Wojennej*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: kchmiel@cnbop.pl*

## Logistic Protection of Volunteer Firefighting Units of the National Rescue and Firefighting System during Long-Term Rescue Operations on the Example of Floods

### Zabezpieczenie logistyczne jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego podczas długotrwałych akcji ratowniczych na przykładzie powodzi

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of the article is to present the method of dispatching the units of the Volunteer Fire Service of the national rescue and firefighting system (OSP KSRG) to long-term rescue operations and to characterize the logistic protection of the units during such operations. The example of the 2010 floods in the Świętokrzyskie region was used as the basis for the analysis.

**Research methods:** During the preparation of the article, the method of analysis was used to explore in more depth the issue of logistic protection of units in long-term rescue operations. A critical analysis of the literature on the subject proved important. Also used was a case study of the logistic protection of OSP KSRG units during the 2010 floods in the Świętokrzyskie region.

**Conclusions:** OSP KSRG units involved in a long-term rescue operation do not have their own logistical facilities, additional equipment or stocks of propellants and grease in sufficient quantities. Therefore, there is a need to implement new solutions aimed at modifying the procedures for logistical security of OSP units participating in long-term rescue operations. The analysis of the case study showed that the autonomy of OSP KSRG units in long-term rescue operations should include securing basic supplies: water, food, liquid fuels and grease, as well as the ability to create their own welfare facilities, including their own sleeping bags, as and tents, field beds, blankets, which will allow firefighters to rest on an ad hoc basis during the action. The use by OSP units of logistic protection capabilities based on local field resources requires the development of guidelines and procedures for the use of the resources in question, as well as an indication of the type of services needed. During the development of rescue plans, entities providing specific logistic services to OSP units should be listed.

**Keywords:** Volunteer Fire Service, State Fire Service, national rescue and firefighting system, logistic protection, action logistics, long-term rescue operations

**Type of article:** case study

---

**Received:** 03.11.2022; **Reviewed:** 21.12.2022; **Accepted:** 28.12.2022;

Authors' ORCID IDs: K. Chmiel – 0000-0002-9293-143X; M. Chmiel – 0000-0002-7364-6529; S. Smyk – 0000-0003-1804-4864;

The authors contributed the equally to this article;

**Please cite as:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 152–165, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.9>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest przedstawianie sposobu dysponowania jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (OSP KSRG) do długotrwałych akcji ratowniczych oraz scharakteryzowanie zabezpieczenia logistycznego jednostek podczas tego rodzaju działań. Za podstawę analizy posłużył przykład akcji powodziowej w rejonie województwa świętokrzyskiego z 2010 roku.

**Metody badawcze:** Podczas pracy nad artykułem zastosowano metodę analizy, która została wykorzystana do pogłębienia problematyki zabezpieczenia logistycznego jednostek w długotrwałych akcjach ratowniczych. Istotną okazała się krytyczna analiza literatury przedmiotu. Wykorzystano także studium przypadku zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP KSRG podczas akcji powodziowej w rejonie województwa świętokrzyskiego z 2010 roku.



**Wnioski:** Jednostki OSP KSRG uczestniczące w długotrwałej akcji ratowniczej nie posiadają własnego zaplecza logistycznego, dodatkowego sprzętu ani zapasów materiałów pędnych i smarów w wystarczającej ilości. Tym samym, istnieje konieczność wdrożenia nowych rozwiązań zmierzających do modyfikacji procedur zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP uczestniczących w długotrwałych akcjach ratowniczych. Analiza studium przypadku wykazała, że autonomiczność jednostek OSP KSRG w długotrwałych akcjach ratowniczych powinna obejmować zabezpieczenie w podstawowe środki zaopatrzenia: wodę, żywność, paliwa płynne i smary oraz możliwość tworzenia własnego zaplecza socjalnego, obejmującego śpiwory oraz namioty, łóżka polowe i koce, które to pozwoli na doraźny wypoczynek strażaków w czasie akcji. Korzystanie przez jednostki OSP z możliwości zabezpieczenia logistycznego w oparciu o lokalne zasoby terenowe wymaga opracowania wytycznych i procedur korzystania z przedmiotowych zasobów, a także wskazania rodzaju niezbędnych usług. Podczas opracowywania planów ratowniczych powinny być typowane podmioty świadczące konkretne usługi logistyczne dla OSP.

**Słowa kluczowe:** Ochotnicza Straż Pożarna, Państwa Straż Pożarna, krajowy system ratowniczo-gaśniczy, zabezpieczenie logistyczne, logistyka akcji, długotrwałe akcje ratownicze

**Typ artykułu:** studium przypadku

---

**Przyjęty:** 03.11.2022; **Zrecenzowany:** 21.12.2022; **Zaakceptowany:** 28.12.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: K. Chmiel – 0000-0002-9293-143X; M. Chmiel – 0000-0002-7364-6529; S. Smyk – 0000-0003-1804-4864;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 152–165, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.9>;

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

---

## Introduction

The effectiveness of any rescue operation depends on the forces and resources (human, material, technical and medical potentials) possessed by the public administration and used comprehensively. In Poland, in the area of state internal security, a national rescue and firefighting system (KSRG) was established [1, point 88]. The system brings together many entities to protect life, health, property and the environment. The defining feature of the designated entities is the fight against fires and other natural disasters using various areas of rescue (technical, chemical, environmental and medical) [2, article 14]. The leading entity of KSRG is the State Fire Service (PSP), which is – according to the provisions of Article 1 of the Act on the State Fire Service [3] – a professional formation. This service is in constant operational readiness to perform their tasks. Any entity faced with a threat (either already occurring or foreseeable) should take intervention or preventive action to the best of its ability. Interacting and cooperating with each other multiplies the chances of success in countering the threat. Multi-entity is one of the characteristics of ongoing rescue operations in the area of the activities of civil protection. It also includes the Volunteer Fire Service (OSP), whose tasks are based on legal regulations contained in the Act of 24 August 1991 on fire protection [3]. OSP cooperates with the organizational units of the State Fire Service and other institutions and entities to ensure the safety of citizens in the area of its operation.

## Wprowadzenie

Skuteczność każdej akcji ratowniczej zależy od posiadanych przez administrację publiczną i kompleksowo wykorzystywanych sił i środków (potencjałów: ludzkiego, materiałowego, technicznego i medycznego). W Polsce, w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, utworzono krajowy system ratowniczo-gaśniczy (KSRG) [1, pkt. 88]. System ten skupia wiele podmiotów mających ochraniać życie, zdrowie, mienie oraz środowisko. Cechą charakteryzującą wskazane podmioty jest walka z pożarami oraz innymi klęskami żywiołowymi przy wykorzystaniu różnych dziedzin ratownictwa (technicznego, chemicznego, ekologicznego i medycznego) [2, art. 14]. Wiodącym podmiotem KSRG jest Państwowa Straż Pożarna (PSP), będąca – zgodnie z postanowieniami art. 1 ustawy o Państwowej Straży Pożarnej [3] – formacją zawodową. Straż ta jest w stałej gotowości operacyjnej do wykonywania swoich zadań. Każdy podmiot w obliczu zagrożenia (już występującego bądź przewidywalnego) powinien podjąć działania interwencyjne lub zapobiegawcze na miarę jego własnych możliwości. Współdziałające i współpracujące ze sobą podmioty wielokrotnie zwiększają szanse powodzenia w przeciwdziałaniu zagrożeniu. Wielopodmiotowość jest jedną z cech charakterystycznych dla prowadzonych akcji ratowniczych w obszarze ochrony ludności. Wpisuje się w nią również Ochotnicza Straż Pożarna (OSP), której zadania wynikają z uregulowań prawnych zawartych w Ustawie z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej [3]. OSP współdziała z jednostkami organizacyjnymi PSP oraz innymi instytucjami oraz podmiotami w celu zapewnienia bezpieczeństwa obywateli na terenie swego działania.

## Characteristics of logistical security of OSP units

OSP units support neighbouring areas as part of operational retreats, as well as mutual aid arrangements [4]. The logistic protection of the OSP units is a task that consists of a series of organizational and technical undertakings to prepare for operations during emergencies.

During a long-term rescue operation, adequate logistic protection greatly simplifies tasks, both for those working at headquarters and for other actors interacting during the operation. The organization of such protection, regardless of the nature of the activities, consists of the following stages [5, p. 48]:

- preliminary phase: characterized by the unpredictable development of the threat, which may require the involvement of greater logistical potential than that which has been prepared in the area for the crisis (e.g. the logistical bodies of the emergency response teams, human teams implementing supply deliveries and providing services, stockpiled supplies, transportation means, handling equipment, field infrastructure facilities: i.e., warehouses, repair shops);
- integration phase: this is where all available logistics forces and resources adequate to the size of the logistic tasks to be carried out are combined;
- recovery phase: non-emergency services such as transportation companies, repair companies enter the action;
- restoration phase: this is where the restoration of damaged infrastructure, the work of social welfare services and others takes place.

The logistic protection of the OSP units in long-term rescue operations includes the delivery of supplies, as well as logistical and medical services (medical assistance).

The organization of the basic logistic protection of the OSP units is based on the undertaking of the following projects:

- material protection,
- technical protection,
- transport protection,
- accommodation protection,
- medical protection,
- protection of IT and communications.

The following are definitions of the mentioned projects.

**Material protection:** drinking water and water for domestic purposes and firefighting water, food supplies, general supplies, liquid fuels, oil and grease, technical material supplies (spare parts).

**Technical protection** of the OSP units: ensuring an adequate number of motor vehicles for transportation related to the logistic protection of the rescue operation. Maintain technical and operational readiness of equipment reserves, replacements and repairs.

**Transport protection of the units:** associated with supply deliveries, transportation of personnel (e.g. subsequent shifts conducting rescue operations), and, if necessary, their evacuation. As part of the evacuation, it is possible to transport (tow) damaged vehicles and technical equipment to repair workshops,

## Charakterystyka zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP

Jednostki OSP wspomagają sąsiednie obszary w ramach odwołów operacyjnych, jak również uzgodnień o pomocy wzajemnej [4]. Zabezpieczenie logistyczne jednostek OSP jest zadaniem składającym się z szeregu przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, które mają na celu przygotowanie się do działań w czasie wystąpienia sytuacji kryzysowych.

Podczas długotrwałej akcji ratowniczej odpowiednie zabezpieczenie logistyczne znacznie ułatwia zadania, zarówno osobom pracującym w sztabie, jak i innym podmiotom współdziałającym podczas akcji. Organizacja takiego zabezpieczenia, niezależnie od charakteru działań, składa się z następujących etapów [5, s. 48]:

- faza wstępna: charakteryzuje się nieprzewidywalnym rozwojem zagrożenia, które może wymagać zaangażowania większego potencjału logistycznego niż ten, który przygotowany został w danym rejonie na czas kryzysu (np. organy logistyczne zespołów reagowania kryzysowego, zespoły ludzkie realizujące dostawy zaopatrzenia oraz świadczące usługi, zgromadzone zapasy zaopatrzenia, środki transportowe, sprzęt przeładunkowy, urządzenia infrastruktury terenowej: tj. magazyny, warsztaty remontowe);
- faza integracji: następuje tu połączenie wszystkich dostępnych sił i środków logistycznych adekwatnych do wielkości realizowanych zadań logistycznych;
- faza usuwania skutków: do akcji wkraczają służby inne niż ratownicze, takie jak przedsiębiorstwa transportowe, firmy remontowe;
- faza przywracania stanu pierwotnego: następuje tu odtworzenie zniszczonej infrastruktury, praca służb pomocy socjalnej i innych.

Zabezpieczenie logistyczne jednostek OSP w długotrwałych akcjach ratowniczych obejmuje dostawy środków zaopatrzenia oraz usługi logistyczne i medyczne (pomoc medyczną).

Organizacja podstawowego zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP polega na podjęciu przedsięwzięć dotyczących:

- zabezpieczenia materiałowego,
- zabezpieczenia technicznego,
- zabezpieczenia transportowego,
- zabezpieczenia kwaterunkowego,
- zabezpieczenia medycznego,
- łączności i informatyki.

Poniżej przedstawiono definicje wspomnianych przedsięwzięć.

**Zabezpieczenie materiałowe:** woda pitna i woda do celów gospodarczych oraz woda gaśnicza, artykuły żywnościowe, artykuły powszechnego użytku, paliwa płynne, olej i smary, techniczne środki materiałowe (części zamiennne).

**Zabezpieczenie techniczne** jednostek OSP: zapewnienie odpowiedniej ilości pojazdów mechanicznych umożliwiających transport związany z zabezpieczeniem logistycznym akcji ratowniczej. Utrzymanie w gotowości technicznej i operacyjnej rezerw sprzętu, jego wymiany i napraw.

**Zabezpieczenie transportowe** jednostek: związane z dostawami zaopatrzenia, przewozem stanów osobowych (np. kolejnych

transport redundant equipment of the unit, remove waste and garbage from the accommodation base (temporary stationing place).

**Accommodation protection** for the OSP units: provided using stationary local accommodation (e.g. the OSP unit's fire station), local accommodation adapted for accommodation purposes (e.g. in public schools), in PSP accommodation containers and, if necessary, also in "tent cities". In the developed accommodation base, in addition to places to sleep (beds, sleeping bags), sanitary facilities, bathing areas, drying rooms, rest areas (common rooms) are arranged.

**Medical protection** of the OSP units: own medical resources (e.g. authorized firefighters) and dedicated health care personnel providing medical assistance (including medical first aid). Medical protection also involves the organization of medical supplies (R1 and PSP-R1 emergency kits).

**Protection of IT and communications:** focuses on ensuring the continued operation of communications and communications equipment (mobile and portable radios) for the needs of the OSP unit and the command post of the district fire chief.

The logistic potential of the OSP units is adapted to short-term rescue operations. The problem arises during long-term operations, because then the logistic needs of the OSP units increase. Supplies and logistic and medical services must be sourced externally, with PSP units being the main source. Supplies provided to the OSP units include: potable water (hot or cool drinks) and water for household and firefighting purposes; foodstuffs; general necessities; liquid fuels; oils and grease; technical supplies (spare parts); medical supplies (rescue kits) and specialized supplies (depending on the type of action carried out and rescue techniques used). High standards are in place in the process of organizing the delivery of supplies to the units mentioned above that conduct long-term rescue operations. This means that supplies should be delivered according to the full standards applicable to the provision of social and living services and specialized logistic and medical services.

Within the framework of logistic protection of the OSP units, their fixed and variable logistic needs are met (see Figure 1). Permanent needs include the supply of: potable water and domestic water; foodstuffs and the organization of nutrition; general necessities; liquid fuels, oils and grease; spare parts; and the provision of: repair, accommodation, transportation and medical services. Variable needs, on the other hand, include: specialized supplies and specialized logistics services, the type or extent of which depends on the type of operations conducted and the used rescue techniques.

zmian prowadzących akcją ratowniczą), a w razie potrzeby ich ewakuację. W ramach ewakuacji możliwy jest przewóz (holowanie) uszkodzonych pojazdów i sprzętu technicznego do warsztatów remontowych, transport zbędnego wyposażenia jednostki, wywóz odpadów i śmieci z bazy noclegowej (tymczasowego miejsca stacjonowania).

**Zabezpieczenie kwaterunkowe** jednostek OSP: świadczone przy wykorzystaniu stacjonarnej miejscowej bazy noclegowej (np. strażnica jednostki OSP), miejscowej bazy zaadaptowanej dla celów noclegowych (np. w szkołach publicznych), w kontenerach kwatermistrzowskich PSP oraz, w razie potrzeby, również w „miejscach namiotowych”. W rozwijanej bazie noclegowej, oprócz miejsc do spania (łóżek, śpiworów), urządza się sanitariaty, miejsca kąpielowe, suszarnie, miejsca odpoczynku (świetlice).

**Zabezpieczenie medyczne** jednostek OSP: własne zasoby medyczne (np. uprawnieni strażacy) oraz wydzielony personel służby zdrowia świadczący pomoc medyczną (łącznie z pierwszą pomocą lekarską). Zabezpieczenie medyczne polega również na organizacji materiałów medycznych (zestawy ratownicze R1 i PSP-R1).

**Zabezpieczenie informatyki i łączności** koncentruje się na zapewnieniu ciągłości funkcjonowania sprzętu łączności i komunikacji (radiostacji przewoźnych i nasobnych) na potrzeby jednostki OSP oraz stanowiskiem kierowania komendanta powiatowego PSP.

Potencjał logistyczny jednostek OSP przystosowany jest do prowadzenia krótkotrwałych akcji ratowniczych. Problem pojawia się podczas długotrwałych akcji ratowniczych, gdyż wówczas wzrasta zapotrzebowanie na potrzeby logistyczne jednostek OSP. Środki zaopatrzenia i usługi logistyczne oraz medyczne muszą być pozyskiwane z zewnątrz, przy czym ich głównym źródłem są przede wszystkim jednostki PSP. Środki zaopatrzenia dostarczane jednostkom OSP to między innymi: woda pitna (napoje gorące bądź chłodzące) oraz woda do celów gospodarczych i gaśniczych; artykuły żywnościowe; artykuły powszechnego użytku; paliwa płynne; oleje i smary; techniczne środki materiałowe (części zamienne); materiały medyczne (zestawy ratownicze) oraz specjalistyczne środki zaopatrzenia (zależne od rodzaju prowadzonych akcji i stosowanych technik ratowniczych). W procesie organizacji dostaw środków zaopatrzenia dla wspomnianych jednostek prowadzących długotrwałe akcje ratownicze obowiązują wysokie standardy. Oznacza to, że zaopatrzenie dostarczane powinno być według pełnych standardów obowiązujących podczas świadczenia usług socjalno-bytowych i specjalistycznych usług logistycznych oraz usług medycznych.

W ramach zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP zaspokajane są ich stałe i zmienne potrzeby logistyczne (zob. ryc. 1). Potrzeby stałe obejmują dostawy: wody pitnej i wody gospodarczej; artykułów żywnościowych i organizacji żywienia stanów osobowych; artykułów powszechnego użytku; paliw płynnych, olejów i smarów; części zamiennych oraz świadczenie usług: remontowych, kwaterunkowych, transportowych i medycznych. Potrzeby zmienne natomiast obejmują: specjalistyczne środki zaopatrzenia oraz specjalistyczne usługi logistyczne, których rodzaj bądź zakres zależą od rodzaju prowadzonych akcji oraz stosowanych technik ratowniczych.

**ESSENTIAL SUPPLIES / PODSTAWOWE ŚRODKI ZAOPATRZENIA**

- drinking water / woda do picia;
- water for domestic purposes / woda do celów gospodarczych;
- food supplies / artykuły żywnościowe;
- commodities / artykuły powszechnego użytku;
- liquid fuels / paliwa płynne;
- oils, greas / oleje, smary;

**SPECIALIZED SUPPLIES / SPECJALISTYCZNE ŚRODKI ZAOPATRZENIA**

- DURING FIRE FIGHTING: water and firefighting sands, foaming agents, and more /  
PODCZAS GASZENIA POŻARÓW: woda i piasek gaśniczy, środki pianotwórcze i inne;
- DURING FLOODS: sands, bags and other means to seal fire embankments /  
PODCZAS POWODZI: piasek, worki i inne środki do uszczelniania wałów przeciwpowodziowych;
- DURING TECHNICAL RESCUE: specialized heavy equipment, specialized technical means /  
PODCZAS RATOWNICTWA TECHNICZNEGO: specjalistyczny ciężki sprzęt, specjalistyczne środki techniczne;
- DURING CHEMICAL AND ECOLOGICAL RESCUE: specialized sorbents and neutralizing agents /  
PODCZAS RATOWNICTWA CHEMICZNO-EKOLOGICZNEGO: specjalistyczne środki sorpcyjne i neutralizujące;
- DURING MEDICAL RESCUE: equipment for evacuation of the injured and sick, medical equipment and supplies for first aid and qualified first aid /  
PODCZAS RATOWNICTWA MEDYCZNEGO: sprzęt do ewakuacji rannych i chorych oraz wyposażenie i środki medyczne do udzielania pierwszej pomocy i kwalifikowanej pierwszej pomocy.

**Figure 1.** Basic classification of supply measures**Rycina 1.** Podstawowy podział środków zaopatrzenia**Source / Źródło:** G. Abgarowicz, Z. Ślosorz, *Kompetencje organów zarządzania kryzysowego w zakresie utrzymania ciągłości realizacji zadań ratowniczych...*, Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2015, s. 19–20 [6].**Dispatching OSP KSRG units to participate in long-term rescue operations**

By calculating the time required for a unit to arrive at the scene of an incident, the area protected by each rescue entity is determined, which is used when developing rescue plans as part of the operational security analysis. This is the time when the first and subsequent forces and resources of rescue entities are likely to arrive at the incident. For an OSP unit included in KSRG, it is defined as 15 minutes [7, § 8(4), point 2].

The arrival time at the scene of an incident is the time for alerted rescue teams, measured from the time of departure to arrival at the scene of operations [8, p. 5]. While the time of attempting to rescue operations is the time calculated for the alerted rescue teams, which elapses between the moment of alarming and the arrival to the scene [8, p. 5].

Immediate alert time, measured for an OSP unit included in the KSRG, is the time required for OSP members to arrive at their unit (fire station) along with the time required to prepare people and equipment for departure [8]. In contrast, the time to undertake rescue operations is the time measured for alerted rescue teams, elapsing between the moment of alert and arrival at

**Dysponowanie jednostek OSP KSRG do udziału w długotrwałych akcjach ratowniczych**

Dzięki obliczeniu czasu potrzebnego jednostce na przybycie na miejsce zdarzenia wyznacza się obszar chroniony przez każdy z podmiotów ratowniczych, który jest stosowany podczas opracowywania planów ratowniczych w ramach analizy zabezpieczenia operacyjnego. Jest to czas prawdopodobnego dotarcia do zdarzenia pierwszych oraz następnych sił i środków podmiotów ratowniczych. Dla jednostki OSP włączonej do KSRG jest on określony jako 15 minut [7, § 8 ust. 4, pkt 2].

Czas dojazdu do miejsca zdarzenia to czas dla zaalarmowanych zastępów ratowniczych, mierzony od momentu wyjazdu do momentu przyjazdu na miejsce działań [8, s. 5]. Z kolei czas podjęcia działań ratowniczych to czas mierzony dla zaalarmowanych zastępów ratowniczych, upływający między momentem zaalarmowania, a momentem przyjazdu na miejsce działania [8, s. 5].

Niezwłoczny czas alarmowania mierzony dla jednostki OSP włączonej do KSRG, to czas niezbędny dla członków OSP na przybycie do ich jednostki (strażnicy) wraz z czasem potrzebnym na przygotowanie osób i sprzętu do wyjazdu [8].

the scene of operations [8, p. 5]. Whereas alert time is the time elapsed between the moment of alert and the moment when the alerted units are ready to leave [9, p. 50].

The concepts of time indicated above, which are adequate for each conducted rescue operation, and their interpretation, do not contain strict values according to which one can determine whether an operation is of short or long duration. The only legal act that clarifies the term “long-term action” is the Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 11 December 1997 on long-term rescue actions, detailed norms, rules and conditions for receiving food during these actions and exercises or training by firefighters of the State Fire Service or other persons participating in them, as well as cases in which a cash equivalent is paid in exchange for the food to which they are entitled, the manner of determining its amount and detailed rules for its payment [10].

Among other things, the regulation, which also applies to OSP units, adopts as a condition the standard of time that is required for rescue operations, referred to as long-term operations. This is the standard for the duration of rescue operations conducted by PSP of at least six hours. The primary reason for issuing the regulation was to regulate the dues of food and its equivalent. The introduced time of six hours and the definition of long-term rescue operations became the basis for the criterion for dividing rescue operations. In the opinion of the authors, the time of six hours was not properly defined. There is no indication from which moment this time should be counted – whether only the time of intervention, or whether other time should be included in this calculation, as mentioned above.

In the provisions of the Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 31 July 2001 on detailed rules for the direction and cooperation of fire protection units participating in rescue operations [11] are indicated, among others, provincial command posts and district command posts, which transmit information about the incident to the units. These posts are subordinate to the KW PSP and KP PSP, respectively. Commanders are obliged, through their command posts, to dispose of KSRG forces and resources for rescue operations in the province and county, respectively [3, Art. 12(5)(4) and Art. 13(6)(4)], including, of course, the OSP units included in KSRG. When dispatching units for rescue operations to the scene of an incident, commanders must take into account the provisions arising from the content of § 20 of the Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration on the detailed organization of the national rescue and firefighting system [12], concerning the following conditions:

- the ability to undertake rescue operations at the scene in the shortest possible time;
- the number of people at risk or injured; the scale of the threat, the location and type of the incident, the projected consequences of the incident for life, health, the environment or property, and the size and use of the site or facility;
- the current potential of forces, as well as the resources at their disposal; the possibility of using in rescue operations forces and resources from protected areas

Natomiast czas alarmowania to czas upływający pomiędzy momentem zaalarmowania a momentem osiągnięcia gotowości do wyjazdu zastępów, które zaalarmowano [9, s. 50].

Wskazane wyżej pojęcia czasu, adekwatne dla każdej prowadzonej akcji ratowniczej, oraz ich interpretacja nie zawierają ścisłych wartości, według których można określić, czy akcja jest krótkotrwała, czy też długotrwała. Jedynym aktem prawnym, który wyjaśnia pojęcie „akcja długotrwała”, jest rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 11 grudnia 1997 r. w sprawie długotrwałych akcji ratowniczych, szczegółowych norm, zasad i warunków otrzymywania wyżywienia w czasie tych akcji oraz ćwiczeń lub szkolenia przez strażaków Państwowej Straży Pożarnej lub inne osoby biorące w nich udział, a także przypadków, w których wypłaca się równoważnik pieniężny w zamian za przysługujące wyżywienie, sposobu ustalania jego wysokości oraz szczegółowych zasad wypłacania [10].

W rozporządzeniu tym, obowiązującym również wobec OSP, przyjęto między innymi jako warunek normę czasu, która jest wymagana dla akcji ratowniczych, określanych mianem akcji długotrwałych. Jest to norma czasu trwania działań ratowniczych prowadzonych przez PSP wynosząca co najmniej sześć godzin. Zasadniczą przesłanką wydania rozporządzenia było uregulowanie należności wyżywienia i jego ekwiwalentu. Wprowadzony czas sześciu godzin i określenie długotrwałych działań ratowniczych stały się podstawą dla kryterium podziału akcji ratowniczych. W ocenie autorów czas sześciu godzin nie został należycie dookreślony. Brakuje wskazania, od którego momentu czas ten należy liczyć – czy wyłącznie czas interwencji, czy też należy uwzględnić w tym wyliczeniu inny czas, o którym wyżej mowa.

W regulacji rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2001 r. w sprawie szczegółowych zasad kierowania i współdziałania jednostek ochrony przeciwpożarowej biorących udział w działaniu ratowniczym [11] są wskazane między innymi wojewódzkie stanowiska kierowania oraz powiatowe stanowiska kierowania, które przekazują jednostkom informacje o zdarzeniu. Stanowiska te są podległe odpowiednio KW PSP oraz KP PSP. Komendanci mają obowiązek, poprzez swoje stanowiska kierowania, dysponować do działań ratowniczych na obszarze województwa i odpowiednio powiatu, siły i środki KSRG [3, Art. 12 ust. 5 pkt 4 oraz art 13 ust. 6 pkt 4], w tym oczywiście jednostki OSP włączone do KSRG. Dysponując jednostki do działań ratowniczych na miejsce zdarzenia, komendanci muszą uwzględnić postanowienia wynikające z treści § 20 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [12], dotyczące następujących uwarunkowań:

- możliwości podjęcia działań ratowniczych na miejscu zdarzenia w jak najkrótszym czasie;
- liczby osób zagrożonych lub uszkodzonych; skali zagrożenia, miejsca i rodzaju zdarzenia, prognozy następstw zdarzenia dla życia, zdrowia, środowiska lub mienia oraz wielkości i przeznaczenie terenu lub obiektu;
- aktualnego potencjału sił, a także środków będących w dyspozycji; możliwości wykorzystania w działaniach ratowniczych sił i środków z obszarów chronionych innych niż obszar chroniony właściwy dla miejsca

other than the protected area specific to the place of the incident, including from neighbouring counties and provinces, as well as entities covered by mining, aviation, maritime, water and safety and rescue regulations in the mountains and on organized ski areas;

- the possibility of using the operational de-escalation in the territory of the province or the central operational de-escalation; the principles and procedures for notification and dispatch of rescue resources contained in rescue plans;
- the possibilities of technical and logistic support of rescue operations, as well as the state of infrastructure and traffic volume in communications, also the terrain and weather conditions affecting the time of arrival of forces and resources and the organization of rescue operations.

Two stages can be distinguished in the process of dispatching rescue entities to rescue operations.

1. The first stage is related to the analysis by the duty services of the command post of the information about the incident, resulting from the received notification according to the guidelines of KG PSP.
2. The second stage is related to the orders and instructions of the emergency manager (KDR) during rescue operations.

How to dispatch the OSP units included in KSRG to participate in long-term rescue operations should be discussed in the context of the level of rescue operations covering the district or province. The territory of the district is the area of responsibility for KP PSP, which has at its disposal its command post, through which it dispatches to rescue operations forces and resources of KSRG and directs them, including the OSP units belonging to KSRG. In the district there are OSP units included in the KSRG and units outside the system structures. It results from the provisions of § 2(1)(4) of the Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 17 July 1998 on the area of operations of fire protection units, the circumstances and conditions of participation of these units in rescue operations outside their own area of operations, and the scope, detailed conditions and mode of reimbursement of costs incurred by them [12] that for the OSP units the area of their own operations is primarily the area of the municipality in which the unit was established. Activities may also be carried out outside the municipal boundaries, based on arrangements between the heads of neighbouring municipalities, in consultation with the district (city) commander of the PSP of the county. For the OSP units that are part of the KSRG, the area of responsibility is the county. It is the basic executive level at which KSRG forces conduct operations. Dispatching the OSP units included in KSRG is carried out respecting the criterion of the protected area and the possibility of arriving at the site of operations in the shortest possible time. According to the guidelines of KG PSP, the first to be dispatched to an incident should be the OSP units that are located in the locality where the incident requiring intervention occurred and that have a standard of readiness that guarantees independent elimination of the incident [13, p. 12].

zdarzenia, w tym z sąsiednich powiatów i województw oraz podmiotów objętych przepisami prawa górniczego, lotniczego, morskiego, wodnego oraz przepisami w zakresie bezpieczeństwa i ratownictwa w górach i na zorganizowanych terenach narciarskich;

- możliwości wykorzystania odwodów operacyjnych na obszarze województwa lub centralnego odwodu operacyjnego; zasad i procedur powiadamiania i dysponowania zasobów ratowniczych zawartych w planach ratowniczych;
- możliwości techniczno-logistycznego wsparcia działań ratowniczych oraz stanu infrastruktury i natężenia ruchu w komunikacji, również warunków terenowych oraz atmosferycznych mających wpływ na czas przybycia sił i środków oraz organizację działań ratowniczych.

W procesie dysponowania podmiotów ratowniczych do działań ratowniczych można wyróżnić dwa etapy.

1. Pierwszy etap jest związany z analizowaniem przez służby dyżurne stanowiska kierowania informacji o zdarzeniu, wynikającej z otrzymanego zgłoszenia według wytycznych KG PSP.
2. Drugi etap jest związany z rozkazami i poleceniami kierującego działaniem ratowniczym (KDR) podczas akcji ratowniczych.

Sposób dysponowania jednostek OSP włączonych do KSRG, aby uczestniczyły w długotrwałych akcjach ratowniczych, należy omówić w kontekście poziomu działań ratowniczych obejmujących powiat lub województwo. Teren powiatu jest obszarem odpowiedzialności dla KP PSP, mającego do dyspozycji swoje stanowisko kierowania, poprzez które dysponuje do działań ratowniczych siły i środki KSRG oraz kieruje nimi, łącznie z jednostkami OSP przynależnymi do KSRG. Na terenie powiatu działają jednostki OSP włączone do KSRG i jednostki będące poza strukturami systemu. Z treści § 2 ust. 1 pkt 4 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 lipca 1998 r. w sprawie terenu działania jednostek ochrony przeciwpożarowej, okoliczności i warunków udziału tych jednostek w działaniach ratowniczych poza terenem własnego działania oraz zakresu, szczegółowych warunków i trybu zwrotu poniesionych przez nie kosztów [12] wynika, że dla jednostek OSP terenem ich własnego działania jest przede wszystkim obszar gminy, w której jednostka została utworzona. Działania mogą być też prowadzone poza granicami gminy, na podstawie ustaleń między wójtami sąsiednich gmin, w porozumieniu z komendantem powiatowym (miejskim) PSP danego powiatu. Dla jednostek OSP wchodzących w skład KSRG obszarem odpowiedzialności jest teren powiatu. Jest on podstawowym poziomem wykonawczym, na którym siły KSRG prowadzą działania. Dysponowanie jednostek OSP włączonych do KSRG następuje z poszanowaniem kryterium obszaru chronionego oraz możliwości przybycia na miejsce prowadzenia działań w jak najkrótszym czasie. Z wytycznych KG PSP wynika, że w pierwszej kolejności do zdarzenia powinny być dysponowane jednostki OSP, które są zlokalizowane w miejscowości, w której wystąpiło zdarzenie wymagające interwencji oraz posiadające standard gotowości gwarantujący samodzielną likwidację zdarzenia [13, s. 12].

Within the province, responsibility for the organization of KSRG rests with KW PSP. This commander has his command post at his disposal. He is responsible for dispatching the forces and resources of both specialized rescue groups and operational de-escalations within the provinces<sup>1</sup>. Among other things, the commandant's competence is to establish protected areas in the province for KSRG entities that are scheduled to respond outside their own area. Among the units called upon by PSP to act outside their own area of operation are the OSP units included in the KSRG, forming the operational back-office. Circumstances when an OSP unit is called upon to act in an action outside its area of responsibility are based on the provisions of the Regulation. This is the case when the district capacity of KSRG is insufficient to carry out a given rescue operation, and if the unit has the specialized equipment, specialists or animals or firefighting agents, neutralizers or sorbents that are necessary to realize the rescue operation [12, § 4]. The dispatcher of the forces and resources is the locally competent KW PSP. According to D. Wróblewski, the order of disposition of forces and resources from the district with knowledge of the specifics of the district and then forces and resources from the province, which are included in the rescue plans approved by the district head and the governor, respectively, follows from the principle of subsidiarity, which boils down to the action of the next level when the primary level is inefficient [14, pp. 96–99].

Related to the process of dispatching units to rescue operations is the issue of directing rescue operations, which, as defined in the Regulation [...] on organizational principles, involves planning, organizing, supervising and coordinating rescue operations. Such a function may be performed by a member of OSP with formal authority to direct operations at the level of contingency direction<sup>2</sup> conducted in the danger zone or rescue zone. After the arrival of the PSP units, a professional firefighter takes over this function. The higher level of directing rescue operations, i.e. the tactical level, is the domain of the district (city) commander as the person situated highest in the command hierarchy of this level. The manager of the rescue operation when determining the tasks for the OSP units is obliged to cooperate with the commander of the municipal volunteer fire departments. This interaction involves, among other things, determining the ability of units to perform a task [15, point 29/2, p. 12]. It is at the request of KDR through the district/municipal command post that the provincial level of support, i.e. the forces and resources of the provincial operational support, is activated.

Na terenie województwa odpowiedzialność za organizację KSRG spoczywa na KW PSP. Komendant ten ma do dyspozycji swoje stanowisko dowodzenia. Odpowiada on za dysponowanie sił i środków zarówno specjalistycznych grup ratowniczych, jak i oddziałów operacyjnych na obszarze województwa<sup>1</sup>. Kompetencją komendanta jest między innymi ustalenie obszarów chronionych w województwie dla podmiotów KSRG, które są przewidziane do reagowania poza terenem własnego obszaru. Wśród jednostek wezwanych przez PSP do działania poza terenem własnego działania są jednostki OSP włączone do KSRG, tworzące oddział operacyjny. Okoliczności, kiedy jednostka OSP jest wzywana do prowadzenia działania w akcji poza terenem swojej odpowiedzialności, wynikają z postanowień rozporządzenia. Dzieje się tak, gdy powiatowy potencjał KSRG jest niewystarczający, aby przeprowadzić daną akcję ratowniczą oraz jeżeli jednostka dysponuje sprzętem specjalistycznym, specjalistami lub zwierzętami albo środkami gaśniczymi, neutralizatorami lub sorbentami, które są niezbędne do zrealizowania działań ratowniczych [12, § 4]. Dysponentem sił i środków jest właściwy terenowo KW PSP. W ocenie D. Wróblewskiego kolejność dysponowania sił i środków z powiatu posiadających znajomość specyfiki powiatu oraz następnie sił i środków z województwa, które są zawarte w planach ratowniczych zatwierdzonych odpowiednio przez starostę powiatu i wojewodę, wynika z zasady pomocniczości, sprowadzającej się do działania kolejnego szczebla, gdy szczebel podstawowy jest niewydolny [14, s. 96–99].

Z procesem dysponowania jednostek do działań ratowniczych wiąże się zagadnienie kierowania działaniami ratowniczymi, które zgodnie z definicją zawartą w rozporządzeniu [...] o zasadach organizacji polega na planowaniu, organizowaniu, nadzorowaniu i koordynowaniu działań ratowniczych. Taką funkcję może wykonywać członek OSP posiadający uprawnienia formalne do kierowania działaniami na poziomie kierowania interwencyjnego<sup>2</sup> prowadzonego w strefie zagrożenia lub w strefie działań ratowniczych. Po przybyciu jednostek PSP funkcję tę przejmuje zawodowy strażak. Wyższy poziom kierowania działaniami ratowniczymi, tj. poziom taktyczny, to domena komendanta powiatowego (miejskiego) jako osoby usytuowanej najwyższej w hierarchii dowodzenia tego poziomu. Kierujący działaniem ratowniczym podczas określania zadań dla jednostek OSP jest zobowiązany do współdziałania z komendantem gminnym ochotniczych straży pożarnych. Współdziałanie to polega między innymi na ustaleniu zdolności jednostek do wykonania zadania [15, pkt. 29/2, s. 12]. To na żądanie KDR poprzez powiatowe/miejskie stanowisko kierowania następuje uruchomienie wojewódzkiego poziomu wspomaganie, czyli sił i środków wojewódzkiego oddziału operacyjnego.

<sup>1</sup> A provincial operational retreat is a dedicated rescue resource to carry out rescue operations if county capacity is exceeded.

<sup>2</sup> Depending on the danger zone and rescue operations, the size of the used forces and resources, as well as the hierarchy of leadership and the order of leadership, we distinguish between intervention, tactical and strategic levels of leadership.

<sup>1</sup> Oddział operacyjny na terenie województwa to wydzielony zasób ratowniczy do prowadzenia działań ratowniczych, jeżeli przekroczone są możliwości powiatu.

<sup>2</sup> W zależności od strefy zagrożenia i działań ratowniczych, wielkości użytych sił i środków oraz hierarchii kierowania i kolejności kierowania wyróżniamy poziomy kierowania: interwencyjny, taktyczny i strategiczny.

## Case study: flood action in the Świętokrzyskie province in 2010

### General factors of the rescue operation

In view of the rapid increase in flood risk and the number of interventions, the provincial commanders of the PSP from the flooded areas established provincial rescue action headquarters and, with the approval of the PSP Chief Commander, introduced elevated levels of operational readiness. A consequence of this situation was a change in the system of service for the PSP officers. In place of the 24/48 system that had previously been in effect, a 24/24 system was introduced, thus increasing the manpower of firefighting and rescue units. The Chief Commander of the State Fire Service set up a coordination staff at the National Coordination Centre for Rescue and Civil Protection at the National Headquarters of the State Fire Service, whose task was, among other things, to coordinate rescue operations carried out by KSRG units around the clock and to record interventions, including the disposition of PSP forces and resources from provinces not affected by the flood, and to cooperate with both other national and foreign rescue services. There has been cooperation with rescue entities outside our country mainly in the areas of acquiring specialized rescue equipment, especially high-capacity pumps. Entities included in KSRG carried out tasks related to the direct rescue of endangered people and animals. The firefighters also evacuated property, provided people deprived of contact with the world with the necessities of life, and in the final phase of the flood relief operation, the firefighters pumped water out of flooded buildings and areas. They lasted from May 16 to 19. The duration of the wave climaxes ranged from a few to several hours. Despite the water level being about one meter lower than the first surge, the second culmination was extremely dangerous due to the poor condition of the floodwalls. By the time the second flood wave hit, the capacity of the riverbeds had been significantly reduced due to material carried during the first wave. The passage of floodwaters has caused significant damage, including to hydrotechnical infrastructure.

### Organization of logistic security of the OSP KSRG units

During the first phase of the rescue operation, it was found that the amount of equipment at hand was not sufficient due to the scale of the development of the hazards. Mainly, the high level and fast current of water in the flooded areas caused the condition to deteriorate by the minute. Particularly noticeable were shortages in the equipment of the OSP KSRG units in heavy engineering equipment, boats, amphibious vehicles and cranes with high-capacity pumps. In addition, wired and wireless communications were hampered during rescue operations. In the following days, the situation worsened as the floodplain expanded and the number of people requiring evacuation increased. Logistic protection played a fundamental role in organizing the catering (provision of food services) of the personnel of the OSP and PSP

## Studium przypadku: akcja powodziowa w województwie świętokrzyskim w 2010 roku

### Czynniki ogólne akcji ratowniczej

W związku z gwałtownym wzrostem zagrożenia powodziowego oraz liczby interwencji komendanci wojewódzcy PSP z terenów objętych powodzią powołali wojewódzkie sztaby akcji ratowniczej oraz, za zgodą Komendanta Głównego PSP, wprowadzili podwyższone stopnie gotowości operacyjnej. Następstwem tej sytuacji była zmiana systemu pełnienia służby przez funkcjonariuszy PSP. W miejsce obowiązującego dotychczas systemu 24/48 wprowadzono system 24/24, zwiększając w ten sposób stany osobowe jednostek ratowniczo-gaśniczych. Komendant Główny PSP powołał sztab koordynacyjny w Krajowym Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności przy Komendzie Główniej PSP, którego zadaniem była między innymi całodobowa koordynacja działań ratowniczych prowadzona przez jednostki KSRG oraz ewidencjonowanie interwencji, w tym dysponowanie sił i środków PSP z województw niedotkniętych powodzią oraz współpraca zarówno z innymi służbami ratowniczymi krajowymi, jak i zagranicznymi. Z podmiotami ratowniczymi spoza terenu naszego kraju współpracowano głównie w zakresie pozyskiwania specjalistycznego sprzętu ratowniczego, w szczególności pomp dużej wydajności. Podmioty włączone do KSRG realizowały zadania związane z bezpośrednim ratowaniem zagrożonych ludzi i zwierząt. Straż ewakuowała również mienie, dostarczała ludziom pozbawionym kontaktu ze światem środki niezbędne do życia, a w końcowej fazie akcji przeciwpowodziowej straż wypompowywała wodę z zalanych obiektów i terenów.

Przyczyną, która bezpośrednio spowodowała wystąpienie pierwszej fali powodziowej w drugiej połowie maja 2010 roku, były intensywne i nieprzerwane opady deszczu we wschodniej części Polski. Trwały one od 16 do 19 maja. Czas trwania kulminacji fali wynosił od kilku do kilkunastu godzin. Pomimo stanu wody niższego o około jeden metr w porównaniu do pierwszego wezbrania, druga kulminacja była niezwykle groźna ze względu na zły stan wałów przeciwpowodziowych. W momencie uderzenia drugiej fali powodziowej przepustowość koryt rzek była znacznie zmniejszona wskutek naniesienia materiału podczas pierwszej fali. Przejście wód powodziowych spowodowało znaczne szkody, w tym również w infrastrukturze hydrotechnicznej.

### Organizacja zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP KSRG

W pierwszej fazie działań ratowniczych stwierdzono, że ilość sprzętu będącego w dyspozycji jest nie wystarczająca ze względu na skalę rozwoju zagrożeń. Głównie wysoki poziom i szybki nurt wody na zalanych terenach powodowały, że stan pogarszał się z minuty na minutę. Szczególnie odczuwalne były braki w wyposażeniu jednostek OSP KSRG w ciężki sprzęt inżynierski, łodzie, amfibie oraz dźwigi wraz z pompami wysokiej wydajności. Ponadto podczas prowadzenia działań ratowniczych wystąpiły utrudnienia w łączności przewodowej i bezprzewodowej. W następnych dniach sytuacja pogarszała się ze względu na powiększanie się terenów zalewowych i zwiększanie się liczby osób wymagających ewakuacji. Zabezpieczenie logistyczne odgrywało fundamentalną rolę podczas organizacji



units; supplying liquid fuels and grease; flood control equipment and supplies; providing repair services (repairs to vehicles and technical equipment); providing accommodation services; and providing medical services (assistance).

Practical dimension of the provision of logistic services in Świętokrzyskie region in 2010 was based, primarily, on the acquired territorial resources according to the agreements and civil law contracts.

In terms of supplies and logistic service provision, it included, respectively:

- such supplies as drinking water, food, mosquito repellent, sunscreen (sunscreen creams), fuel, sand, bags, plastic sheeting, geotextile were procured as part of the logistic protection of the PSP units,
- as part of the provision of logistic services, catering services played a key role (school cafeterias were set up, catering food delivered to the scene of the action, dry provisions were used), transportation and repair services. City public transportation vans were used to transport the equipment, transportation of the rescuers was organized on the basis of school buses or rented ones from nearby companies. Equipment repairs, on the other hand, were carried out by repair facilities through agreements PSP commanders made with the surrounding workshops. Lifeboats that are resources of the Polish Armed Forces were available through cooperation with other services. Accommodation services providing accommodation for lifeguards were gyms in schools, sports facilities, boarding schools, and an orphanage. Meanwhile, medical services mainly benefited from the knowledge and experience of paramedics participating in the action (ambulances were also available),
- during the use of personal and in-kind services in the process of carrying out logistic tasks for PSP units involving, for example, equipment repair, the cost of the repairs was covered by the financial resources of PSP commands. A very important role in the area of operations was played by local people, who provided their machines, tractors free of charge and helped to reinforce the embankments.

During the initial phase of the rescue operations, only food and propellant supplies were provided. However, no field medical and sanitation stations were organized to guarantee medical assistance to the rescuers. Medical protection of the rescuers is one of the primary tasks of KDR and the logistic team. At a later stage of the rescue effort, it relied on the medical strength of the local government health service equipped with appropriate equipment and resources.

The accumulated local resources proved to be the best in the case of the implementation of logistic protection of OSP KSRG units, as their involvement did not require the creation of separate procedures for handling, as this was under the jurisdiction of the local authorities. At the time, it was felt that the tasks of the services were not clearly specified in the so-called safety net, which also includes tasks concerning, among other things, logistic protection. The lack of clear identification of the lead service and the assignment of its activities as the lead entity sometimes caused problems in terms of activating the

wyżywienia (świadczenia usług gastronomicznych) stanów osobowych jednostek OSP i PSP; zaopatrywania w paliwa płynne i smary; w sprzęt i środki przeciwpowodziowe; świadczenia usług remontowych (napraw pojazdów i sprzętu technicznego); świadczenia usług kwaterunkowych oraz świadczenia usług (pomocy) medycznych.

Praktyczny wymiar zabezpieczenia logistycznego podczas powodzi w rejonie województwa świętokrzyskiego w 2010 r. opierał się głównie na pozyskiwanych zasobach terenowych w ramach zawartych porozumień lub umów cywilnoprawnych. W zakresie zaopatrzenia i świadczenia usług logistycznych obejmował on odpowiednio:

- w ramach zabezpieczenia logistycznego jednostek PSP pozyskiwano takie środki zaopatrzenia, jak: woda pitna, żywność, środki odstrasżające komary, środki ochrony przeciwsłonecznej (kremy z filtrem), paliwo, piasek, worki, folia, geowłóknina,
- w ramach świadczenia usług logistycznych kluczową rolę odgrywały usługi gastronomiczne (uruchomione zostały stołówki szkolne, korzystano z żywienia cateringowego dowożonego na miejsce akcji, suchego prowiantu), usługi transportowe i remontowe. Do transportu sprzętu zostały wykorzystane busy miejskiej komunikacji publicznej, transport ratowników zorganizowany był na bazie autobusów szkolnych lub wynajmowanych z okolicznych przedsiębiorstw. Z kolei naprawy sprzętu realizowane były przez zakłady naprawcze w drodze porozumień komendantów PSP zawartych z okolicznymi warsztatami. W drodze współdziałania z innymi służbami dysponowano łodzią ratunkową będącą zasobami Sił Zbrojnych RP. Usługi noclegowe stanowiące bazę kwaterunkową dla ratowników stanowiły sale gimnastyczne w szkołach, obiekty sportowe, internaty, dom dziecka. Natomiast w zakresie usług medycznych korzystano głównie z wiedzy i doświadczenia ratowników medycznych uczestniczących w akcji (dysponowano również karetki pogotowia),
- podczas korzystania ze świadczeń osobistych i rzeczowych w procesie realizacji zadań logistycznych na rzecz jednostek PSP obejmujących np. naprawę sprzętu, koszty napraw pokrywane były ze środków finansowych komend PSP. Bardzo ważną rolę w rejonie prowadzonych działań odgrywała miejscowa ludność, która nieodpłatnie udostępniała swoje maszyny, traktory oraz pomagała przy umacnianiu wałów.

W początkowej fazie działań ratowniczych zapewniano tylko wyżywienie i dostawy materiałów pędnych. Nie organizowano natomiast polowych punktów medyczno-sanitarnych, które gwarantowałyby pomoc medyczną dla ratowników. Zabezpieczenie medyczne ratowników jest jednym z podstawowych zadań KDR oraz zespołu logistycznego. Na późniejszym etapie działań ratowniczych oparte było ono na sile medycznej samorządowej służby zdrowia wyposażonej w odpowiedni sprzęt i środki.

Zgromadzone zasoby lokalne okazały się najlepsze w wypadku realizacji zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP KSRG, ponieważ ich zaangażowanie nie wymagało tworzenia odrębnych

proper procedures for handling closely related to the financing of the funds raised. Provisions for financing flood operations are contained in Article 26 point 1 of the Act on Emergency Management indicate that “[f]inancing the performance of own tasks in the area of emergency management at the municipal, district and provincial levels is planned within the budgets of municipalities, districts and provincial governments respectively”. It is planning of activities. Moreover, based on Article 26 pt. 4 of the same Act, “[t]he budget of a local government unit shall create a special purpose reserve for the implementation of its own tasks in the field of crisis management in the amount of not less than 0.5% of the budget expenses of the local government unit, less investment expenses, expenses for salaries and derivatives and debt service expenses”. In case of using service providers identified in the rescue plans (entities with which there were signed agreements), billing was done on a general basis. In the situation of acquiring other service providers available on the basis of surveys, it was indicated that on an ad hoc basis it was necessary to provide a detailed justification of the rationale for using their assistance, so that a specific service could be billed. This type of action resulted in a huge amount of documentation work done by the quartermasters. During the procurement of supplies, the procedures indicated in the rescue plans were followed. However, they were very general in nature or referred only to the basic guidelines of the law, which, combined with the lack of clear definition of tasks, assignment of authority, assignment of responsibility, ordering of funding from specific sources and accountability upon completion of activities, would require clarification. This situation was of particular importance in the first 24 hours of operations.

The implementation of the supply of specialized equipment, resources, materials and technical equipment for rescue operations was carried out through the activation of flood equipment warehouses, which in part secured the operations. The organization of logistic protection in the initial phase of the operations rested mainly with the employees of the quartermaster units of the district fire departments.

Securing logistic operations by PSP units in the flooded areas consisted primarily of arranging food and lodging for firefighters taking part in the action. The average number of firefighters who conducted rescue operations each day was 3,100, with a minimum of 1,570 and a maximum of 4,960.

Food and lodging for firefighters was provided through the use of [16]:

- prepared for lifeguards accommodation and all-day boarding using for this purpose the infrastructure of schools, boarding houses, dormitories;
- own accommodation and logistical facilities including tents with equipment and gear for preparing food in field conditions.

In special cases, other accommodation (including paid accommodation) was used and food was arranged on an emergency basis at the nearest retail outlets.

The main repair facility was based on civilian service station facilities using its own forces. Refuelling during the column's march was organized by the National Rescue Coordination Centre, while flood control committees were organized at the site of the PSP headquarters.

procedur postępowania, gdyż leżało to w jurysdykcji władz samorządowych. W tamtym czasie odczuwalny był brak jednoznacznego sprecyzowania zadań służb w tzw. siatce bezpieczeństwa, w której zawarte są również zadania dotyczące m.in. zabezpieczenia logistycznego. Brak jednoznacznego wskazania służby wiodącej i przypisania jej działań jako podmiotu wiodącego powodowały niekiedy problemy w zakresie uruchomienia właściwych procedur postępowania ściśle powiązanych z finansowaniem pozyskiwanych środków. Przepisy dotyczące finansowania akcji powodziowej zawarte są w art. 26. pkt 1. Ustawy o zarządzaniu kryzysowym wskazują, że „[f]inansowanie wykonywania zadań własnych z zakresu zarządzania kryzysowego na poziomie gminnym, powiatowym i wojewódzkim planuje się w ramach budżetów odpowiednio gmin, powiatów i samorządów województw”. Jest to planowanie działań. Ponadto w oparciu o art. 26. pkt. 4 te same ustawy „[w] budżecie jednostki samorządu terytorialnego tworzy się rezerwę celową na realizację zadań własnych z zakresu zarządzania kryzysowego w wysokości nie mniejszej niż 0,5% wydatków budżetu jednostki samorządu terytorialnego, pomniejszonych o wydatki inwestycyjne, wydatki na wynagrodzenia i pochodne oraz wydatki na obsługę długu”. W przypadku korzystania z usługodawców wskazanych w planach ratowniczych (podmiotów, z którymi były podpisane porozumienia) rozliczenie odbywało się na zasadach ogólnych. W sytuacji pozyskiwania innych usługodawców dysponowanych na podstawie przeprowadzonych badań wskazano, że doraźnie zachodziła konieczność przedstawienia szczegółowego uzasadnienia zasadności skorzystania z ich pomocy, aby można było rozliczyć określoną usługę. Tego typu działanie powodowało ogrom pracy dokumentacyjnej wykonywanej przez kwatermistrzów. Podczas pozyskiwania środków zaopatrzenia obowiązywały procedury wskazane w planach ratowniczych. Miały one jednak bardzo ogólny charakter lub odnosiły się wyłącznie do podstawowych wytycznych przepisów prawa, co w połączeniu z brakiem jednoznacznego określenia zadań, przypisania kompetencji, przypisania odpowiedzialności, nakazu finansowania z określonych źródeł i rozliczenia po zakończeniu działań wymagałoby ich doprecyzowania. Sytuacja ta miała szczególne znaczenie w pierwszych 24 godzinach prowadzenia działań.

Realizacja zaopatrzenia w sprzęt specjalistyczny, środki, materiały i urządzenia techniczne do prowadzenia działań ratowniczych odbywała się poprzez uruchomienie magazynów sprzętu przeciwpowodziowego, które po części zabezpieczały działania. Kierujący działaniami ratowniczymi przyjęli, iż właściwym wariantem zabezpieczenia logistycznego będzie zorganizowanie tylko żywienia i bieżących dostaw paliw, natomiast nie było potrzeby organizowania zakwaterowania dla jednostek OSP KSRG, ponieważ wprowadzono 24-godzinny system działań ratowniczych, po czym następowała zmiana ratowników, najczęściej z tej samej jednostki. Zorganizowanie zabezpieczenia logistycznego w początkowej fazie działań spoczywało głównie na pracownikach komórek kwatermistrzowskich komend powiatowych PSP.

Zabezpieczenie działań logistycznych przez jednostki PSP na terenach objętych powodzią polegało przede wszystkim na zorganizowaniu żywienia i zakwaterowania dla strażaków biorących udział w akcji. Średnia liczba strażaków, którzy każdego dnia prowadzili działania ratownicze, wynosiła 3100 osób, przy czym minimalnie 1570, a maksymalnie 4960 osób.

This issue was effectively coordinated and managed by the staff's technical team, with difficulties in providing engine oils for floating equipment. An important area of activity for the logistic facilities was maintenance and repair work on equipment damaged during the rescue operations. High-capacity pumps were prone to malfunction because they drew contaminated water. As a result, many units of floating and rescue equipment of OSP and PSP suffered damage and breakdowns<sup>3</sup>. Immediate action was taken to repair the damaged equipment. Negotiations on the use of the military's mobile workshops failed due to the fact that the military demanded from the guards, among other things: access to all spare parts, as well as announcing that they would "charge the full costs associated with the development of the field workshops and the costs of ongoing repairs." In this situation, repair activities were carried out based on two repair stations set up on the basis of PSP organizational units. A significant problem is the operational readiness of OSP firefighters, who perform professional work that is often far from the OSP fire station. Due to the labour-intensive nature of the repairs and the need to import spare parts from abroad, it has not been possible to bring equipment and vehicles to full working order, especially those belonging to OSP.

## Conclusion

In any long-term rescue operation, human resources, i.e. among other things, the rescue forces of the OSP units, generate certain material needs due to both the livelihood and physiological conditions of the rescuers, as well as climatic, epidemiological and sanitary-hygienic factors. The scale of physical exertion involved in the rescue operations is also an important consideration.

The logistic protection of OSP KSRG units relies heavily on the resources of the State Fire Service and is based mainly on

<sup>3</sup> This includes 185 firefighting vehicles, 47 special vehicles, 7 drinking water tankers, 25 units of floating equipment, 15 high capacity pumps, 475 motor pumps, 37 sludge pumps.

Wyżywienie i zakwaterowanie strażaków było realizowane poprzez wykorzystanie [16]:

- przygotowanych dla ratowników miejsc noclegowych i całodziennego wyżywienia z wykorzystaniem do tego celu infrastruktury szkół, internatów, akademików;
- własnej bazy lokalowej i zaplecza logistycznego w tym namiotów z wyposażeniem oraz sprzętu służącego do przygotowania wyżywienia w warunkach polowych.

W szczególnych przypadkach wykorzystywano inną bazę noclegową (w tym odpłatną) oraz organizowano wyżywienie na zasadzie awaryjnych zakupów w najbliższych punktach sprzedaży detalicznej.

Główna baza napraw opierała się na bazie obiektów cywilnych stacji obsługi z wykorzystaniem sił własnych. Uzupelnienie paliwa podczas przemarszu kolumny zorganizowało Krajowe Centrum Koordynacji Ratownictwa, zaś w miejscu działań komendy PSP – komitety przeciwpowodziowe.

Problematykę tę skutecznie koordynował i prowadził zespół techniczny sztabu, przy czym wystąpiły trudności w zapewnieniu olejów do silników sprzętu pływającego. Ważnym obszarem działań zaplecza logistycznego były prace obsługowo-naprawcze sprzętu uszkodzonego podczas działań ratowniczych. Pompy dużej wydajności były narażone na usterki, gdyż czerpały wodę zanieczyszczoną. W rezultacie wiele jednostek sprzętu pływającego i ratowniczego OSP oraz PSP uległo uszkodzeniom i awariom<sup>3</sup>. Natychmiast podjęto działania w celu przeprowadzenia napraw uszkodzonego sprzętu. Negocjacje w sprawie wykorzystania wojskowych ruchomych warsztatów nie przyniosły efektu z uwagi na to, że wojsko zażądało od straży m.in.: dostępu do wszelkich części zamiennych, jak również zapowiadało „obciążenie pełnymi kosztami związanymi z rozwinięciem polowych warsztatów oraz kosztami prowadzonych napraw”. W tej sytuacji czynności naprawcze prowadzone były w oparciu o dwie stacje napraw uruchomione na bazie jednostek organizacyjnych PSP. Istotny problem stanowi gotowość operacyjna strażaków OSP, którzy wykonują pracę zawodową, często oddaloną od strażnicy OSP. Ze względu na pracochłonność napraw oraz konieczność sprowadzania części zamiennych z zagranicy nie udało się doprowadzić sprzętu i pojazdów do pełnej sprawności, szczególnie tych będących na wyposażeniu OSP.

## Podsumowanie

W każdej długotrwałej akcji ratowniczej zasoby ludzkie, czyli m.in. siły ratownicze jednostek OSP, generują określone potrzeby materiałowe wynikające zarówno z uwarunkowań bytowych i fizjologicznych ratowników, jak i czynników klimatycznych, epidemiologicznych i sanitarnohigienicznych. Ważnym aspektem jest również skala wysiłku fizycznego związanego z wykonywanymi czynnościami ratowniczymi.

Zabezpieczenie logistyczne jednostek OSP KSRG w znacznym stopniu spoczywa na zasobach Państwowej Straży Pożarnej

<sup>3</sup> W tym 185 samochodów gaśniczych, 47 samochodów specjalnych, 7 cystern na wodę pitną, 25 jednostek sprzętu pływającego, 15 pomp dużej wydajności, 475 motopomp, 37 pomp szlamowych.

human potential. Thus, it is necessary to periodically organize training for logistic specialists in PSP in order to improve the management of logistic protection of KSRG and PSP units. A shortcoming is also the lack of uniform procedures for all services involved in long-term rescue operations, including OSP KSRG units. Consistent procedures for multi-agency rescue operations will probably minimize the difficulties generated by long-term rescue operations.

A serious shortcoming that hinders the continuity of logistic protection for the OSP units is the unresolved issues of its financing. They relate entirely to payments for logistic resources (supplies and logistic services) obtained from the field operators. Specifically, there is a lack of arrangement as to what PSP pays for and what field public administrations pay for.

The flood operation conducted by KSRG forces in the Świętokrzyskie province in 2010, which was supported by numerous rescue entities of OSP units, border guards, police subdivisions and military units required, among other things, the use of a very large logistic potential. It was organized with varying degrees of success by the logistic organs of the State Fire Service and other rescue entities, the organs of local (municipal, district and provincial) and state (provincial and national) administrations. The analysis and evaluation of the logistic protection of flood control operations in the Świętokrzyskie province in 2010 showed poor preparation of the OSP KSRG units for long-term rescue operations – primarily in its initial period. This state of affairs was influenced by a number of factors, including: low manpower levels of logistic services, lack of financial resources for logistic tasks, and delayed involvement of local governments in the organization of logistic protection.

i oparte jest głównie na potencjale ludzkim. Zatem niezbędna jest cykliczna organizacja szkoleń dla specjalistów ds. logistyki w PSP w celu poprawy zarządzania zabezpieczeniem logistycznym jednostek OSP KSRG i PSP. Mankamentem jest również brak jednolitych procedur dla wszystkich służb biorących udział w długotrwałych działaniach ratowniczych, w tym jednostek OSP KSRG. Spójne procedury wielopodmiotowych akcji ratowniczych zapewne zminimalizują utrudnienia generowane przez długotrwałe akcje ratownicze.

Poważnym mankamentem utrudniającym zapewnienie ciągłości zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP są nierozwiązane sprawy jego finansowania. W całości dotyczą one płatności za zasoby logistyczne (środki zaopatrzenia i usługi logistyczne) pozyskiwane od terenowych podmiotów gospodarczych. Szczególnie brakuje ustaleń, za co płaci PSP, a za co płacą terenowe organy administracji publicznej.

Akcja powodziowa prowadzona przez siły KSRG w województwie świętokrzyskim w 2010 roku, którą wspierały liczne podmioty ratownicze OSP, straży granicznej, pododdziały policji i jednostki wojskowe wymagała między innymi użycia bardzo dużego potencjału logistycznego. Z różnym skutkiem organizowały go organy logistyczne PSP i innych podmiotów ratowniczych, organy administracji samorządowej (gminnej, powiatowej i wojewódzkiej) oraz państwowej (szczebla wojewódzkiego i krajowego). Przeprowadzona analiza i ocena zabezpieczenia logistycznego działań przeciwpowodziowych w województwie świętokrzyskim w 2010 roku wykazała słabe przygotowanie jednostek OSP KSRG do długotrwałych akcji ratowniczych – przede wszystkim w jej początkowym okresie. Na taki stan rzeczy wpływ miało wiele czynników m.in.: niskie stany osobowe służb logistycznych, brak środków finansowych na zadania logistyczne, zbyt późne włączanie się samorządów do organizacji zabezpieczenia logistycznego.

## Literature / Literatura

- [1] Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 5 listopada 2014 r.
- [2] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 2022 poz. 2057).
- [3] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2022 poz. 1969).
- [4] <https://www.gov.pl/web/mswia/ochotnicze-straze-pożarne> [dostęp: 17.10.2022].
- [5] Gierski E., *Efektywność dowodzenia*, Wyd. Firex, Warszawa 1997.
- [6] Abgarowicz G., Śłosorz Z., *Kompetencje organów zarządzania kryzysowego w zakresie utrzymania ciągłości realizacji zadań ratowniczych*, w: *Logistyka wielopodmiotowych akcji ratowniczych*, J. Roguski (red.), Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2015, s. 19–20.
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2021 poz. 1737 z późn. zm.).
- [8] *Zasady organizacji działań poszukiwawczo-ratowniczych w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym*, Wyd. Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2016.
- [9] *Zasady organizacji ratownictwa chemicznego i ekologicznego w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym*, Wyd. Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2013.
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 11 grudnia 1997 r. w sprawie długotrwałych akcji ratowniczych, szczegółowych norm, zasad i warunków otrzymywania wyżywienia w czasie tych akcji oraz ćwiczeń lub szkolenia przez strażaków Państwowej Straży Pożarnej lub inne osoby biorące w nich udział, a także przypadków, w których wypłaca się równoważnik pieniężny w zamian za przysługujące wyżywienie, sposobu ustalania jego wysokości oraz szczegółowych zasad wypłacania (Dz.U. 1997 Nr 160, poz. 1098).

- [11] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2001 r. w sprawie szczegółowych zasad kierowania i współdziałania jednostek ochrony przeciwpożarowej biorących udział w działaniu ratowniczym (Dz.U. 2013 poz. 709).
- [12] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 lipca 1998 r. w sprawie terenu działania jednostek ochrony przeciwpożarowej, okoliczności i warunków udziału tych jednostek w działaniach ratowniczych poza terenem własnego działania oraz zakresu, szczegółowych warunków i trybu zwrotu poniesionych przez nie kosztów (Dz.U. 1998 Nr 94, poz. 598, z późn. zm.).
- [13] *Ramowe wytyczne Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej do opracowania zasad dysponowania sił jednostek ochrony przeciwpożarowej oraz zasad doraźnego zabezpieczenia terenu powiatu do zadysponowania zasobów ratowniczych*, Wyd. KG PSP, Warszawa 2012.
- [14] Wróblewski D., *Koncepcja systemu ratowniczego w perspektywie długookresowej*, Wyd. CNBOP-PIB, Józefów 2016.
- [15] *Zasady organizowania działań ratowniczych*, Wyd. Komendy Główniej Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2013.
- [16] Raport podsumowujący przeciwpowodziowe działania ratownicze i działania związane z likwidacją zagrożeń podczas powodzi maj–czerwiec 2010 r., KG PSP, Warszawa 2010.

**KAROLINA CHMIEL, PH.D. ENG.** – a graduate of the first and second degree programs at the Fire Safety Engineering Department of the Main School of Fire Service. Graduated from the National Defence Academy's Department of National Security and from the Department of Management and Command of the Academy of Military Arts with a second degree. An employee of CNBOP-PIB Technical Assessment Department. Co-author of papers, articles and scientific publications in the area of logistic protection of OSP KSRG and PSP units during long-term rescue operations.

**MICHAŁ CHMIEL, PH.D. ENG.** – a graduate of the first and second degree programs at the Fire Safety Engineering Department of the Main School of Fire Service. A long-time employee of CNBOP-PIB Certification Department, currently its manager. He is a co-author of CNBOP-PIB standards, as well as the author and co-author of dozens of articles and several publications in the area of equipment and devices used by firefighters – rescuers during rescue and firefighting operations, published in scientific journals. He gives numerous presentations at conferences, trainings as well as participates in research projects in the area of security in cooperation with fire protection units.

**STANISŁAW SMYK, D.SC. ENG., PROFESSOR OF ASZWOJ** – professor at the university – the Academy of Military Arts, director of the Logistic Institute of the Department of Management and Command. He is a graduate of the Military University of Technology. His academic achievements are in the area of social sciences, in the disciplines of management and quality sciences and security sciences. Among the scientific interests, the following issues in the area of logistics should be distinguished: logistic systems and processes; logistic outsourcing; logistic protection of the army; logistic protection of firefighting units; management of logistic resources of the economic and defence system of the state. He is the author of many scientific articles published in national and foreign journals. His research focuses on the determinants of the integration of the theory and practice of economic (civilian) and military logistics, as reflected, among other things, in the monograph entitled *Logistics Outsourcing in the Armed Forces of the Republic of Poland*.

**DR INŻ. KAROLINA CHMIEL** – absolwentka studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, studiów II stopnia na Wydziale Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Obrony Narodowej oraz studiów III stopnia na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia Akademii Sztuki Wojennej. Pracownik Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB. Współautorka referatów, artykułów i publikacji naukowych z zakresu zabezpieczenia logistycznego jednostek OSP KSRG i PSP podczas długotrwałych akcji ratowniczych.

**DR INŻ. MICHAŁ CHMIEL** – absolwent studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Wieloletni pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB, aktualnie kierownik tego działu. Jest współautorem standardów CNBOP-PIB oraz autorem i współautorem kilkudziesięciu artykułów i kilkunastu publikacji z zakresu sprzętu i wyposażenia wykorzystywanego przez strażaków – ratowników podczas działań ratowniczo-gaśniczych, wydawanych na łamach czasopism naukowych. Prowadzi liczne wystąpienia na konferencjach, szkoleniach jak również bierze udział w projektach badawczych w zakresie bezpieczeństwa przy współpracy z jednostkami ochrony przeciwpożarowej.

**DR HAB. INŻ. STANISŁAW SMYK, PROF. ASZWOJ** – profesor uczelni – Akademii Sztuki Wojennej, dyrektor Instytutu Logistyki Wydziału Zarządzania i Dowodzenia. Jest absolwentem Wojskowej Akademii Technicznej. Jego dorobek naukowy zawiera się w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości oraz nauki o bezpieczeństwie. Wśród zainteresowań naukowych należy wyróżnić następującą problematykę z zakresu logistyki: systemy i procesy logistyczne; outsourcing logistyczny; zabezpieczenie logistyczne wojsk; zabezpieczenie logistyczne jednostek straży pożarnej; zarządzanie zasobami logistycznymi systemu gospodarczo-obronnego państwa. Jest autorem wielu publikacji naukowych zamieszczonych w wydawnictwach krajowych i zagranicznych. W swoich badaniach naukowych koncentruje się na determinantach integracji teorii i praktyki logistyki gospodarczej (cywilnej) i wojskowej, co znalazło odzwierciedlenie m.in. w monografii pt. *Outsourcing logistyczny w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*.

Oksana Telak<sup>a)\*</sup>, Jerzy Telak<sup>b)</sup>, Tomasz Niemczewski<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> The Main School of Fire Service / Szkoła Główna Służby Pożarniczej

<sup>b)</sup> Academy of Sport Education / Wyższa Szkoła Edukacja w Sporcie

<sup>c)</sup> TJ Technologies Ltd. / Przedsiębiorstwo TJ Technologies Sp. z o.o.

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

## Motor Boats in the Technology of HDPE with RIB Type Construction

### Łodzie motorowe w technologii HDPE z konstrukcją typu RIB

#### ABSTRACT

**Introduction:** High performance motor boats should constitute standard equipment of lifeguards. There are motor boats on the market using high density polyethylene (HDPE) for the construction of their hulls.

**Purpose:** In 2022, on the lakes Zegrzyńskie and the Orzysz, there were carried out tests of a motor boat with a hull made in HDPE technology and a construction similar to a hybrid boat (rigid-inflatable boat, RIB). The aim of the tests was to examine the operational capabilities of the SRB53 motor boats and obtain preliminary information on the configuration of the equipment.

**Methods:** The survey involved 57 people, experts, representatives of public administration, NATO soldiers, police, and rescue services, as well as enterprises and non-governmental entities operating in the field of water rescue. The working hypothesis was assumed that probably motor boats as a combination of HDPE technology with a hybrid boat design could match the operational rib boats and have an advantage in terms of durability and resistance to hull damage. A diagnostic survey was used on a small sample with research techniques, i.e., observation, interview, and test, as well as research tools in the form of an observation sheet. The research was prepared, carried out and closed in the following order: development of the research procedure, collection of research material, development of results, theoretical analysis of the obtained material and derivation of conclusions. The scope of the boat study included going away and mooring to the quay, the boat's behaviours when making turns and abrupt turns in both directions at different speeds, and the hull durability test.

**Results:** The test results and opinions were positive, many advantages of the hull of the tested boat were indicated, with one negative parameter – a higher weight compared to traditional rescue boats. The working hypothesis was proved: motor boats in HDPE technology with a hybrid boat design are equal in terms of operation to RIB boats and are more durable and resistant to impacts. Innovative HDPE technology is useful for boat production. Due to the purpose, different configuration and equipment of the boat should be assumed.

**Keywords:** motor boats, water rescue, polyethylene, technology, innovation

**Type of article:** review article

---

Received: 07.11.2022; Reviewed: 27.04.2023; Accepted: 09.05.2023;

Authors' ORCID IDs: O. Telak – 0000-0002-6103-3784; J. Telak – 0000-0001-6682-2574; T. Niemczewski – 0000-0001-7253-2231.

Percentage contribution: J. Telak – 50%; Oksana Telak – 35%; T. Niemczewski – 15%;

Please cite as: SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 166–178, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.10>;

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

---

#### ABSTRAKT

**Wprowadzenie:** Łodzie motorowe o najlepszych parametrach powinny być standardowym wyposażeniem ratownictwa wodnego. Na rynku dostępne są łodzie motorowe, których kadłuby zbudowane są z zastosowaniem polietylenu wysokiej gęstości (ang. *high density polyethylen*, HDPE).

**Cel:** W 2022 roku na jeziorach Zegrzyńskim i Orzysz przeprowadzono testy, których przedmiotem była łódź motorowa z kadłubem wykonanym w technologii HDPE i konstrukcją zbliżoną do łodzi hybrydowej (ang. *rigid-inflatable boat*, RIB). Celem testów było zbadanie możliwości eksploatacyjnych łodzi motorowych typu SRB53 i uzyskanie wstępnej informacji o konfiguracji wyposażenia.

**Metody:** W badaniu wzięło udział 57 osób, ekspertów, przedstawicieli administracji publicznej, żołnierzy NATO, policji i służb ratowniczych oraz przedsiębiorstw i pozarządowych podmiotów prowadzących działalność w zakresie ratownictwa wodnego. Założono hipotezę roboczą, że testowane łodzie motorowe, w których połączono technologię HDPE z konstrukcją łodzi hybrydowej mogą dorównywać łodziom RIB pod względem eksploatacyjnym oraz mieć przewagę w aspekcie trwałości i odporności na uszkodzenie kadłuba. Jednym z elementów tego badania było także przeprowadzenie sondażu diagnostycznego na niewielkiej próbie z zastosowaniem technik badawczych, takich jak: obserwacja, wywiad i test oraz narzędzia badawczego w formie arkusza obserwacyjnego. Badania przygotowano, przeprowadzono i zamknięto wg następującej kolejności: opracowanie procedury badań, zgromadzenie materiału badawczego, opracowanie wyników, analiza teoretyczna uzyskanego materiału i wyprowadzenie wniosków. Zakres badania łodzi obejmował:

odchodzenie i przybijanie do kei, zachowanie się łodzi podczas dokonywania zakrętów i gwałtownych zwrotów w obie strony przy różnych prędkościach oraz test na trwałość kadłuba.

**Wyniki:** Wyniki testów i opinie były pozytywne, wskazano wiele zalet kadłuba testowanej łodzi, przy jednym parametrze ujemnym – większej masie w stosunku do tradycyjnych łodzi ratowniczych. Hipoteza robocza została potwierdzona: łodzie motorowe w technologii HDPE z konstrukcją łodzi hybrydowej dorównują pod względem eksploatacyjnym łodziom RIB oraz są od nich trwalsze i odporniejsze na uderzenia. Nowoczesna technologia HDPE jest przydatna do produkcji łodzi. Ze względu na przeznaczenie łodzi należy założyć różną jej konfigurację i wyposażenie.

**Słowa kluczowe:** łodzie motorowe, ratownictwo wodne, polietylen, technologia, innowacja

**Typ artykułu:** artykuł przeglądowy

**Przyjęty:** 07.11.2022; **Zrecenzowany:** 27.04.2023; **Zaakceptowany:** 09.05.2023;

Identyfikatory ORCID autorów: O. Telak – 0000-0002-6103-3784; J. Telak – 0000-0001-6682-2574; T. Niemczewski – 0000-0001-7253-2231.

Procentowy wkład merytoryczny: J. Telak – 50%; Oksana Telak – 35%; T. Niemczewski – 15%;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 61 Issue 1, 2023, pp. 166–178, <https://doi.org/10.12845/sft.61.1.2023.10>;

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

## Introduction

Annually, more than 236,000 people die from drowning. According to statistics from the World Health Organization (WHO), it is one in three causes of accidental deaths worldwide. 96% of personal drowning incidents occur in low- and middle-income countries, with 43% of fatal incidents in water areas – in China and India [1–5].

In statistical terms, security is to be understood as: “a state without threat and risk of loss of good, ensuring existence free from adverse events, with the functioning of systems with maintained environmental requirements”, in dynamic terms – as a process with undertakings and activities, “with the use of available resources”, whose purpose is to eliminate or reduce the threat and risk of “loss of good, including life, health and property” and reduce the number of adverse events and their consequences, with: “operation of systems with maintained environmental requirements” [6, p. 81].

The subject of the study was a motor boat of the SRB53 type with a hull made using high density polyethylene (HDPE) technology and a design similar to a rigid-inflatable boat (RIB) manufactured by TJ Technologies Ltd. (TJ Boats™). Technology using HDPE has been used to build motor boat hulls for a short time. Its use in this area is unique in Poland, while it has been used in the world before. In the production of motor boats, this is the technology of the future. The purpose of the tests was to study the operational capabilities of the SRB53 type motor boats and to obtain preliminary information on the configuration of equipment for the various services operating in water areas and water rescue entities using manned vessels for their tasks.

The subject of the study was to determine the answer to the question: what are the operational capabilities of motor boats made with HDPE technology. The working hypothesis is that power boats as a combination of HDPE technology and hybrid boat design can match RIB boats in terms of performance and show better characteristics in terms of hull durability and damage resistance.

The research method used in this case was a diagnostic survey on a small sample with the research techniques of observation,

## Wstęp

Rocznie ponad 236 tys. osób umiera z powodu utonięcia. Według statystyk Światowej Organizacji Zdrowia (ang. World Health Organization, WHO) jest to co trzecia przyczyna śmierci wskutek nieszczęśliwych wypadków na świecie. 96% przypadków utonięcia osób ma miejsce w krajach o niskich i średnich dochodach, z tego 43% zdarzeń śmiertelnych na obszarach wodnych – w Chinach i Indiach [1–5].

W ujęciu statycznym bezpieczeństwo należy rozumieć jako: „stan bez zagrożenia i ryzyka utraty dobra, zapewniający byt wolny od zdarzeń niekorzystnych, przy funkcjonowaniu systemów z zachowanymi wymaganiami środowiskowymi”, w ujęciu dynamicznym – jako proces z przedsięwzięciami i czynnościami, „z wykorzystaniem dostępnych zasobów”, którego celem jest likwidacja albo ograniczenie zagrożenia i ryzyka „utraty dobra, w tym życia, zdrowia i mienia” oraz zmniejszenie liczby zdarzeń niekorzystnych i ich skutków, przy: „funkcjonowaniu systemów z zachowanymi wymaganiami środowiskowymi” [6, s. 81].

Przedmiot badania stanowiła łódź motorowa typu SRB53 z kadłubem wykonanym w technologii z zastosowaniem polietyleny wysokiej gęstości (ang. *high density polyethylen*, HDPE) i konstrukcją zbliżoną do łodzi hybrydowej (ang. *rigid-inflatable boat*, RIB) wyprodukowaną przez Przedsiębiorstwo TJ Technologies Sp. z o.o. (TJ Boats™). Technologia z zastosowaniem HDPE jest wykorzystywana do budowy kadłubów łodzi motorowych od niedawna. Jej użycie w tym zakresie jest unikalne w Polsce, natomiast na świecie wykorzystywano ją już wcześniej. W produkcji łodzi motorowych jest to technologia przyszłości. Celem testów było zbadanie możliwości eksploatacyjnych łodzi motorowych typu SRB53 i uzyskanie wstępnej informacji o konfiguracji wyposażenia dla poszczególnych służb działających na obszarach wodnych i podmiotów ratownictwa wodnego wykorzystujących do realizacji zadań żeglowne jednostki pływające.

Przedmiotem badania było ustalenie odpowiedzi na pytanie: jakie możliwości operacyjne mają łodzie motorowe wykonane w technologii HDPE. Założono hipotezę roboczą, że łodzie motorowe jako połączenie technologii HDPE z konstrukcją łodzi

interview, document analysis and test, and a survey instrument in the form of an observation sheet. The research was prepared, carried out (location: Lake Zegrzynskie, Lake Orzysz) and closed according to the following order: development of the research procedure, carrying out the study, collecting research material, developing the results, theoretical analysis of the obtained material, making conclusions. The procedure consisted of the following: departure from the berth with the execution of a tightening circulation manoeuvre (execution of a turn at maximum steering wheel deflection, respectively in forward and reverse gear at minimum engine speed, while maintaining a safe distance from the berth and other vessels), entry into the slip with the steering wheel pointing straight ahead and maximum throttle open, execution of a “figure eight” at maximum throttle opening and entry into its own keelwater, manoeuvring of the vessel to freely lose speed from sailing in the slip with maximum throttle open to a stop at idle, manoeuvring of the approach to the quay using tightened circulation, reaching the concrete quay at a speed of approx. 5 knots.

## Properties of high-density polyethylene

High-density polyethylene (HDPE) is a soft and flexible thermoplastic obtained by methods:

- medium-pressure (Phillips), at a pressure of 30–40 bar, at a temperature of 85–180°C, with a chromium oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) catalyst,
- low-pressure (Ziegler), at a pressure of 1–50 bar, at a temperature of 20–150°C, with catalysts such as chlorocotitanes, titanium esters, aluminum alkyls.

Polymerization is carried out in a suspension, solution, gas phase or bulk. HDPE has a density of 0.942–0.965 g/cm<sup>3</sup>, a shrinkage of 1.5–3%, a degree of crystallinity of 60–80%, and a melting point of 126–135°C, and can be moulded, machined and joined by welding. Polyethylene is lighter than water and resistant to water. HDPE is odourless and tasteless and physiologically inert, resistant to salt solution, acids (e.g. sulfuric, nitric), lye, alcohols and gasoline, as well as highly oxidizing substances, commonly used cleaning agents. It provides an attractive material for constructing various products.

In processing by injection moulding, HDPE mass reaches 160–260°C with a mould temperature of 30–700°C, by blow moulding the melt and mould reach 160–190°C, and by extrusion 160–3900°C [7–9].

The melting point of the crystalline fraction ( $T_m$ ) of HDPE depends on the structure of the polymer and is in the range of 126–135°C [10]. Due to the hydrocarbon chain, that is, the lack of functional groups in the structure of the polymer, there are no strong intermolecular interactions, and the strength of the polymer is due to the fact that crystallization allows tight packing

hybrydowej mogą dorównywać łodziom RIB pod względem eksploatacyjnym oraz wykazywać lepsze charakterystyki w aspekcie trwałości i odporności na uszkodzenie kadłuba.

Metodą badawczą zastosowaną w tym przypadku był sondaż diagnostyczny na niewielkiej próbie z technikami badawczymi: obserwacją, wywiadem, analizą dokumentów i testem oraz narzędziem badawczym w formie arkusza obserwacyjnego. Badania przygotowano, przeprowadzono (miejsce: jezioro Zegrzyńskie, jezioro Orzysz) i zamknięto wg następującej kolejności: opracowanie procedury badań, przeprowadzenie badania, zgromadzenie materiału badawczego, opracowanie wyników, analiza teoretyczna uzyskanego materiału, postawienie wniosków. Procedura składała się z następujących elementów: odejście od kei z wykonaniem manewru zacieśnionej cyrkulacji (wykonanie skrętu na maksymalnym wychyleniu koła sterowego, odpowiednio na biegu w przód i w tył przy minimalnych obrotach silnika, z zachowaniem bezpiecznego odstępów od kei i innych jednostek), wejście w ślizg przy kole sterowym skierowanym na wprost i maksymalnym otwarciu przepustnicy, wykonanie „ósemki” przy maksymalnym otwarciu przepustnicy i wejście na własny kilwater, manewr jednostki polegający na swobodnym wytraceniu prędkości z płynięcia w ślizgu przy maksymalnie otwartej przepustnicy do zatrzymania na biegu jałowym, manewr podejścia do nabrzeża z wykorzystaniem zacieśnionej cyrkulacji, dobiecie do betonowego nabrzeża z prędkością ok. 5 węzłów.

## Właściwości polietylenu o dużej gęstości

Polietylen o dużej gęstości (HDPE) jest miękkim i elastycznym termoplastem uzyskiwanym metodami:

- średniociśnieniową (Phillipsa), pod ciśnieniem 30–40 bar, w temperaturze 85–180°C, przy katalizatorze tlenku chromu ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ),
- niskociśnieniową (Zieglera), pod ciśnieniem 1–50 bar, w temperaturze 20–150°C, przy katalizatorach, takich jak: chlorowcotytany, estry tytanowe, alkilki glinu.

Polimeryzację prowadzi się w zawiesinie, roztworze, fazie gazowej lub masie. HDPE posiada gęstość 0,942–0,965 g/cm<sup>3</sup>, skurcz wynosi 1,5–3%, stopień krystaliczności 60–80%, a temperatura topnienia 126–135°C, może być on formowany, obrabiany i łączony za pomocą spawania. Polietylen jest lżejszy od wody i odporny na jej działanie. HDPE jest bez woni i smaku oraz obojętny fizjologicznie, odporny na działanie roztworu soli, kwasów (np. siarkowy, azotowy), ługów, alkoholi i benzyny oraz substancji silnie utleniających, powszechnie stosowanych środków czyszczących. Stanowi on atrakcyjny materiał do konstruowania różnych produktów.

W przetwórstwie metodą wtrysku masa HDPE osiąga temperaturę 160–260°C, przy temperaturze formy 30–700°C, metodą rozdmuchu stop i forma osiągają 160–190°C, a metodą wytłaczania 160–3900C [7–9].

Temperatura topnienia frakcji krystalicznej ( $T_m$ ) HDPE zależy od struktury polimeru i znajdują się w zakresie 126–135°C [10]. Ze względu na łańcuch węglowodorowy, czyli brak grup funkcyjnych w strukturze polimeru nie występują silne oddziaływania międzycząsteczkowe, a wytrzymałość polimeru wynika



of the molecules. The high crystallinity makes HDPE opaque, except in thin films, whose rapid cooling prevents the formation of a crystalline fraction. The polymer has a low cohesive energy density (the solubility parameter  $\delta$  is about  $16.1 \text{ MPa}^{1/2}$ ), so it should be resistant to solvents with a solubility parameter above  $18.5 \text{ MPa}^{1/2}$  [7].

HDPE is a crystalline material and does not interact with liquids in any way, so it does not dissolve in any organic solvent at temperatures below  $60^\circ\text{C}$ . At elevated temperatures, the thermodynamic equilibrium is shifted more towards dissolution and the polymer dissolves in hydrocarbons with similar solubility parameters: aliphatic or aromatic hydrocarbons. The degree of resistance to highly oxidizing substances: sulfuric acid, nitric acid, chromate, halogens and some detergents, depends on their concentration. The so-called stress corrosion of the material is possible [11]. When there is no impurity, it is also a very good insulator of high-frequency current due to its non-polar nature [12].

HDPE is used in the production of fuel oil containers, fuel canisters and fuel tanks for cars, waste tanks, pressure pipes, couplings, fittings for drinking water and wastewater, plates, equipment for the chemical and automotive industries, bottle cases, barrels [12].

Polyethylene is a thermoplastic material, it is moulded above its flow temperature ( $T_f$  or  $T_p$ ) when it is in a plastic state. It burns, or rather melts like wax when it comes in contact with the flame. Once cooled, this shape is maintained and the polymer returns to its elastic or glassy state. It is a material capable of reversible moulding. The molecular structure does not change, provided that chemical degradation is not induced during heating [10].

The primary methods of processing HDPE due to its properties include:

- calendaring: a method of manufacturing film from thermoplastic materials, the process involves passing a pre-plasticized plastic through a set of hot rollers in a horizontal position to obtain a thin film of  $0.08\text{--}1.0 \text{ mm}$  thickness;
- injection moulding: the process of introducing plasticized plastic under pressure into a closed mould and solidifying the plastic in the mould into a moulded part [13].;
- extrusion as a continuous process, which involves taking raw material, kneading it while heating it to plasticization and pushing it through a shaping hole.

One piece of equipment that is used to shape HDPE is an extruder, which is a machine that extrudes the plastic. Depending on the tooling, it makes it possible to obtain a wide range of products and semi-products, such as: profiles of various shapes (pipes, rods), plates, films, bottles, wire lagging, plastic granules [14].

Another way of shaping HDPE products is through chip machining, which involves cutting successive layers of material until a product of the desired shape is obtained.

The following figure shows the CNC machining technology of prefabricated HDPE panels.

z faktu, że krystalizacja umożliwia ściśle upakowanie cząsteczek. Wysoka krystaliczność powoduje, że HDPE jest nieprzeźroczysty, z wyjątkiem cienkich warstw, których szybkie schłodzenie zapobiega wytworzeniu się frakcji krystalicznej. Polimer ten ma niską gęstość energii kohezyjnej (parametr rozpuszczalności  $\delta$  wynosi ok.  $16,1 \text{ MPa}^{1/2}$ ), zatem powinien być odporny na rozpuszczalniki o parametrze rozpuszczalności powyżej  $18,5 \text{ MPa}^{1/2}$  [7].

HDPE jest materiałem krystalicznym i nie wchodzi w żadne oddziaływanie z cieczami, dlatego w temperaturze poniżej  $60^\circ\text{C}$  nie rozpuszcza się w żadnym z rozpuszczalników organicznych. W podwyższonej temperaturze równowaga termodynamiczna jest bardziej przesunięta w stronę rozpuszczenia i polimer rozpuszcza się w węglowodorach o podobnym parametrze rozpuszczalności: węglowodorach alifatycznych bądź aromatycznych. Stopień odporności na substancje silnie utleniające: kwas siarkowy, kwas azotowy, chromiankę, chlorowce oraz niektóre detergenty, zależy od ich stężenia. Możliwa jest tzw. korozja naprężeniowa materiału [11]. Przy braku zanieczyszczeń jest również bardzo dobrym izolatorem wysokich częstotliwości prądu ze względu na jego niepolarną naturę [12].

HDPE stosuje się w produkcji pojemników na olej opałowy, kanistrów do paliw oraz zbiorników paliwa do samochodów, zbiorników na śmieci, rur ciśnieniowych, złączek, armatury do wody pitnej i ścieków, płyt, aparatury dla przemysłu chemicznego i samochodowego, skrzynek na butelki, beczek [12].

Polietylen to tworzywo termoplastyczne, formuje się go powyżej temperatury płynięcia ( $T_f$  lub  $T_p$ ), gdy jest w stanie plastycznym. Pali się, a właściwie topi jak wosk w trakcie kontaktu z płomieniem. Po ochłodzeniu kształt ten zostaje utrzymany, a polimer wraca do stanu elastycznego lub szklistego. Jest to materiał zdolny do odwracalnego formowania. Struktura cząsteczkowa nie ulega zmianie, pod warunkiem, że podczas ogrzewania nie zostanie wywołana degradacja chemiczna [10].

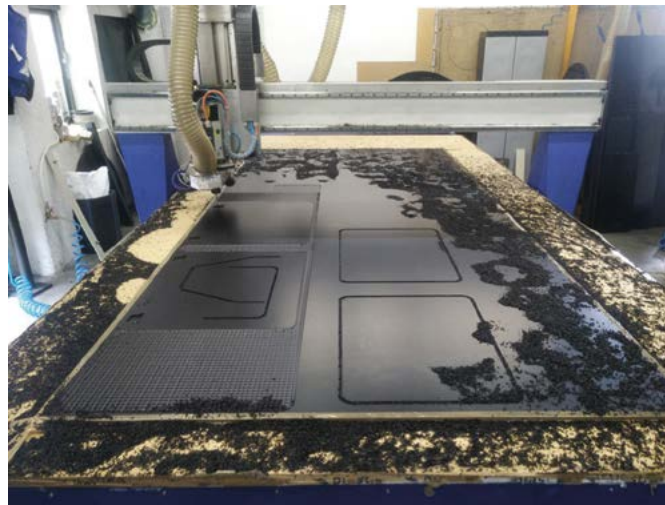
Do podstawowych metod przetwarzania HDPE ze względu na jego właściwości należą:

- kalandrowanie: metoda wytwarzania folii z tworzyw termoplastycznych, proces ten polega na przepuszczeniu wstępnie uplastycznionego tworzywa przez zestaw gorących walców w pozycji poziomej, co pozwala uzyskać cienką folię o grubości  $0,08\text{--}1,0 \text{ mm}$ ;
- formowanie wtryskowe: proces wprowadzenia pod ciśnieniem uplastycznionego tworzywa do zamkniętej formy i zestaleniu w niej tworzywa do wypraski [13];
- wytłaczanie jako proces ciągły, który polega na pobieraniu surowca, ugniataniu go jednocześnie podgrzewając do uplastycznienia i przepychaniu przez otwór kształtujący.

Jednym z urządzeń, które służy do nadawania kształtu HDPE jest wytłaczarka, czyli urządzenie do wytłaczania tworzywa. W zależności od oprzyrządowania pozwala ona na uzyskanie szerokiej gamy produktów i półproduktów, takich jak: profile o różnym kształcie (rury, pręty), płyty, folie, butelki, otuliny przewodów, granulaty tworzyw sztucznych [14].

Innym sposobem nadawania kształtu wyrobom z HDPE jest obróbka wiórowa, która polega na skrawaniu kolejnych warstw materiału aż do uzyskania wyrobu o żądanym kształcie.

Na poniższej rycinie Zaprezentowano technologię obróbki CNC prefabrykowanych płyt HDPE.



**Figure 1.** CNC machining of prefabricated HDPE boards  
**Rycina 1.** Obróbka CNC prefabrykowanych płyt HDPE  
**Source / Źródło:** TJ Boats™.

Due to its good machinability, HDPE can be cut with hand or power saws, as well as turned [15]. HDPE, due to its structure, i.e. no functional groups in the structure of the polymer, does not exhibit strong intermolecular interactions, and therefore bonding of components made of HDPE by gluing is not possible. Welding and heat bonding are used to join products made of HDPE. The welding of an HDPE boat hull is demonstrated below.

Ze względu na dobrą obrabialność HDPE można ciąć piłami ręcznymi lub mechanicznymi, a także toczyć [15]. HDPE ze względu na swoją budowę, tj. brak grup funkcyjnych w strukturze polimeru, nie wykazuje silnych oddziaływań międzycząsteczkowych, a co za tym idzie łączenie elementów wykonanych z HDPE metodą klejenia nie jest możliwe. W celu połączenia wyrobów wykonanych z HDPE stosuje się spawanie i zgrzewanie. Poniżej zaprezentowano spawanie kadłuba łodzi z HDPE.



**Figure 2.** Welding the hull of a boat with HDPE  
**Rycina 2.** Spawanie kadłuba łodzi z HDPE  
**Source / Źródło:** TJ Boats™.

The plastic welding process, shown in Figure 2, involves melting the edges of the parts to be joined without applying pressure [15]. Meanwhile, in the welding process, once the surface of the material has been heated to its melting point, the individual parts are joined by pressure [16–17].

Przedstawiony na rycinie 2 proces spawania tworzywa polega na stapieniu krawędzi łączonych elementów bez wywierania docisku [15]. Natomiast w procesie zgrzewania, po podgrzaniu powierzchni materiału do jego temperatury topnienia, łączy się poszczególne elementy przez docisk [16–17].

## Production technology and characteristics of the analysed boat (SRB series)

The use of HDPE technology for boat construction was dictated by its specific characteristics, which correspond to the requirements for hull materials. They are:

- density less than the density of water;
- resistance to external agents, no corrosion and oxidation under UV radiation;
- less susceptibility to overgrowth by biological agents compared to other materials used in the production of boat hulls, eliminating the need to coat the bottom of the hull with antifouling agents;
- resistant to most chemicals;
- low carbon footprint (five times lower than aluminum) [18];
- high impact endurance and resistance to damage during impact when docking on a rocky shore, berth, other vessel or running aground;
- easy to repair (losses of polyethylene can be supplemented by welding);
- HDPE recyclability.

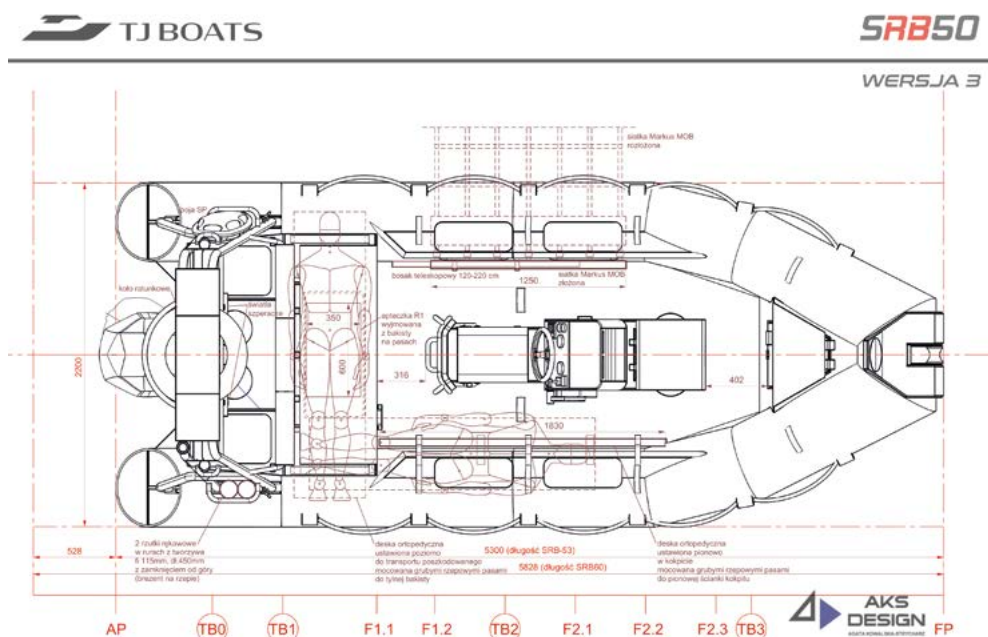
The recycling process involves de-polluting and grinding an object made of HDPE, and then mixing it with freshly produced pellets. Thus created semi-finished product is then subjected to the standard production process. The technology for manufacturing HDPE hulls is simpler than that of their steel, aluminum or composite (polyester-glass) counterparts, which are not recyclable and, at the end of their life, remain as waste, the disposal of which is expensive.

## Technologia produkcji i charakterystyka analizowanej łodzi (serii SRB)

Zastosowanie technologii HDPE do konstrukcji łodzi było podyktowane jego specyficznymi cechami, które korespondują z wymaganiami stawianymi materiałom do budowy kadłubów. Są to:

- gęstość mniejsza niż gęstość wody;
- odporność na czynniki zewnętrzne, brak korozji i utleniania pod wpływem promieniowania UV;
- mniejsza podatność na porastanie czynnikami biologicznymi w porównaniu do innych materiałów stosowanych do produkcji kadłubów łodzi, eliminująca potrzebę pokrywania dna kadłuba preparatami antyporostowymi;
- odporność na większość substancji chemicznych;
- niski ślad węglowy (pięciokrotnie niższy niż w przypadku aluminium) [18];
- wysoka udarność i odporność na uszkodzenia podczas uderzenia przy dobijaniu do kamienistego brzegu, kei, innej jednostki pływającej lub wplynięciu na mieliznę;
- łatwość naprawy (ubytki polietylenu można uzupełniać w procesie spawania);
- możliwość recyklingu HDPE.

Proces recyklingu polega na oczyszczeniu z zanieczyszczeń i zmieleniu przedmiotu wykonanego z HDPE, a następnie zmieszaniu go ze świeżo wyprodukowanym granulatem. Tak powstały półprodukt poddany jest następnie standardowemu procesowi produkcji. Technologia produkcji kadłubów z HDPE jest prostsza od produkcji ich odpowiedników ze stali, aluminium lub kadłubów kompozytowych (poliesterowo-szklanych), które nie nadają się do ponownego przetworzenia i po zakończeniu eksploatacji pozostają jako odpad, którego utylizacja jest kosztowna.



**Figure 3.** SRB53 boat in patrol-recue specification  
**Rycina 3.** Łódź typu SRB53 w wersji patrolowo-ratowniczej

Source: Technical Documentation TJ Boats™.  
Źródło: Dokumentacja techniczna TJ Boats™.

Prefabricated HDPE plates and tubes of appropriate thicknesses are used for the hulls of SRB53 boats. These prefabricated parts are machined on dedicated CNC machines, and the prepared parts are then welded or polyfusion welded. Such a manufacturing process eliminates the need for expensive and complicated dies or moulds, known from the production of composite hulls and made of polyethylene by the rotary method. This provides the opportunity for relatively free modelling of the cockpit and refinement of hull designs, with essentially no restriction on the shape of the mould.

## Boat presentation and testing

Water rescue includes: “the carrying out of rescue activities, consisting in particular of organizing and providing assistance to persons who have suffered an accident or are in danger of losing their life or health in an aquatic area” [19, Article 2 point 4]. In water rescue, personnel resources are the basis, but nowadays without equipment resources, especially motor boats, it is impossible to operate efficiently in large water areas.

Tests of motor boats, organized by the Higher School of Education in Sport (WSEwS) and the Scientific Society “Safety and Rescue” (TNBiR) in Warsaw, took place on 29 July 2022 at the Marina of the Society for the Promotion of Physical Culture “Wodnik” in Nieporęt and Zegrzynski Lake. Tested were 3 polyethylene-hulled boats that were entirely designed and manufactured in Poland, including the SRB TJ Boats™ series boat.

Participating in the tests were the representatives of the Police Headquarters, the Capital Police Headquarters, the Police Station in Nieporęt, the Police Training Centre in Legionowo, the Department of Security and Crisis Management of the Mazovian Provincial Office, the Provincial Headquarters of the State Fire Service in Warsaw, the District Headquarters of the State Fire Service in Legionowo and Nowy Dwor Mazowiecki, the Volunteer Fire Service Water Rescue in Legionowo, WSEwS, TNBiR [20].

On Lake Orzysz in the area of the Municipal Swimming Pool in Orzysz on 7 September 2022, another test of a motor boat took place, organized by WSEwS and TNBiR as part of the water rescue demonstrations prepared and conducted by the PODWODNIK Association – School of Rescue, Water Sports and Defence in Orzysz, which were the practical and demonstration part of the IX International Scientific Conference entitled “Logistics in Rescue”.

Participating in the tests were representatives of: NATO foreign troops (soldiers from the USA, Canada, England, Romania, Croatia), the Armed Forces of the Republic of Poland, the Department of Security and Crisis Management of the Warmian-Masurian Provincial Office in Olsztyn, the Provincial Police Headquarters, the District Police Headquarters in Pisz, the Police Station in Orzysz, the Provincial Headquarters of the State Fire Service in Olsztyn, the District Fire Service Headquarters in Pisz, WSEwS, TNBiR, participants of the “Logistics in Rescue” conference.

Figure 4 shows an SRB series boat in which the deck has been designed to serve as a diving base.

Do produkcji kadłubów łodzi typu SRB53 stosuje się prefabrykowane płyty i rury z HDPE o odpowiednich grubościach. Prefabrykaty te poddawane są obróbce skrawaniem na dedykowanych maszynach CNC, a przygotowane elementy następnie spawają się lub zgrzewa polifuzyjnie. Taki proces produkcyjny eliminuje konieczność stosowania drogiej i skomplikowanych matryc lub form, znanych z produkcji kadłubów kompozytowych i wykonanych z polietylenu metodą rotacyjną. Daje to możliwość stosunkowo swobodnego modelowania kokpitu i doskonalenia konstrukcji kadłubów, w zasadzie bez ograniczenia kształtu formy.

## Prezentacja i testy łodzi

Ratownictwo wodne obejmuje: „prowadzenie działań ratowniczych, polegających w szczególności na organizowaniu i udzielaniu pomocy osobom, które uległy wypadkowi lub są narażone na niebezpieczeństwo utraty życia lub zdrowia na obszarze wodnym” [19, art. 2 pkt 4]. W ratownictwie wodnym podstawę stanowią zasoby osobowe, ale jednocześnie bez zasobów sprzętowych, w szczególności łodzi motorowych, nie można sprawnie działać na dużych obszarach wodnych.

Na Przystani Towarzystwa Krzewienia Kultury Fizycznej „Wodnik” w Nieporęcie i jeziorze Zegrzyńskim 29 lipca 2022 r. odbyły się testy łodzi motorowych, zorganizowane przez Wyższą Szkołę Edukacja w Sporcie (WSEwS) i Towarzystwo Naukowe „Bezpieczeństwo i Ratownictwo” (TNBiR) w Warszawie. Testowano 3 łodzie o kadłubie wykonanym z polietylenu, które zostały w całości zaprojektowane i wyprodukowane w Polsce, w tym łódź serii SRB TJ Boats™.

Udział w testach wzięli przedstawiciele: Komendy Głównej Policji, Komendy Stołecznej Policji, Komisariatu Policji w Nieporęcie, Centrum Szkolenia Policji w Legionowie, Wydziału Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego Mazowieckiego Urzędu Wojewódzkiego, Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie, Komendy Powiatowej PSP w Legionowie i Nowym Dworze Mazowieckim, Ochotniczej Straży Pożarnej Ratownictwo Wodne w Legionowie, WSEwS, TNBiR [20].

Na jeziorze Orzysz w rejonie Kąpieliska Miejskiego w Orzyszu 7 września 2022 r. odbyły się kolejne testy łodzi motorowej, zorganizowane przez WSEwS i TNBiR w ramach pokazów ratownictwa wodnego przygotowanych i przeprowadzonych przez stowarzyszenie PODWODNIK – Szkołę Ratownictwa, Sportów Wodnych i Obronnych w Orzyszu, które stanowiły część praktyczno-pokazową IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Logistyka w Ratownictwie”.

Udział w testach wzięli przedstawiciele: zagranicznych wojsk NATO (żołnierze USA, Kanady, Anglii, Rumunii, Chorwacji), Sił Zbrojnych RP, Wydziału Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego Warmińsko-Mazurskiego Urzędu Wojewódzkiego w Olsztynie, Komendy Wojewódzkiej Policji, Komendy Powiatowej Policji w Pisz, Komisariatu Policji w Orzyszu, Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Olsztynie, Komendy Powiatowej PSP w Pisz, WSEwS, TNBiR, uczestnicy konferencji „Logistyka w Ratownictwie”.

Na rycinie 4 zaprezentowano łódź serii SRB, w której pokład został zaprojektowany tak, aby mógł służyć jako baza nurkowa.



**Figure 4.** Photo of the boat with deck dedicated for use for the diving base  
**Rycina 4.** Łódź z pokładem dedykowanym pod zastosowanie dla bazy nurkowej  
**Source / Źródło:** TJ Boats™.

The tests resulted in the opinions of 57 respondents randomly selected from a group of test participants in Nieporęt (21 respondents) and Orzysz (36 respondents). The method used here was a diagnostic survey with a categorized interview technique with an electronic tool that records the content of questions and answers.

The questions were formulated in such a way as to obtain an opinion on the SRB53 TJ Boats™ presented in Figure 4. The obtained responses made it possible to characterize the following features of the SRB53 boat:

1. Departure and arrival at the berth with the execution of a tightening circulation manoeuvre:
  - the boat manoeuvres comparably to RIB-type vessels, one does not feel its greater weight;
  - in forward gear, the boat's behaviour is not questionable, while when manoeuvring backward, the slightly extended turning radius is noticeable;
  - the boat turns with ease, when manoeuvring, the screw effect is hardly felt;
  - high stability of the craft, ease of turning both forward and backward, similar to RIB boats.
2. Entering the glide with the rudder wheel pointing straight ahead and the throttle open to the max:
  - entering the slip smoothly, and the stability of the boat is satisfactory, better than a RIB boat;
  - does not lift the bow high, which makes it easier to keep the course straight and does not impair visibility;
  - when entering the slide a small reaction to the change of rhythm, in the case of RIB boats it is more noticeable.

W efekcie przeprowadzonych testów uzyskano opinie 57 respondentów losowo wybranych z grupy uczestników testów w Nieporęciu (21 respondentów) i Orzyszu (36 respondentów). Wykorzystano tutaj metodę sondażu diagnostycznego z techniką wywiadu skategoryzowanego z narzędziem elektronicznym zapisującym treść pytań i odpowiedzi.

Pytania zostały tak sformułowane, aby na ich podstawie można było otrzymać opinię o łodzi typu SRB53 TJ Boats™ zaprezentowanej na rycinie 4. Uzyskane odpowiedzi umożliwiły scharakteryzowanie następujących cech łodzi SRB53:

1. Odejście i dobiecie do kei z wykonaniem manewru zaciśnionej cyrkulacji:
  - łódź manewruje porównywalnie do jednostek typu RIB, nie odczuwa się jej większej masy;
  - na biegu do przodu zachowanie łodzi nie budzi zastrzeżeń, natomiast przy manewrowaniu do tyłu wyczuwalny jest lekko wydłużony promień skrętu;
  - łódź skręca z łatwością, przy manewrowaniu efekt śruby jest mało wyczuwalny;
  - duża stabilność jednostki, łatwość skrętu zarówno do przodu, jak i do tyłu, podobnie jak w łodziach typu RIB.
2. Wejście w ślizg przy kole sterowym skierowanym na wprost i maksymalnym otwarciu przepustnicy:
  - wejście w ślizg bezproblemowe, a stabilność łodzi zadowalająca, lepsza niż łodzi typu RIB;
  - nie unosi wysoko dziobu, co ułatwia utrzymanie kursu na wprost i nie pogarsza widoczności;
  - przy wchodzeniu w ślizg mała reakcja na zmianę rytmu, w przypadku łodzi typu RIB jest to bardziej odczuwalne.

3. Performing a “figure-eight” at maximum throttle and entering its own keelwater:
  - when turning one can feel the higher weight of the craft compared to the same size RIB boat;
  - when passing through a wave, it almost does not react to it, it is very stable, it cuts through waves well;
  - good manoeuvrability, confident behaviour in the undulations;
  - tilts during turns in a predictable manner;
  - the moment of changing direction is predictable and fast, it gives a sense of security for fast manoeuvres, even when entering the keelwater.
4. Manoeuvring the vessel consisting of a free speed loss from sailing in a glide with the maximum open throttle to an idle stop:
  - quickly loses speed, does not mouse, stable performance;
  - it is more stable than RIB-type boats, especially in the wave;
  - good response to gas subtraction, confident performance;
  - smoothly transitions from glide to buoyancy;
  - responds slightly to wave hitting the stern.
5. Reaching the concrete quay at 5 knots:
  - boat gives a sense of being armoured;
  - strong jerk in contact with the quay, but without affecting the hull;
  - one can get the impression that the speed is too high and the unit will be damaged, but it bounces resiliently off the edge of the quay;
  - manoeuvre comparable to nailing to the side of a sailing fishing boat, the vessel bounced off the quay without damage.
6. Features of a hull made of HDPE compared to RIB-type craft: weight, deck arrangement options, maintenance, handling, nautical properties:
  - high nautical qualities, engine power optimally selected, ease of entering the slip and quick exit from it, good “feel” on the waves;
  - with heavy hull weight, stable manoeuvring performance;
  - stability when traversing waves (an advantage over RIB boats);
  - the weight of the boat is noticeable when manoeuvring, but this does not significantly affect its performance on the water;
  - high stability in all conditions;
  - possibilities to customize the deck and add or remove elements, arrangement on request, such as a version of the boat for divers;
  - extremely durable material, low susceptibility to damage;
  - no need for maintenance, no need for anti-fouling, simple operation and repair;
  - no version with police canopy on offer;
3. Wykonanie „ósemki” przy maksymalnym otwarciu przepustnicy i wejście na własny kilwater:
  - w zakręcie wyczuwa się wyższą masę jednostki w porównaniu do tych samych rozmiarów łodzi RIB;
  - przy przechodzeniu przez falę prawie na nią nie reaguje, jest bardzo stabilna, dobrze przecina fale;
  - dobra manewrowość, pewne zachowanie przy zafalowaniu;
  - przechyla się podczas skrętów w sposób przewidywalny;
  - moment zmiany kierunku jest przewidywalny i szybki, daje poczucie bezpieczeństwa przy szybkich manewrach, nawet przy wejściu w kilwater.
4. Manewrowanie jednostką polegające na swobodnym wytraceniu prędkości z płynięcia w ślizgu przy maksymalnie otwartej przepustnicy do zatrzymania na biegu jałowym:
  - szybko wytraca prędkość, nie myszkuje, zachowuje się stabilnie;
  - jest bardziej stabilna niż łodzie typu RIB, szczególnie przy zafalowaniu;
  - dobra reakcja na odjęcie gazu, pewne zachowanie;
  - płynnie przechodzi ze ślizgu w stan wypornościowy;
  - w niewielkim stopniu reaguje na falę uderzającą w rufę.
5. Dobicie do betonowego nabrzeża z prędkością 5 węzłów:
  - łódź daje poczucie pancерnej;
  - mocne szarpnięcie w kontakcie z nabrzeżem, jednak bez wpływu na kadłub;
  - odnosi się wrażenie, że prędkość jest zbyt duża i jednostka ulegnie uszkodzeniu, jednak sprężystości odbija się od krawędzi kei;
  - manewr porównywalny do przybicia do burty pływającego kutra rybackiego, jednostka odbiła się od nabrzeża bez szkód.
6. Cechy kadłuba wykonanego HDPE w porównaniu do jednostek typu RIB: waga, możliwości aranżacji pokładu, konserwacja, obsługa, walory nautyczne:
  - wysokie walory nautyczne, moc silnika dobrana optymalnie, łatwość wchodzenia w ślizg i szybkie z niego wychodzenie, dobre „czucie” na falach;
  - przy dużej wadze kadłuba, stabilne zachowanie podczas manewrowania;
  - stabilność przy pokonywaniu fal (przewaga w stosunku do łodzi typu RIB);
  - waga łodzi jest odczuwalna przy manewrowaniu, ale nie wpływa to znacząco na jej zachowanie na wodzie;
  - duża stabilność w każdych warunkach;
  - możliwości dostosowania pokładu i dodania lub usunięcia elementów, aranżacja na życzenie, np. wersja łodzi dla nurków;
  - wyjątkowo wytrzymały materiał, niska podatność na uszkodzenia;
  - brak konieczności konserwacji, nie ma potrzeby stosowania anty-porostu, prosta obsługa i naprawy;

- comfortable position behind the wheel, good ergonomics, plenty of space for specialized equipment and boat equipment;
- good access to service components: battery, fuel tank, separator, bilge pump;
- space on board for resuscitation;
- lots of storage, dry place for R1 bag;
- good ergonomics, plenty of space for specialized equipment and supplies;
- high stability with an uneven distribution of people and objects in the cockpit and on the sides;
- anti-slip floor gives secure support for turns and twists.

Polyethylene boats of three other manufacturers are also available on the Polish market:

1. Dutch manufacturer Whaly, which produces boats that are durable, easy to maintain, with spacious interiors, safe, and have a double-walled hull made entirely of polyethylene [21]. Whaly boats have been imported to Poland for more than a dozen years by the “Sorba” Sports and Tourism Centre. They serve a wide range of entities in water rescue – public services, companies and non-governmental organizations working in the area of water rescue.
2. Watercraft manufacturer, distributor and dealer Parker Poland Sp. z o.o. [22] has introduced into the Polish market the Pioneer Multi polyethylene hull boat of practical design, with a 92 cm wide bow gate, lowered by means of a winch, useful in securing and retrieving injured persons from the water. They are used for water rescue and diving [23].
3. Roto-Tech Ltd. has specialized for many years in the innovative production of polyethylene products for professional groups of customers, including boats dedicated to, among others, public services and rescue entities, as well as to serve the industry [24]. The Kontra boats produced by this company have received growing recognition from both public and non-public water rescue entities nationally and internationally.

Since the 1990s, RIB boats – relatively lightweight, a combination of a pontoon and a boat – have been in use in water rescue, police-like services and the Polish Armed Forces. They have a rigid hull and soft inflatable tubes around it. Due to this hull design, these boats have a large displacement on the sides, making them very stable. The RIB’s deep V-shaped hull has a low weight. The air-filled tubes allow the boat to maintain buoyancy with a lot of water on board [25]. The durability of the hull and tubes in these boats is relatively low. All respondents positively evaluated the tested boat of the SRB series, raising the advantages of its hull, such as durability, almost unlimited possibility of cockpit arrangement, good entry into the slip, laying and valour on the water, requiring no special maintenance, handling. According to the respondents, the boat’s hull is very rigid. Boats made with HDPE technology are heavier than boats made of laminate or RIB.

On the other hand, according to the opinion of the respondents and the assurances of the manufacturer’s representatives,

- brak w ofercie wersji z zadaszaniem dla policji;
- wygodna pozycja za kierownicą, dobra ergonomia, dużo miejsca na sprzęt specjalistyczny i wyposażenie łodzi;
- dobry dostęp do elementów serwisowych: akumulatora, zbiornika paliwa, separatora, pompy żęzowej;
- miejsce na pokładzie do reanimacji;
- dużo schowków, suche miejsce na torbę R1;
- dobra ergonomia, dużo miejsca na sprzęt specjalistyczny i wyposażenie;
- duża stateczność przy nierównomiernym rozkładzie osób i przedmiotów w kokpicie i na burtach;
- antypoślizgowa podłoga daje pewnie podparcie przy zakrętach i zwrotach.

Na polskim rynku dostępne są również łodzie polietylenowe trzech innych producentów:

1. Holenderski producent Whaly produkujący łodzie wytrzymałe, łatwe w utrzymaniu, z przestronnym wnętrzem, bezpieczne, posiadające dwuścienny kadłub w całości wykonane z polietylenu [21]. Łodzie Whaly od kilkunastu lat sprowadzane są do Polski przez Centrum Sportu i Turystyki „Sorba”. Służą w ratownictwie wodnym wielu podmiotom – służbom publicznym, przedsiębiorstwom i pozarządowym organizacjom działającym w zakresie ratownictwa wodnego.
2. Producent, dystrybutor i dealer sprzętu wodnego Parker Poland Sp. Z o.o. [22] na polski rynek wprowadził łódź z kadłubem polietylenowym Pioneer Multi o praktycznej konstrukcji, z bramą dziobową o szerokość 92 cm, opuszczaną za pomocą wciągarki, przydatną w zabezpieczaniu i podejmowaniu osób poszkodowanych z wody. Wykorzystywane są one do ratownictwa wodnego i nurkowania [23].
3. Przedsiębiorstwo Roto-Tech Sp. z o.o. od wielu lat specjalizuje się w innowacyjnej produkcji polietylenowych wyrobów dla profesjonalnych grup odbiorców, w tym łodzi dedykowanych m.in. służbom publicznym i podmiotom ratowniczym oraz do obsługi przemysłu [24]. Łodzie Kontra produkcji tego przedsiębiorstwa cieszą się rosnącym uznaniem podmiotów ratownictwa wodnego zarówno publicznych, jak i niepublicznych w kraju i za granicą.

Od lat 90. XX w. w ratownictwie wodnym, służbach o charakterze policyjnym i polskich Siłach Zbrojnych eksploatowane są łodzie RIB – stosunkowo lekkie, stanowiące połączenie pontonu i łodzi. Posiadają one sztywny kadłub i miękkie dmuchane tuby wokół niego. Dzięki takiej konstrukcji kadłuba łodzie te mają dużą wyporność na bokach, przez co są bardzo stabilne. Kadłub RIB w kształcie głębokiego V posiada niską wagę. Wypełnione powietrzem tuby umożliwiają utrzymanie wyporności łodzi przy dużej ilości wody na pokładzie [25]. Trwałość kadłuba i tub w tych łodziach jest stosunkowo niska.

Wszyscy respondenci pozytywnie ocenili testowaną łódź serii SRB, podnosząc zalety jej kadłuba, takie jak: trwałość, prawie nieograniczona możliwość aranżacji kokpitu, dobre wchodzenie w ślizg, układanie się i dzielność na wodzie, niewymagająca szczególnych zabiegów konserwacja, obsługa. W opinii respondentów kadłub łodzi jest bardzo sztywny. Łodzie wykonane w technologii HDPE są cięższe od łodzi wykonanych z laminatu lub RIB.

repairs to the damaged hull, despite the need for professional servicing, should not involve special technical problems.

In case of the production of customized boats, the manufacturer should take into account the suggestions of experts and specifications according to the needs, such as:

- the army – configuration of equipment for service tasks,
- police – assembling the cabin,
- state fire department (PSP) – a place designed to transport divers' equipment,
- water rescue – minimizing accessory equipment.

The respondents considered boats made with HDPE technology to be more practical for special tasks, patrol service and water rescue compared to traditional vessels.

## Summary

Modern technology using high-density polyethylene for motor boat hulls appears to be the technology of the future. Tests of HDPE SRB series boats conducted on lakes Zegrzynski and Orzysz confirmed their good performance characteristics. In a survey conducted among representatives of the public administration, NATO soldiers, law enforcement and rescue services, as well as companies and non-governmental entities engaged in water rescue activities, the tested type of boat received positive feedback, particularly with regard to the hull, with one negative parameter – greater weight compared to traditional patrol and rescue boats.

During the tests, the assumed research problem was achieved, and the obtained results indicated that the working hypothesis was confirmed – motor boats as a combination of HDPE technology and hybrid boat design, despite the higher weight, do not differ in terms of operation from RIB boats, and in addition, the research and use tests showed high durability and resistance to hull damage.

The parameters and features of boats manufactured with HDPE technology, their resistance to external factors, the possibility of different hull and cockpit configurations and equipment were confirmed. These boats can be useful in combating the occurrence of disasters in the ecosphere and accidents in the technosphere, in public services, enterprises and non-governmental organizations working in the area of water safety and rescue.

## Conclusions

Due to the above-mentioned features of boats produced with HDPE technology, the authors believe that it is worth implementing in the Polish and foreign markets. Conducted tests and surveys have confirmed their suitability for use by public services, companies and NGOs operating in the area of water safety and rescue.

Z kolei wg opinii respondentów i zapewnień przedstawicieli producenta, naprawy uszkodzonego kadłuba pomimo potrzeby profesjonalnego serwisowania nie powinny wiązać się ze szczególnymi problemami technicznymi.

W przypadku produkcji łodzi na zamówienie klienta, producent powinien uwzględnić sugestie ekspertów i specyfikację, zgodnie z potrzebami np.:

- wojska – konfiguracji wyposażenia pod zadania służbowe,
- policji – montowania kabiny,
- PSP – miejsca przeznaczonego na transport sprzętu nurków,
- ratownictwa wodnego – minimalizacji wyposażenia dodatkowego.

Respondenci uznali łodzie wykonane w technologii HDPE za praktyczniejsze w przypadku realizacji zadań specjalnych, służby patrolowej i ratownictwa wodnego w stosunku do tradycyjnych jednostek pływających.

## Podsumowanie

Nowoczesna technologia z zastosowaniem polietylenu wysokiej gęstości do budowy kadłubów łodzi motorowych wydaje się być technologią przyszłości. Testy łodzi serii SRB z HDPE przeprowadzone na jeziorach Zegrzyńskim i Orzysz potwierdziły ich dobre charakterystyki eksploatacyjne. W sondażu przeprowadzonym wśród przedstawicieli administracji publicznej, żołnierzy NATO, służb porządkowych i ratowniczych oraz przedsiębiorstw i pozarządowych podmiotów prowadzących działalność w zakresie ratownictwa wodnego testowany typ łodzi zebrał pozytywne opinie, w szczególności w odniesieniu do kadłuba, przy jednym parametrze negatywnym – większej masie w stosunku do tradycyjnych łodzi patrolowych i ratowniczych.

Podczas testów osiągnięto założony problem badawczy, a uzyskane wyniki wskazały, że hipoteza robocza została potwierdzona – łodzie motorowe jako połączenie technologii HDPE z konstrukcją łodzi hybrydowej, pomimo większej masy, nie odbiegają pod względem eksploatacyjnym od łodzi RIB, a dodatkowo badania i testy użytkowe wykazały wysoką trwałość i odporność na uszkodzenie kadłuba.

Potwierdzono parametry i cechy łodzi produkowanych w technologii HDPE, ich odporność na działanie czynników zewnętrznych, możliwość różnych konfiguracji kadłuba i kokpitu oraz wyposażenia. Łodzie te mogą być przydatne podczas zwalczania zaistniałych skutków katastrof w ekosferze i awarii w technosferze, w służbach publicznych, przedsiębiorstwach i organizacjach pozarządowych, działających w obszarze bezpieczeństwa i ratownictwa wodnego.

## Wnioski

Ze względu na wyżej wymienione cechy łodzi produkowanych w technologii HDPE autorzy są zdania, iż warto wdrażać je na rynku polskim i zagranicznym. Przeprowadzone testy i sondaże potwierdziły ich przydatność do stosowania przez służby publiczne, przedsiębiorstwa i organizacje pozarządowe, działające w obszarze bezpieczeństwa i ratownictwa wodnego.



The authors recommend the use of the boats in question to combat the effects of disasters in the ecosphere and accidents in the technosphere. In doing so, it should be added that due to the specifics of use, different hull and cockpit configurations and equipment of the boat must be taken into account.

Autorzy rekomendują zastosowanie omawianych łodzi do zwalczania zaistniałych skutków katastrof w ekosferze i awarii w technosferze. Należy przy tym dodać, że ze względu na specyfikę użytkowania, trzeba wziąć pod uwagę różne konfiguracje kadłuba i kokpitu oraz wyposażenia łodzi.

## List of abbreviations

HDPE	– high density polyethylen
RIB	– rigid-inflatable boat
SRB53	– type of motor boat
TJ Boats™	– TJ Technologies Ltd.

## Wykaz skrótów

HDPE	– polietylen wysokiej gęstości
RIB	– łódź hybrydowa
SRB53	– typ łodzi motorowej
TJ Boats™	– Przedsiębiorstwo TJ Technologies Sp. z o.o.

## Literature / Literatura

- [1] Telak J., *Przygotowanie ratowników w województwie świętokrzyskim do działań na rzecz bezpieczeństwa na obszarach wodnych*, Wyd. Centrum Szkolenia Policji, Legionowo 2017.
- [2] Ciekawe Statystyki, wpis na blogu internetowym, <https://www.ciekawestatystyki.pl/2021/07/statystyki-utonic.html> [dostęp: 29.10.2022].
- [3] Deaths by accidental drowning and submersion, Statystyki utonięć według Eurostatu, <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20200806-1> [dostęp: 29.10.2022].
- [4] Witryna internetowa WHO, <https://www.who.int/> [dostęp: 29.10.2022 r.].
- [5] Statystyki Komendy Głównej Policji, <https://statystyka.policja.pl/st/wybrane-statystyki/utoniciecia> [dostęp: 29.10.2022].
- [6] Telak J., Frąckowiak M., *Bezpieczeństwo osób przebywających na obszarach wodnych i terenach przywodnych, aspekt trzeźwości*, w: *Bezpieczeństwo, zarządzanie, medycyna i kultura fizyczna. Wybrane zagadnienia*, J. Telak, D. Skalski, E. Zieliński, D. Czarnecki (red.), Wyd. Akademii Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego, Gdańsk 2020.
- [7] HDPE-PE, Internetowy słownik branżowy Plasteopedia, <https://www.plastech.pl/plastechopedia/HDPE-PE-HD-98> [dostęp: 29.10.2022].
- [8] Araújo J.R., Waldman W.R., De Paoli M.A., *Thermal properties of high density polyethylene composites with natural fibres: Coupling agent effect*, "Polymer Degradation and Stability" 2008, 93(10), 1770–1775, <https://doi.org/10.1016/j.polydegradstab.2008.07.021>.
- [9] Askeland D.R., Wright W.J., *The science and engineering of materials*, Publ. Cengage Learning, Boston 2016.
- [10] Seachtling H., *Tworzywa sztuczne. Poradnik*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [11] PN-EN ISO 14731:2019-05 – zadania nadzoru spawalniczego.
- [12] Mhike W., Focke W.W., *Surface resistivity and mechanical properties of rotationally molded polyethylene/graphite composites*, "Journal of Vinyl and Additive Technology" 2013, 19(4), 225–301, <https://doi.org/10.1002/vnl.21316>.
- [13] Małaśnicka W., Małaśnicki J., *Technologia tworzyw sztucznych, cz. II*, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1972.
- [14] Stasiak J., *Wyłaczanie tworzyw polimerowych. Zagadnienia wybrane*, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2007.
- [15] Łączyński B., *Tworzywa sztuczne i ich przetwórstwo, Seria: Techniki wytwarzania*, Wyd. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1980.
- [16] Janson L., *Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków*, wyd. Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych, Toruń 2010, s. 372.
- [17] Kuliczkowski A., *Wybrane problemy dotyczące projektowania rurociągów polietylenowych cz. II*, „Instal. Teoria i praktyka w instalacjach” 2011, 5, 29–33.
- [18] Witryna internetowa firmy Tideman Boats, <https://tidemanboats.com/> [dostęp: 29.10.2022].
- [19] Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych (Dz.U. 2011, Nr 208, poz. 1240; Dz.U. 2022 r. poz. 147).
- [20] Telak J., *Sprawozdanie z aktywności naukowej Wyższej Szkoły Edukacja w Sporcie w roku akademickim 2021/2022*, WSEwS, Warszawa 2022.
- [21] Witryna internetowa firmy Whaly Boats, <https://www.whaly.com/> [dostęp: 29.10.2022].
- [22] Witryna internetowa firmy Parker Poland Sp. z o.o., [www.parkerpoland.eu](http://www.parkerpoland.eu) [dostęp: 29.10.2022].
- [23] Witryna internetowa firmy Pioner – Easy Boating, <https://pioneerboat.co.uk/models/pioner-multi/> [dostęp: 29.10.2022].
- [24] Witryna firmy Roto-Tech, [www.ROTO-TECH.COM.PL](http://www.ROTO-TECH.COM.PL) [dostęp: 29.10.2022].
- [25] Łodzie hybrydowe, wpis na portalu WOPR-u, [www.wopr.pl/ratownictwo/sprzet/plywajcy/1028-odzie-hybrydowe](http://www.wopr.pl/ratownictwo/sprzet/plywajcy/1028-odzie-hybrydowe) [dostęp: 29.10.2022].

**OKSANA TELAK, D.SC.** – doctor in political economy from Universitas Libera Ucrainensis in Munich (UFU), Ph.D. in humanities from Maria Curie-Skłodowska University in Lublin. Ph.D. studies, majoring in English philology: Faculty of Humanities of UMCS, European College of Polish and Ukrainian Universities. Postgraduate studies: For firefighters applying for the first officer rank in the State Fire Service (School of the Main Fire Service); International Relations and Diplomacy (Collegium Civitas). Master's Degree: Ivan Franko National University of Lviv, Department of Foreign Languages. Professional experience: Main School of Fire Service, Department of Civil Safety Engineering, Department of Security Organization, assistant professor, supervisor; Master's Degree: Ivan Franko National University of Lviv, Faculty of Foreign Languages. Work: Main School of Fire Service, Department of Civil Safety Engineering, Department of Safety Organization, assistant professor, head; Higher School of Education in Sport, university professor; Vice President of the Scientific Society "Safety and Rescue" (since 2016). Author and editor of several monographs, dozens of scientific articles. Supervisor or team member of more than a dozen scientific and development projects.

**JERZY TELAK, D.SC., UNIVERSITY PROFESSOR** – doctor in social sciences, in the discipline of security sciences (Police Academy in Szczytno), graduate of international doctoral studies and several postgraduate studies. Professional experience: College of Education in Sport, professor, pro-rector (from 2019); Social Academy of Sciences in Lodz, Faculty of Management and Security Sciences, head of the Department of Logistics, professor (2017–2019); Lviv State University for Life Safety, expert (since 2016); Main School of Fire Service, assistant professor (2013–2017); Water Volunteer Rescue Service, chairman (2001–2013). Service in police formations (1979–2006); International Live Saving Federation, delegate General Assembly (2003–2015); ILS Federation of Europe, vice-president (2003–2015), delegate General Assembly, member of the Board of Directors (2001–2015); Council for Mountain and Water Rescue under the Minister of the Interior, member (2012–2014); Council for Mountain and Water Rescue under the Minister of Internal Affairs and Administration, member (2008–2012); Board of Directors of the Polish Olympic Committee, member (2012–2014); President of the Scientific Society "Safety and Rescue" (since 2016). Author, co-author and scientific editor of more than a dozen monographs and one hundred and dozens of scientific articles.

**TOMASZ NIEMCZEWSKI, M.SC. ENG.** – obtained a master degree from the Warsaw University of Technology; completed postgraduate studies at the University of Applied Sciences in Cologne (Fach Hochschule in Kiel). Professional experience: Co-Founder & CTO, architect, team leader (2008–2012); CAD/CAM Solution Sp. z o.o. in Lomianki, machine designer, project manager, director (2015–2020); BYD Daimler New Technology in Shenzhen, China, project manager (2012–2015); TJ Technologies Sp. z o.o. (TJ Boats™) in Tychy, member of the board of directors. He is a technical director, constructor, inventor, author of many technical projects, as well as a sailor and motorboat helmsman.

**DR HAB. OKSANA TELAK** – doktor habilitowany nauk ekonomicznych w zakresie ekonomii politycznej (Universitas Libera Ucrainensis w Monachium – UFU), dr nauk humanistycznych (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie). Studia doktoranckie na kierunku filologia angielska zrealizowała na Wydziale Humanistycznym UMCS w ramach Europejskiego Kolegium Polskich i Ukraińskich Uniwersytetów. Studia podyplomowe: Dla strażaków ubiegających o pierwszy stopień oficerski w Państwowej Straży Pożarnej (Szkoła Główna Służby Pożarniczej – SGSP); Stosunki międzynarodowe i dyplomacja (Collegium Civitas). Studia magisterskie odbyła w Lwowskim Narodowym Uniwersytecie im. Ivana Franki, na Wydziale Języków Obcych. Doświadczenie zawodowe: Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego, Zakład Organizacji Bezpieczeństwa SGSP, adiunkt, kierownik; Wyższa Szkoła Edukacja w Sporcie, prof. ucz.; Wiceprezes Towarzystwa Naukowego „Bezpieczeństwo i Ratownictwo” (od 2016). Autor i redaktor kilku monografii, kilkudziesięciu artykułów naukowych. Kierownik lub członek zespołów kilkunastu projektów naukowych i rozwojowych.

**DR HAB. JERZY TELAK, PROF. UCZELNI** – dr hab. w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o bezpieczeństwie (Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie), absolwent międzynarodowych studiów doktorskich i kilku studiów podyplomowych. Doświadczenie zawodowe: Wyższa Szkoła Edukacja w Sporcie, profesor, prorektor (od 2019); Społeczna Akademia Nauk w Łodzi, Wydział Nauk o Zarządzaniu i Bezpieczeństwie, kierownik Katedry Logistyki, profesor (2017–2019); Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia, ekspert (od 2016); Szkoła Główna Służby Pożarniczej, adiunkt (2013–2017); Wodne Ochotnicze Pogotowia Ratunkowe, prezes (2001–2013). Służba w formacjach policyjnych (1979–2006); International Live Saving Federation, delegate General Assembly (2003–2015); ILS Federation of Europe, vice-president (2003–2015), delegate General Assembly, member Board of Directors (2001–2015); Rada ds. Ratownictwa Górskiego i Wodnego przy Ministrze Spraw Wewnętrznych, członek (2012–2014); Rada ds. Ratownictwa Górskiego i Wodnego przy Ministrze Spraw Wewnętrznych i Administracji, członek (2008–2012); Zarząd Polskiego Komitetu Olimpijskiego, członek (2012–2014); Prezes Towarzystwa Naukowego „Bezpieczeństwo i Ratownictwo” (od 2016). Autor, współautor i redaktor naukowy kilkunastu monografii oraz stu kilkudziesięciu artykułów naukowych.

**MGR INŻ. TOMASZ NIEMCZEWSKI** – tytuł mgr inż. uzyskał na Politechnice Warszawskiej. Absolwent studiów podyplomowych na Uniwersytecie Nauk Stosowanych w Kolonii (Fach Hochschule in Kiel). Doświadczenie zawodowe: Co-Founder & CTO, architekt, kierownik zespołu (2008–2012); CAD/CAM Solution sp. z o.o. w Łomiankach, konstruktor maszyn, projekt manager, dyrektor (2015–2020); BYD Daimler New Technology w Shenzhen (Chiny), kierownik projektu (2012–2015); Przedsiębiorstwo TJ Technologies Sp. z o.o. (TJ Boats™) w Tychach, członek zarządu, dyrektor ds. technicznych. Jest konstruktorem, wynalazcą, autorem wielu projektów technicznych, a także żeglarzem i sternikiem motorowodnym.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).

sft.cnbop.pl

