VOL. 45 ISSUE 1, 2017 ISSN 1895-8443

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

badania i rozwój
research & development

Ustalanie zagrożenia pożarowego lasu na poligonach wojskowych s.26

Determining the Forest Fire Risk in Military Training Areas p.26

Użyteczność modelu obliczeniowego pojedynczej ramy poprzecznej w szacowaniu odporności ogniowej hali stalowej s.52

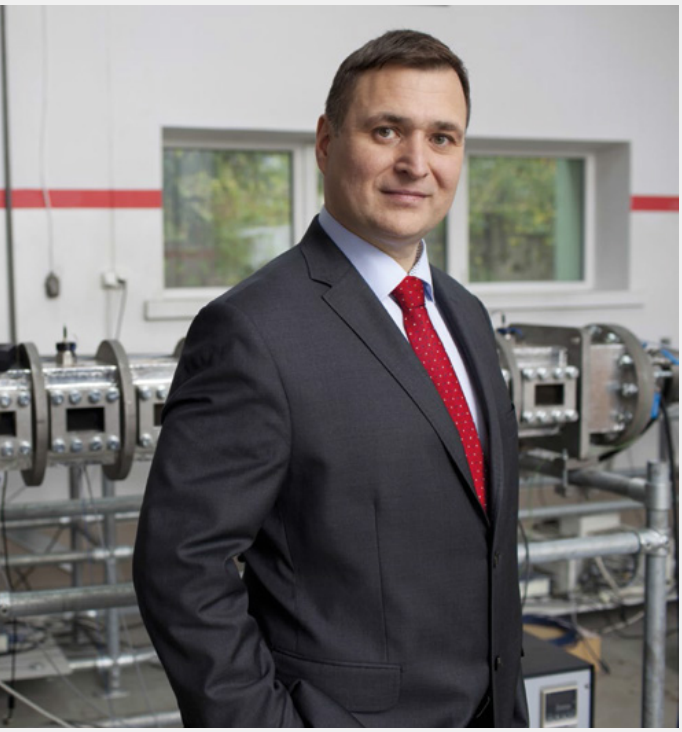
The Usability of a Computational Model of a Single Transverse Frame in the Fire Resistance Assessment of an Entire Steel Hall p.52

Podstawowe elementy zabezpieczenia medycznego oraz funkcjonowanie komponentu medycznego PSP podczas Światowych Dni Młodzieży 2016 w Krakowie s.112

The Basic Elements of Medical Safety and the Functioning of the Medical Component of the State Fire Service During the 2016 World Youth Days in Krakow p.112

Wpływ lokalizacji źródła ognia na rozwój pożaru w wielkopowierzchniowym halowym obiekcie handlowym s.154

The Impact of the Fire Source Location on Fire Development in a Large-Space Steel Commercial Building p.154



Szanowni Państwo,

Jest mi niezmiernie miło powitać Państwa na łamach pierwszego numeru czasopisma „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" w tym roku.

Najnowszy numer przygotowaliśmy w nowej odsłonie graficznej. Nowoczesna okładka oraz layout podążają za aktualnymi trendami w międzynarodowej literaturze. Będąc coraz bardziej rozpoznawalnym tytułem, musimy uwzględniać zmiany zachodzące w środowisku wydawnictw naukowych i odpowiednio dostosowywać przyjęte rozwiązania. Wierzymy, że rozwój i wdrażanie nowych pomysłów pozwoli nam osiągać założone cele.

W ubiegłym roku obchodziliśmy dziesięciolecie naszego wydawnictwa. Przez ten czas w BiTP zaszło wiele zmian, które pomogły w budowaniu jakości naszego czasopisma i jego pozycji w środowisku naukowym w kraju i zagranicą. Poszerzyliśmy grono odbiorców oraz dostępność kwartalnika zarówno w formie tradycyjnej, jak i elektronicznej. Przez ten cały okres wspierało nas grono najlepszych specjalistów, dzięki którym weszliśmy na listę czasopism punktowanych oraz z każdą kolejną oceną otrzymywaliśmy coraz wyższą punktację.

Jako redaktor naczelny chciałbym złożyć podziękowania wszystkim, którzy przyczynili się do rozwoju naszego kwartalnika, w tym w szczególności redaktorom działów tematycznych, redaktorom naukowym, autorom, recenzentom oraz członkom zespołu redakcyjnego.

Mam nadzieję, że nowa, atrakcyjna szata graficzna wpłynie pozytywnie na odbiór treści publikowanych w BiTP i wizerunek naszego czasopisma. Liczymy na to, że odświeżone graficznie wydanie spotka się z pozytywnym odbiorem.

Chciałbym również zaprosić Państwa do zgłaszania do naszego wydawnictwa artykułów naukowych w celu prezentacji na łamach BiTP wyników badań oraz upowszechniania wiedzy na temat nowych rozwiązań technicznych i organizacyjnych mających wpływ na podnoszenie bezpieczeństwa powszechnego.

Obok naszego kwartalnika serdecznie zapraszam do zapoznania się z innymi publikacjami wydawanymi przez CNBOP-PIB, takimi jak monografie naukowe, standardy i wytyczne, które tak, jak kwartalnik, udostępniamy w otwartym dostępie w sieci Internet.

Zapraszam serdecznie do lektury.

Dariusz Wróblewski

BRYG. DR HAB. INŻ. DARIUSZ WRÓBLEWSKI
REDAKTOR NACZELNY

VOL. 45 ISSUE 1, 2017
BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

KOMITET REDAKCYJNY / EDITORIAL COMMITTEE

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

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

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

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

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

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

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

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

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Skład/Typesetting: Kamil Tomaszewski
Druk i oprawa/Print and binding: BEL Studio Sp. z o.o.

RADA NAUKOWA / EDITORIAL ADVISORY BOARD

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

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

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

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

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

gen. major dr Wiktor Iwanowicz Klimkin
Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

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

W każdym wydaniu 5 najwyżej ocenionych w procesie recenzyjnym artykułów publikowanych jest w dwóch wersjach językowych (polskiej i angielskiej). Tłumaczenie finansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wytyczne dla Autorów dostępne na stronie Bitp.cnbop.pl

czasopismo indeksowane w krajowych i międzynarodowych bazach naukowych

EBSCO
Open J-Gate
Index Copernicus
RINC
VINITI
BazTech

nieodpłatna publikacja w otwartym dostępie

13 pkt na liście MNiSW

promocja artykułów w portalach dla naukowców

szerokie grono odbiorców

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

WE INVITE YOU TO COOPERATION

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

Journal indexed in international scientific journals databases

Free open access publishing

Promotion of articles in portals for research communities

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

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

SZANOWNI CZYTELNICY,

Z przyjemnością przekazujemy Państwu nowe, 45. wydanie kwartalnika BiTP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza". Numer, który trzymają Państwo w dłoniach, jest pierwszym wydaniem w nowej odsłonie graficznej, zaprojektowanej zgodnie z obowiązującymi trendami w piśmiennictwie. Odmieniona szata graficzna BITP odzwierciedla kierunek, w jakim w ostatnich kilku latach nasze czasopismo konsekwentnie podąża, stając się coraz bardziej znaną i coraz szerzej rozpowszechnianą pozycją w literaturze naukowej.

Kwartalnik znajduje się nie tylko w bibliotecznych regałach i na półkach czytelników, ale również w środowisku elektronicznym, w tym w międzynarodowych bazach publikacji naukowych. Artykuły w BITP zajmują wysokie pozycje w wyszukiwarkach internetowych, przyczyniając się do zwiększenia liczby cytowań i szerzenia specjalistycznej wiedzy w Polsce, jak i zagranicą.

Naszą ideą było stworzenie periodyku o wysokiej wartości naukowej, łączącego specjalistów reprezentujących różne obszary wiedzy. Jesteśmy dumni z tego, co przez 11 lat, od założenia BITP, udało nam się osiągnąć. Bez wątpienia zwieńczeniem włożonej pracy był wynik ostatniej oceny czasopism naukowych MNiSW. Doskonalenie czasopisma to nieustanna praca oraz zaangażowanie wielu osób, w tym redaktorów, autorów i recenzentów. Bez tej współpracy, nasze wysiłki nie miałyby sensu.

W tym roku grono Komitetu Redakcyjnego BITP zasiliło dwóch specjalistów. Nowym redaktorem statystycznym została pani mgr Sylwia Krawczyńska, Z-ca Dyrektora CNBOP-PIB ds. Badań i Rozwoju, specjalista o bogatym doświadczeniu naukowym i dydaktycznym, kierownik projektów naukowo-badawczych, absolwentka kierunków nauk ścisłych i zarządzania. Z kolei redaktorem działu Studium Przypadku – Analiza Zdarzeń Rzeczywistych został pan bryg. dr inż. Mariusz Feltynowski, doświadczony dowódca PSP, prelegent na międzynarodowych konferencjach i wykładowca. Serdecznie witamy w naszych szeregach. Jednocześnie chcielibyśmy złożyć serdeczne podziękowania panu nadbryg. w st. spocz. Januszowi Skulichowi, który z końcem roku 2016 przestał pełnić funkcję redaktora działu Studium Przypadku. Jesteśmy wdzięczni panu generałowi za 5 lat owocnej współpracy i wkład wniesiony w rozwój naszego wydawnictwa.

W bieżącym numerze znajdą Państwo zbiór 14 artykułów. Pięć najlepiej ocenionych ukazało się w wersji dwujęzycznej, sfinansowanej ze środków MNiSW przyznanych naszemu wydawnictwu na cele upowszechniania wiedzy. Wśród wyróżnionych artykułów szczególnej uwadze polecamy Państwu artykuł *Podstawowe elementy zabezpieczenia medycznego oraz funkcjonowanie komponentu medycznego PSP podczas Światowych Dni Młodzieży 2016 w Krakowie* oraz *Wpływ lokalizacji źródła ognia na rozwój pożaru w wielkopowierzchniowym halowym obiekcie handlowym*.

Tradycyjnie zapraszamy Państwa do nadsyłania do Redakcji własnych artykułów. Nasze łamy są otwarte dla nowych autorów oraz nowych zagadnień. Zapraszamy do kontaktu i życzymy przyjemnej lektury tego wydania.

Komitet Redakcyjny

DEAR READERS,

We are pleased to present you a new, 45th issue of BITP „Safety & Fire Technique" Quarterly Journal. The issue, which you are holding in your hands, is the first one in a new graphic design, inspired by the newest trends in the literature. Changes in the Journal's layout reflect the direction that we have been following for a few years, while becoming ever more known and popular amongst other scientific periodical titles.

Now the Quarterly can be found not only in libraries or on our readers' shelves, but also in the electronic world, including international Internet databases of scientific publications. The articles in BiTP get top positions in search engines, thus supporting the increase of citations and promoting specialist knowledge both in Poland and abroad.

Our idea was to create a periodical publication of high scientific value, that would unite specialists representing various areas of knowledge. We are proud of what we have managed to achieve during these 11 years, since BITP has been set up. Undoubtedly, the effort has been rewarded by the result of the last scientific journals evaluation by the Ministry of Science and Higher Education of Poland. Perfection of a journal requires constant work and commitment of a number of people, including our editors, authors and reviewers. Without this cooperation our efforts would be senseless.

This year the Editorial Committee of BITP has been joined by two specialists. The function of the statistical editor was taken over by Sylwia Krawczyńska, CNBOP-PIB Deputy Director for Research and Development, a specialist with rich scientific and didactic experience, manager of R&D projects, graduate of the faculties of science and management. The function of the "Case study – analysis of actual events" section editor will be now fulfilled by Mariusz Feltynowski, Ph.D. He is an officer and commander of the State Fire Service, speaker at international conferences, a university tutor. We would like to greet our new editors and at the same time express our gratitude to general Janusz Skulich, who wound up cooperation with our editorial staff as editor of the "Case Study" section. We are very grateful to the general for 5 years of fruitful cooperation and his contribution to the development of our publishing house.

In the current issue you can find a collection of 14 articles. Five best reviewed papers have been published in a bilingual version, financed by the Ministry of Science and Higher Education in Poland for the purposes of promoting knowledge. Amongst the recognized articles we recommend you especially the following two: *The Basic Elements of Medical Safety and the Functioning of the Medical Component of the State Fire Service During the 2016 World Youth Days in Krakow* and *The Impact of the Fire Source Location on Fire Development in a Large-Space Steel Commercial Building*.

Traditionally, we invite you to send us your own papers. Our Journal is always open for new authors as well as for new topics. You are welcome to contact our editors.

Editorial Committee

ISSN 1895-8443

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ,

С удовольствием передаем Вам новый 45 номер ежеквартального журнала „Безопасность и Пожарная Техника". Номер, который Вы держите в руках, это первое издание в новом графическом дизайне, созданном в соответствии с современными трендами в литературе. Новое графическое изображение BITP отражает направление, которого наш журнал безупречно придерживается в последние несколько лет, становясь все более узнаваемым и все более популярным в научной литературной среде.

Журнал BITP можно найти не только в библиотечных шкафах и на полках читателей, но также в электронной среде, в том числе в международных базах научных публикаций. Статьи в BITP занимают высокие позиции в поисковых системах, что помогает увеличить количество цитат и распространить специализированные знания как в Польше, так и за рубежом.

Наша идея состояла в том, чтобы создать журнал высокого научного качества, который соединит специалистов из различных областей знаний. Мы гордимся тем, чего смогли достичь за эти 11 лет с момента основания BITP. Без сомнений, кульминацией нашей работы был результат последней оценки научных журналов Министерства Науки и Высшего Образования Польши. Усовершенствование журнала – это постоянная работа, а также участие многих людей, в частности, редакторов, авторов и рецензентов. Без этого сотрудничества, наши усилия были бы бессмысленны.

В этом году в состав Редакционного Комитета BITP было принято два новых специалиста. Новым статистическим редактором стала г-жа Сильвия Кравчинска, магистр, заместитель директора CNBOP-PIB по делам исследований и развития, специалист с богатым научным и дидактическим опытом, заведующая научно-исследовательскими проектами, выпускница факультета точных наук и менеджмента. Редактором раздела „Исследование случая – анализ реальных событий" стал бригадир, кандидат наук, инженер Мариуш Фельтиновски – опытный командирующий, спикер на международных конференциях и преподаватель. Сердечно приветствуем новых редакторов в нашем Комитете. В то же время мы хотели бы поблагодарить г-на надбригадира в отставке Януша Скулиха, который в конце 2016 года перестал исполнять функцию редактора раздела „Исследования Случая". Мы очень благодарны Генералу за 5 лет плодотворного сотрудничества и вклад, внесенный в развитие нашего издательства.

В текущем номере Вы найдете сбор 14 статей. Среди них, пять, которые получили наивысшие оценки, были опубликованы в двуязычной версии, профинансированной со средств Министерства Науки и Высшего Образования Польши, выделенных нашему издательству с целью распространения знаний. Среди выделенных статей мы рекомендуем Вашему вниманию две следующие: *Основные элементы обеспечения оказания медицинской помощи и функционирования медицинского отдела Государственной противопожарной службы во время XXXI Всемирных дней молодежи 2016 в Кракове* и *Влияние расположения источника огня на развитие пожара в торговом павильоне с большой площадью*.

Традиционно предлагаем Вам присылать нам статьи. Наш журнал открыт для новых авторов и новых тем. Вы можете обратиться в нашу редакцию.

Редакционный Совет

SPIS TREŚCI

BADANIA I ROZWÓJ

14 Właściwości elektrostatyczne rur z tworzyw sztucznych w aspekcie zagrożenia wybuchem – badania, ocena i eliminacja
Przemysław Kędzierski, Adam Szopa

26 Ustalanie zagrożenia pożarowego lasu na poligonach wojskowych
Ryszard Szczygieł, Mirosław Kwiatkowski, Bartłomiej Kołakowski

38 Miejsca krytyczne elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych pod względem izolacyjności ogniowej
Bartłomiej Sędłak, Jacek Kinowski, Paweł Sulik

52 Użyteczność modelu obliczeniowego pojedynczej ramy poprzecznej w szacowaniu odporności ogniowej hali stalowej
Mariusz Maślak, Anna Tkaczyk, Piotr Woźniczka

68 Model ewakuacji wykorzystujący automaty komórkowe
Mariusz Barański, Tadeusz Maciak

NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

80 O wojnie i pokoju – dylematy polemologiczne
Łukasz Roman

88 Sprawcy podpalenia – charakterystyka psychologiczna
Przemysław Piotrowski

RATOWNICTWO I MEDYCYNA KATASTROF

102 Stan wiedzy strażaków Państwowej Straży Pożarnej i Ochotniczej Straży Pożarnej na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy
Grzegorz Wójcik, Dawid Surowicz, Mateusz Kuźnicki, Marek Myślak

112 Podstawowe elementy zabezpieczenia medycznego oraz funkcjonowanie Komponentu Medycznego Państwowej Straży Pożarnej podczas XXXI Światowych Dni Młodzieży Kraków 2016
Mariusz Chomoncik, Jacek Nitecki, Grzegorz Michalczyk

INŻYNIERIA POŻAROWA

130 Wentylacja oddymiająca w garażach – rozwiązania kontrowersyjnych problemów na przykładach projektowych
Dorota Brzezińska, Renata Ollesz

142 Systemy oddymiania klatek schodowych – zalety i ograniczenia stosowanych rozwiązań technicznych
Grzegorz Kubicki, Tomasz Kiełbasa, Jarosław Wiche

154 Wpływ lokalizacji źródła ognia na rozwój pożaru w wielkopowierzchniowym halowym obiekcie handlowym
Mariusz Maślak, Piotr Woźniczka

 ISSN 1895-8443

CERTYFIKATY, OCENY TECHNICZNE I REKOMENDACJE

170 System wsparcia jednostek ochrony przeciwpożarowej – potrzeby, potencjał, kierunki zmian w zakresie wymagań użytkowych dla pojazdów pożarniczych
Michał Chmiel, Ewa Sobór, Marta Iwańska

STUDIUM PRZYPADKU – ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH

192 Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku zbrojarz-betoniarz w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby na potrzeby budownictwa – studium przypadku
Aneta Duda, Klaudiusz Lenik

WYDARZENIA

204 Prawno-organizacyjne zagadnienia ochrony zabytków w kontekście funkcjonowania formacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo wewnętrzne
KONFERENCJA NAUKOWA

205 Innowacje w modelowaniu ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych
KONFERENCJA NAUKOWA

206 Ochrona danych osobowych oraz wykonywanie funkcji inspektora ochrony danych osobowych w PSP w świetle RODO
KONFERENCJA NAUKOWO-SZKOLENIOWA

CONTENT/СОДЕРЖАНИЕ

RESEARCH AND DEVELOPMENT/ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

14 The Electrostatic Properties of Plastic Pipes in relation to Ignition Risk – Testing, Assessment and Elimination/Электростатические свойства пластиковых труб с точки зрения угрозы взрыва – исследования, оценки и устранение угроз
Przemysław Kędzierski, Adam Szopa

26 Determining the Forest Fire Risk in Military Training Areas/Определение угрозы лесных пожаров на военных полигонах
Ryszard Szczygieł, Mirosław Kwiatkowski, Bartłomiej Kołakowski

38 Critical Places Regarding Fire Insulation of Glazed Curtain Walls Test Specimens/Критические точки образцов элементов стеклянных фасадных панелей
Bartłomiej Sędłak, Jacek Kinowski, Paweł Sulik

52 The Usability of a Computational Model of a Single Transverse Frame in the Fire Resistance Assessment of an Entire Steel Hall/Полезность расчетной модели одиночной поперечной рамы в оценивании огнестойкости стального павильона
Mariusz Maślak, Anna Tkaczyk, Piotr Woźniczka

68 An Evacuation Model Using Cellular Automata/Модель эвакуации с использованием клеточных автоматов
Mariusz Barański, Tadeusz Maciak

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

80 War and Peace – Polemological Dilemmas/Полемологические дискуссии о войне и мире
Łukasz Roman

88 Firesetters – Psychological Profile/Виновники поджога – психологические характеристики
Przemysław Piotrowski

RESCUE AND DISASTER MEDICINE/СЛУЖБА СПАСЕНИЯ И МЕДИЦИНА КАТАСТРОФ

102 The State of Knowledge of Qualified First Aid Among Firefighters of the National and Volunteer Fire Service/Уровень знаний пожарных Государственной пожарной службы и Добровольческих пожарных бригад по вопросу оказания квалифицированной первой медицинской помощи
Grzegorz Wójcik, Dawid Surowicz, Mateusz Kuźnicki, Marek Myślak

112 The Basic Elements of Medical Safety and the Functioning of the Medical Component of the State Fire Service During the 2016 World Youth Days in Krakow/Основные элементы обеспечения оказания медицинской помощи и функционирования медицинского отдела Государственной пожарной службы во время XXXI Всемирных дней молодежи 2016 в Кракове
Mariusz Chomoncik, Jacek Nitecki, Grzegorz Michalczyk

FIRE ENGINEERING/ПОЖАРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

130 The Smoke Ventilation of Car Parks – Solutions to Controversial Issues Based on the Case Studies/Вентиляция дымоудаления в гаражах – решение спорных вопросов на примерах проектов
Dorota Brzezińska, Renata Ollesz

142 Stairwell Smoke Exhaust Ventilation Systems – Advantages and Limits of Applied Technical Solutions/ Системы дымоудаления лестничных клеток – преимущества и ограничения используемых технических решений
Grzegorz Kubicki, Tomasz Kiełbasa, Jarosław Wiche

154 The Impact of the Fire Source Location on Fire Development in a Large-Space Steel Commercial Building/Влияние расположения источника огня на развитие пожара в торговом павильоне с большой площадью
Mariusz Maślak, Piotr Woźniczka

CERTIFICATION, TECHNICAL ASSESSMENTS AND RECOMMENDATIONS
СЕРТИФИКАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ

170 Support System for Fire Protection Units – Needs, Potential, Changes in Terms of User Requirements for Firefighting Vehicles/Система поддержки подразделений противопожарной защиты – потребности, потенциал, тенденции в области функциональных требований к пожарным автомобилям
Michał Chmiel, Ewa Sobór, Marta Iwańska

CASE STUDY – ANALYSIS OF ACTUAL EVENTS
ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ – АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ

192 Risk Assessment at the Workplace of Steel Fixer – Concrete Placer in Companies Producing Goods for the Construction Industry – Case Study/Оценка риска на рабочем месте арматурщика-бетонщика на предприятиях, выпускающих продукцию для строительной отрасли – анализ случая
Aneta Duda, Klaudiusz Lenik

Przemysław Kędzierski[a)*], M.Sc.Eng., Adam Szopa, M.Sc.Eng.[a)]

[a)]*Główny Instytut Górnictwa / Central Mining Institute*
[*]*Autor korespondencyjny / Corresponding author: pkedzierski@gig.katowice.pl*

The Electrostatic Properties of Plastic Pipes in relation to Ignition Risk – Testing, Assessment and Elimination

Właściwości elektrostatyczne rur z tworzyw sztucznych w aspekcie zagrożenia wybuchem – badania, ocena i eliminacja

Электростатические свойства пластиковых труб с точки зрения угрозы взрыва – исследования, оценки и устранение угроз

ABSTRACT

Aim: The article describes methods for eliminating the risk of an electrostatic discharge formation which could initiate an explosive atmosphere conflagration.

Introduction: An explosive atmosphere, according to Directive 2014/34/EU, is defined as a mixture with air, under atmospheric conditions, of flammable substances in the form of gases, vapours, mists or dusts, in which combustion spreads to the entire unburned mixture after ignition. Electrostatic discharge is considered a process of rapid electrification decay, accompanied by a release of energy, together with light and acoustic effects.

Project and methods: A resistance measurement result and/or a resistivity parameter, determined on the basis of the measured resistance, were used to determine the electrostatic properties of materials, i.e. to classify them as conductive, dissipative or insulating. The electrification ability test (also called "the electrification test") was performed to determine whether a non-conductive material can charge up to a degree sufficient to result in a brush discharge, and thus become an explosive mixture-ignition source. Electrostatic brush discharges are discharges from small areas (the literature and standards consider a 100 cm^2 area to be an effective surface area). Each pipe was tested at no further than one metre from the mouth of the pipe. Information regarding the magnitude of the electrostatic charge, e.g. in the middle of the pipe, was not available.

Results: Based on the performed tests, it can be concluded that:

1. A polyethylene pipe is an electrostatic insulator with very good electrification and surplus electric charge accumulation abilities.
2. The pipe is not able to carry a charge to the ground when in contact with the ground.
3. The entire metal structure is conductive and connected to the ground, so it cannot be electrified by induction.
4. Due to their connection to the studied construction, metal signal wires inserted into the plastic pipes constitute a grounded object with an electric potential equal to zero; therefore, a discharge to the metal wire is very likely.
5. A polyethylene pipe with a very large inner surface has many effective 100 cm^2 areas from which the gathered electrostatic charge can initiate a sparkover.

Conclusions: The conclusions in this paper shown actions needed to eliminate electrostatic discharges and ignition possibilities. The proposed preventive measures should be classified into the following groups:

– removing discharge sources in the form of electrostatic charges,
– eliminating potentially explosive atmospheres,
– preventing the possibility of electrostatic discharge formation.

Keywords: static electricity, pipes, explosive atmosphere, electrification ability
Type of article: original scientific article

Received: 18.01.2016; Reviewed: 18.03.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: P. Kędzierski – 70%, A. Szopa – 30%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 14–25, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.1;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRAKT

Cel: W artykule opisano metody eliminacji zagrożenia wyładowaniem elektrostatycznym, mogącym zainicjować wybuch atmosfery wybuchowej.

Wprowadzenie: Atmosfera wybuchowa, według dyrektywy 2014/34/EU, jest definiowana jako mieszanina substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł lub pyłów z powietrzem w warunkach atmosferycznych, w której zapłon powoduje rozprzestrzenienie się spalania na całą niespaloną mieszaninę. Wyładowanie elektrostatyczne traktowane jest jako proces gwałtownego zaniku stanu naelektryzowania, któremu towarzyszy wydzielenie energii wraz z efektami świetlnymi i akustycznymi.

Projekt i metody: Do określenia właściwości elektrostatycznych materiałów, czyli zakwalifikowania materiału jako przewodzącego, rozpraszającego lub izolatora, wykorzystywano wynik pomiaru rezystancji i/lub parametr rezystywności, wyznaczony na podstawie zmierzonej rezystancji. Przeprowadzono badanie zdolności do elektryzacji (zwane badaniem elektryzacji) będące metodą pozwalającą określić, czy materiał nieprzewodzący może naładować się w stopniu wystarczającym do tworzenia wyładowań o charakterze snopiastym i przez to stać się źródłem zapłonu mieszaniny wybuchowej. Wyładowania elektrostatyczne snopiaste są wyładowaniami z małych powierzchni (literatura i normy podają za efektywną powierzchnię o polu 100 cm^2). Rury każdorazowo badano w odległości wynoszącej maksymalnie metr od ich początku. Nie zdefiniowano wielkości ładunku elektrostatycznego np. w połowie długości rury.
Wyniki: Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że:
1. Rura z polietylenu jest izolatorem elektrostatycznym oraz posiada bardzo dobrą zdolność do elektryzacji i gromadzenia nadmiarowego ładunku elektrycznego.
2. W przypadku kontaktu z uziemieniem odprowadzenie ładunku z rury nie jest możliwe,
3. Cała konstrukcja metalowa jest przewodząca i połączona z uziemieniem, wobec czego nie jest w stanie naelektryzować się poprzez indukcję.
4. Druty metalowe sygnałowe wprowadzane do rur z tworzywa, poprzez połączenie z badaną konstrukcją, stanowią obiekt uziemiony o potencjale elektrycznym równym zero, wobec czego wyładowanie elektrostatyczne do metalowego drutu jest bardzo prawdopodobne.
5. Rura z polietylenu o bardzo dużej powierzchni wewnętrznej posiada wiele powierzchni efektywnych o powierzchni 100 cm^2, z których zgromadzony ładunek elektrostatyczny może zainicjować przeskok iskry.

Wnioski: Wnioski przedstawione w artykule pozwalają określić działania mające na celu wyeliminowanie ryzyka wyładowania elektrostatycznego i zapłonu. Zaproponowane środki zaradcze sklasyfikowano w trzech grupach:
– usuwanie ładunku elektrostatycznego jako źródła wyładowania,
– usuwanie atmosfery potencjalnie wybuchowej,
– niedoprowadzanie do możliwości powstania wyładowania elektrostatycznego.

Słowa kluczowe: elektryczność statyczna, rury, atmosfera wybuchowa, zdolność do elektryzacji
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 18.01.2016; Zrecenzowany: 18.03.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: P. Kędzierski – 70%, A. Szopa – 30%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 14–25, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.1;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: В статье описан способ устранения риска образования электростатического разряда, который может инициировать взрыв во взрывоопасной атмосфере.
Введение: Взрывоопасная атмосфера, в соответствии с директивой 2014/34/EC, определяется как смесь легко воспламеняющихся веществ в виде газов, пара, тумана или пыли с воздухом в атмосферных условиях, в которых, при воспламенении горение распространяется на всю несгоревшую смесь. Электростатический разряд считается как процесс быстрого исчезновения состояния наэлектризованности, сопровождаемого выделением энергии наряду со световыми и акустическими эффектами.
Проект и методы: Для того чтобы определить электростатические свойства материалов, которые квалифицируют материал в качестве проводящего, рассеивающего или изолирующего, был использован результат измерения сопротивления и/или параметра удельного сопротивления определенного на основании измерения сопротивления. Проведен анализ на электризацию (называемое тестированием электризации), который представляет собой способ определения возможности непроводящего материала зарядиться до степени, достаточной для создания снопообразного разряда и таким образом стать источником воспламенения взрывоопасных смесей. Снопообразные электростатические разряды это разряды из небольших поверхностей – литература и стандарты определяют эффективную площадь поверхности 100 см^2. Все трубы были тестированы максимально один метр от начала трубы. Сведений о величине электростатического заряда, например, в середине трубы не определено.
Результаты: На основании проведенного тестирования можно констатировать, что:
1. Пластиковая труба является электростатическим диэлектриком и имеет очень хорошую способность электризации и накопления избыточного электрического заряда.
2. Труба не может разряжаться на заземленный проводник в случае контакта с заземлением.
3. Вся металлическая структура является электропроводной и соединена с заземлением, поэтому она не способна наэлектризоваться посредством электростатической индукции.
4. Сигнальные металлические провода, вставленные в пластиковые трубы, после подключения к тестируемой конструкции являются заземленным объектом с электрическим потенциалом равным нулю, так что электростатический разряд на металлическую проволоку весьма правдоподобен.
5. Пластиковая труба с очень большой внутренней поверхностью имеет множество эффективных поверхностей на площади 100 см^2, на которых накопленный электростатический заряд может инициировать проскакивание искры.

Выводы: Выводы этой работы позволяют определить меры по устранению опасности электростатического разряда и возгорания. Предлагаемые меры должны быть классифицированы по следующим группам:
– устранение электростатического разряда в качестве источника.
– устранение потенциально взрывоопасной атмосферы,
– недопущение возможности электростатического разряда.

Ключевые слова: статическое электричество, трубы, взрывоопасная атмосфера, способность к электризации
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 18.01.2016; Рецензирована: 18.03.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: P. Kędzierski – 70%, A. Szopa – 30%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 14–25, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.1;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Introduction, research objective

An electrostatic discharge in a potentially explosive atmosphere can result in ignition. One of the methods for eliminating this possibility is to prevent the occurrence of an explosive atmosphere. The second method involves eliminating the possibility of electrostatic discharge formation. IEC 60079-32-1 [1] and CLC/TR 50404 [2] cite inerting as a means of eliminating an explosive atmosphere. Inerting has been included in publications presenting analyses of methods for the risk elimination of electrostatic discharge initiated explosions.

The aim of the study was to determine the electrostatic characteristics of plastic pipes in relation to the possibility of occurrence of electrostatic discharge. This is to be determined with reference to safety, concerning the risk of explosion initiated by an electrostatic discharge forming on the electrified internal surface of a pipe.

The subject of this research was polyethylene pipes employed in the manufacturing of pre-insulated pipes. All pipes were made of polyethylene (the same production process covers several diameters of pipes). The pipes are used for heat transmission in district heating systems. They are made of polyethylene, which is a very good electric insulator. Polyethylene pipes comprise the casing and structure of the entire pre-insulated pipe. Heat transmission takes place in the metal pipe (see Figs. 1a and 1b).

Figure 1a. Manufactured pre-insulated pipes
Source: Own elaboration.

Figure 1b. Manufactured pre-insulated pipes
Source: Own elaboration.

The study was carried out at the manufacturer's production plants.

The manufactured pre-insulated pipes (Fig. 1a and 1b) consist of a metal pipe on the inside and a polypropylene pipe on the outside. The space between them is filled with a special foam which produces pentane (an explosive mixture with oxygen) during its formation. An explosion of the pentane mixture can be initiated by an electrostatic discharge's forming in the plastic pipes. The process of inertization, i.e. replacing oxygen with nitrogen, can be used to eliminate the possibility of explosion. This article addresses questions regarding the risks of electrostatic discharge formation and the ways to eliminate the possibility of their formation.

Accidents during the polyethylene pipe production process are known to happen, as the process can lead to ignition. The reason for this ignition is electrostatic discharges from charged pipes to metal elements, persons or instruments (grounded or in contact with the ground). An example of such a discharge is presented in Fig. 2, which shows a grounded electrode (representing a metal element, person or instrument) being moved closer to a charged element (the pipe).

A potential electrostatic discharge (Fig. 2) can occur:

- from an electrified polyethylene pipe to a grounded inserted metal pipe (Fig. 3),
- from an electrified polyethylene pipe to grounded non-insulated metal wires (Fig. 4).

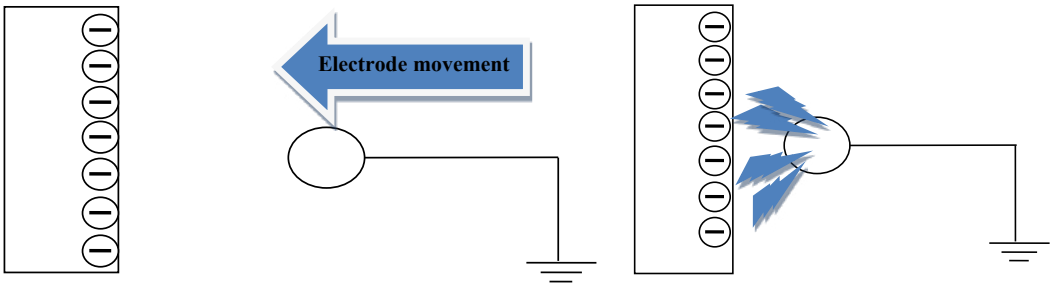


Figure 2. Typical brush discharge occurrence conditions (scheme)
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

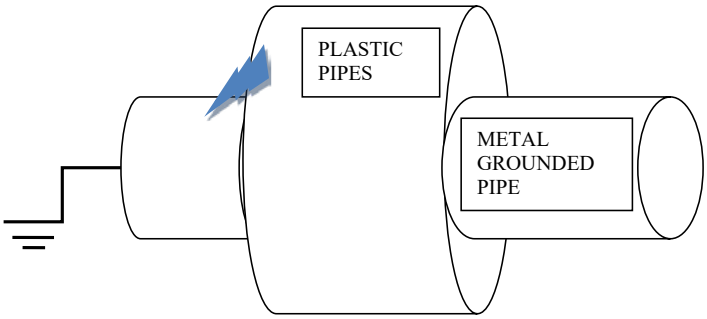


Figure 3. Discharge from an electrified polyethylene pipe to a grounded inserted metal pipe
Source: Own elaboration.

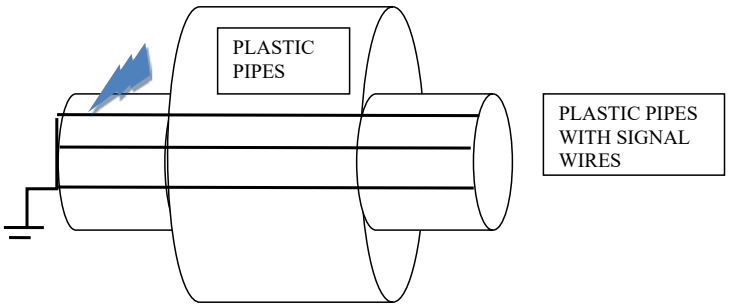


Figure 4. Discharge from an electrified polyethylene pipe to grounded non-insulated metal wires
Source: Own elaboration.

An electrostatic discharge from an electrified polyethylene pipe will occur neither when a metal pipe is insulated from the ground nor when the signal wires are insulated. In this case, it will result in an electrostatic induction of the conducting pipe. Figure 2 also represents a schematic diagram of an electrification ability test (see section 3.3).

Based on the performed measurements of the electric potential and the electric charge field potential accumulated on the pipe, and on the basis of the transferred charge measurement carried out via a controlled discharge (spark or corona), it can be concluded that an electrostatic discharge hazard exists on the pipes. No hazard was found on the pipe fittings. In the case of an electrostatic discharge occurrence in a potentially explosive atmosphere, it can result in the ignition of the mixture.

The principles of the phenomenon

An electrostatic discharge is the phenomenon of transferring electric (electrostatic) charges between objects with different electric potentials as a result of direct contact. Most frequently, the discharge takes place between positively or negatively charged objects, or between an electrified object (with a high electric potential) and the ground (with zero-value electric potential). Electrostatic discharges are short pulses appearing in the spaces between objects with sufficiently high electrostatic potential differences. These result in either the partial or total decay of the electrostatic charge on these objects [5]. Since the duration of a discharge is relatively short, from several dozen nanoseconds to several hundred microseconds, the result is the formation of high power impulses, sufficient to ignite explosive atmospheres, cause electric shock to workers, and damage equipment. Electrostatic hazards are understood as the possibility of the occurrence of the aforementioned electrostatic discharge effects. Except for the electric shock, electrostatic discharges can be life-threatening only indirectly. Electrostatic hazards can be divided into three groups [7]:

- electrostatic shock occurrence possibility, i.e. an electrostatic discharge passing directly through the human body;
- flammable and explosive media ignition ability, resulting in a fire or explosion;
- operation interference or damage possibility of semiconductor devices constituting the elements of the control and measuring equipment, which controls the safe operation of technological processes, or diagnostics or live-support apparatus.

In electrostatics, materials are divided into three groups (Fig. 5): conductive, dissipative and insulating. Conductive and dissipative materials are considered anti-electrostatic, while insulators are considered non-anti-electrostatic.

There are two criteria: resistance (symbol R, expressed in Ω) and resistivity (symbol ρ, expressed in Ω and Ω/m). Resistance is the relationship between measurement voltage and current, while resistivity is the ability of materials to dissipative charging. In practice, resistivity is the ratio of the resistance and size of materials, and refers to unit length and is more universal than resistance, which is a test result. Resistance and resistivity can be surface and volume. It defines the direction of electrostatic-charge flow.

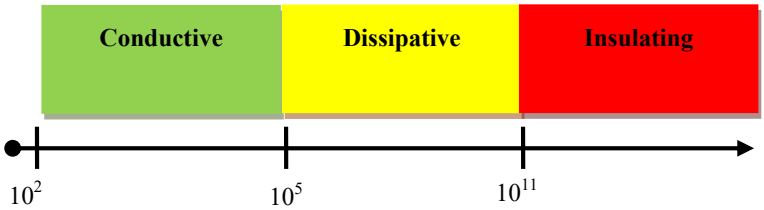


Figure 5. The division of materials in terms of electrostatic properties

Source: Own elaboration.

Moreover, the literature provides an additional division of materials into poorly electrifying, with a surface resistivity of $10^9\ \Omega < \rho_S < 10^{12}\ \Omega$, and easily electrifying, with a surface resistivity of $\rho_S > 10^{12}\ \Omega$. Solid materials with a volume resistivity of $\rho_S > 10^8\ \Omega m$ are considered by the literature as objects prone to permanent electrification [3].

The PN EN 80079-36 [15] standard also defines the electrification ability test, aimed at determining the maximum safe magnitude of an electrostatic charge which might accumulate on a material. This safe charge value amounts to $60 \cdot 10^{-9}$ C. The electrification ability test is performed when a material does not fulfil the surface resistance criterion, i.e. its surface resistance is $R_S > 10^9\ \Omega$.

Electrification (electrostatic charging) ability

Most materials have the ability to accumulate electric charges. When analysing electrification ability, one should consider the triboelectric series (Fig. 6.), i.e. an arrangement of materials in relation to their polarity and electric charge magnitude produced using contact and frictional methods. Some materials lose electrons more easily, while others accumulate them more easily.

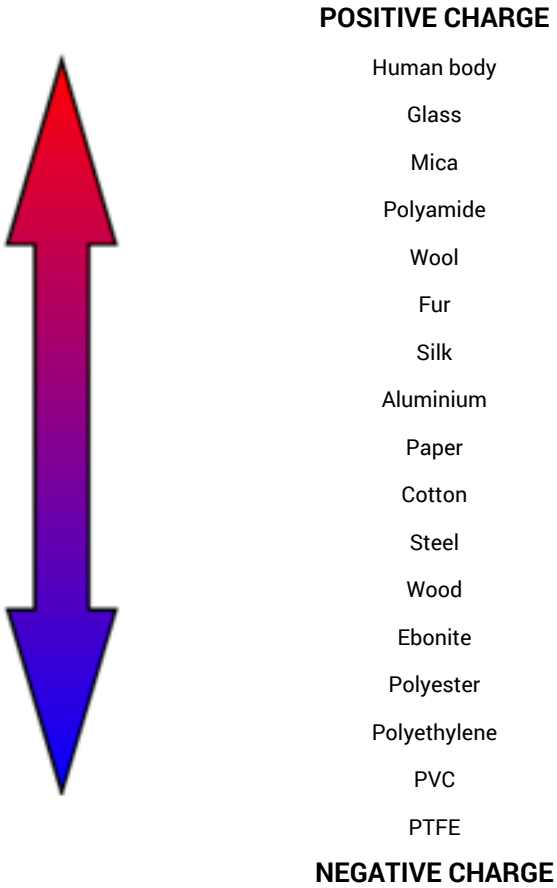


Figure 6. The triboelectric series

Source: Own elaboration based on [5, p. 66]

ISSN 1895-8443

Electrification (electrostatic charging) methods

The literature mentions three electrification (electrostatic charging) methods. The triboelectric series in Fig. 6 is applicable only to contact and frictional methods.

Through contact (including impact)

Electrification through contact takes place at the moment when two materials come into contact and separate. During separation, in line with the triboelectric series rule, and depending on the character of the electron affinity, the materials give away or retain extra electrons. Thus, an electric imbalance takes place in the materials, i.e. a surplus of electrons in one of them, and a deficit in the other. An example of this can be seen when the feet are lifted from the ground (Fig. 7.), or when a plastic-covered book is opened.

At manufacturers' production plants, polyethylene pipes are electrified through contact when striking other pipes, falling off a conveyor, or rolling.

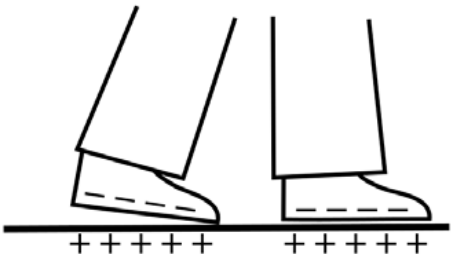


Figure 7. An example of electrification through contact – lifting the feet from the ground
Source: Own elaboration.

Through friction

Electrification through friction, like through contact, is related to the triboelectric series. As a result of friction, electric charges are transferred between the bodies, which results in charging with a surplus electric charge.

At manufacturers' production plants, polyethylene pipes are electrified through friction either during the course of the production process or during transportation.

Through induction

Electrification through induction, as opposed to contact and frictional methods, is a non-contact method of charging. Electrification through induction is often called electrification through influence. Only electricity-conducting materials can be electrified through induction, i.e. good electric conductors and dissipative materials. The electrified object is capable of electrifying another one through induction by creating a dipole on it. This is achieved via the separation of electric charges: single-sign charges are repulsive, while opposite-sign charges are attractive. Examples of electrification through induction are presented in Fig. 8. The electrified objects induce dipoles on conducting materials (cubes, the human body) [4]. Owing to the grounding and the carrying of a single-sign charge away from the material's acting as a dipole, the conductor becomes electrified with single-sign electricity.

At manufacturers' production plants, metal pipes inserted into polyethylene pipes are electrified through induction. A dipole is created on the metal pipe, and the electrons accumulated on one of the metal pipe surfaces are carried to the grounding system via an effectively grounded arm which inserts the inner metal pipe into the outer plastic one.

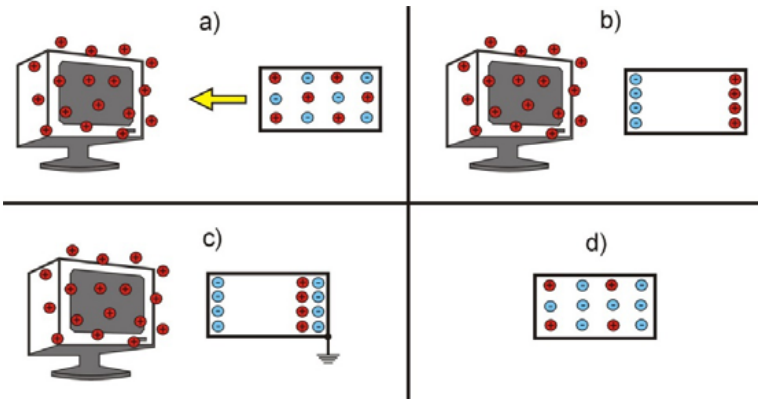


Figure 8. Electrification through induction
Phase a: An electrically neutral body inserted into an electric field
Phase b: The field causes the separation of the charges (polarisation)
Phase c: A negative charge is induced into the element after grounding, balancing the positive charge
Phase d: The conductor is still negatively charged after the removal of the electric-field source
Source: Own elaboration.

Electrostatic discharges

There are four main types of electrostatic discharges [3]:

1. Capacitive spark discharges, which ignite all explosive atmospheres.
2. Propagating brush discharges, which ignite all explosive atmospheres.
3. Brush discharges, which ignite all gassy atmospheres, but not dusty ones, except those containing initiator dusts.
4. Corona discharges, which are very low energy discharges, less than 0.1 mJ. They are considered to be capable of igniting the most sensitive atmospheres, with ignition energy lower than 0.1 mJ, or atmospheres with an elevated oxygen concentration.

Electrostatic discharges occur as a result of a high potential difference. The breakdown voltage of air is ca. 32 kV/m, hence an electrostatic discharge will occur when the potential difference between the bodies exceeds the breakdown voltage of air. In most cases, such discharges are observed between an electrified object and one with zero potential (e.g. the ground). A discharge will not happen when an object is highly electrified, but there exists no potential difference between this and the other object.

Ignition energy

An explosive atmosphere is defined as a mixture of air with flammable substances in the form of gases, vapours, mists or dusts, under atmospheric conditions, in which combustion spreads to the entire unburned mixture after ignition (in accordance with Directive 2014/34/EU) [12]. The following types of atmospheres can be distinguished: dusty, gassy (flammable gases or vapours of flammable substances, typically liquids) and hybrids, i.e. mixtures of gassy and dusty atmospheres (e.g. methane and coal dust).

The minimum discharge energy necessary to ignite an explosive atmosphere is called the minimum ignition energy. It is determined as the minimum energy accumulated in the electric capacitance of a standard capacitor at which a spark discharge from the capacitor, under the proper electrode configuration, results in the ignition of the atmosphere [8]. An electrostatic discharge is considered as a process of rapid electrification decay, accompanied by a release of energy, together with light and acoustic effects. A brush discharge occurs in an electric field with high heterogeneity [9], when a grounded object of spherical shape and small curvature approaches the surface of an electrified dielectric. The brush discharge, accompanied by a light effect, has a form intermediately between corona and spark discharges. Its energy attains a level of ca. 4 mJ.

Brush discharges are capable of initiating explosions of vapour or flammable gas mixtures with air, but they cannot initiate an explosion of a dust-air mixture. In the literature, according to both Polish and foreign standards, a brush discharge is considered dangerous only when the released charge originates from a surface greater than ca. 100 cm^2 and electrified with a negative potential of at least 20 kV. In the document published by the Central Safety Committee [13], a brush discharge has been cited as an air mixture discharge initiator with an MIE ranging from 0.01 to 10 mJ.

The potential energy of an electrostatic field is described with the following relationship:

$$W = \frac{1}{2} C\, {U_0}^2 = \frac{1}{2}\, Q_0 U_0 = \frac{1}{2}\, \frac{Q_0^2}{C}$$

The following should be defined to describe potential energy: system electric capacitance C, electric potential, i.e. electrostatic voltage U, and electric charge magnitude Q.

Research methodology

Resistance measurements

Resistance measurement results and/or resistivity parameters, determined on the basis of the measured resistance, are used to determine the electrostatic properties of materials, i.e. to classify a material as conductive, dissipative or insulating.

Resistance measurement results differ depending on the employed test method (i.e. electrode configuration and measuring voltage). The resistance parameter is dependent on the condition that the test method has been specified.

Surface resistance is the electric resistance (in Ω) between electrodes placed coaxially on the same surface of the tested object. Volume resistance is the electric resistance (in Ω) between electrodes placed coaxially on opposite sides of the object. Surface resistivity is the capability of the material to reduce the current flow on its surface. Volume resistivity is the capability of the material to reduce the current flow through its volume [6].

Normalised test methods define the method for measuring surface and volume resistances. There are no equally common and universal parameters to define electrostatic properties. Most standards which define a resistance measurement method also specify the method of converting the measured resistance values into resistivity.

Further normalised resistance measurement methods include measurement between points, and measurement between a point and a ground point. This means the electric resistance (in Ω) between electrodes (or an electrode and a grounding point) placed on the same surface at a considerable distance from each other.

The surface, volume, between points, and point-to-grounding resistance tests are conducted within the AB005 accreditation framework and constitute normalised testing.

Electrostatic field intensity and potential measurements

Electrostatic field parameter measurements are performed by means of a portable electrostatic field meter, the so-called field mill meter. The device measures the electrostatic field intensity (in V/m), which can be automatically converted into the electric potential (in V). The measuring range of the Central Mining Institute's device ranges from 0 V to 160 kV, and from 0 to 800 kV/m. All the measurements are performed relative to the ground, as the measuring device is grounded. The test is not standardised [11]. Electrostatic potential is connected with the potential energy of ignition (relationship in point 2.4).

ISSN 1895-8443

Electrification ability measurement

The electrification ability test (also called the electrification test) is a method for determining whether a non-conducting material is capable of charging to a level sufficient to result in a brush discharge, and thereby whether it can become an explosive mixture ignition source (see Figure 2, 3 and 4). The test involves the measurement of an electric charge Q of a typical surface discharge leading to a controlled electric discharge. It is performed by using a spherical electrode to discharge a sample to a capacitor with a known electric capacitance C and measuring the voltage on its surface. The voltage measurement is conducted by means of an electrostatic voltmeter. The transferred charge is connected with the potential energy of ignition (the relationship in point 2.4).

Test results and their discussion

The electrostatic property tests were performed by the Group of Testing and Calibration Laboratories of the Central Mining Institute, with the accreditation of the Polish Accreditation Centre; certificate No. AB005. The test results were included in test reports, and in Tables 1, 2, 3 and 4. The manufactured pipes varied in terms of dimension (diameter). The pipes marked as type 3 were the most numerously manufactured and the most available in stock. Pipe diameter is not connected with ignition possibility, because, according to CLC/TR 50404 [2], the effective ignition generation surface is always 100 cm^2. All tests (excluding the testing of electrostatic field intensity) were performed according to the methods shown in [1]. A normalised method of testing is a guarantee that the results will be correct.

The surface resistance of the material determines this material as one of the three from Fig. 5. This plastic is classified as an insulator. It means that this plastic can easy accumulate a charge. The results and their low uncertainty indicate the homogeneity of the raw materials and produced pipes.

Table 1. The surface resistances of pipes

Measurement point/object	Surface resistance [Ω]
Pipe 1	$7.45 \cdot 10^{11}$
Pipe 2	$8.54 \cdot 10^{11}$
Pipe 3	$6.51 \cdot 10^{11}$
Pipe 4	$7.12 \cdot 10^{11}$
Pipe 5	$6.66 \cdot 10^{11}$
Arithmetic mean	$7.26 \cdot 10^{11}$
Uncertainty	$1.53 \cdot 10^{11}$
MIN value	$6.51 \cdot 10^{11}$
MAX value	$8.54 \cdot 10^{11}$

Source: Own elaboration.

Table 2. Transferred electric charge

Transferred charge [nC]			Measurement point
1361.4	±	28.1	1
48.3	±	1.0	2
57.9	±	1.2	3
67.6	±	1.4	4
57.9	±	1.2	5
77.2	±	1.6	6
96.6	±	2.0	7
270.3	±	5.6	8
144.8	±	3.0	9
96.6	±	2.0	10
29.0	±	0.6	11
77.2	±	1.6	12
154.5	±	3.2	13
9.7	±	0.2	14

Source: Own elaboration.

The transferred electric charge (simulated electrostatic discharge) was measured to determine the maximum electric charge magnitude capable of initiating explosions. The transferred charge (in Table 2) was always collected from the same area (size of area). The measurement point was random and covered the whole pipe. In order to estimate the test results, the maximum scores were

subjected to a series of 10 measurements. The test results do not depend on the pipe diameter. The results depend only on the pipe's electrification type, method and level during manufacture. The test results in Table 2 are the results of simulated discharge. Some results are much higher than others, possibly due to the longer process of transport (multiple exposure to the electrisation process through contact, friction and induction).

The same problem exists in the measurement of electrostatic potential and electrostatic field. The measurement point was random and covered the whole pipe. In order to estimate the test results, the maximum scores were subjected to a series of 10 measurements. Pipes are insulators and they have the ability to become electrified during transportation, the production process etc. Values in Table 3 are the maximum values in pipes.

Table 3. Electrostatic field intensity and potential

Measurement point	Electrostatic potential [V]	Electrostatic field [V/m]
1	143,000	36,000
2	170,000	102,000
3	300,000	9,200
4	240,000	36,000
5	98,000	33,000
6	2,600	133,000
7	1,760	195,000
8	2,780	320,000
9	7,500	280,000
10	6,200	440,000
11	5,120	412,000
12	4,400	333,000
13	4,120	299,000
14	7,600	411,000
15	6,080	390,000
16	2,000	181,000
17	6,000	168,000
18	4,000	332,000

Source: Own elaboration.

The pipes were transported from the production hall to the depot. This transportation was made using metal structures with conveyor belts. The transport system wasn't antistatic – this fact determines the ability to charge during transportation and the impossibility to decay an accumulated charge.

Table 4. The ground resistance of pipe transportation structures

Measurement point	Resistance point to ground RGP [Ω]
Ending	$1.20 \cdot 10^3$
	$1.20 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
Conductor without isolation	$1.10 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
Conductor with isolation	$>1.00 \cdot 10^{12}$
	$>1.00 \cdot 10^{12}$
	$>1.00 \cdot 10^{12}$
Structure point 1	$1.00 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
Structure point 2	$1.00 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$
	$1.00 \cdot 10^3$

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

The ground resistance of pipe transportation structures was measured to determine the capability of spark-over to the ground, and to employ grounding as a neutralisation method for plastic pipes. The test results showed no connection to ground the pipes. The pipes cannot be discharged because there is no access to the ground.

On the basis of the performed tests (the results in Tables 1, 2, 3 and 4), the following conclusions can be drawn:

- The polyethylene pipe is an electrostatic insulator. It has very good electrification and surplus electric charge accumulation abilities. The pipe is not capable of carrying the charge to the ground when in contact with the grounding system.
- The entire metal structure is conductive and connected to the ground; hence it is not capable of electrification through induction. Signal-transmitting wires inserted into the plastic pipes constitute a grounded object with an electric potential equal to zero, due to their connection to the studied structure. Therefore, a discharge into the metal wire is very likely.
- An electrostatic discharge from the pipe surface into the insulated signal wires is not possible, since their ground resistance is very high. In consequence, from the point of view of an electric circuit, they constitute a gap.
- The electrostatic charge accumulated on the pipe is relatively large, with a high potential. The potential should be considered as the voltage difference in the pipe/non-insulated metal wire system, as the potential of the metal wire equals zero (see above). In many cases, the electrostatic charge potential on the pipes, and consequently the electric voltage, exceeds the breakdown voltage of air. A large electrostatic charge is not observed on the pipe fittings.
- An electrification ability test was performed, which gives sufficient information regarding whether a non-conducting material can be electrified to a degree sufficient to result in an electric-brush discharge. The pipes were tested at no further than one metre from the mouth of the pipe. Information regarding the magnitude of the electric charge, for instance, in the middle of a pipe, is not available. Electrostatic brush discharges are discharges from small surfaces. The literature and standards consider 100 cm^2 to be an effective surface area. A polyethylene pipe with a very large internal surface area has many effective 100 cm^2 surface areas from which the accumulated charge can initiate a spark-over.

Test conclusions

According to the "Pentane Process Technology. Safety Conception" documentation presented by the manufacturer, pentane is produced over the course of the pipe-manufacturing process during foaming. When mixed with air, pentane also creates an explosive mixture. According to the characteristics charts of the Central Institute of Labour Protection – National Research Institute [14], the minimum ignition energy of a pentane-oxygen mixture equals 0.18 mJ, and is lower than the minimum methane ignition energy, which ranges from 0.28 mJ to 0.47 mJ.

In standards [1] and [2] and papers [10] and [11] there are criteria of conformity assessment: a surface resistance less than 1×10^9 Ω or a transferred charge during a charge ability test less than $60 \cdot 10^{-9}$. The test results, shown in this paper do not fulfil the criteria of Polish and European standards for potentially explosive atmospheres.

On the basis of laboratory tests of a pipe taken from the production batch, it can be concluded that it is a very good quality insulator, with surface and volume resistances over $1 \cdot 10^{11}$ Ω. This means that the product can become electrified to a great extent. In the case of objects made of non-conducting materials, such as the considered pipe, there is a possibility of brush discharge. In exceptional cases, a propagating brush discharge can occur. Electrostatic discharges are able to ignite all types of explosive mixtures.

Based on the tests performed on the manufacturer's premises, it was found that the metal pipe insertion station was very effectively grounded; its electrostatic potential was close to zero. It was also found that the signal-transmitting wires placed on the inserted metal pipes were very effectively grounded and they carried away the electric charge. This relates only to non-insulated metal wires, which are grounded through metal weights and through contact with the production station.

Conclusions regarding the elimination of electrostatic charge and ignition possibility

Ignition possibility can be eliminated through three actions:

- Removing discharge sources in the form of electrostatic charges,
- Eliminating potentially explosive atmospheres,
- Preventing the possibility of electrostatic discharge formation.

All the three factors identified in the preventive measures listed above must take place at the same time for an explosion hazard to appear. Removing one of them will eliminate the hazard [10]. Apart from these three (which constitute the scope of the research), one should also take others into account, i.e. the explosive mixture concentration, the explosive atmosphere MIE, pressure, temperature, etc. To eliminate the ignition possibility, one of the factors contributing to ignition needs to be eliminated. This can be achieved by employing one of the listed actions.

The proposed preventive measures apply chiefly to pipes.

- Using insulated wires and insulating the inserted metal pipe (preventing the possibility of electrostatic discharge formation)

Using only wires with insulation and insulating the inserted metal pipe from the pusher will prevent the electrostatic charge accumulated on the propylene pipe's becoming neutralised by the wire. This means that a discharge will not occur, since, from the electrical point of view, the insulated wire constitutes a gap.

– Increasing the relative air humidity (removing discharge sources in the form of electrostatic charges)

The literature and personal research reveal that the relative air humidity effectively neutralises the surplus electrostatic charge; not to zero, but to a safe level. Maintaining the relative humidity at a level of ca. 60%RH is sufficient for high electrostatic charge potential neutralisation.

– The further inertisation process (eliminating potentially explosive atmospheres)

The aim of the inertisation process is to remove a potentially explosive atmosphere. The volume of nitrogen pumped into the pipe must be equal to or greater than the volume limited by the pipe itself.

– The ventilation of pipes (eliminating potentially explosive atmospheres)

Ventilation can be applied to fittings, just as it is done now. Fittings are ventilated to eliminate explosive atmospheres.

– Applying at least one conductive signal wire guide, which will electrostatically neutralise the polyethylene pipe (removing discharge sources in the form of electrostatic charges)

The applied method has been simulated by the Central Mining Institute research team (Fig. 9.). The use of the first guide, made of conducting or anti-electrostatic plastics, results in the inserted metal pipe's neutralising the plastic pipe's entire internal surface. Afterwards, the electrostatic charge is carried to the ground through the pusher structure.

– The use of air ionisers (removing discharge sources in the form of electrostatic charges)

Ionisers effectively neutralise the surplus electrostatic charge. A restriction on this method is its time of neutralisation. The ioniser must blow in a volume of ionised air equal to the volume of the pipe for a sufficiently long time. Ionisers can be applied to blowing down fittings and joints.

The manufacturer uses a preventive measure in the form of inertisation, i.e. the removal of potentially explosive atmospheres, during its pipe production process. The use of any of the remaining preventive measures will result in the elimination of one of the three aforementioned explosion occurrence factors. Consequently, the chain of events necessary to provoke an explosion will be interrupted – the same chain of events necessary to provoke an explosion of an explosive atmosphere.

The use of insulated wires and the insulation of the pusher structure eliminates the possibility of an electrostatic discharge occurrence. Thus, subjecting this type of pipes to the inertisation process is unnecessary.

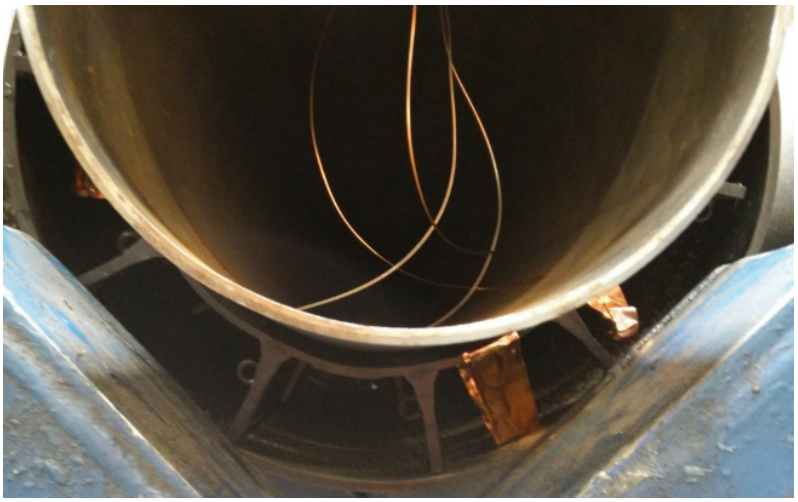


Figure 9. Signal wire guide on the metal pipe
Source: Own elaboration.

These three factors, which result in ignition via an electrostatic discharge, apply not only to pipes, but also to most types of plastics. Similarly, the proposed measures involve not only pipes, but also most types of plastics. The conclusions in section 6 can be applied in all situations in which electrostatic discharge-related hazards can exist.

References

[1] IEC TS 60079-32-1:2015-08, Technical Specification, Explosive atmospheres – Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance.

[2] CLC/TR TR 50404:2003 Elektrostatyka – kodeks postepowania praktycznego dla uniknięcia zagrożeń związanych z elektrycznością statyczną.

[3] Gajewski J., *Elektryczność statyczna – poznanie, pomiar, zapobieganie, eliminowanie*, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1987.

[4] Grabarczyk Z., *Jonizacja powietrza w środowisku życia i pracy*, CIOP, Warszawa 2000.

[5] Grabarczyk Z., Kurczewska A., *Zagrożenia elektrostatyczne w strefach zagrożonych wybuchem*, CIOP, Warszawa 2008.

[6] Kacprzyk R., *Metody pomiarów w elektrostatyce*, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2013.

[7] Pawłowska Z. (red.), *Podstawy prewencji wypadkowej*, CIOP, Warszawa 2008.

[8] Świerżewski M., *Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – zagadnienia wybrane*, SEP, Warszawa 2008.

[9] Urządzenia do pracy w atmosferze zagrożonej wybuchem, Asco/Joucomatic, Warszawa 2010.

 ISSN 1895-8443

[10] Kędzierski P., *Antystatyzacja w ujęciu technologicznym*, „Wiadomości Górnicze" 2013, 12.
[11] Kędzierski P., *Badania dynamicznych właściwości elektrostatycznych – metody symulacji wyładowań*, „Wiadomości Górnicze" 2012, 6.
[12] Directive 2014/34/EU Equipment for potentially explosive atmospheres (ATEX).
[13] Electrostatic discharge, Central Safety Committee, Basel 1974.
[14] Characteristics charts of pentane, CIOP.
[15] PN-EN 80079-36:2016-07 Atmosfery wybuchowe – Część 36: Urządzenia nieelektryczne do atmosfer wybuchowych – Metodyka i wymagania.

PRZEMYSŁAW KĘDZIERSKI, MSc.Eng. – researcher at the Central Mining Institute in Katowice. Graduate of the Faculty of Electrical Engineering and the Faculty of Organization and Management of the Silesian University of Technology. He has been admitted into a Ph.D. programme by the GIG Science Council. A head of many research and expert studies, as well as research works in the field of static electricity. He has professional qualifications of an ESD Coordinator.

ADAM SZOPA, M.Sc.Eng. – a graduate of Silesian University of Technology in Gliwice, Faculty of Mathematics and Physics in the field of Technical Physics, specialization – optoelectronics. An engineering and technical worker at the Laboratory of Technical Acoustics at the Central Mining Institute in Katowice.

dr hab. Ryszard Szczygieł, prof. nadzw. IBL[a)], mgr inż. Mirosław Kwiatkowski[a)],
mgr inż. Bartłomiej Kołakowski[a)*]

[a)]*Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary / Forest Research Institute, Poland*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: b.kolakowski@ibles.waw.pl*

Ustalanie zagrożenia pożarowego lasu na poligonach wojskowych

Determining the Forest Fire Risk in Military Training Areas

Определение угрозы лесных пожаров на военных полигонах

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie problematyki oceny ryzyka pożarowego na poligonach oraz zaprezentowanie nowej metody alarmowego oznaczania stopnia zagrożenia pożarowego lasu (SZPL).

Wprowadzenie: Poligony wojskowe zajmują blisko 167 000 ha lasu charakteryzującego się dużym zagrożeniem pożarowym z powodu stosowanych tam środków zapalających. W latach 2008–2015 na tych terenach doszło do 475 pożarów na powierzchni 2500 ha. Rodzaj prowadzonych szkoleń i użytej amunicji bojowej zależy od stopnia zagrożenia pożarowego lasu. Stopień ten był oznaczany według metody Instytutu Badawczego Leśnictwa (IBL), stosowanej w Lasach Państwowych (LP). Terminy jego ustalania oraz wielkość stref prognostycznych, szczególnie w przypadku zmiennych warunków pogodowych, powodowały rozbieżności w rzeczywistej ocenie zagrożenia pożarowego lasu na poligonach, co rzutowało na możliwość przeprowadzenia ćwiczeń.

Metodologia: Na wstępie przeanalizowano podstawy formalno-prawne prowadzenia ćwiczeń wojskowych oraz dokonano analizy zagrożenia pożarowego poligonów. Przy rozpatrywaniu możliwości opracowania metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska uwzględniono istniejące i sprawdzone krajowe metody określania zagrożenia. Przyjęto, że metoda powinna: być prosta w stosowaniu, być kompatybilna z systemem prognozowania zagrożenia pożarowego funkcjonującym w Lasach Państwowych i trafnie ustalać zagrożenie na poligonie na dowolną godzinę. Na końcu opracowaną metodę zweryfikowano(porównując ją z dotychczas stosowaną metodą IBL) na podstawie danych archiwalnych oraz dzięki pilotażowemu jej wdrożeniu w 2015 r. w trakcie ćwiczeń Noble Jump na poligonie w Żaganiu.

Wnioski: Opracowana metoda alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska pozwala określić ten stopień na dowolną porę doby z inicjatywy użytkownika poligonu. Trafniej niż pozostałe metody odzwierciedla rzeczywiste zagrożenie, co umożliwia efektywniejsze i tańsze szkolenie wojsk własnych i sojuszniczych. Dzięki racjonalnemu dostosowaniu rodzaju ćwiczeń do występującego miejscowego zagrożenia pożarowego na poligonie pozwala lepiej zadbać o bezpieczeństwo i ochronę środowiska. Metoda została zastosowana na 11 poligonach i ujęta w znowelizowanym Porozumieniu Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska oraz praktycznie wykorzystana w 2016 r. w trakcie manewrów wojsk NATO pod kryptonimem Anakonda.

Słowa kluczowe: zagrożenie pożarowe lasu, poligony wojskowe, metoda ustalania zagrożenia

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 29.09.2016; Zrecenzowany: 14.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Wkład procentowy: R. Szczygieł – 45%; M. Kwiatkowski – 40%; B. Kołakowski – 15%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 26–37, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.2;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of this paper is to discuss the issue of forest fire risk determination method for military purposes and to present a new emergency forest fire risk projection method.

Introduction: Military areas cover about 167,000 hectares of forest with a high forest fire risk due to the different types of incendiaries in use. A total of 475 fires broke out in the military training areas in 2008-2015, covering an aggregate area of 2,500 ha. The type of conducted training and ammunition used for shooting and bombing depends on the forest fire risk level. The hours at which these levels were determined and the size of the prognostic zones (especially under variable weather conditions) created discrepancies between the forecasted and the actual fire risk levels, thus potentially putting constraints on the types of training which could be conducted.

Methodology: At the introductory stage of the work, the procedural requirements for the military training were analysed and the forest fire risk in the military training areas was scrutinised. First, the existing and proven Polish methods for forest fire risk determination for military purposes were examined when considering the development of a new method. It was assumed that the method should be easy to apply, compatible with the forest fire risk projection system in place in State Forests, and suitable for accurately determining the fire risk at any hour of the day. At the last stage, the method was

verified (by comparison with the FRI (Forest Research Institute method) using archival data and a pilot project implemented in 2015 during the NOBLE JUMP exercise in the Żagań military training area.
Conclusions: The newly developed forest fire risk level determination method for military purposes can be used to determine the risk level at any hour of night or day on request by the military training area user. It is more accurate in reflecting the actual risk and thus can make the training of both the Polish and allied militaries more effective and less expensive. Moreover, as the method can be used to make rational choices as to the type of exercises to be conducted based on the local fire risk within the military training area, it benefits environmental safety and protection as well. The method was applied in 11 military training areas and included in the amended Agreement between the Minister of National Defence and the Minister of the Environment, and also applied in 2016 during NATO manoeuvres, codename Anaconda.
Keywords: forest fire risk, military training areas, forest fire risk determination method
Type of article: review article

Received: 29.09.2016; Reviewed: 14.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: R. Szczygieł – 45%; M. Kwiatkowski – 40%; B. Kołakowski – 15%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 26–37, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.2;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является поднятие вопроса об оценке опасности возникновения пожара на полигонах, и представление нового метода в определении степени угрозы лесных пожаров (SZPL).
Введение: Военные полигоны занимают около 167 000 гектаров леса, характеризующегося высоким риском возникновения пожара, поскольку там используются зажигательные средства. В 2008-2015 в этих районах произошло 475 пожаров на площади 2500 га. Тип учений и используемые боеприпасы зависят от степени опасности возникновения лесных пожаров. Данный уровень определяется согласно методике Исследовательского Института Лесоводства (IBL), используемой в государственных лесах (LP). Сроки его определения и оценка прогнозированного размера зон охвата пожаром, особенно при изменении погодных условий, привели к расхождениям в реальной оценке уровня опасности возникновения лесных пожаров на полигонах, что повлияло на возможность проведения учений.
Методы: Прежде всего, были проанализированы формальные и юридические основания для проведения военных учений и анализ опасности возникновения пожара на полигонах. При рассмотрении вопроса о возможности разработки методов определения степени опасности возникновения лесных пожаров для армии были приняты во внимание существующие достоверные национальные методы определения степени опасности. Предполагалось, что такой метод должен: быть простым в использовании, совместимым с риском функционирования системы прогнозирования пожара в государственных лесах и точно определять риск на полигоне по состоянию на любой момент времени. В конце метод был проверен (в сравнении его с ранее использованным методом IBL) на основе архивных данных, а также его пилотного внедрения в 2015 году во время учений Noble Jump на полигоне в Жагани.
Выводы: Разработанный метод определения степени чрезвычайной опасности лесных пожаров для армии позволяет определить степень опасности в любое время суток по инициативе пользователя полигона. Он более точно, чем другие методы отражает реальную угрозу, что позволяет проводить учения национальных войск и союзников более эффективно и менее затратно. Благодаря рациональному соотношению типа проводимых учений и степени локальной опасности возникновения пожара на полигоне, метод позволяет повысить безопасность и защиту окружающей среды. Этот метод был применен к 11 полигонам и включен в дополненное Соглашение министра национальной обороны и министра окружающей среды и практически использован в 2016 году во время учений войск НАТО под кодовым названием Анаконда.
Ключевые слова: угроза возникновения лесного пожара, военные полигоны, метод определения опасности
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 29.09.2016; Рецензирована: 14.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: R. Szczygieł – 45%; M. Kwiatkowski – 40%; B. Kołakowski – 15%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 26–37, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.2;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Powierzchnia lasów będących w zarządzie Lasów Państwowych, a wykorzystywanych przez wojsko wynosi około 167 000ha. Na tych terenach, zgodnie z Porozumieniem Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska w sprawie warunków użytkowania lasów na potrzeby związane z obronnością i bezpieczeństwem państwa z dnia 5 lipca 2013 r. (dalej: Porozumienie Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska)[1], możliwość prowadzenia ćwiczeń oraz ich rodzaj zależą od stopnia zagrożenia pożarowego lasu. Stopień ten jest ustalany przez Lasy Państwowe według metody IBL, na podstawie parametrów meteorologicznych i wilgotności ściółki leśnej, dla 42 stref prognostycznych obejmujących obszar kraju. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska

Introduction

The total area of forests administered by the State Forests National Forest Holding (State Forests) and used for military purposes is approx. 167,000 ha. In line with the Agreement of 5 July 2013 between the Minister of National Defence and the Minister of the Environment on the use of forests for defence and State security purposes (**"the Agreement"**) [1], the forest fire risk degree is the factor which decides whether, and what type of, military training may be conducted. This level is determined by the State Forests using the FRI method based on meteorological parameters and the forest litter moisture content for 42 prognostic zones across the country. In line with the Regulation of the Minister of the Environment of 22 March

z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów[2]metoda oznaczania stopnia zagrożenia pożarowego lasu umożliwia ustalenie tego stopnia na godziny 9.00 i 13.00. Wartość stopnia z godziny 13.00, gdy z reguły jest on wysoki ze względu na korzystne warunki pogodowe sprzyjające wzrostowi ryzyka pożarowego, decyduje o możliwości prowadzenia szkolenia przez kolejne 20 godzin. Stopień ten jednak nie zawsze odzwierciedla rzeczywiste zagrożenie pożarowe lasu w tym czasie, szczególnie w godzinach nocnych i porannych, kiedy zazwyczaj ono maleje z powodu zmiany warunków meteorologicznych na mniej korzystne. Na trafność oceny zagrożenia wpływa także odległość poligonów od punktów meteorologicznych. Odległość ta waha się od 14 do 75 km, a średnio wynosi 32,5 km. Ze względu na te odległości, szczególnie przy niestabilnych warunkach pogodowych, trafność oceny zagrożenia pożarowego lasu na terenie poligonu jest niezadowalająca. Dochodzi wtedy do zakłócenia przebiegu zaplanowanych ćwiczeń i zwiększenia ich kosztów lub pojawia się niebezpieczeństwo powstania pożaru lasu, w przypadku gdy SZPL w punkcie prognostycznym jest niższy od rzeczywistego zagrożenia występującego na poligonie. Te niedoskonałości wykorzystywanego przez wojsko systemu oznaczania stopnia zagrożenia pożarowego lasu stały się przesłankami dla opracowania odrębnej metody ustalania ryzyka pożarowego, uwzględniającej potrzeby wojsk ćwiczących na polskich poligonach. Rozpatrzywszy postulaty zgłaszane przez stronę wojskową, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych zleciła Instytutowi Badawczemu Leśnictwa pracę pt. *Opracowanie metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska* [3], na podstawie której powstał niniejszy artykuł.

Wymagania formalnoprawne dotyczące prowadzenia ćwiczeń wojskowych

Wymagania dotyczące zasad bezpieczeństwa prowadzenia ćwiczeń na poligonach ze względu na zagrożenie pożarowe lasu określa wspomniane wcześniej porozumienie Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska. W myśl jego postanowień użytkownicy poligonów są zobowiązani między innymi do zachowania szczególnej ostrożności przeciwpożarowej i utrzymywania stałej obserwacji lasów w trakcie ćwiczeń, co najmniej do trzech godzin po ich zakończeniu, w zależności od panujących warunków atmosferycznych. Dowódcy oddziałów i pododdziałów wojskowych przed rozpoczęciem ćwiczeń powinni być przeszkoleni z zakresu ochrony przeciwpożarowej lasu. Przed rozpoczęciem strzelań konieczne jest uzyskanie informacji o stopniu zagrożenia pożarowego lasu. Porozumienie Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska dopuszcza możliwość alarmowego ustalania aktualnego stopnia zagrożenia w trakcie dnia z inicjatywy użytkownika poligonu na potrzeby ćwiczeń i strzelania, ale nie określa sposobu tego ustalania, co było podstawową przesłanką podjęcia prac. Rodzaj zajęć, ćwiczeń i strzelań zależy od SZPL. I tak przy zerowym i pierwszym stopniu (brak zagrożenia i zagrożenie małe) mogą być prowadzone wszystkie rodzaje działań bez ograniczenia rodzaju stosowanej amunicji. Przy drugim stopniu (zagrożenie średnie) dopuszczalne jest prowadzenie zajęć bez

2006 on the detailed rules for the fire protection of forests [2], the forest fire risk degree determination method can be used to determine this level for the hours 9 a.m. and 1 p.m. The risk degree at 1 p.m., which is usually high due to fire-conducive weather conditions, decides whether any military training can be conducted within the next 20 hours. However, this level does not always reflect the actual forest fire risk during these hours, especially at night and in the morning, when the risk is usually lower due to less fire-conducive weather conditions. The accuracy of the fire risk degree assessment also depends on how far military training areas lie from weather stations. This distance ranges from 14 to 75 km, averaging 32.5 km. Due to these distances, especially under unstable weather conditions, the forest fire risk degree assessment for a military training area might not be sufficiently accurate. Consequently, the military exercise plan is interrupted and training costs increase, or a forest fire hazard emerges when the Forest Fire Risk Degree (FFRD) at the weather station is lower than the actual risk in the military training area. These deficiencies in the forest fire risk assessment method used by the military have prompted the development of a separate fire risk assessment method which factors in the needs of the military when conducting exercises in Polish training areas. Having considered the requests issued by the military, the Directorate General of State Forests commissioned the Forest Research Institute (FRI) to conduct a study on *The development of an emergency forest fire risk level assessment method for military purposes* [3], which was the basis of this paper.

Procedural requirements for conducting military exercises

The rules governing the forest fire safety of military exercises in military training areas are set out in the previously mentioned Agreement. Under this Agreement, the users of military training areas are required, among other obligations, to exercise special fire caution and constantly monitor forests during exercises, and for at least two hours afterwards, depending on the weather conditions. Before exercises commence, unit and sub-unit commanders should receive training in forest fire protection. Before shooting exercises may commence, information must be obtained on the forest fire risk level. The Agreement provides for the possibility of determining emergency ongoing risk degrees for exercise and shooting purposes during the day when initiated by the training area user but it does not specify how these degrees should be determined. This prompted work on a new method. The type of activities, exercises and shooting depends on the FFRD. Accordingly, at risk levels 0 and 1 (no risk and minor risk), all types of activities may be conducted without any limitations on the type of ammunition used. At level 2 (medium risk), activities may be conducted without the use of tracers, incendiaries, smoke, illuminating and signalling ammunition, incendiary and illuminating bombs, and missiles. At risk level 3 (major risk) and

ISSN 1895-8443

wykorzystania: amunicji smugowej, zapalającej, dymnej, oświetlającej i sygnałowej; bomb zapalających i oświetlających; a także rakiet. W przypadku trzeciego stopnia(zagrożenie duże) i wilgotności ściółki leśnej w granicach 10–20% możliwe jest prowadzenie ćwiczeń jak przy stopniu drugim. Jeśli jednak wilgotność ściółki leśnej jest mniejsza niż 10% lub wilgotność względna powietrza mniejsza niż 40%, wszystkie działania powinny być zaniechane, z wyłączeniem strzelania z lądu na morze (prowadzonego ze specjalnie przygotowanych stanowisk) i przemieszczania się jednostek sprzętowych do parku sprzętu technicznego.

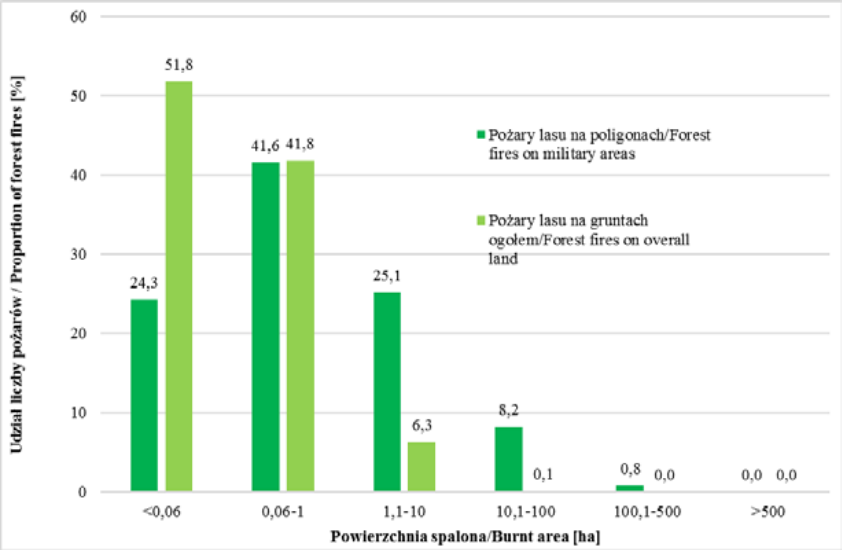
with the forest litter moisture content of 10-20%, exercises may be conducted under the same constraints as at level 2. If, however, the forest litter moisture content is less than 10%, or the relative humidity of the air is less than 40%, all activities should be aborted, except for land-to-sea shelling (from special sites) and the translocation of equipment units to military equipment parks.

Charakterystyka zagrożenia pożarowego lasu na terenach poligonowych

Ryzyko powstania pożaru lasu na poligonach wojskowych jest duże ze względu na zagrożenie, które wynika ze stosowania podczas ćwiczeń ponadstandardowych bodźców cieplnych w postaci różnego rodzaju środków zapalających, w tym amunicji, bomb, rakiet(ryc. 1). W latach 2008–2015 w lasach użytkowanych na potrzeby związane z obronnością i bezpieczeństwem państwa powstało 475 pożarów, które objęły powierzchnię 2500 ha. Średnia powierzchnia pożaru wyniosła 5,26 ha, podczas gdy w pozostałych lasach (prywatnych, państwowych i innych)była ona kilkunastokrotnie mniejsza. W Lasach Państwowych w tym czasie wyniosła ona tylko 0,25 ha. Na terenach użytkowanych przez wojsko znacznie częściej dochodziło do pożarów dużych i bardzo dużych, o czym świadczą wyniki przedstawione na rycinie 1.

Forest fire risk in military training areas

Forests in military training areas are exposed to a high fire risk due to non-standard thermal stimuli generated during exercises, in the form of various incendiary devices, including ammunition, bombs and missiles (Figure 1). A total of 475 fires broke out in 2008-2015 in forests used for defence and State security purposes, covering an area of 2,500 ha. The average fire area was 5.26 ha. By contrast, this area in other forests (privately owned, State and other forests) was smaller by a factor of more than 12. For instance, the average fire area in the State Forests over the same period was only 0.25 ha. Areas used by the military were affected by large and very large fires much more frequently, as shown by the results in Figure 1.



Rycina 1. Procentowy udział liczby pożarów lasu według wielkości na poligonach oraz na gruntach ogółem

Figure 1. The proportion of forest fires by size in military training areas and on all land

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Source: Own elaboration based on [7].

Na powyższej rycinie dokonano porównania procentowego występowania pożarów lasu według wielkości spalonej powierzchni w rozróżnieniu na pożary występujące na poligonach wojskowych oraz gruntach ogółem. Z tego zestawienia wynika, że na poligonach wojskowych wystąpiło aż 9% pożarów, które

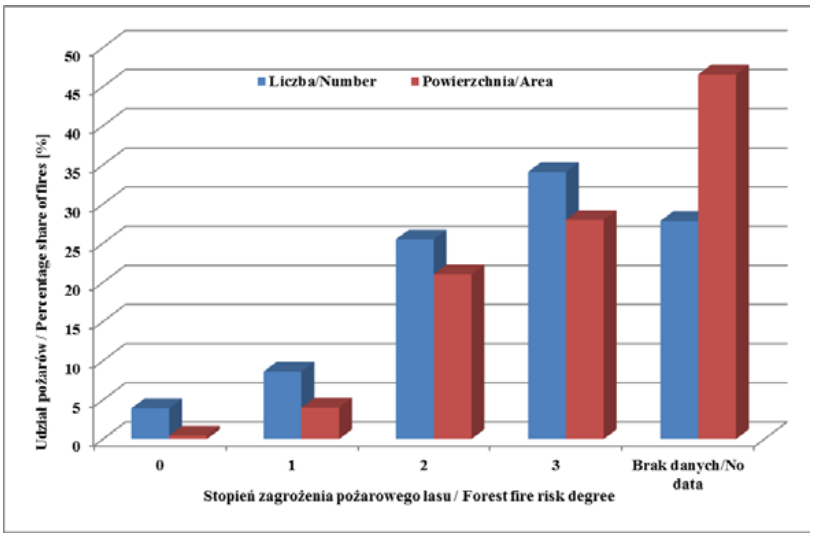
The Figure above compares the percentage incidence of forest fires by size of burnt area, broken down into fires in military training areas and on all land. It demonstrates that as many as 9% of fires broke out in military training areas, covering an area

zajęły powierzchnię większą niż 10 ha, podczas gdy na terenach innych zarządców pożarów takich było tylko 0,14%.

Na poligonach pożary powstawały bez względu na stopień zagrożenia pożarowego lasu, co pokazano na rycinie 2.

of more than 10 ha, while the corresponding figure for other forests was only 0.14%.

Fires broke out in military training areas regardless of the forest fire risk level, as shown in Figure 2.



Rycina 2. Występowanie pożarów w zależności od stopnia zagrożenia pożarowego lasu

Figure 2. Forest fire incidence in relation to the forest fire risk degree

Źródło: Opracowanie na podstawie własnych danych.

Source: Based on authors' own data.

Jednak wraz ze wzrostem SZPL zwiększała się liczba i powierzchnia pożarów lasu. Warto zauważyć, że do około 25% wszystkich pożarów zajmujących powierzchnię ponad 45%doszło poza okresem, w którym Lasy Państwowe oznaczają stopień zagrożenia pożarowego lasu. Było to podczas wczesnej wiosny i późnej jesieni, kiedy ryzyko powstania pożaru lasu jest znacznie mniejsze.

However, the increase in the FFRD coincided with an increase in the number and area of forest fires. It is worth noting that up to about 25% of all fires covering an area of more than 45% broke out in the period in which the State Forests do not determine the FFRD – in early spring and late autumn, when the forest fire risk was much lower.

Metoda alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska

Rozpatrując możliwość opracowania metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska, wzięto przede wszystkim pod uwagę istniejące i sprawdzone krajowe metody określania zagrożenia. Założono także, że metoda alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu powinna: być prosta w stosowaniu, być kompatybilna z systemem prognozowania zagrożenia pożarowego funkcjonującym w Lasach Państwowych i pozwalać trafnie ustalić zagrożenie na dowolną godzinę w skali lokalnej (na obszarze 1–2 nadleśnictw). Istotnym czynnikiem determinującym prace nad nową koncepcją był krótki (sześciomiesięczny) czas realizacji projektu [3], który właściwie wykluczał możliwość opracowania nowej metody od podstaw. Dlatego pod uwagę wzięto wcześniej stosowaną metodę IBL [4], opracowaną w 2010 r. nową metodę prognozowania zagrożenia pożarowego lasu [5] oraz metodę oceny ryzyka powstania pożaru lasu [6].

The emergency forest fire risk degree determination method for military purposes

Existing and proven national methods for risk determination were taken into account when considering whether an emergency forest fire risk degree determination method for military purposes could be developed. It was also assumed that this method should be easy to apply, compatible with the fire risk forecasting system in place in the State Forests, and facilitate the accurate determination of the risk for all hours on a local scale (within the area of 1-2 forests districts). The short project implementation period (six months) was a major constraint, making it virtually impossible to develop a completely new method. For this reason, the previously used FRI method [4], the new method developed in 2010 to project the forest fire risk [5], and the forest fire risk assessment method [6], were taken into consideration.

ISSN 1895-8443

Metoda IBL

Metoda IBL daje możliwość ustalenia stopnia zagrożenia pożarowego lasu tylko na godziny 9.00 i 13.00 na podstawie wilgotności względnej powietrza i wilgotności ściółki leśnej. Kryteria ustalania stopnia zagrożenia (progi wilgotności względnej powietrza i ściółki) są różne w zależności od terminu oznaczania. W przypadku opadu atmosferycznego dokonuje się korekty SZPL w punkcie pomocniczym, w którym nie wykonuje się pomiaru wilgotności ściółki. Metoda była projektowana dla dużych stref prognostycznych, obejmujących obszar od kilku do kilkunastu nadleśnictw (obecnie 2–17) i sprawdza się przy stabilnych, jednorodnych warunkach pogodowych panujących w strefie prognostycznej.

The FRI method

The forest fire risk level can be determined using the FRI method only for the hours 9 a.m. and 1 p.m., based on the relative humidity of the air and the forest litter moisture content. The criteria for determining the risk degree (the relative humidity and forest litter moisture content thresholds) vary depending on the time at which they are determined. In the event of precipitation, the FFRD is adjusted in an auxiliary station which does not measure the forest litter moisture content. The method is designed for large projection zones, spanning an area from several to more than a dozen forest districts (currently, 2-17 forest districts) and works well for stable, uniform weather conditions in the prognostic zone.

Nowa metoda prognozowania zagrożenia pożarowego lasu

Opracowana w 2010 r. przez IBL nowa metoda prognozowania zagrożenia pożarowego lasu (która zastąpiła metodę IBL i którą praktycznie zaczęto stosować w sezonie zagrożenia pożarowego lasu w 2016 r.) pozwala ustalić zagrożenie na godzinę 9.00 na podstawie: temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza, sumy opadu atmosferycznego i wilgotności ściółki leśnej. Daje także możliwość prognozowania zagrożenia na godz. 13.00 tego samego dnia i na godz. 9.00 dnia następnego po zastosowaniu dość skomplikowanych wielomianów, różnych dla wybranego terminu prognozy i rodzaju punktu pomiarowego (prognostycznego lub pomocniczego). Metoda jest dostosowana do obecnych, dużych stref prognostycznych, jest dokładniejsza od metody IBL i pozwala obliczyć stopień zagrożenia zarówno dla punktów, w których wykonuje się pomiar wilgotności ściółki, jak i dla punktów, w których takiego pomiaru się nie wykonuje.

The new forest fire risk forecasting method

Developed in 2010 by the Forest Research Institute, the new forest fire risk forecasting method (which replaced the FRI method and which came into use in the forest fire hazard season in 2016) can be used to determine the risk for 9 a.m. based on air temperature, the relative humidity of the air, the total amount of precipitation and the forest litter moisture content. Also, it can be employed to determine the risk for 1 p.m. on the same day and for 9 a.m. on the next day, based on fairly complex polynomials, different for the selected projection date and measurement station type (weather station or auxiliary station). Adapted to the existing large projection zones, the method is more precise than the FRI method, and can be used to calculate the risk degree for both the stations in which the forest litter moisture content is measured and the stations in which no such measurements are made.

Metoda oceny ryzyka powstania pożaru lasu

Metoda oceny ryzyka powstania pożaru lasu (w skrócie: metoda ryzyka) umożliwia ustalenie aktualnego stopnia zagrożenia na podstawie pomiarów: temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza i wilgotności ściółki leśnej. Pozwala również prognozować zagrożenie na godziny popołudniowe danego dnia i godziny ranne dnia następnego po wykorzystaniu przewidywanych wartości wymienionych parametrów meteorologicznych uzyskanych z numerycznych modeli prognoz pogody (np. z angielskiego modelu, który do warunków naszego kraju został adaptowany jako *Unified Model for Poland Area* przez Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego) oraz równań regresji modelu wilgotności ściółki. Metoda ryzyka była projektowana głównie w celu oceny zagrożenia pożarowego lasu w skali lokalnej (1–3 nadleśnictw) i praktycznie stosowana od lat 90. w niektórych regionalnych dyrekcjach LP (np. w Zielonej Górze, Wrocławiu, Radomiu). W zależności od wielkości opadu atmosferycznego dokonuje się korekty ustalonego wcześniej stopnia zagrożenia pożarowego lasu.

The forest fire risk assessment method

The forest fire risk method (in short – the risk method) can be used to determine the current risk level based on the measurements of the air temperature, the relative humidity of the air and the forest litter moisture content. It is also a useful measure to project the risk levels for the afternoon hours on a given day and the morning hours of the next day, based on the expected values of the above-mentioned meteorological parameters yielded by numerical weather prediction models (e.g. the English model, which the Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computer Modelling has adapted for Polish purposes as the Unified Model for the Poland Area) and the forest litter moisture content regression equations. The risk method is designed primarily to assess the forest fire risk on a global scale (1-3 forest districts), and has been applied since the 1990s in some regional directorates of the State Forests (e.g. in Zielona Góra, Wrocław, and Radom). The determined forest fire risk degree are adjusted depending on the amount of precipitation.

Following a review of the FFRD determination methods, the decision was made to adapt the forest fire risk method

W wyniku przeglądu metod ustalania SZPL zdecydowano, że metoda ryzyka powstania pożaru lasu, w części dotyczącej określania ryzyka aktualnego, będzie adaptowana do metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska.

Opis metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska

Wzór (1) do obliczania stopnia (ryzyka) zagrożenia pożarowego lasu (R) w trybie alarmowym na potrzeby wojska ma postać:

$$R = (kTp + kWp) \cdot kWs \qquad (1)$$

gdzie:
kTp – współczynnik wynikający z wartości temperatury powietrza,
kWp – współczynnik wynikający z wartości wilgotności względnej powietrza,
kWs – współczynnik wynikający z wartości wilgotności ściółki.

Wartości wyżej wymienionych parametrów mierzy się godzinę przed planowanym rozpoczęciem ćwiczeń (strzelań). Wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza można uzyskać z punktu pomiarowego (oddalonego od poligonu maksymalnie o 15 km) sieci meteorologicznych punktów pomiarowych Lasów Państwowych lub z własnego poligonowego punktu meteorologicznego. Wilgotność ściółki, z wybranej na poligonie powierzchni drzewostanu reprezentującego III klasę wieku i powstałego na siedlisku boru świeżego lub boru mieszanego świeżego, mierzy się zgodnie z metodyką przyjętą w Lasach Państwowych. Ściółkę należy pobierać z 9 miejsc, z których: 3 powinny znajdować się w odległości mniejszej niż 0,5 m od pnia; 3 w rzucie pionowym korony; a 3 w lukach drzewostanu. Tak pobraną próbkę powinno się wymieszać, pozbawić zanieczyszczeń w postaci fragmentów kory, szyszek czy mchu oraz pocięć na kawałki o długości około 1 cm. Sam pomiar należy wykonywać przy użyciu wagosuszarki, która pozwala na automatyczne określenie wilgotności ściółki w zakresie 0–100%, w czasie nieprzekraczającym 30 minut, z dokładnością co najmniej 0,1%.

W zależności od wartości mierzonych parametrów ustala się wartości odpowiadających im współczynników (kTp, kWp, kWs) zgodnie z tabelą 1.

Po podstawieniu wartości współczynników do wzoru (1) obliczymy wartość wielomianu R. W zależności od otrzymanego wyniku stopień (ryzyko) zagrożenia pożarowego lasu może być:

- trzeciego stopnia (zagrożenie duże), gdy $R \geq 60$;
- drugiego stopnia (zagrożenie średnie), gdy $30 \leq R < 60$;
- pierwszego stopnia (zagrożenie małe), gdy $14 \leq R < 30$;
- zerowego stopnia (brak zagrożenia), gdy $R < 14$.

Ustalony stopień (ryzyko) zagrożenia pożarowego może obowiązywać maksymalnie przez 4 godziny w ciągu bieżącego dnia, a stopień ustalony w godzinach wieczornych (18.00–21.00) – do godziny 9.00 dnia następnego, jeśli wcześniej (np. we wczesnych godzinach porannych) nie określono go ponownie.

Jeśli po ustaleniu stopnia zagrożenia pożarowego lasu wskazującym na to, że konieczne jest ograniczenie rodzaju

– to the extent that it involves the current risk – to the emergency forest fire risk level determination method for military purposes.

The emergency forest fire risk degree determination method for military purposes – description

The emergency forest fire risk (R) degrees are calculated for military purposes using the following formula (1)

$$R = (kTp + kWp) \cdot kWs \qquad (1)$$

where
kTp is the factor relative to the air temperature;
kTp is the factor relative to the relative humidity of air;
kWs is the factor relative to the forest litter moisture content.

The above-mentioned parameters are measured an hour before the scheduled start of the exercises (shooting). The temperature and relative humidity can be obtained from a measuring station (located up to 15 km away from the military training area), or a network of weather stations of the State Forests or from a weather station located within the military training area. The moisture content in litter taken from the military training area – from the area of a treestand representing the Age-Class 3 and growing in the fresh coniferous forest or fresh mixed coniferous forest habitat – is measured in line with the methodology adopted by the State Forests. The litter should be collected from nine sites, including three sites located at a distance of no less than 0.5 m from the trunk, three sites located within the elevation of the tree crown, and three in forest gaps. The collected sample should be mixed, cleaned from impurities such as bark pieces, cones and moss, and cut into approx. 1-cm-long pieces. The measurement proper should be made using a dryer weight which can automatically determine the forest litter moisture content within a 0-100% range, within no more than 30 minutes, and with an accuracy of at least 0.1%.

Depending on the value of the parameters, the values of the corresponding factors (kTp, kWp, kWs) are determined in line with Table 1.

Once the factors for formula (1) are substituted with values, we calculate the value of polynomial R. Depending on the result, the forest fire risk level can be

- level 3 (high risk), when $R \geq 60$;
- level 2 (medium risk), when $30 \leq R < 60$;
- level 1 (minor risk), when $14 \leq R < 30$;
- level 0 (no risk), when $R < 14$.

The determined forest fire risk degree can apply for up to four hours during a given day, and the level determined at evening hours (6 p.m.–9 p.m.) until 9 a.m. the next day, provided it has not been re-determined earlier.

If the forest fire risk degree has been determined to require a given type of exercise (shooting) in the military training area

ISSN 1895-8443

ćwiczeń (strzelania) na poligonie, wystąpi opad atmosferyczny, stopień ten można ponownie określić w celu dostosowania prowadzonych zajęć do aktualnego zagrożenia.

to be restricted, and precipitation occurs after such a determination, this degree may be re-set to conduct activities appropriate to the current risk.

Tabela 1. Wartości współczynników temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza i wilgotności ściółki sosnowej

Table 1. The value of the air temperature factor, the relative air humidity factor and the pine litter moisture factor

Rodzaj parametru/Type of parameter		Przedział wartości parametrów/Factor value range				
		Wartości współczynników/Factor value				
Temperatura powietrza/Air temperature [°C]	Tp	≤ 14		> 14 and < 24	≥ 24	
	kTp	2		3	4	
Wilgotność względna powietrza /Relative air humidity [%]	Wp	≥ 72		> 40 and < 72	≤ 40	
	kWp	2		3	4	
Wilgotność ściółki sosnowej/Pine litter moisture [%]	Ws	> 40	> 30 and ≤ 40	> 20 and ≤ 30	> 12 and ≤ 20	≤ 12
	kWs	0	2	4	6	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów.

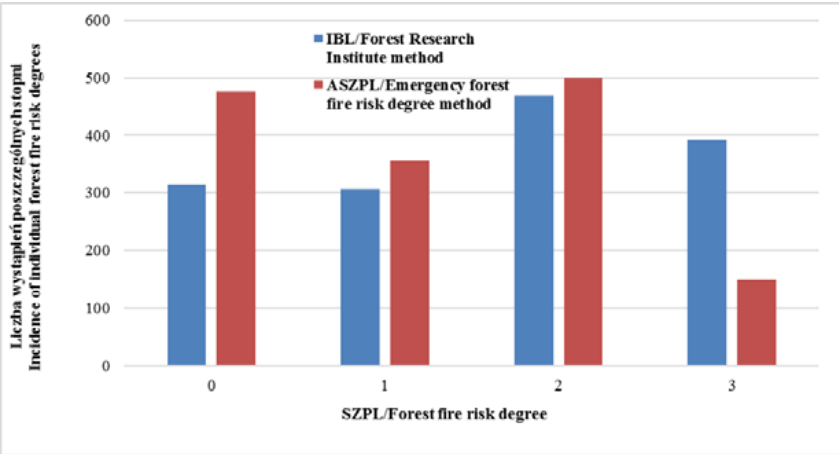
Source: Own elaboration based on measurements.

Weryfikacja metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu

Opracowaną metodę przetestowano, porównując ją z metodą IBL, wykorzystywaną dotychczas przy realizowaniu zajęć jednostek wojskowych na poligonach. Weryfikację prowadzono w czterech wybranych lokalizacjach poligonów, od których meteorologiczny punkt pomiarowy był oddalony nie więcej niż 15 km. Ustalanie stopnia zagrożenia pożarowego odbywało się w dwóch terminach, o godzinie 9.00 i 13.00, przez 185 dni (rok 2014). Na rycinie 3 przedstawiono rozkład liczbowy występowania poszczególnych stopni określanych obiema metodami.

The emergency forest fire risk level determination method for military purposes – verification

The method was tested by means of a comparison with the FRI method used previously when conducting military training area activities. The method was verified in four selected locations of military training areas in which weather stations were located no more than 15 km away. The fire risk level was determined for two hours of the day, 9 a.m. and 1 p.m., for 185 days (2014). Figure 3 shows the distribution of individual levels determined by both methods.



Rycina 3. Rozkład liczbowy występowania poszczególnych stopni zagrożenia pożarowego lasu ustalonych metodą IBL i metodą alarmową

Figure 3. The incidence of individual forest fire risk degrees determined by the FRI method and the emergency method

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów.

Source: Own elaboration based on measurements.

Bez względu na stosowaną metodę najczęściej występował drugi stopień zagrożenia – dla metody IBL było to 31,6% zdarzeń, a dla metody alarmowej – 33,7% zdarzeń. W przypadku metody alarmowej na zbliżonym poziomie występował również zerowy stopień (32,2%), który w niczym nie ograniczałby

The most frequent level for both methods was degree 2, accounting for 31.6% of the incidents for the FRI method and 33.7% for the emergency method. Level 0, which would mean no constraints on military exercises, also occurred with a similar frequency for the emergency method (32.2%), and in 21.3%

prowadzenia ćwiczeń wojskowych, podczas gdy w przypadku metody IBL brak zagrożenia dotyczył 21,3% zdarzeń. Jeszcze większą różnicę pomiędzy metodami zaobserwowano przy najwyższym –trzecim stopniu – zagrożenia, który wystąpił tylko w 10,4% przypadków określanych metodą alarmową. Według metody IBL zagrożenie duże dotyczyło aż 26,4% zdarzeń, co w większym stopniu mogło decydować o ograniczeniu prowadzenia ćwiczeń wojskowych na poligonach. Łącznie stopień zerowy i pierwszy(brak ograniczeń w prowadzeniu szkolenia) przy zastosowaniu metody IBL wystąpiły w 42% przypadków, a przy zastosowaniu metody alarmowej – w 56,2% przypadków.

W trakcie weryfikacji nowoopracowanej metody (zgodnie z sugestiami wojska) dla dwóch poligonów wykonano oznaczenia SZPL w dodatkowych terminach: o godzinie 7.00 oraz na godzinę przed zachodem słońca w sierpniu i wrześniu (w sierpniu była to więc godzina 20.00, a we wrześniu – 19.00). Kształtowanie się zagrożenia pożarowego w badanym czasie przedstawiono w tabeli 2.

of the incidents for the FRI method. A much greater difference between the two methods was found for the highest risk degree, degree 3, which was found in only 10.4% of the cases determined by the emergency method. The FRI method indicated a high risk for as many as 26.4% of the incidents, thus having a potentially greater impact on constraining military exercises in military training areas. Degrees 0 and 1 combined (no constraints on training) were found by the FRI method in 42% of the cases and by the emergency method in 56.2%.

During the verification of the newly developed method (as recommended by the military) in two military training areas, the FFRD was determined at two additional times – at 7 a.m. and an hour before sunset in August and September (i.e. at 8 p.m. in August and 7 p.m. in September). The fire risk trends over the studied period are shown in Table 2.

Tabela 2. Występowanie stopni zagrożenia pożarowego lasu ustalonych według opracowanej metody

Table 2. Forest fire risk degree according to the newly developed method

Godzina/Hour	Stopień zagrożenia pożarowego lasu/Forest fire risk degree			
	0	1	2	3
7 a.m.	37	40	3	
9 a.m.	37	25	18	
1 p.m.	25	20	27	8
7 p.m.	16	8	16	
8 p.m.	4	15	19	2
Total	119	108	83	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów.

Source: Own elaboration based on measurements.

Z obserwacji wynika, że najwyższy – trzeci stopień – zagrożenia pożarowego wystąpił zaledwie 10 razy, przy czym najczęściej o godzinie 13.00. W godzinach wieczornych wystąpił on dwukrotnie, i tylko w sierpniu.

Dodatkowo sprawdzono metodę alarmową na danych archiwalnych gromadzonych przez Laboratorium Ochrony Przeciwpożarowej Lasu IBL. Były to dane meteorologiczne i dane dotyczące wilgotności ściółki z lat 2011–2013 pochodzące z czterech stacji pomiarowych w różnych rejonach kraju (nadleśnictwa: Janów Lubelski, Kalisz, Sarbia i Wielbark), w których co dwie godziny w pięciodniowych seriach dokonywano pomiarów parametrów niezbędnych do oznaczenia SZPL. Łącznie było 2798 pomiarów. Wyniki dotyczące występowania poszczególnych stopni zagrożenia pożarowego lasu według godzin przedstawiono na ryc. 4.

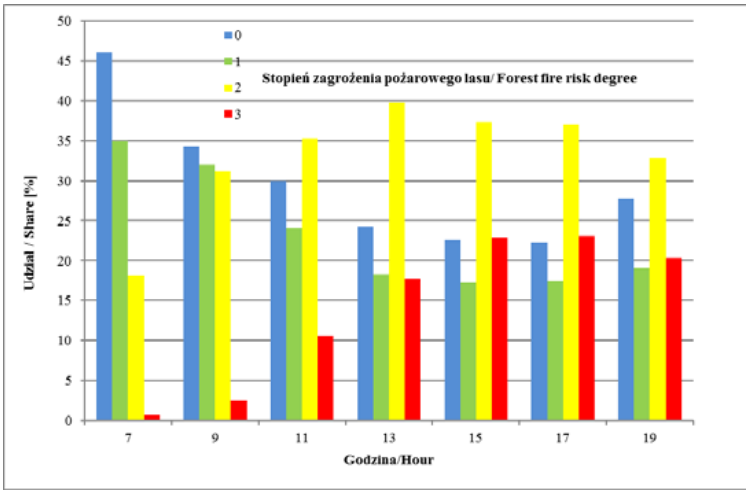
Jak widać na rycinie 4 najwyższy stopień zagrożenia od godziny 11.00 do 19.00 występował w udziale ponad 5%. Natomiast w godzinach porannych (7.00 i 9.00) wynosił odpowiednio 0,7 i 2,5%. Udział stopnia drugiego i trzeciego spadał wieczorem (godz.19.00), co jest potwierdzeniem prawidłowości przyjętych założeń, zgodnie z którymi stopień alarmowy ma być ustalany w ciągu dnia i obowiązywać przez 4 godziny, przy czym stopień ustalany w godzinach wieczornych ma obowiązywać do godziny 9.00 dnia następnego.

The highest fire risk level, level 3, was found only 10 times, mostly at 1 p.m. At evening hours, it was found twice, only in August.

The emergency method was additionally tested using archival data collected by the Fire Protection Laboratory of the Forest Research Institute. These included 2011-2013 meteorological data and data on the forest litter moisture content from four measurement stations located in different regions of Poland (the forest districts of Janów Lubelski, Kalisz, Sarbia and Wielbark), in which every two hours, in five-day series, measurements were taken of the parameters required to determine the FFRD. A total of 2,798 measurements were made. The results for individual forest fire risk degrees by hour are shown in Figure 4.

As can be seen in Figure 4, the highest risk degree – between 11 a.m. and 7 p.m. – had a share of 5%. For the morning hours (7 a.m. and 9 a.m.), it was 0.7% and 2.5% respectively. Degrees 2 and 3 occurred less in the evening hours (7 p.m.), which proves correct the assumptions that the emergency risk degree should be determined during the day and apply for four hours, and that the risk degree determined in the evening hours should apply until 9 a.m. the next day.

ISSN 1895-8443



Rycina 4. Występowanie poszczególnych stopni zagrożenia pożarowego lasu według godzin

Figure 4. Individual forest fire risk degrees by hour

Źródło: Opracowanie własne na podstawie pomiarów.

Source: Own elaboration based on measurements.

Kolejnym krokiem sprawdzania opracowanej metody była analiza występowania pożarów lasu na podstawie danych archiwalnych, przy ustalonych na jej podstawie stopniach zagrożenia w wyżej wymienionych czterech lokalizacjach meteorologicznych punktów pomiarowych, które powstały w promieniu 15 oraz 30 km od tych punktów. Wystąpienie pożaru odnoszono zawsze do ostatniego oznaczonego stopnia zagrożenia. W tabeli 3 przedstawiono liczbę pożarów lasu w zależności od stopni zagrożenia i wielkości analizowanego obszaru.

Another step to test the developed method was to examine the occurrence of forest fires on the basis of archival data, using risk levels in the above-mentioned four locations of weather stations, which occurred within a range of 15 and 30 km from these stations. The fire incidence was in each case proportionate to the risk degree previously determined. Table 3 shows the number of forest fires by risk degrees and size of studied area.

Tabela 3. Liczba pożarów lasu w zależności od stopnia zagrożenia pożarowego lasu i wielkości obszaru

Table 3. The number of forest fires relative to the forest fire risk degree and area size

Promień obszaru/ Radius	Liczba pożarów przy danym stopniu zagrożenia pożarowego lasu / The number of forest fires relative to the forest fire risk degree			
	0	1	2	3
15 km	0	1	1	4
30 km	3	8	15	14

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Source: Own elaboration based on [7].

Im większy był obszar objęty prognozowaniem, tym trafność tego prognozowania była mniejsza, o czym świadczy to, że przy zerowym stopniu zagrożenia wystąpiły 3 pożary, a przy pierwszym stopniu zagrożenia było ich aż 8. Dane przedstawione w tabeli 2 potwierdzają zarówno przydatność opracowanej metody do alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego dla poligonów, jak i przyjętą odległość poligonów od meteorologicznych punktów pomiarowych wykorzystywanych przy jej stosowaniu, która nie powinna przekraczać 15 km.

Trzecim i ostatnim etapem weryfikacji ustalania alarmowego SZPL było jego pilotażowe wdrożenie w czerwcu 2015 r. podczas międzynarodowych ćwiczeń Noble Jump (ryc. 5) na poligonie w Żaganiu. Potwierdziło ono, że nową metodę można zastosować w celu stworzenia optymalnych warunków do racjonalnego i efektywnego wykorzystania poligonu oraz przeprowadzenia zaplanowanych strzelań amunicją bojową dzięki temu, że na bieżąco ma się informację o istniejącym zagrożeniu pożarowym lasu.

The larger the area included in the projections the less accurate were the projections, as indicated by the fact that three fires occurred at degree 0 and as many as eight fires occurred at degree 1. The data presented in Table 2 prove that the developed emergency forest fire risk degree determination method for military training areas is useful, and that the distance of no more than 15 km between the training area and the weather station, as assumed in this method, is correct.

The third, and last, stage of the verification of the emergency FFRD determination method involved the pilot implementation of this method in June 2015 during the international Noble Jump exercise (Figure 5) in the Żagań military training area. This stage proved that the method could be applied to create optimum conditions in which military training areas could be used rationally and effectively, and shooting exercises could be conducted as planned, since the method would provide ongoing information on the existing forest fire risk.

Rycina 5. Ćwiczenia Noble Jump, poligon w Żaganiu
Figure 5. The NOBLE JUMP exercise, the Żagań Military Training Area
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Podsumowanie

Opracowana metoda alarmowego ustalania SZPL na potrzeby wojska uzupełnia funkcjonujący system prognozowania zagrożenia pożarowego w Lasach Państwowych. Umożliwia określenie stopnia zagrożenia w czterostopniowej skali (stosowanej obecnie w kraju) na dowolną porę doby na podstawie: temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza i wilgotności ściółki, mierzonych w bliskim otoczeniu poligonu lub na nim. Stopień ten, ustalany z inicjatywy użytkownika poligonu, trafniej odzwierciedla rzeczywiste zagrożenie pożarowe i obowiązuje przez 4 godziny w ciągu dnia, a ustalony w godzinach wieczornych (18.00–21.00) – do godziny 9.00 dnia następnego, jeśli wcześniej ponownie go nie określono. Dzięki temu szkolenie poligonowe wojsk własnych i sojuszniczych może być efektywniejsze i tańsze. Ponadto w wyniku racjonalnego dostosowania rodzaju prowadzonych ćwiczeń do występującego miejscowego zagrożenia pożarowego na poligonie można będzie lepiej zadbać o bezpieczeństwo i ochronę środowiska. Aneksem nr 1 z dnia 8 czerwca 2015 r. znowelizowano Porozumienie Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska. W znowelizowanym akcie prawnym opracowaną metodę wskazano jako sposób alarmowego określania zagrożenia pożarowego. Zgodnie z decyzją Inspektoratu Szkolenia Dowództwa Generalnego Rodzajów Sił Zbrojnych w 2016 r. alarmowy sposób określania SZPL (ryzyka pożaru) został zastosowany na 11 poligonach (Centrum Szkolenia Wojsk Lądowych Biedrusko, Centrum Szkolenia Artylerii i Uzbrojenia Toruń, Centrum Szkolenia Wojsk Lądowych Drawsko, Ośrodek Szkolenia Piechoty Górskiej Duszniki Zdrój, Jagodne, Centralny Poligon Lotniczy Nadarzyce, Ośrodek Szkolenia Poligonowego Wojsk Lądowych Dęba, Ośrodek Szkolenia Poligonowego Wojsk Lądowych Orzysz, Ośrodek Szkolenia Poligonowego Marynarki Wojennej Strzepcz, Centralny Poligon Sił Powietrznych Ustka, Ośrodek Szkolenia Poligonowego Wojsk Lądowych Wędrzyn i Ośrodek Szkolenia Poligonowego Wojsk Lądowych Żagań). Poligony te dysponują automatycznymi stacjami meteorologicznymi i urządzeniami do pomiaru wilgotności ściółki z możliwością transmisji danych do serwera obsługującego dedykowaną stronę internetową. Na stronie tej jest zakładka „Poligony w funkcjonują-

Summary

The emergency FFRD determination method for military purposes is a useful addition to the fire risk forecasting system in place in State Forests. It can be used to determine the risk degree on a scale of four (as currently applicable in Poland) for any time of the day, based on air temperature, the relative humidity of the of air and the forest litter moisture content, measured in the vicinity of, or within, the military training area. Determined on request by the training area user, this level is more accurate in reflecting the actual fire risk and applies for four hours, and, if determined in the evening hours (6 p.m. – 9 p.m.), it applies until 9 a.m. the next day, provided it has not been re-determined earlier. This can make military training conducted by both the Polish and allied militaries more effective and less expensive. Moreover, as the method can be used to make rational choices as to the type of exercises to be conducted based on the local fire risk within the training area, it will benefit environmental safety and protection as well. Annex 1 was signed on 8 June 2015 to amend the Agreement. The amended Agreement regards the developed method as the emergency method for determining the fire risk. In line with the decision issued by the Training Inspectorate of the Armed Forces Branches General Command in 2016, the emergency FFRD determination method has been applied in 11 military training areas (the Biedrusko Land Forces Training Centre, the Toruń Artillery and Weapons Training Centre, the Drawsko Land Forces Training Centre, the Duszniki Zdrój Mountain Infantry Training Centre, Jagodne, the Nadarzyce Aviation Military Training Area, the Dęba Military Training Centre for the Land Forces, the Orzysz Military Training Centre for the Land Forces, the Strzepcz Military Training Centre for the Naval Forces, the Ustka Central Military Training Area for the Air Force, the Wędrzyn Military Training Centre for the Land Forces and the Żagań Military Training Centre for the Land Forces). These military training areas have weather stations and devices to measure the forest litter moisture content, and can transmit measurement data to the server which hosts a dedicated website. This website features a tab named *Military*

 ISSN 1895-8443

cym systemie prognozowania zagrożenia pożarowego w Lasach Państwowych", umożliwiająca wykorzystanie danych dla wybranej lokalizacji poligonu w celu oznaczenia alarmowego stopnia zagrożenia pożarowego. Zarówno metoda, jak i stworzone oprogramowanie informatyczne zostały praktycznie wykorzystane w czerwcu 2016 r. podczas ćwiczeń wojsk NATO pod kryptonimem Anakonda, które odbywały się jednocześnie na wielu polskich poligonach.

training areas in the fire risk forecasting system in place in the State Forests, which can be used to utilise data for a selected training area location to determine an emergency fire risk degree. Both this method and the newly developed software were applied during the June 2016 NATO military exercise, codename Anaconda, which took place simultaneously in numerous Polish military training areas.

Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu „Opracowanie metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego lasu na potrzeby wojska" finansowanego przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych.

The article was written within the project „The emergency forest fire risk level determination method for military purposes" financed by the Directorate General of State Forests.

Literatura/Literature

[1] Porozumienie Ministra Obrony Narodowej i Ministra Środowiska w sprawie warunków użytkowania lasów na potrzeby związane z obronnością i bezpieczeństwem państwa z dnia 5 lipca 2013 r.

[2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz.U. 2006, nr 58, poz. 405).

[3] Szczygieł R., Kwiatkowski M., Kołakowski B., Klimczyk A., *Opracowanie metody alarmowego ustalania stopnia zagrożenia pożarowego na potrzeby wojska*, IBL, 2014.

[4] Karlikowski T., *Prognozowanie zagrożenia pożarowego lasu metodą IBL*, „Prace IBL", 1981, 578, 3–72.

[5] Kwiatkowski M., Szczygieł R., Piwnicki J., *Opracowanie nowej metody prognozowania zagrożenia pożarowego lasu*, IBL, 2010.

[6] Szczygieł R., *Metoda oceny ryzyka powstania pożaru lasu wspomagająca organizację działań ratowniczych,* prace IBL, Rozprawy i Monografie, 2009, nr 12.

[7] Krajowy System Informacji o Pożarach Lasu, http://bazapozarow.ibles.pl/ibl_ppoz/faces/index.jsp [dostęp: 20.09.2016].

DR HAB. RYSZARD SZCZYGIEŁ – prof. nadzw. Instytutu Badawczego Leśnictwa, wykształcenie pożarnicze i leśne sprawia, że zainteresowania zawodowe koncentrują się na problematyce ochrony przeciwpożarowej lasu, szczególnie modelowania pożaru lasu, pirologii leśnej jak i gaszenia pożarów. Autor, bądź współautor 120 publikacji naukowych, 90 prac badawczych i kilkunastu wdrożeń rozwiązań technicznych i organizacyjnych w Lasach Państwowych.

MGR INŻ. MIROSŁAW KWIATKOWSKI – główny specjalista w Laboratorium Ochrony Przeciwpożarowej Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa, zaangażowany m.in. w prace nad prognozowaniem zagrożenia pożarowego oraz łączności w ochronie przeciwpożarowej lasu.

MGR INŻ. BARTŁOMIEJ KOŁAKOWSKI – starszy specjalista w Laboratorium Ochrony Przeciwpożarowej Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa.

RYSZARD SZCZYGIEŁ, D.Sc. – professor at the Forest Research Institute. His education in firefighting and forestry directed his professional interests to issues of forest fire protection, particularly forest fire modelling, the study of forest fires, and fire extinguishing. The author and co-author of 120 scientific publications, 90 research projects and more than ten implementations of technical and organisational solutions in State Forests.

MIROSŁAW KWIATKOWSKI, M.Sc.Eng. – chief specialist at the Laboratory of Forest Fire protection of the Forest Research Institute, involved, i.a., in work on predicting fire risks, and on communication issues in forest fire protection.

BARTŁOMIEJ KOŁAKOWSKI, M.Sc.Eng. – senior specialist at the Laboratory of Forest Fire protection of the Forest Research Institute.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

mgr inż. Bartłomiej Sędłak[a)], mgr inż. Jacek Kinowski[a)], dr inż. Paweł Sulik[a)*]

[a)]*Instytut Techniki Budowlanej / Building Research Institute (ITB)*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: p.sulik@itb.pl*

Miejsca krytyczne elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych pod względem izolacyjności ogniowej

Critical Places Regarding Fire Insulation of Glazed Curtain Walls Test Specimens

Критические точки образцов элементов стеклянных фасадных панелей

ABSTRAKT

Cel: Celem pracy jest przedstawienie wiedzy na temat badań oraz klasyfikacji odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych, a ponadto wyznaczenie punktów krytycznych elementów próbnych ścian osłonowych pod względem izolacyjności ogniowej.

Wprowadzenie: Ściana osłonowa składa się zazwyczaj z pionowych i poziomych elementów konstrukcyjnych, połączonych razem, zakotwionych do konstrukcji nośnej budynku i wypełnionych tak, by tworzyć lekkie, ciągłe pokrycie zamykające przestrzeń, które spełnia, samodzielnie lub w połączeniu z konstrukcją budynku, wszystkie normalne funkcje ściany zewnętrznej budynku, ale nie pełni funkcji nośnej.

W niniejszym artykule przedstawione zostały główne aspekty dotyczące odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych. Omówiono metodykę badań oraz sposób klasyfikacji odporności ogniowej elementów tego typu. Ponadto podjęto próbę zdefiniowania słabych punktów elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych na podstawie badań przeprowadzonych w ostatnich latach w Zakładzie Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej (ZBOITB). Przeanalizowano przyrosty temperatur na nienagrzewanej powierzchni 17 elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych badanych w warunkach oddziaływania ognia od wewnątrz zgodnie z normami PN-EN 1364-3:2007 oraz PN-EN 1364-3:2014. Wszystkie z analizowanych elementów próbnych osiągnęły klasę odporności ogniowej min. EI 15.

Metodologia: W pracy przedstawiono wyniki analizy przyrostów temperatury na nienagrzewanej powierzchni elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych dokonanej podczas badań odporności ogniowej. Badania przeprowadzono zgodnie z normami PN-EN 1364-3:2006 oraz PN-EN 1364-3:2014 w ZBOITB w Warszawie oraz w Pionkach.

Wnioski: Największy przyrost temperatury najczęściej rejestrowano w miejscu połączenia słupów oraz rygli. Miejsce to można uznać za najbardziej krytyczne. Duży przyrost temperatury w tych miejscach spowodowany jest najprawdopodobniej dużymi ugięciami elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych w trakcie badania. Deformacja ta powoduje wypinanie się rygli ze słupów fasady, w wyniku czego tworzą się miejsca, przez które przedostają się gorące gazy. Ponadto w miejscach tych dosyć często występują specjalne łączniki, które ograniczają zaizolowaną przestrzeń profilu. Dodatkowo zaobserwowanym ciekawym zjawiskiem jest pojawienie się stosunkowo wysokich temperatur na przeszkleniu w odległości 20 mm od słupa lub rygla. Wymagania dotyczące pomiaru temperatury w tych miejscach zostały określone dopiero w nowelizacji normy badawczej z 2014 roku i należy przyznać, że było to właściwe posunięcie, ponieważ miejsca te, pod względem izolacyjności ogniowej, mogą być również słabymi punktami elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pożarowe, odporność ogniowa, izolacyjność ogniowa, ściana osłonowa, badania ogniowe
Typ artykułu: doniesienie wstępne

Przyjęty: 19.10.2016; Zrecenzowany: 14.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 38–50, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.3;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The presentation of technical know-how associated with fire tests and the classification of glazed curtain walls. The determination of critical places for maximum temperature rise on the unexposed surfaces of curtain wall test specimens.

Introduction: A curtain wall is a type of wall which usually consists of vertical and horizontal structural members connected to each other and fixed to the floor-supporting structure of the building to form a lightweight space-enclosing continuous skin, which provides, by itself or in conjunction with the building construction, all the normal functions of an external wall, but doesn't acquire any of the load-bearing properties of the building.

The paper discusses the main issues related to the fire resistance of glazed curtain walls, including the testing methodology and the method of classification of this type of building element. Moreover, the paper presents an attempt to determine the weaknesses of aluminum glazed curtain wall test specimens regarding the maximum temperature-rise measurements, based on the fire-resistance tests performed in recent years by the Fire Research Department

of the Building Research Institute (ITB). The paper analyses the results of the temperature rises on unexposed surfaces of 17 aluminum glazed curtain wall specimens tested for internal fire exposure in accordance with EN 1364-3:2006 and EN 1364-3:2014, which achieved the fire-resistance class of min. EI 15.
Methodology: The paper presents the results of the analysis of temperature rises on the unexposed surfaces of curtain wall test specimens during fire-resistance tests. The tests were conducted in accordance with the PN-EN 1364-3:2006 and EN 1364-3:2014 standards in the Fire Testing Laboratory of the Building Research Institute (ITB) in Warsaw and Pionki.
Conclusions: The highest temperature rise was recorded on the mullion and transom connections, and these places can be regarded as critical. The significant increase in temperature in those junctions can be explained by the large deformations of the glazed curtain wall specimens during the fire test. Such deformation causes the destruction of beam-to-column connections, which facilitates the flow of hot gases. Additionally, special connectors often occur in these places, which constricts the space of insulation inserts. An interesting phenomenon is the fairly high temperature rise on the glass panes, 20 mm from the mullions or transoms. Requirements regarding temperature measurements in these places were established no earlier than in the new version of the standard issued in 2014 and, as can be observed, this was the correct decision, because these places, in terms of fire resistance, can also be the weakness of glazed curtain wall specimens.
Keywords: fire safety, fire resistance, fire insulation, curtain wall, fire tests
Type of article: short scientific report

Received: 19.10.2016; Reviewed: 14.02.2017; Published: 31.03.2017;
The authors contributed equally to this article;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 38–50, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.3;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью работы является предоставление сведений о тестировании и классификации огнестойкости застекленных светопрозрачных фасадов, а также определение критических точек образцов фасадных стен с точки зрения противопожарной изоляции.
Введение: светопрозрачный фасад, как правило, состоит из вертикальных и горизонтальных элементов конструкции, соединенных вместе, прикрепленных к несущей конструкции здания и заполненных таким образом, чтобы образовалось легкое и сплошное покрытие, закрывающее пространство, которое выполняет либо отдельно, либо в сочетании с конструкцией здания, все обычные функции внешней стены здания, кроме функций несущей стены.
В данной статье представлены основные аспекты, касающиеся огнестойкости стеклянных фасадных панелей. Рассматриваются методики тестирования и способы классификации огнестойкости этого типа. Кроме того, предпринята попытка определения слабых мест образцов элементов фасадных панелей на основе исследований, проведенных в последние годы в Отделе Пожарных Испытаний в Институте Строительной Техники (ZBO ITB). Проанализировано рост температуры на ненагреваемой поверхности 17 образцов элементов фасадных панелей, испытанных в условиях пожара с внутренней стороны, в соответствии со стандартами PN-EN 1364-3:2007 и PN-EN 1364-3:2014. Все анализируемые образцы элементов соответствуют классу огнестойкости мин. EI 15.
Методы: В работе представлены результаты анализа роста температуры на ненагреваемой поверхности образцов элементов стеклянных фасадных панелей, проведённого в ходе испытаний на огнестойкость. Исследование было проведено в соответствии с нормами PN-EN 1364-3:2006 и PN-EN 1364-3:2014 в ОНИИПСТ в Варшаве и в Пёнках.
Выводы: Наибольшее повышение температуры чаще всего было зафиксировано в точках соединений стоек с болтами. Эти точки можно считать наиболее критическими. Значительное увеличение температуры в этих местах, вероятно, обусловлено большими прогибами образцов элементов застекленных светопрозрачных фасадов во время испытания. Такие деформации приводят к отсоединению болтов от стоек фасада, создавая тем самым пространство, через которое проникают горячие газы. Кроме того, в этих местах довольно часто бывают специальные разъемы, которые ограничивают изолированное пространство профиля. Также, наблюдалось интересное явление появления относительно высоких температур на поверхности стекла на расстоянии 20 мм от стойки или болта. Требования относительно измерения температуры в этих местах были выявлены только в поправках к стандартам тестирования от 2014 года, и следует признать, что это был правильный шаг, поскольку эти места, с точки зрения противопожарной изоляции, также могут оказаться слабыми точками образцов элементов фасадных панелей.
Ключевые слова: противопожарная безопасность, огнестойкость, противопожарная изоляция, брандмауэр, противопожарное тестирование
Вид статьи: предварительный отчет

Принята: 19.10.2016; Рецензирована: 14.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Авторы внесли одинаковый вклад в создание этой статьи;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 38–50, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.3;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Ściana osłonowa składa się zazwyczaj z pionowych i poziomych elementów konstrukcyjnych, połączonych razem, zakotwionych do konstrukcji nośnej budynku i wypełnionych tak, by tworzyć lekkie, ciągłe pokrycie zamykające przestrzeń, które spełnia, samodzielnie lub w połączeniu z konstrukcją budynku, wszystkie normalne funkcje ściany zewnętrznej budynku, ale nie pełni funkcji nośnej.

W przypadku budynków specjalnego przeznaczenia, takich jak: szpitale, szkoły, hotele, galerie handlowe czy obiekty o znacznej wysokości [1, 2], wymaga się, aby ich nienośne elementy, do których zalicza się też ściany osłonowe, były zaprojektowane i wykonane tak, by w przypadku wystąpienia pożaru ograniczyły rozprzestrzenianie się ognia zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz (na sąsiednie obiekty) budynku, zapewniały bezpieczeństwo ekipie prowadzącej akcję ratowniczą oraz umożliwiały sprawną ewakuację użytkowników budynku. Powyższe szczegółowe wymagania

zazwyczaj nie występują samodzielnie (np. zapewnienie właściwej ewakuacji związane jest z nośnością konstrukcji, rozprzestrzenianiem się ognia i dymu wewnątrz obiektu, a także z bezpieczeństwem ekip ratowniczych) i dlatego podczas pożarów poszczególne elementy budynków mogą spełniać kilka funkcji.

Dotyczy to również ścian osłonowych – elementów budynku, od których najczęściej oczekuje się, że dzięki swojej odpowiedniej konstrukcji i wykonaniu będą przez określony czas ograniczyły rozprzestrzenianie się pożaru na sąsiednie kondygnacje, sąsiadujące obiekty oraz – w specyficznych przypadkach – również sąsiadujące pomieszczenia. Powstrzymanie przenoszenia się pożaru na sąsiednie kondygnacje jest możliwe dzięki odpowiednio wykonanym pasom międzykondygnacyjnym [3], a ograniczenie przenoszenia się pożaru na sąsiednie pomieszczenia – dzięki odpowiedniemu uszczelnieniu złącza liniowego [4, 5] pomiędzy ścianą osłonową a przegrodą wewnętrzną [6]. W celu zapobieżenia rozprzestrzenianiu się pożaru na sąsiednie budynki wymaga się, żeby pomiędzy sąsiadującymi budowlami były zachowane właściwe odległości albo – gdy nie jest to możliwe – żeby określona część powierzchni ściany osłonowej miała odpowiednią klasę odporności ogniowej. Ponadto wymaga się, by ściana była w odpowiedni sposób zamocowana, tak aby zapobiec odpadaniu jej fragmentów podczas ewakuacji oraz prowadzenia prac przez ekipy ratownicze [7–11].

Przeszklone ściany osłonowe określonej klasy odporności ogniowej są wykonywane najczęściej jako konstrukcje słupowo-ryglowe. Słupy oraz rygle są robione z profili aluminiowych lub stalowych o skrzynkowym przekroju. Wewnątrz profilu umieszczane są specjalne wkłady ogniochronne, wykonywane najczęściej z płyt gipsowo-kartonowych, krzemianowo-wapniowych lub z innych materiałów zapewniających odpowiednie zabezpieczenie profilu przed niekorzystnym działaniem ognia oraz wysokiej temperatury. Liczba i rodzaj zastosowanych wkładów mają ogromny wpływ na właściwości ogniowe danej fasady, co przedstawione zostało w artykułach [12, 13]. Ponadto wewnątrz profili dosyć często stosowane są kształtowniki wzmacniające, których zadaniem jest zwiększenie wytrzymałość całej konstrukcji. Najczęściej są one wykonywane z tego samego materiału co dany profil.

Jako wypełnienia pomiędzy profilami stosowane są specjalne szyby ogniochronne, zespolone z szybą zewnętrzną [14, 15]. Przeszklenia, podobnie jak rodzaj zastosowanych profili, dobierane są odpowiednio do oczekiwanej klasy odporności ogniowej. Pakiety szklane są najczęściej mocowane przy użyciu specjalnych listew dociskowych lub uchwytów przykręcanych do profilu podstawowego. Dopasowanie odpowiedniego sposobu zamocowania przeszklenia odgrywa główną rolę w osiągnięciu oczekiwanej klasy odporności ogniowej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku coraz częściej stosowanych przeszkleń o dużych wymiarach [16–19].

Istotnym elementem stosowanym w konstrukcji przeszklonych ścian osłonowych są specjalne uszczelki pęczniejące. „Uszczelki te pod wpływem temperatury zwiększają swoją objętość, dzięki czemu zamykają szczeliny przez które mógłby przedostać się ogień" [20].

Rozwiązania techniczne stosowane w przeszklonych ścianach osłonowych zostały obszernie omówione w literaturze, m.in. w [21–23]. Warto również zaznaczyć, że bardzo podobne do nich są stosowane także w elementach poziomych [24, 25] – przeszklone dachy są wykonywane dokładnie z takich samych profili jak ściany osłonowe.

Badania oraz klasyfikacja odporności ogniowej

Jedynym sposobem określenia rzeczywistej klasy odporności ogniowej przeszklonej ściany osłonowej jest wykonanie badania odporności ogniowej, które należy przeprowadzić w akredytowanym laboratorium (np. w ZBOITB). Zgodnie z normą klasyfikacyjną PN-EN 13501-2 w przypadku ścian osłonowych w pełnej konfiguracji (kompletnego zestawu) klasa odporności ogniowej przyznawana jest na podstawie badania wykonanego zgodnie z normą PN-EN 1364-3, a w przypadku częściowej konfiguracji (np. samego pasa międzykondygnacyjnego) – zgodnie z normą PN-EN 1364-4.

W normie badawczej zostały wyróżnione dwa przypadki, w których można określić odporność ogniową ściany osłonowej – nagrzewanie od wewnątrz i nagrzewanie z zewnątrz. Różnią się one od siebie konfiguracją elementu próbnego i sposobem jego zamocowania oraz warunkami panującymi w piecu badawczym.

W przypadku nagrzewania od wewnątrz temperatura w danym czasie badania powinna być zgodna z krzywą standardową, która przyjmowana jest jako właściwa dla odzwierciedlenia pożaru wewnątrz budynku i określona wzorem:

$$T = 345\ log_{10}\,(8t + 1) + 20 \qquad (1)$$

gdzie:
T – temperatura (w °C),
t – czas od początku badania (w min)

W przypadku nagrzewania z zewnątrz, odzwierciedlającego pożar na zewnątrz budynku (znacznie łagodniejszy), temperatura w danym czasie badania powinna być zgodna z krzywą zewnętrzną określoną wzorem:

$$T = 660\,(1 - 0{,}687e^{-0{,}32t} - 0{,}313e^{-3{,}8t}) + 20 \qquad (2)$$

Wpływ kierunku nagrzewania na wyniki badań odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych został obszernie omówiony w artykułach [12, 13, 26, 27].

Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych przeprowadza się na elementach próbnych, które są wykonane jako w pełni reprezentatywne dla tych zastosowanych w praktyce lub w taki sposób, aby zapewnić jak największy zakres zastosowania wyników badań.

W normie badawczej została przedstawiona standardowa konfiguracja dla prostego (równego) elementu próbnego (sąsiednie tafle szklane umieszczone w profilach słupów równolegle względem siebie) oraz dla elementu próbnego narożnego (sąsiednie tafle szklane umieszczone w profilach słupów pod danym kątem względem siebie).

W przypadku nagrzewania od wewnątrz element próbny montowany jest dołem i górą do stropów stanowiących konstrukcję mocującą w taki sposób, aby odzwierciedlić warunki, które będą

ISSN 1895-8443

panować w rzeczywistości. Kiedy ściana osłonowa ma być sprawdzona od strony zewnętrznej, mocowana jest zazwyczaj do specjalnej ramy badawczej i dostawiana do czołowego otworu pieca.

W trakcie badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych mogą być sprawdzane następujące kryteria skuteczności działania: szczelność ogniowa (E), izolacyjność ogniowa (I) oraz promieniowanie (W).

Szczelność ogniowa to zdolność elementu konstrukcji, który pełni funkcję oddzielającą, do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony tak, aby uniemożliwić przeniesienie się ognia w wyniku przeniknięcia płomieni lub gorących gazów na stronę nienagrzewaną. Podczas badania szczelność ogniowa jest sprawdzana za pomocą tamponu bawełnianego, szczelinomierzy lub wizualnie. Szczelność jest zachowana, jeżeli:

- tampon bawełniany nie zapali się przez 30 s od momentu przyłożenia go do elementu próbnego,
- penetracja (szczelinomierzem o grubości 25 mm lub 6 mm na długości 150 mm) szczeliny powstałej w wyniku działania ognia nie była możliwa,
- nie utrzymał się płomień po stronie nienagrzewanej (nie pojawił się ogień ciągły trwający dłużej niż 10 s).

W przypadku gdy element próbny nie jest oceniany pod względem izolacyjności ogniowej, zapalenie się tamponu bawełnianego nie oznacza utraty szczelności ogniowej.

Izolacyjność ogniowa to zdolność elementu konstrukcji do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony tak, aby uniemożliwić przeniesienie się ognia w wyniku znaczącego przepływu ciepła na stronę nienagrzewaną. Izolacyjność jest sprawdzana przy użyciu termoelementów powierzchniowych mocowanych do badanego elementu za pomocą kleju odpornego na temperaturę lub przy użyciu termoelementu ruchomego (przyrost temperatury średniej jest ograniczony do 140°C powyżej początkowej średniej temperatury, natomiast przyrost temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie badanej ściany osłonowej ograniczony jest do 180°C powyżej temperatury początkowej).

Promieniowanie jest zdolnością elementu konstrukcji do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony tak, aby – w przypadku znaczącego wypromieniowania ciepła albo przez element, albo z jego powierzchni nienagrzewanej – ograniczone zostało prawdopodobieństwo przeniesienia się ognia do sąsiadujących materiałów. Sposób pomiaru promieniowania określa norma PN-EN 1363-2 (pomiar przy użyciu radiometru ustawionego w odległości 1 m od geometrycznego środka nienagrzewanej powierzchni ściany osłonowej). Elementy, dla których zostało ocenione kryterium promieniowania, powinny być zidentyfikowane przez dodanie litery W do klasyfikacji (np. EW 30). Klasyfikację tych elementów należy podawać jako czas, przez który maksymalna wartość promieniowania, mierzonego 1,0 m od nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego. nie przekroczyła wartości 15 kW/m^2.

Na podstawie przeprowadzonego badania określana jest, zgodnie z normą PN-EN 13501-2, klasa odporności ogniowej. Przy jej przyznawaniu pod uwagę brane są opisane wcześniej kryteria skuteczności działania.

Wyniki badań są zawsze zaokrąglane w dół do najbliższej niższej klasy, która może być nadana danemu elementowi. W przypadku gdy klasa odporności ogniowej jest kombinacją cech, deklarowany czas jest najkrótszym czasem ustalonym dla którejkolwiek cechy. Przykładowo element próbny przeszklonej ściany osłonowej, który utracił swoją izolacyjność ogniową w 36. minucie badania wskutek przekroczenia temperatury średniej na powierzchni któregoś z przeszkleń, a szczelność ogniową – w 62. minucie wskutek pojawienia się ognia ciągłego na nienagrzewanej powierzchni, powinien być klasyfikowany jako EI 30/E 60 (klasyfikacje będące kombinacją klas i czasów są podawane w kolejności zmniejszającej się liczby parametrów skuteczności działania i zwiększającego się czasu). W przypadku gdy przeprowadzono więcej niż jedno badanie ze względu na oczekiwany zakres zastosowania, klasyfikację dla całego zakresu określa najniższy wynik spośród wyników uzyskanych w poszczególnych badaniach. Ponieważ klasyfikacja jest ściśle powiązana z zakresem zastosowania, więc wyniki pojedynczych badań mogą prowadzić do tego, że dany element zostanie zaszeregowany do wyższej klasy odporności dla bardziej ograniczonego zakresu zastosowania.

W normie klasyfikacyjnej zdefiniowane zostały klasy odporności ogniowej zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Klasy odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych [21]
Table 1. Glazed curtain walls fire resistance classes [21]

E	15		30	60	90	120
EI	15		30	60	90	120
EW		20	30	60	90	120

Dodatkowo, zgodnie z normą PN-EN 13501-2, każdorazowo dla danej klasy odporności ogniowej przeszklonej ściany osłonowej podane jest oznaczenie wskazujące na rodzaj badania, na podstawie którego została nadana klasyfikacja.

„Dla ścian osłonowych badanych przy standardowej krzywej nagrzewania N od wewnątrz oraz zewnętrznej krzywej nagrzewania E od zewnątrz, stosuje się oznaczenie «o ↔ i». W wypadku pojedynczego badania dla danej klasy, przy nagrzewaniu od wewnątrz stosuje się oznaczenie «i → o», zaś przy nagrzewaniu od zewnątrz stosuje się oznaczenie «o → i»" [17]. Dokładna procedura badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych oraz sposób klasyfikacji zostały obszernie omówione w literaturze, m.in. w [28–32].

Przeszklone ściany osłonowe są z reguły wyposażone w drzwi, które również muszą spełniać wymagania dotyczące odporności ogniowej, a w określonych przypadkach – także wymagania dotyczące dymoszczelności. Elementy te również podlegają badaniu odporności ogniowej i/lub dymoszczelności. Badanie to jednak przeprowadza się zgodnie z inną normą badawczą – elementem próbnym są wtedy dane drzwi, a konstrukcją mocującą jest ściana osłonowa stowarzyszona (w przypadku odporności ogniowej) lub uzupełniająca (w przypadku dymoszczelności).

Przypadki tego typu oraz metodyka badania odporności ogniowej takich elementów zostały przedstawione w artykułach [33–37], a w zakresie dymoszczelności – w artykułach [35, 38–41].

Elementy próbne

W celu wytypowania miejsc krytycznych przeszklonych ścian osłonowych pod względem izolacyjności ogniowej przeanalizowano wyniki badań 17 elementów próbnych poddanych działaniu ognia w warunkach nagrzewania od wewnątrz. Badania przeprowadzono w ostatnich latach w ZBOITB w Warszawie oraz w Pionkach. Wszystkie elementy zostały przebadane zgodnie z normą PN-EN 1364-3 i osiągnęły klasę odporności ogniowej przynajmniej EI 15. Analizy dokonano dla 7 różnych systemów ścian osłonowych, 4 różnych rodzajów wkładów izolacyjnych oraz 15 typów pakietów szklanych. Rozstaw pomiędzy mocowaniami słupów badanych elementów wynosił 3536–5000 mm. Specyfikację ścian osłonowych, których wyniki badań przeanalizowano, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wymiary i specyfikacja elementów próbnych
Table 2. Dimensions and specification of the test specimens

Badanie nr/ Test No.	Data badania/Test date	Czas trwania badania [min]/Test duration [min]	Rodzaj systemu/Type of system	Rodzaj wkładu izolacyjnego/Type of insulation insert	Rodzaj przeszklenia/Type of glass unit	Szerokość [mm]/Width [mm]	Wysokość [mm]/Height [mm]	Rozstaw mocowań [mm]/Span [mm]
1	5.10.2007	47	1	4	11	3822	4100	3536
2	9.07.2007	62	1	1	12	3822	4100	3536
3	5.06.2009	66	1	1	1	3822	4952	3536
4	30.09.2010	36	1	4	9	3822	4952	3536
5	15.10.2010	63	1	1	10	3822	4952	3536
6	14.01.2013	62	4	1	3	5825	5725	5000
7	21.01.2013	36	4	3	4	5825	5725	5000
8	09.07.2014	33	6	1	6	4522	5667	4700
9	15.07.2014	63	6	1	7	4522	5667	4700
10	23.10.2014	50	7	1	8	4730	5426	4700
11	12.01.2015	66	5	1	5	4122	5667	4700
12	12.02.2015	68	7	1	8	4730	5426	4700
13	17.06.2015	70	3	2	2	4520	4550	3900
14	16.10.2015	55	1	1	14	4122	5667	4700
15	23.10.2015	34	1	1	15	4122	5667	4700
16	8.12.2015	56	1	1	14	4122	5667	4700
17	18.01.2016	19	3	brak izolacji / no insulation	13	4970	5350	4700

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wszystkie wymienione systemy ścian osłonowych były wykonane z aluminiowych profili (stop aluminium EN-AW 6060 T66) o przekroju skrzynkowym i następujących wymiarach (szerokość profilu x głębokość konstrukcyjna):

- 50 x 125 mm (system 1),
- 55 x 104 mm (system 2),
- 46 x 46 mm (system 3),
- 50 x 129 mm (system 4),
- 50 x 165 mm (system 5),
- 50 x 185 mm (system 6),
- 52 x 124 mm (system 7).

Wewnątrz profili umieszczono wkłady izolacyjne. Były nimi:

- płyta glinokrzemianowa (typ 1),
- masa na bazie cementu (typ 2),
- płyta krzemianowo-wapniowa (typ 3),
- płyta gipsowa (typ 4).

Przestrzenie pomiędzy profilami wypełniono przeszkleniami wykonanymi jako szyby zespolone (składające się ze specjalnej szyby ogniowej oraz szyby zewnętrznej) lub jako pojedyncze szyby ogniowe. Były to następujące typy przeszkleń:

- szyba zespolona o całkowitej grubości 43 mm, składająca się z szyby ogniowej o grubości 25 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 1);
- pojedyncza szyba ogniowa o grubości 23 mm (typ 2),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 45 mm, składająca się z szyby ogniowej o grubości 25 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 3),
- pojedyncza szyba ogniowa o grubości 33 mm (typ 4),
- pojedyncza szyba ogniowa o grubości 18 mm (typ 5),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 48 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 30 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 6),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 36 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 22 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 7),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 41 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 28 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 5 mm (typ 8),

 ISSN 1895-8443

- szyba zespolona o całkowitej grubości 46 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 23 mm oraz laminowanej szyby zewnętrznej o grubości 9 mm (typ 9),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 41 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 25 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 10),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 48 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 32 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 11),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 33 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 15 mm oraz laminowanej szyby zewnętrznej o grubości 8 mm (typ 12),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 41 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 23 mm oraz laminowanej szyby zewnętrznej o grubości 8 mm (typ 13),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 34 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 18 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 14),
- szyba zespolona o całkowitej grubości 47 mm składająca się z szyby ogniowej o grubości 25 mm oraz hartowanej szyby zewnętrznej o grubości 6 mm (typ 15),

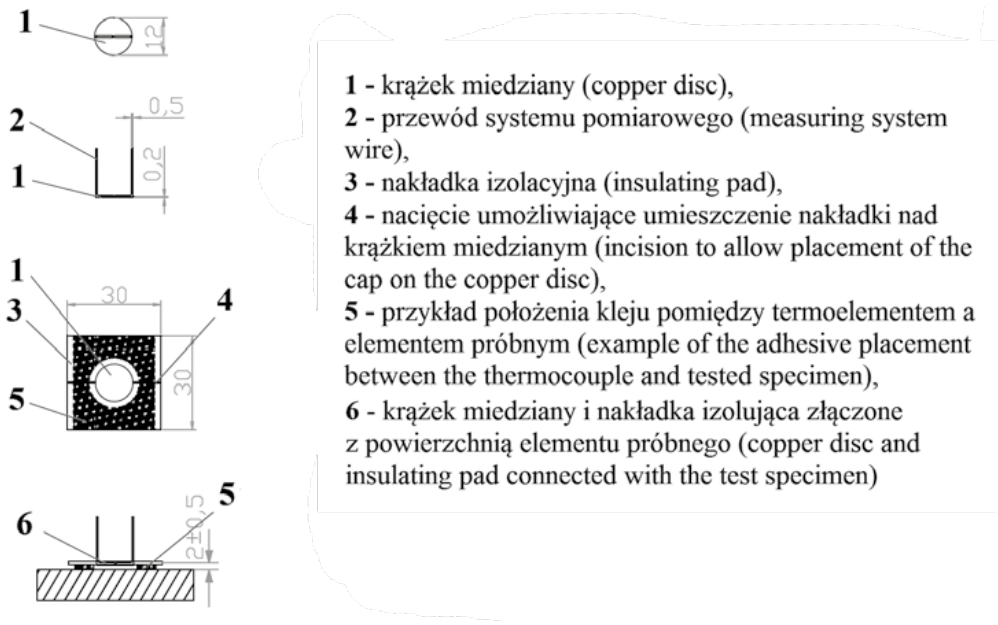
Wyniki badań

W trakcie badania elementów próbnych przedstawionych w tabeli 2 prowadzono pomiar przyrostów temperatury w określonych punktach nienagrzewanej powierzchni tych elementów. W celu wytypowania miejsc krytycznych wyznaczono 7 miejsc, w których odbywały się pomiary:

- T1 – termoelementy umieszczone na powierzchni pakietów szklanych służące do pomiaru ich temperatury średniej;
- T2 – termoelementy umieszczone wzdłuż dolnej powierzchni górnego stropu w środku szerokości elementu próbnego;
- T3 – termoelementy umieszczone wzdłuż dolnej powierzchni górnego stropu w linii słupa elementu próbnego;
- T4 – termoelementy umieszczone na połączeniach słupów oraz rygli;
- T5 – termoelementy umieszczone na ryglach w środku odległości pomiędzy sąsiadującymi słupami;
- T6 – termoelementy umieszczone na słupach w środku odległości pomiędzy sąsiadującymi ryglami;
- T7 – termoelementy umieszczone na przeszkleniu w odległości 20 mm od słupa lub rygla (ponieważ wymagania dotyczące sprawdzania temperatury w tych miejscach pojawiły się dopiero w wydaniu normy badawczej z 2014 r., więc przeprowadzono w nich pomiar tylko dla elementów nr 10–17).

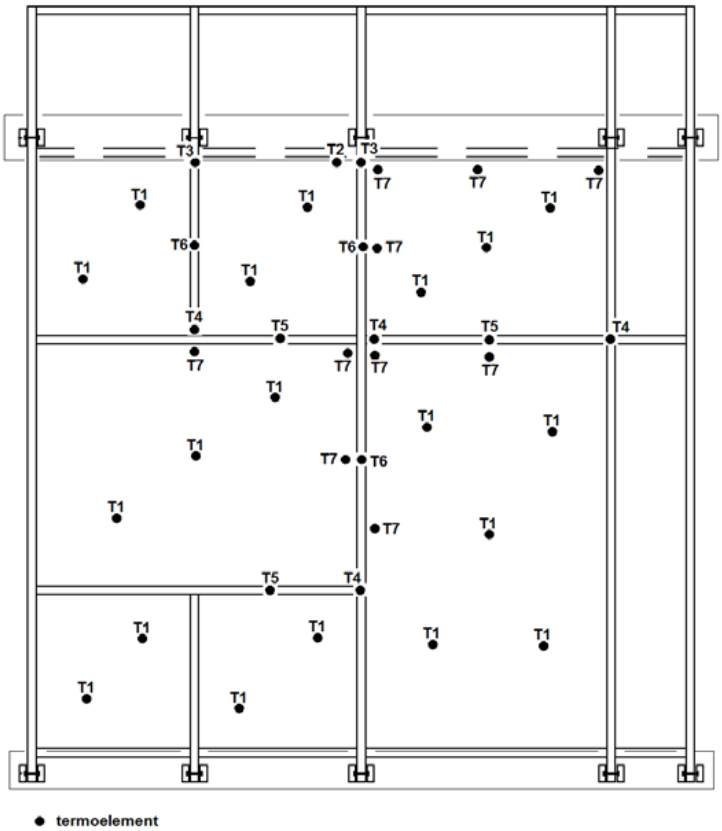
Pomiar temperatury odbywał się przy użyciu termoelementów powierzchniowych typu K (zgodnie z normą PN-EN 1363-1), których schemat przedstawiono na rycinie 1. Przykładowe miejsca pomiaru przyrostów temperatury (T1–T7) przedstawiono na rycinie 2.

Wyniki przyrostów temperatury w wyżej określonych miejscach, odpowiednio w 15., 30., 45. i 60. minucie badania, zestawiono w tabelach 3–6. W tabelach 7–10 przedstawiono natomiast wyniki w postaci procentowej w odniesieniu do najwyższej temperatury w danym badaniu, dzięki czemu można zaobserwować, jak bardzo temperatura w miejscu krytycznym dla danego badania odbiegała od temperatur zarejestrowanych w pozostałych punktach.



Rycina 1. Schemat budowy termoelementu powierzchniowego (wymiary w mm) [32]

Figure 1. Scheme of the surface thermocouple's structure (dimensions in mm) [32]



Rycina 2. Rozkład termoelementów na nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego – przykład

Figure 2. Thermocouples arrangement on the unexposed surface of the tested specimen – an example

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 3. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 15. minucie badania

Table 3. Temperature rise in the specific places in 15th minute of the test

Badanie nr/ Test No.	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	T5 [°C]	T6 [°C]	T7 [°C]
1	27,0	0	10,0	66,0	12,0	31,0	x
2	10,0	0	30,0	70,0	59,0	44,0	x
3	9,0	1,0	22,0	62,0	31,0	17,0	x
4	7,3	0,5	60,5	72,4	74,7	72,3	x
5	1,9	0	10,9	45,7	4,8	21,0	x
6	9,1	6,7	9,9	28,6	11,1	13,2	x
7	75,3	69,5	68,1	81,3	81,7	78,2	x
8	18,2	34,6	35,9	65,8	54,8	55,8	x
9	12,8	0,2	52,4	70	71,1	65,6	x
10	14,4	1,4	0,4	10,1	0,3	0,7	74,1
11	9,1	0,2	4,6	13,2	15	28,6	12,9
12	11,9	0,7	61,4	77,7	12,1	77,6	22,5
13	9,5	8,8	29,5	74,2	30,1	17,6	12,6
14	4,8	0,1	0,2	35	8,9	7,5	6,8
15	10,9	0,3	8,2	21,3	21,8	9	14,9
16	4,7	0,1	0,8	8	14,8	5	6,2
17	60	33,8	36	69,3	37,5	25,2	27,8

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Tabela 4. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 30. minucie badania

Table 4. Temperature rise in specific places in the 30th minute of the test

Badanie nr/ Test No.	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	T5 [°C]	T6 [°C]	T7 [°C]
1	65	3	75	99	76	93	x
2	30	2	73	71	74	72	x
3	26	5	69	78	83	56	x
4	28	4,7	62,3	80,5	80	83,2	x
5	14,9	2	73,5	74,8	72,2	74,7	x
6	25,5	21,2	37	41,6	69	36,9	x
7	78,7	74,7	92,5	137	127,9	146,1	x
8	46	56,1	66,6	68,1	66,8	81,2	x
9	35,3	5,3	69,7	70,6	74,7	74,3	x
10	60,8	8	1	62,4	1,4	32,1	73,6
11	25,5	2,6	17,7	34,6	29,3	38,1	36,9
12	33,7	65,9	70,8	79,3	67,5	79	58,1
13	25,9	35,4	81,3	110,2	79,2	80	48,8
14	23,8	8,2	13,6	43,4	31,5	33,8	30
15	33,2	4,5	26,3	42	46	22,1	40,4
16	24,7	9,1	19,4	32,6	35,6	31,3	29,3
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 5. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 45. minucie badania

Table 5. Temperature rise in specific places in the 45th minute of the test

Badanie nr/ Test No.	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	T5 [°C]	T6 [°C]	T7 [°C]
1	79	6	78	175	96	166	x
2	45	4	74	81	86	87	x
3	36	10	73	96	101	80	x
4	x	x	x	x	x	x	x
5	31,5	6,2	76,9	100,9	81,3	81,6	x
6	33,9	29,2	36,4	47,6	70,2	54,7	x
7	x	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x	x
9	58,9	15,1	70,5	87,1	80,9	109,6	x
10	62,3	22,5	1,9	60,1	6,2	54,1	73,4
11	33,9	9,8	27,5	50	42,1	43,4	54,7
12	54,9	67,5	71	98,7	69,7	72,8	68,1
13	36,9	51,1	103,5	127,5	72	84,7	88,5
14	36,4	24,2	29,6	64,4	57,7	54,1	44
15	x	x	x	x	x	x	x
16	38,3	26,6	30,8	69,3	62,7	72,6	45,6
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 6. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 60. minucie badania

Table 6. Temperature rise in specific places in the 60th minute of the test

Badanie nr/ Test No.	T1 [°C]	T2 [°C]	T3 [°C]	T4 [°C]	T5 [°C]	T6 [°C]	T7 [°C]
1	x	x	x	x	x	x	x
2	56	7	74	104	99	121	x
3	41	16	77	127	119	103	x
4	x	x	x	x	x	x	x
5	42,7	12,1	78,1	117,1	93,8	104,3	x
6	45,1	47,4	64,5	62,1	71,9	63,4	x
7	x	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x	x
9	52,9	24,3	81,7	122,1	116,4	146,2	x
10	x	x	x	x	x	x	x
11	45,1	18,9	31,3	64,7	51,1	62,1	65,5
12	68,4	68,8	73,7	102,8	70,3	93,5	83,1
13	44,6	58,9	125,7	136	92,8	90,3	122,9
14	x	x	x	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x	x	x
16	x	x	x	x	x	x	x
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 7. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 15. minucie badania w odniesieniu do maksymalnej temperatury zarejestrowanej w tym czasie badania

Table 7. Temperature rise in specific places in the 15th minute of the test, with respect to the maximum temperature recorded at this time

Badanie nr/ Test No.	T1 [%]	T2 [%]	T3 [%]	T4 [%]	T5 [%]	T6 [%]	T7 [%]
1	40,91	0,00	15,15	**100,00**	18,18	46,97	x
2	14,29	0,00	42,86	**100,00**	84,29	62,86	x
3	14,52	1,61	35,48	**100,00**	50,00	27,42	x
4	9,77	0,67	80,99	96,92	**100,00**	96,79	x
5	4,16	0,00	23,85	**100,00**	10,50	45,95	x
6	31,82	23,43	34,62	**100,00**	38,81	46,15	x
7	92,17	85,07	83,35	99,51	**100,00**	95,72	x
8	27,66	52,58	54,56	**100,00**	83,28	84,80	x
9	18,00	0,28	73,70	98,45	**100,00**	92,26	x
10	19,43	1,89	0,54	13,63	0,40	0,94	**100,00**
11	31,82	0,70	16,08	46,15	52,45	**100,00**	45,10
12	15,32	0,90	79,02	**100,00**	15,57	99,87	28,96
13	12,80	11,86	39,76	**100,00**	40,57	23,72	16,98
14	13,71	0,29	0,57	**100,00**	25,43	21,43	19,43
15	50,00	1,38	37,61	97,71	**100,00**	41,28	68,35
16	31,76	0,68	5,41	54,05	**100,00**	33,78	41,89
17	86,58	48,77	51,95	**100,00**	54,11	36,36	40,12

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Tabela 8. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 30. minucie badania w odniesieniu do maksymalnej temperatury zarejestrowanej w tym czasie badania

Table 8. Temperature rise in specific places in the 30th minute of the test, with respect to the maximum temperature recorded at this time

Badanie nr/ Test No.	T1 [%]	T2 [%]	T3 [%]	T4 [%]	T5 [%]	T6 [%]	T7 [%]
1	65,66	3,03	75,76	**100,00**	76,77	93,94	x
2	40,54	2,70	98,65	95,95	**100,00**	97,30	x
3	31,33	6,02	83,13	93,98	**100,00**	67,47	x
4	33,65	5,65	74,88	96,75	96,15	**100,00**	x
5	19,92	2,67	98,26	**100,00**	96,52	99,87	x
6	36,96	30,72	53,62	60,29	**100,00**	53,48	x
7	53,87	51,13	63,31	93,77	87,54	**100,00**	x
8	56,65	69,09	82,02	83,87	82,27	**100,00**	x
9	47,26	7,10	93,31	94,51	**100,00**	99,46	x
10	82,61	10,87	1,36	84,78	1,90	43,61	**100,00**
11	66,93	6,82	46,46	90,81	76,90	**100,00**	96,85
12	42,50	83,10	89,28	**100,00**	85,12	99,62	73,27
13	23,50	32,12	73,77	**100,00**	71,87	72,60	44,28
14	54,84	18,89	31,34	**100,00**	72,58	77,88	69,12
15	72,17	9,78	57,17	91,30	**100,00**	48,04	87,83
16	69,38	25,56	54,49	91,57	**100,00**	87,92	82,30
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 9. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 45. minucie badania w odniesieniu do maksymalnej temperatury zarejestrowanej w tym czasie badania

Table 9. Temperature rise in specific places in the 45th minute of the test, with respect to the maximum temperature recorded at this time

Badanie nr/ Test No.	T1 [%]	T2 [%]	T3 [%]	T4 [%]	T5 [%]	T6 [%]	T7 [%]
1	45,14	3,43	44,57	**100,00**	54,86	94,86	x
2	51,72	4,60	85,06	93,10	98,85	**100,00**	x
3	35,64	9,90	72,28	95,05	**100,00**	79,21	x
4	x	x	x	x	x	x	x
5	31,22	6,14	76,21	**100,00**	80,57	80,87	x
6	48,29	41,60	51,85	67,81	**100,00**	77,92	x
7	x	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x	x
9	53,74	13,78	64,32	79,47	73,81	**100,00**	x
10	84,88	30,65	2,59	81,88	8,45	73,71	**100,00**
11	61,97	17,92	50,27	91,41	76,97	79,34	**100,00**
12	55,62	68,39	71,94	**100,00**	70,62	73,76	69,00
13	28,94	40,08	81,18	**100,00**	56,47	66,43	69,41
14	56,52	37,58	45,96	**100,00**	89,60	84,01	68,32
15	x	x	x	x	x	x	x
16	52,75	36,64	42,42	95,45	86,36	**100,00**	62,81
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 10. Przyrost temperatury w określonych miejscach w 60. minucie badania w odniesieniu do maksymalnej temperatury zarejestrowanej w tym czasie badania

Table 10. Temperature rise in specific places in the 60th minute of the test, with respect to the maximum temperature recorded at this time

Badanie nr/ Test No.	T1 [%]	T2 [%]	T3 [%]	T4 [%]	T5 [%]	T6 [%]	T7 [%]
1	x	x	x	x	x	x	x
2	46,28	5,79	61,16	85,95	81,82	**100,00**	x
3	32,28	12,60	60,63	**100,00**	93,70	81,10	x
4	x	x	x	x	x	x	x
5	36,46	10,33	66,70	**100,00**	80,10	89,07	x
6	62,73	65,92	89,71	86,37	**100,00**	88,18	x
7	x	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x	x
9	36,18	16,62	55,88	83,52	79,62	**100,00**	x
10	x	x	x	x	x	x	x
11	68,85	28,85	47,79	98,78	78,02	94,81	**100,00**
12	66,54	66,93	71,69	**100,00**	68,39	90,95	80,84
13	32,79	43,31	92,43	**100,00**	68,24	66,40	90,37
14	x	x	x	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x	x	x
16	x	x	x	x	x	x	x
17	x	x	x	x	x	x	x

x – brak danych / lack of data

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Podsumowanie

Analizując dane przedstawione w tabelach 3–10, można zaobserwować, że największe przyrosty temperatury zarejestrowano tylko w punktach T4–T7. W tabeli 11 pokazano, jak często w stosunku do całkowitej liczby przeprowadzanych badań najwyższa temperatura pojawiała się w danym miejscu. Wartości przedstawiono jako procent wystąpienia najwyższej temperatury w danym miejscu w odniesieniu do wszystkich wykonanych badań. W przypadku punktu T7 pod uwagę brano tylko badania nr 10–17, ponieważ tylko w nich temperatura była weryfikowana także w tym punkcie.

Tabela 11. Procent pojawienia się najwyższej temperatury w danym miejscu w odniesieniu do wszystkich badań

Table 11. The percentage occurrence of the highest temperature in a specific place in respect to all tests made

Czas/Time	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7*
15. min/15th min	0,00%	0,00%	0,00%	58,82%	29,41%	5,88%	12,50%
30. min/30th min	0,00%	0,00%	0,00%	31,25%	37,50%	25,00%	14,29%
45. min/45th min	0,00%	0,00%	0,00%	41,67%	16,67%	25,00%	33,33%
60. min/60th min	0,00%	0,00%	0,00%	50,00%	12,50%	25,00%	33,33%

*procent wyznaczony na podstawie badań nr 10–17

*percentage calculated only for tests No. 10–17

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że najmniejsze przyrosty temperatur zaobserwowano w punktach T1–T3. Zjawisko to można wyjaśnić bardzo prosto. W przypadku pomiarów temperatury w miejscu T1 termoelementy umieszczono równomiernie na powierzchni przeszklenia, gdzie przyrost temperatury jest stosunkowo niewielki z powodu konstrukcji pakietów szklanych używanych w elementach próbnych ścian osłonowych o przewidywanej określonej klasie odporności ogniowej. Pakiety te składają się z umieszczonego od strony wewnętrznej (w badaniach – po stronie pieca) specjalnego szkła ogniowego, które z reguły jest takim samym przeszkleniem jak to używane w elementach próbnych przeszklonych

ISSN 1895-8443

ścian działowych [42–44] czy drzwi [33, 34, 40, 45]. Ze względu na charakterystykę badań elementów tego typu występujące w nich przeszklenia muszą być przygotowane tak, aby powstrzymać przyrost temperatury o 140 K. W przypadku ścian osłonowych pakiet szklany wyposażony jest nie tylko w szybę ogniową, lecz także w dodatkową szybę zewnętrzną, która wraz z występującą pomiędzy obiema szybami pustką powietrzną stanowi dodatkową barierę izolacyjną, co skutkowało małym przyrostem temperatury podczas badań w punkcie T1. Niewielkie przyrosty temperatury w miejscach T2 oraz T3 należy wyjaśnić tym, że punkty te znajdowały się w obszarze pasa międzykondygnacyjnego, który z reguły jest najlepiej zaizolowanym obszarem ściany osłonowej.

Największy przyrost temperatury najczęściej rejestrowano w miejscach połączenia słupów oraz rygli (T4) i punkty te można uznać za najbardziej krytyczne. Przyrost ten był najprawdopodobniej spowodowany dużymi ugięciami elementów próbnych ścian osłonowych w trakcie badania. Deformacja ta powodowała wypinanie się rygli ze słupów fasady, w wyniku czego tworzyły się miejsca, przez które przedostawały się gorące gazy. Ponadto w punktach tych dosyć często występowały specjalne łączniki, które ograniczają zaizolowaną przestrzeń profilu.

Dodatkowo zaobserwowanym ciekawym zjawiskiem było pojawienie się stosunkowo wysokich temperatur na przeszkleniu w odległości 20 mm od słupa lub rygla (T7). Wymagania dotyczące pomiaru temperatury w tych miejscach zostały określone dopiero w nowelizacji normy badawczej z 2014 roku i należy przyznać, że było to właściwe posunięcie, ponieważ miejsca te, pod względem izolacyjności ogniowej, mogą być również słabymi punktami elementów próbnych przeszklonych ścian osłonowych.

Literatura

[1] Sassi S., Setti P., Amaro G., Mazziotti L., Paduano G., Cancelliere P., Madeddu M., *Fire safety engineering applied to high-rise building facades*, „MATEC Web Conf.", 2016, 46, 04002.

[2] Sulik P., Sędłak B., Turkowski P., Węgrzyński W., *Bezpieczeństwo pożarowe budynków wysokich i wysokościowych*, [w:] *Budownictwo na obszarach zurbanizowanych, Nauka, praktyka, perspektywy*, A. Halicka (red.), Politechnika Lubelska, Lublin 2014, 105–120.

[3] Sędłak B., Sulik P., *Odporność ogniowa pasów międzykondygnacyjnych aluminiowo-szklanych ścian osłonowych*, „Izolacje", 2016, 21, 1, 66–73.

[4] Sędłak B., Roszkowski P., *Izolacyjność ogniowa uszczelnień złączy liniowych w zależności od głębokości i szerokości złącza*, „Izolacje", 2015, 20, 10, 58–63.

[5] Laskowska Z., Borowy A., *Złącza liniowe – rozwiązania, badania i klasyfikacja w zakresie odporności ogniowej*, „Mater. Bud." 2013, 7, 1, 2–5.

[6] Sulik P., Sędłak B., *Ochrona przeciwpożarowa w przegrodach wewnętrznych*, „Izolacje", 2015, 20, 9, 30–34.

[7] Kinowski J., Sędłak B., Sulik P., *Falling parts of external walls claddings in case of fire – ITB test method – Results comparison*, „MATEC Web of Conferences" 2016, 46, 02005.

[8] Móder I., Varga A., Geier P., Vágó B., Rajna E., Brief summary of the Hungarian test method (MSZ 14800-6:2009) of fire propagation on building façades, „MATEC Web Conf. ", 2016, 46, 01002.

[9] Sulik P., Sędłak B., *Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych elewacji*, „Mater. Bud.", 2015, 1, 9, 20–22.

[10] Sulik P., Sędłak B., *Bezpieczeństwo pożarowe szklanych fasad*, „Inf. Bud. Murator – Fasady", 2015, 38–42.

[11] Sulik P., Sędłak B., Kinowski J., *Bezpieczeństwo pożarowe ścian zewnętrznych (Cz. 2) Mocowanie okładzin elewacyjnych*, „Ochr. Przeciwpożarowa", 2015, 51, 1, 9–12.

[12] Kinowski J., Sędłak B., Sulik P., *Izolacyjność ogniowa aluminiowo-szklanych ścian osłonowych w zależności od sposobu wypełnienia profili szkieletu konstrukcyjnego*, „Izolacje", 2015, 20, 2, 48–53.

[13] Sędłak B., Kinowski J., Borowy A., *Fire resistance tests of large glazed aluminium curtain wall test specimens – Results comparison*, „MATEC Web of Conferences", 2013, 9, 02009.

[14] Laskowska Z., Borowy A., *Szyby zespolone w elementach o określonej odporności ogniowej*, „Świat Szkła", 2016, 21, 3, 15–20, 28.

[15] Laskowska Z., Borowy A., *Szyby w elementach o określonej odporności ogniowej*, „Świat Szkła", 2015, 20, 12, 10–15.

[16] Kinowski J., Sędłak B., Sulik P., *Large glazing in curtain walls – Study on impact of fixing methods on fire resistance*, „MATEC Web of Conferences", 2016, 46, 05004.

[17] Sędłak B., O*dporność ogniowa ścian osłonowych z dużymi przeszkleniami. Cz. 2.*, „Świat Szkła", 2014, 19, 5, 28–31.

[18] Sędłak B., *Odporność ogniowa ścian osłonowych z dużymi przeszkleniami. Cz. 1.*, „Świat Szkła", 2014, 19, 3, 16–19, 25.

[19] Sędłak B., Sulik P., *Odporność ogniowa wielkogabarytowych pionowych elementów przeszklonych*, „Mater. Bud.", 2015, 1, 7, 28–30.

[20] Sędłak B., *Systemy przegród aluminiowo-szklanych o określonej klasie odporności ogniowej*, „Świat Szkła", 2013, 18, 10, 30–33, 41.

[21] Sędłak B., *Wymagania z zakresu nienośnych przegród przeciwpożarowych – przeszklone ściany osłonowe i działowe, drzwi i bramy*, [w:] G. Grzymkowska-Gałka, *Budynek wielofunkcyjny z częścią usługowo-handlową i garażem podziemnym – w aspekcie projektowania, wykonawstwa i odbioru przez PSP: Materiały pomocnicze do wykładów*, ARCHMEDIA, Warszawa 2016, 43–62.

[22] Sędłak B., Sulik P., Kinowski J., *Wymagania i rozwiązania techniczne systemów pionowych przegród przeszklonych o określonej klasie odporności ogniowej*, BiTP Vol. 42 Issue 2, 2016, 167–171.

[23] Sulik P., Sędłak B., *Odporność ogniowa pionowych przegród przeszklonych. Część 1*, „Świat Szkła", 2015, 20(7–8), 37–38, 40, 42–43.

[24] Roszkowski P., Sędłak B., *Metodyka badań odporności ogniowej dachów przeszklonych*, „Świat Szkła", 2011, 16, 6, 50–52.

[25] Roszkowski P., Sędłak B., *Badania odporności ogniowej poziomych elementów przeszklonych*, „Świat Szkła", 2014, 19, 12, 46–51.

[26] Sędłak B., Kinowski J., *Badania odporności ogniowej ścian osłonowych – przyrosty temperatury na szybach*, „Świat Szkła", 2013, 18, 11, 20–25.

[27] Sulik P., Kinowski J., Sędłak B., *Fire resistance of aluminium glazed curtain walls, Test results comparison depending on the side of fire exposure*, "Appl. Struct. Fire Eng.", 2016.

[28] Sędłak B., *Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych. Cz. 1.*, „Świat Szkła", 2012, 17, 9, 52–54.

[29] Kinowski J., Sędłak B., Sulik P., Izydorczyk D., *Fire resistance glazed constructions classification, Changes in the field of application*, "Appl. Struct. Fire Eng.", 2016.

[30] Kinowski J., Sulik P., Sędłak B., *Badania i klasyfikacja systemów pionowych przegród przeszklonych o określonej klasie odporności ogniowej*, BiTP Vol. 42 Issue 2, 2016, pp. 135–140.

[31] Sędłak B., *Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych wg nowego wydania normy PN-EN 1364-3*, „Świat Szkła", 2014, 19(7–8), 49–53.

[32] Sędłak B., *Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych. Cz. 2.*, „Świat Szkła", 2012, 17, 10, 53–58, 60.

[33] Sędłak B., *Metodyka badań odporności ogniowej drzwi przeszklonych. Cz. 1.*, „Świat Szkła", 2012, 17, 3, 50–52, 60.
[34] Sędłak B., *Metodyka badań odporności ogniowej drzwi przeszklonych. Cz. 2.*, „Świat Szkła", 2012, 17, 4, 55–58, 60.
[35] Kinowski J., Sędłak B., Sulik P., *Odporność ogniowa i dymoszczelność drzwi zgodnie z PN-EN 16034*, „Mater. Bud" 2015, 1, 11, 67–69.
[36] Izydorczyk D., Sędłak B., Sulik P., *Izolacyjność ogniowa drzwi przeciwpożarowych*, „Izolacje", 2016, 21, 1, 52–63.
[37] Izydorczyk D., Sędłak B., Sulik P., *Thermal insulation of single leaf fire doors, Test results comparison in standard temperature-time fire scenario for different types of doorsets*, "Appl. Struct. Fire Eng.", 2016.
[38] Sędłak B., *Przeszklone drzwi dymoszczelne – badania oraz klasyfikacja w zakresie dymoszczelności*, „Świat Szkła", 2013, 18, 4, 35–38.
[39] Sulik P., Sędłak B., Izydorczyk D., *Odporność ogniowa i dymoszczelność drzwi przeciwpożarowych na wyjściach awaryjnych z tuneli – badania i klasyfikacja*, „Logistyka", 2014, 6, 10104–10113.
[40] Sulik P., Sędłak B., *Wybrane zagadnienia związane z drzwiami przeciwpożarowymi*, „Inżynier Budownictwa", 2015, 11, 90–97.
[41] Sędłak B., Frączek A., Sulik P., *Wpływ zastosowanego rozwiązania progowego na dymoszczelność drzwi przeciwpożarowych,* „Mater. Bud.", 2016, 1, 7, 26–29.
[42] Sędłak B., *Bezszprosowe szklane ściany działowe o określonej klasie odporności ogniowej*, „Świat Szkła", vol. 19, no. 11, p. 24, 26, 28, 30, 2014.
[43] Sędłak B., *Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych*, „Świat Szkła", 2014, 19, 2, 30–33.
[44] Sędłak B., Kinowski J., Izydorczyk D., Sulik P., *Fire resistance tests of aluminium glazed partitions, Results comparison*, "Appl. Struct. Fire Eng.", 2016.
[45] Sulik P., Sędłak B., *Odporność ogniowa drzwi z dużymi przeszkleniami*, „Świat Szkła", 2015, 20, 3, 38–42.

MGR INŻ. BARTŁOMIEJ SĘDŁAK – absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej. Zatrudniony w Zakładzie Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej, gdzie obecnie pełni funkcję kierownika Pracowni Odporności Ogniowej Przegród, Elementów Instalacyjnych i Dymoszczelności. Specjalista z zakresu badań dotyczących odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych i osłonowych, drzwi, okien, uszczelnień przejść instalacyjnych oraz złączy liniowych. Jako autor lub współautor opublikował w prasie branżowej lub wygłosił na krajowych i międzynarodowych konferencjach kilkadziesiąt artykułów technicznych z zakresu bezpieczeństwa pożarowego budynków.

MGR INŻ. JACEK KINOWSKI – absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (specjalność: konstrukcje budowlane i inżynierskie). Od 2011 r. pracownik Zakładu Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej. Członek Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. Specjalista z zakresu badań dotyczących odporności ogniowej ścian działowych, ścian osłonowych, drzwi i złączy liniowych, badań dotyczących dymoszczelności drzwi oraz badań dotyczących odpadania elementów okładzin elewacyjnych. Jako autor lub współautor opublikował w prasie branżowej lub wygłosił na krajowych i międzynarodowych konferencjach kilkadziesiąt artykułów technicznych z zakresu bezpieczeństwa pożarowego budynków.

DR INŻ. PAWEŁ SULIK – absolwent Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej (specjalność: konstrukcje budowlane i inżynierskie). W 2002 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych w zakresie budownictwa na Politechnice Lubelskiej, gdzie przez kilkanaście lat był zatrudniony jako nauczyciel akademicki. Od 2003 r. pracownik naukowy Instytutu Techniki Budowlanej, obecnie pełni funkcję kierownika w Zakładzie Badań Ogniowych. Dodatkowo kontynuuje pracę dydaktyczną w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Autor lub współautor ponad 100 artykułów opublikowanych w czasopismach technicznych oraz kilkunastu referatów wygłoszonych na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Członek Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa oraz dwóch Komitetów Technicznych działających przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

ISSN 1895-8443

Z GÓRY WIEMY LEPIEJ ...

JUŻ OD 1800 ZŁ

CENTRUM DRONÓW
CENTRUM SYSTEMÓW BEZZAŁOGOWYCH

zaprasza na

SZKOLENIA OPERATORÓW DRONÓW, DOWÓDCÓW ZESPOŁÓW DRONOWYCH, ANALITYKÓW GIS

KORZYŚCI

zdobycie wiedzy lotniczej niezbędnej do prawidłowego i bezpiecznego użytkowania Bezzałogowego Statku Powietrznego

program szkolenia gwarantuje wysoki poziom wyszkolenia praktycznego z zakresu pilotażu i obsługi naziemnej BSP

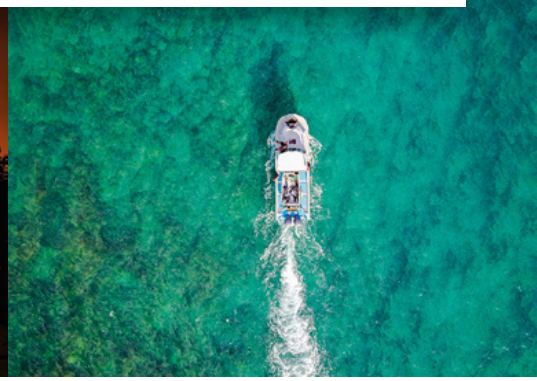
W PROGRAMIE

procedury stosowane przy planowaniu lotów, w tym lotów fotogrametrycznych, podstawowe zagadnienia związane z teledetekcją

podstawy przetwarzania danych teledetekcyjnych pozyskanych z powietrza

DOSTĘPNE MODUŁY

VLOS
GIS
BVLOS



KONTAKT

Karol Juszczyk
+ 48 514 558 553
kjuszczyk@cnbop.pl

Mariusz Feltynowski
+ 48 691 521 929
mfeltynowski@cnbop.pl

SIEDZIBA

CNBOP-PIB
ul. Nadwiślańska 213
05-420 Józefów

INFO I ZAPISY

www.cnbop.pl/centrumdronow

dr hab. inż. Mariusz Maślak[a)*], prof. PK, mgr inż. Anna Tkaczyk[b)], mgr inż. Piotr Woźniczka[a)]

[a)] *Politechnika Krakowska / Cracow University of Technology*
[b)] *Biuro Budowlane „Bauko S.C.", Kielce*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: mmaslak@pk.edu.pl*

Użyteczność modelu obliczeniowego pojedynczej ramy poprzecznej w szacowaniu odporności ogniowej hali stalowej

The Usability of a Computational Model of a Single Transverse Frame in the Fire Resistance Assessment of an Entire Steel Hall

Полезность расчетной модели одиночной поперечной рамы в оценивании огнестойкости стального павильона

ABSTRAKT

Cel: Celem zaprezentowanych rozważań jest wypracowanie miarodajnej odpowiedzi na pytanie o wiarygodność stosowania modelu obliczeniowego pojedynczej ramy poprzecznej wyizolowanej ze złożonego ustroju nośnego hali stalowej w ocenie odporności ogniowej tej hali. Badanie zachowania się w pożarze pojedynczej ramy poprzecznej poprzez weryfikację kolejnych potencjalnie możliwych form jej zniszczenia umożliwia specyfikację poszukiwanej odporności interpretowanej jako określona dla tej ramy temperatura krytyczna, niezależna od przyjętego scenariusza rozwoju pożaru. Temperatura ta kojarzona jest jednoznacznie z osiągnięciem przez ustrój nośny analizowanej ramy stanu granicznego nośności ogniowej.

Metody: Do specyfikacji temperatury krytycznej wybranej ramy proponuje się procedurę obliczeniową opartą na uogólnionej na przypadek pożaru formule Merchanta-Rankine'a. Kwantyfikuje ona miarodajną nośność badanej ramy poprzez interakcję odpowiednich nośności skojarzonych z czysto sprężystą i czysto plastyczną formą jej zniszczenia. Opisano ograniczenia wybranej przez autorów metody oceny wynikające z konieczności akceptacji wielu upraszczających założeń formalnych. Pokazano również, jak na otrzymane rezultaty wpływa stopień złożoności zastosowanego modelu obliczeniowego.

Wyniki: Weryfikację i walidację proponowanej w artykule procedury obliczeniowej przeprowadzono porównując przemieszczenia wybranych węzłów ramy poprzecznej hali stalowej analizowanej dla warunków pożaru. Chodziło o sprawdzenie, jakiego typu i jak duże rozbieżności wynikają z zastosowania uproszczonego modelu dwuwymiarowego pojedynczej ramy w stosunku do wyników otrzymanych z analizy pełnego trójwymiarowego modelu ustroju nośnego całej hali.

Wnioski: Wykazano, że uproszczony model obliczeniowy pojedynczej ramy poprzecznej hali stalowej jest wystarczająco wiarygodny w przypadku, gdy o odporności ogniowej tej ramy decyduje pierwsza faza pożaru, gdy nie ma jeszcze znaczącego przyrostu prędkości deformacji elementów nośnych. Jeżeli jednak badana rama zapewnia bezpieczne przenoszenie przyłożonych do niej obciążeń także wtedy, gdy mamy do czynienia z dużymi deformacjami i znacznym osłabieniem elementów decydujących o nośności ramy, to oszacowanie prognozowanej odporności na podstawie modelu ograniczonego do pojedynczej ramy poprzecznej może być nazbyt optymistyczne. Nie uwzględnia bowiem przyspieszania ugięcia rygla przez ogrzane w pożarze płatwie dachowe rozciągane osiowo wskutek tak zwanego efektu cięgna.

Słowa kluczowe: hala stalowa, odporność ogniowa, rama poprzeczna, model obliczeniowy, podejście Merchanta-Rankine'a, nośność sprężysta, nośność plastyczna, temperatura krytyczna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 10.08.2016; Zrecenzowany: 10.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: M. Maślak – 40%, A. Tkaczyk – 40%, P. Woźniczka – 20%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 52–67, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.4;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of these considerations is to achieve a reliable answer to the question about the credibility of the use of a simple computational model with a single transverse frame isolated from a complex load-bearing structure of an entire steel hall in the fire resistance-evaluation of such a hall. The study of the behaviour of a simple transverse frame under fire conditions through checking all its potential failure modes allows to specify the required fire resistance which can be interpreted as the critical temperature set especially for this frame and being independent of the fire scenario adopted for the analysis. This temperature is unequivocally associated with the reaching by the frame load-bearing structure of the fire-resistance limit state.

Methods: The classical Rankine-Merchant formula generalised to the fire case is proposed to be used in the specification of the critical temperature for the transverse frame selected for the analysis. It quantifies the reliable bearing capacity of the tested frame through the interaction of the appropriate capacities associated with purely elastic and purely plastic failure modes. The limitations of the assessment method recommended by the authors are described in detail, resulting from the need for the acceptance of many formal assumptions simplifying the analysis. The impact of the complexity of the formal model adopted for the assessed frame fire-resistance evaluation on the obtained results is also verified.
Results: Both the verification and the validation of the computational procedure proposed by the authors in this article were performed by comparing the displacements of the selected nodes in the transverse frame analysed for fire conditions. The idea was to check what type of differences are obtained through the use of a simplified two-dimensional computational model of a single frame in relation to the corresponding results obtained when a complex three-dimensional model of the entire hall is considered, and how big they are.
Conclusions: It has been shown that the simplified computational model of a single transverse frame selected from the entire steel hall seems to be sufficiently reliable in the case in which fire resistance of such a frame is determined by the first phase of this fire, when the deformation rate of all bearing members is not yet significantly increased. However, if the tested frame also ensures the safe transfer of all loads applied to it when we are dealing with large deformations and large weakening of the members determining the real capacity of such a frame then the assessment of the predicted fire resistance obtained on the basis of the model limited to the analysis of only a single transverse frame might prove to be too optimistic. It does not account for the acceleration of the deflection of the frame beam due to the action of the heated purlins being in tension as a consequence of the so called catenary effect.
Keywords: steel hall, fire resistance, transverse frame, computational model, Rankine-Merchant approach, purely elastic resistance, purely plastic resistance, critical temperature
Type of article: original scientific article

Received: 10.08.2016; Reviewed: 10.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: M. Maślak – 40%, A. Tkaczyk – 40%, P. Woźniczka – 20%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 52–67, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.4;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью дискуссии представляется разработка надежного ответа на вопрос о достоверности использования расчетной модели одиночной поперечной рамы, выделенной из сложной несущей конструкции стального павильона при оценке огнестойкости этого павильона. Изучение поведения в огне одиночной поперечной рамы, путем проверки других потенциально возможных форм ее разрушения позволяет определять искомую интерпретацию как указанную для этой рамы критическую температуру, независимо от сценария развития пожара. Эта температура однозначно связана с достижением несущей конструкцией анализированной рамы предельного состояния пожара.
Методы: Для определения критической температуры выбранной рамы предлагается процедура расчета на основе обобщенной на случай пожара формулы Мерчанта-Ранкина. Она квантифицирует достоверную несущую способность испытательной рамы через взаимодействие соответствующих несущих способностей, связанных с исключительно пружинистым и эластичным видом её разрушения. Авторами описаны ограничения выбранного метода оценки, связанные с необходимостью принятия ряда упрощающих формальных предположений. Также показано, как на полученные результаты влияет степень сложности использованной модели расчета.
Результаты: Проверка и подтверждение предлагаемой в статье процедуры расчета проводилась путем сравнения перемещения выбранных узлов поперечной рамы стального павильона, проанализированных в условиях пожара. Речь шла о проверке, какого типа и насколько велики различия обусловленные применением упрощенной двумерной модели одиночной поперечной рамы по отношению к результатам, полученным вследствие анализа полной трехмерной модели всей несущей конструкции павильона.
Выводы: Было доказано, что упрощенная расчетная модель одиночной поперечной рамы стального павильона является достаточно надежной, когда огнестойкость этой рамы определяется первой фазой пожара, когда еще нет значительного увеличения скорости деформации несущих элементов. Однако если тестированная рама и обеспечивает безопасный перенос приложенных к ней нагрузок, даже если мы имеем дело с большими деформациями и значительным ослаблением компонентов, определяющих несущую способность рамы, то оценка прогнозированного сопротивления на основе модели одиночной поперечной рамы может быть не слишком оптимистичной. Поскольку не учитывается ускорение отклонения нагретых пожаром болтов в прогонах крыши вытянутых в осевом направлении при воздействии, так называемого, эффекта сухожилия.
Ключевые слова: стальной павильон, огнестойкость, поперечная рама, расчетная модель, подход Мерчанта-Ранкина, несущая способность пружинистая и эластичная, критическая температура
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 10.08.2016; Рецензирована: 10.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: M. Maślak – 40%, A. Tkaczyk – 40%, P. Woźniczka – 20%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 52–67, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.4;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

W dobie współczesnych obliczeń komputerowych i powszechnego dostępu do profesjonalnego oprogramowania projektant typowej hali stalowej na ogół nie ma żadnych trudności w skonstruowaniu odpowiednio precyzyjnego trójwymiarowego modelu numerycznego złożonego z elementów prętowych

Introduction

In these days of modern computer-based calculations and common access to professional software, designers of typical steel halls usually have no problems with developing a sufficiently accurate 3D numerical model, consisting of bar elements, and demonstrating the structural form and geometry

i odwzorowującego zarówno układ konstrukcyjny, jak i geometrię nowo powstającego obiektu. W modelu tym uwzględnia on nie tylko wzajemne powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami konstrukcyjnymi, w tym przede wszystkim różnokierunkowy charakter krępujących je więzów, ale również przestrzenny rozkład obciążeń zewnętrznych przyłożonych do ustroju nośnego. Niewątpliwie, uzyskane na podstawie takiej trójwymiarowej analizy statycznej i stowarzyszone z rozpatrywaną kombinacją oddziaływań pole sił wewnętrznych będzie znacznie bardziej wiarygodne od tego, które otrzymano by dla tej samej hali na podstawie konwencjonalnej analizy dwuwymiarowej odniesionej jedynie do pojedynczej ramy poprzecznej. O ile jednak zwyczaj zbierania obciążeń i specyfikacji wygenerowanych przez te obciążenia sił wewnętrznych prowadzonych na przestrzennym modelu całej konstrukcji stał się już w zasadzie klasycznym podejściem obliczeniowym, zwłaszcza wśród młodego pokolenia inżynierów [1], to następująca po tej analizie analiza wytrzymałościowa, pozwalająca na racjonalny dobór rozmiaru elementów przenoszących zidentyfikowane wcześniej obciążenia, sprowadza się nadal do analizy pojedynczej płaskiej ramy poprzecznej, wybranej jako miarodajna z całego rozpatrywanego ustroju. Potrzebne przekroje słupów i rygli kształtowanej przez projektanta ramy nośnej wynikają bowiem ze spełnienia odpowiednich warunków nośności specyfikowanych dla każdego z tych elementów w newralgicznych dla nich przekrojach poprzecznych, a także z warunków stateczności budowanych dla tych samych elementów potraktowanych jako całość. Nośność całej ramy determinuje zatem w takim ujęciu nośność słabszego z tych elementów, a w zasadzie mniejsza z dwóch granicznych wartości odniesionych do ich stateczności, oszacowanych osobno dla słupa i osobno dla rygla tej ramy. Podkreślmy przy tym, że warunki miarodajne do wyznaczenia tej nośności wykalibrowane są przy założeniu sprężysto-plastycznej pracy ustroju, tak aby uwzględniały przestrzenną interakcję rozmaitych potencjalnie możliwych form globalnej niestateczności pojedynczych prętów. Najczęściej jest to złożenie kryterium zwichrzenia rygla lub słupa uaktywniającego się wskutek zginania i wyboczenia giętnego będącego skutkiem ściskania towarzyszącego temu zginaniu. Ważne że w takim podejściu, analizując jedynie płaską ramę poprzeczną, można zweryfikować ryzyko wystąpienia globalnej formy niestateczności nie tylko w płaszczyźnie samej ramy (*in-plane buckling*), ale i na kierunku do tej płaszczyzny prostopadłym (*out-of-plane buckling*). Szacowanie nośności całej ramy w sposób tradycyjny, to znaczy jako minimum nośności (stateczności) pojedynczych prętów formujących tę ramę, budzi jednak pewne wątpliwości. Przy tego typu analizie nie wiąże się bowiem w sposób jednoznaczny wyczerpania możliwości przenoszenia przyłożonych do tej ramy obciążeń zewnętrznych z konkretną formą (wzorcem) jej zniszczenia, czyli z tzw. *failure mode*. Taka miarodajna forma zniszczenia jest niejako atrybutem całej ramy i nie musi być w żaden sposób odniesiona do degradacji pojedynczego pręta. Oczywiście, zniszczenie samego tylko rygla albo samego słupa z reguły będzie równoznaczne z awarią całej ramy, niemniej jednak relacja odwrotna nie musi zachodzić. Chodzi o to, że przy analizie jedynie pojedynczego pręta ramy można nie zauważyć na przykład takiego zlokalizowania przegubów plastycznych uaktywniających się w jego otoczeniu, które

of the building being created. This model takes into account not only the interconnections between individual structural elements, including in particular the multidirectional nature of bonds, but also the spatial distribution of external loads on the load-carrying structure. Undoubtedly, the internal force field obtained on the basis of such a three-dimensional static analysis, and associated with the combination of interactions in question, will be much more reliable than the one which would be obtained for the same hall based on a conventional two-dimensional analysis relating only to a single transverse frame. While the practice of collecting loads and specifications generated by these internal force loads on a spatial model of the entire structure has practically become the classical computational approach, especially among the younger generation of engineers [1], the strength analysis following this analysis, which makes it possible to rationally select the size of elements to bear the previously identified loads, still boils down to analysing a single flat transverse frame, selected as representative for the entire system under consideration. The required sections of columns and girts in the load-bearing frame shaped by the designer result from meeting the appropriate load capacity requirements, specified for each of those elements in their crucial cross sections, as well as from the stability conditions created for the same elements, treated as a whole. The load capacity of the entire frame is therefore determined by the load capacity of the weakest of those elements, and, in particular, the lower of the two border values in relation to their stability, estimated separately for the column and the girt of the frame. It is worth highlighting that the reliable conditions for the determination of load capacity are calibrated taking into account the elasto-plastic operation of the system, to make them include the spatial interaction between various potential forms of the global instability of individual bars. Usually this is the criterion for the lateral torsional buckling of a girt or column, as a result of bending or flexural buckling due to compression associated with bending. It is important in such an approach that by analysing only the flat transverse frame one can verify the risk of global instability, not only of in-plane buckling, but also of out-of-plane buckling. There are, however, some doubts in relation to the estimation of the load capacity of the entire frame in a traditional way, i.e. as the minimum load capacity (stability) of individual bars forming the frame. In such an analysis the exhaustion of the capacity to bear external loads on the frame is not clearly associated with any specific form (model) of its failure, i.e. the so-called failure mode. Such a representative form of failure is to some extent an attribute of the entire frame and cannot be in any way related to the degradation of any individual bar. Of course the failure of a single girt or column will usually cause the failure of an entire frame; however, the opposite relation might not appear. This means that when analysing a single frame bar one might not notice, for example, such a location of plastic hinges' becoming active in one's environ, which creates a risk of activating a kinematically allowed movement mechanism. In many practically important design cases it is worth juxtaposing the estimated load capacity of the frame based on the traditional

 ISSN 1895-8443

grozi uruchomieniem kinematycznie dopuszczalnego mechanizmu ruchu. W wielu praktycznie ważnych przypadkach projektowych warto skonfrontować oszacowanie nośności ramy uzyskane po zastosowaniu tradycyjnej procedury obliczeniowej z alternatywnym rozwiązaniem wynikającym na przykład z wykorzystania półempirycznej formuły Rankine'a-Merchanta typu:

$$\frac{1}{N_{RM}} = \frac{1}{N_{el}} + \frac{1}{N_{pl}} = \frac{N_{el} + N_{pl}}{N_{el} N_{pl}} \tag{1}$$

Wypada podkreślić, że w bieżącym roku obchodzimy okrągłą 150 rocznicę opublikowania tej zależności [2]. Przybierała ona zresztą różne formy. Tu wspomnimy chociażby taką, w której nośnościom N_{el} i N_{pl} towarzyszył kalibrowany i interpretowany w różny sposób wykładnik *n* [3]. Zgodnie z podejściem sformalizowanym równaniem (1) miarodajna nośność ramy N_{RM} (indeks *RM* oznacza tu zbitkę nazwisk Rankine-Merchant) jest determinowana przez interakcję specyfikowanych dla całej ramy, nie zaś osobno dla rygla i dla słupa, nośności: czysto sprężystej N_{el} i czysto plastycznej N_{pl}. Trzeba jednak bardzo mocno podkreślić, że nie jest ona prostym minimum obu tych nośności, ale jest od każdej z nich wyraźnie mniejsza. Użyteczność formuły (1) była wielokrotnie weryfikowana, zwłaszcza dla podstawowej sytuacji projektowej [4]. Uogólniano ją także na wyjątkową sytuację projektową pożaru rozwiniętego. Wystarczy wspomnieć na tym polu na przykład prace Skowrońskiego [5] czy Toha, Tana i Funga [6]. W pracy [7] jeden z autorów niniejszego artykułu pokazał, jak przy szacowaniu odporności ogniowej ramy stalowej z zależności (1) wyprowadzić klasyczny współczynnik wyboczeniowy, jakościowo i ilościowo różny od analogicznego współczynnika rekomendowanego w normie PN-EN 1993-1-2 [8]. W tym opracowaniu autorzy stawiają sobie za cel weryfikację użyteczności stosowania formuły (1) do zagadnień szacowania odporności ogniowej ustroju nośnego hali stalowej. Chodzi o sprawdzenie, na ile i czy w ogóle rozwiązania uzyskane z analizy pojedynczej ramy poprzecznej będą mogły być interpretowane jako charakterystyki miarodajne dla całego badanego obiektu. Spróbujemy przy tym zakreślić ograniczenia stosowalności wzoru (1). Sprawdzimy również, jaki wpływ na zgodność otrzymanych wyników z rezultatami bardziej złożonej analizy numerycznej będzie miał sposób zamodelowania istniejących warunków brzegowych.

Kwestia miarodajnego scenariusza pożarowego

W rozważaniach dotyczących szacowania odporności ogniowej hali stalowej mamy do czynienia z ustrojem nośnym poddanym działaniu specyficznej kombinacji oddziaływań zewnętrznych identyfikowanej dla wyjątkowej sytuacji projektowej. Oznacza to, że w odniesieniu do obciążeń zmiennych sumowane są ich efekty chwilowe, nie zaś opracowane dla tych efektów statystycznie uzasadnione najbardziej prawdopodobne maksima wyliczane w odpowiednim okresie odniesienia. Tak określone pole obciążeń wywołuje w konstrukcji jednoznacznie z nim skojarzony stan deformacji. Oddziaływanie pożaru w chwili jego zainicjowania nakłada się zatem, co trzeba wyraźnie

computational procedure and the alternative solution resulting from the use of, e.g., a semi-empirical Rankine-Merchant formula, such as

$$\frac{1}{N_{RM}} = \frac{1}{N_{el}} + \frac{1}{N_{pl}} = \frac{N_{el} + N_{pl}}{N_{el} N_{pl}} \tag{1}$$

It is worth underlining that this year we are celebrating the 150th anniversary of the publication of this interrelation [2]. It took various forms. Here we refer to one in which load capacities N_{el} and N_{pl} were accompanied by a calibrated exponent *n* [3], which was interpreted in a number of ways. In line with the approach formalised by the equation (1), the representative load capacity of the frame N_{RM} (the *RM* index means here Rankine-Merchant) is determined by the interaction of purely elastic N_{el} and purely plastic N_{pl} load capacities specified for the entire frame, and not individually for the girt and column. It should be, however, very strongly emphasised that this does not constitute a simple minimum of both these load capacities, but is markedly lower than any of them. The usefulness of formula (1) was verified on multiple occasions, especially for the underlying design circumstances [4]. It was also generalised for the exceptional cases of a fully developed fire. In this respect it would suffice to consult the works of Skowroński [5] Toh, Tan and Fung [6]. In [7] one of the authors of this article showed how, in the assessment of the fire resistance of a steel frame, to derive from interrelation (1) the classic buckling factor, different in qualitative and quantitative terms from the analogous factor recommended in PN-EN 1993-1-2 [8]. In this study the authors aim to verify the usability of formula (1) in respect of estimating the fire resistance of a steel hall's load bearing structure. This means evaluating to what extent, and if at all, the solutions derived from analysing a single transverse frame can be interpreted as characteristics representative of the entire tested facility. We will also attempt to determine the limitation on the use of formula (1). Finally we will check the impact of the manner of modelling the existing boundary conditions on the conformity of the obtained results with the results of a more complex numerical analysis.

The issue of a representative fire scenario

In deliberations concerning the estimation of the fire resistance of a steel hall, we are dealing with a load-carrying structure subject to a specific combination of external impacts, identified for a specific design situation. This means that, in relation to variable loads, the summed values are momentary effects, and not the statistically justified, most probable maximums, developed for these effects, and calculated in the correct reference period. A load field determined in such a way triggers in the structure a state of deformity unambiguously associated with it. The effect of a fire at the moment of its start is therefore cumulative, which should be clearly highlighted, on a pre-deformed

podkreślić, na wstępnie odkształcony ustrój nośny, nie zaś na idealizowaną konstrukcję typu „perfect". Poza tym efekt tego pożaru zmienia się w czasie jego trwania. Zależy przy tym od rodzaju, ilości i rozmieszczenia potencjalnego paliwa oraz od możliwości wymiany tlenu z otoczeniem. Zawsze jednak, zsumowany z efektami oddziaływań zewnętrznych, będzie decydował o faktycznej odporności ogniowej analizowanej hali, to znaczy o czasie, przez który jej ustrój nośny będzie w tych warunkach zdolny do bezpiecznego przenoszenia sił wewnętrznych wygenerowanych w ryglach i słupach. Wyznaczenie tej odporności najprościej skojarzyć z polem temperatury zwyczajowo specyfikowanym dla elementów konstrukcyjnych w kolejnych chwilach pożaru, takim aby towarzyszyło mu osiągnięcie przez rozważany ustrój stanu granicznego nośności ogniowej. Jeżeli możliwe będzie wyspecyfikowanie dla takiego pola arbitralnie wybranej pojedynczej wartości temperatury stali Θ_a interpretowanej w tym przypadku jako temperatura odniesienia, to wartość taką uzna się wtedy za temperaturę krytyczną miarodajną dla całej ramy poprzecznej. Tego typu podejście wymaga jednak zaakceptowania upraszczającego założenia o jednoparametrycznym opisie rozwoju temperatury w budujących tę ramę elementach konstrukcyjnych. Chodzi o to, aby przyjąć, że wraz z rozwojem pożaru temperatura stali narasta we wszystkich tych elementach proporcjonalnie do jednego wspólnego mnożnika α, takiego że w newralgicznym punkcie rozpatrywanego ustroju nośnego zachodzi $\Theta_{a,cr} = \alpha_{cr}\Theta_a$, co oznacza, że $\alpha_{cr} = \alpha(\Theta_{a,cr})$. Oczywiście, takie założenie budzi natychmiastowy sprzeciw, wystarczy bowiem, aby na rygle i na słupy analizowanej ramy zastosować różne kształtowniki stalowe, o różnych wartościach tak zwanego współczynnika ekspozycji (stosunku nagrzewanego obwodu przekroju poprzecznego do pola powierzchni tego przekroju), aby rozwój temperatury w tych elementach nie był w żaden sposób proporcjonalny. Zauważmy jednak, że w przypadku analizy elementów stalowych pozbawionych jakiejkolwiek izolacji przeciwogniowej różnice w temperaturze ogarniętych przez pożar słupów i rygli, wyznaczone za każdym razem dla tej samej chwili pożaru, są na tyle małe, że stają się w zasadzie nieistotne dla ilościowego oszacowania odporności ogniowej badanej ramy. Dodajmy do tego fakt stosunkowo szybkiego wyrównywania się temperatury w tego typu nieosłoniętych przed ogniem elementach stalowych, nie tylko w wybranych przekrojach poprzecznych, ale po prostu na całej długości tych elementów. Wydaje się zatem, że w praktycznie ważnych przypadkach obliczeniowych przypisanie rozważanemu nieizolowanemu elementowi stalowemu pojedynczej wartości temperatury charakteryzującej stopień jego nagrzania w wybranej chwili pożaru i zastąpienie tą temperaturą skojarzonej z tą samą chwilą przestrzennej mapy temperatury wynikającej z rozbudowanej analizy numerycznej, nie prowadzi do istotnego ryzyka popełnienia znaczącego błędu ilościowego. Numeryczna weryfikacja tak postawionej hipotezy jest jednym z celów badań prowadzonych obecnie przez trzeciego z autorów niniejszej pracy.

Podkreślmy, że tego typu podejście do analizy jest w zasadzie równoważne założeniu, że miarodajnym dla oceny odporności ogniowej rozpatrywanej ramy poprzecznej jest pożar w pełni rozwinięty (*fully-developed fire*), czyli taki, dla którego został osiągnięty punkt rozgorzenia (*flashover point*). W takim pożarze można

load-carrying structure, and not on an idealised, perfect structure. Furthermore, the effects of the fire change as the fire develops. It also depends on the type, quantity and location of potential fuels, and on the possibility of oxygen exchange with the environment. However, always when aggregated with the effects of external impacts, it will condition the actual fire resistance of the analysed hall, i.e. the time for which its load-carrying structure will be able to safely transfer, under these conditions, the internal forces generated in girts and columns. The determination of this resistance is the easiest to associate with the temperature field usually specified for members in subsequent moments of the fire, so that the load-carrying structure in question could be found in the endurance limit state. If it is possible to specify for such a field an arbitrary single value of the steel temperature Θ_a, interpreted in this case as the reference temperature, then such a value should be regarded as critical temperature, representative of the entire transverse frame. Such an approach requires one to accept a simplifying assumption on the uni-parametric description of temperature development in the frame members. This means assuming that as the fire develops, the steel temperature increases in all those members proportionally to one common multiplier α, such that in the critical point of the system in question, we get $\Theta_{a,cr} = \alpha_{cr}\Theta_a$, which means that $\alpha_{cr} = \alpha(\Theta_{a,cr})$. Of course such an assumption provokes immediate opposition, as it would suffice for the girts and columns in the analysed frame to be made of different steel sections, with different values for the so-called exposure factor (the ratio of heated circumference of cross-section to the area of this cross-section), for the temperature development in those elements to be completely unproportional. It should be noted, however, that in the case of analysing steel members with no thermal insulation whatsoever, the differences in temperatures of columns and girts exposed to fire, determined every time for the same moment of fire, are so small that they become basically insignificant for the quantitative estimation of the fire resistance of the tested frame. We should also mention here the fact of a relatively quick balancing of temperature in such steel members not shielded against fire, not only in the selected cross-sections, but along the entire length of these members. It therefore appears that in practically relevant computational cases, the ascribing of a single temperature value characterising its degree of heating in the selected moment of fire, to the analysed non-insulated steel member, and replacing the spatial map of temperatures resulting from extended numerical analysis with the aforementioned temperature, does not lead to a significant risk of making a serious quantitative error. The numerical verification of a hypothesis put forward in such a way is one of the objectives of the studies being conducted at present by the third author of this paper.

We would like to underline that such an approach to the analysis practically amounts to the assumption that a fully-developed fire, i.e. a fire which has reached the flashover point, is representative of the evaluation of the fire resistance of the transverse frame in question. In such a fire we can assume that the temperature of the exhaust gases affecting the structural elements at any point of the fire is steady throughout the entire fire zone, but increases over time [9]. The problem is that

 ISSN 1895-8443

przyjmować w każdej chwili jego trwania wyrównaną w całej strefie pożarowej, ale narastającą w czasie temperaturę gazów spalinowych oddziałujących na elementy konstrukcyjne [9]. Problem w tym, że w realnych warunkach do rozgorzenia pożaru dochodzić będzie raczej w halach stosunkowo małych o ograniczonych rozmiarach i kubaturze, przy równomiernie rozłożonym obciążeniu ogniowym. Wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z halą wysoką albo z obiektem wielkopowierzchniowym, miarodajnym do oceny nośności ustroju w pożarze wydaje się być pożar oddziałujący lokalnie. Z uwagi jednak na wielość takich możliwych do realizacji i ograniczonych w przestrzeni scenariuszy pożarowych na ogół przyjmuje się, że obliczeniowy pożar rozwinięty modelowany w całej objętości hali stanowi swego rodzaju obwiednię potencjalnie zagrażających ocenianej konstrukcji lokalnych oddziaływań termicznych. W takim ujęciu zakłada się, że odporność ogniowa hali uzyskana dla pożaru rozwiniętego będzie zawsze niedoszacowana, a więc pozostająca po stronie bezpiecznej, w stosunku do odporności, którą uzyskano by w przypadku rozważania lepiej odpowiadającego rzeczywistym warunkom pożaru lokalnego. Konstatacja ta nie zawsze jednak musi być prawdziwa, co pokazano na przykład w pracy [10]. W wielu praktycznie istotnych sytuacjach projektant może jednak dość precyzyjnie zinwentaryzować istniejące obciążenie ogniowe zgromadzone w badanej hali, a zatem i zlokalizować strefy, w których jest ono na tyle duże, że w przypadku zaistnienia pożaru wygeneruje pożar lokalnie zagrażający konstrukcji nośnej, ale także i takie, gdzie obciążenie to nie stanowi potencjalnego zagrożenia i może być pominięte w obliczeniach [11]. Wtedy miarodajnym do szacowania nośności ogniowej całej hali może być chociażby ograniczony w przestrzeni pożar rozwinięty, dla którego intensywność rozwoju temperatury gazów spalinowych, a także wartość dyssypowanej energii będą ustalane w zależności od rodzaju i rozmieszczenia faktycznie zinwentaryzowanego obciążenia ogniowego. Dokładne omówienie metodyki racjonalnego modelowania pożaru miarodajnego do analizy odporności ogniowej hal stalowych wymaga osobnego i stosunkowo obszernego artykułu znacznie wykraczającego poza ramy niniejszego opracowania. Zaznaczmy jedynie, że zaproponowanie odpowiednich, merytorycznie i ekonomicznie uzasadnionych, strategii postępowania na tym polu stanowi cel pracy doktorskiej trzeciego z autorów tej pracy.

Odporność ogniowa ustroju nośnego hali stalowej a temperatura krytyczna pojedynczej ramy poprzecznej tej hali

Prognozowana na podstawie obliczeń wartość odporności ogniowej analizowanej hali stalowej, specyfikowana dla całej konstrukcji jako czas, przez który w warunkach pożaru pozostanie ona zdolna do bezpiecznego przenoszenia przyłożonych do niej obciążeń, może zostać formalnie wyznaczona jedynie wtedy, gdy procedurę jej szacowania skojarzy się w sposób jednoznaczny z charakterystyką pożaru miarodajnego dla tej hali, odpowiadającego najbardziej niekorzystnemu, ale potencjalnie możliwemu scenariuszowi ekspozycji ogniowej. Wystarczy jednak dokonać zmiany przyjętego wcześniej pożaru odniesienia, aby uzyskać całkowicie odmienne oszacowanie odporności ogniowej badanego obiektu. W takim ujęciu odporność ta nie może zatem zostać

in actual conditions the flashover will occur in rather small halls, with limited dimensions and cubage, with an even distribution of the fire load. In any situation in which we are dealing with a high hall or a large-area facility, a local fire appears to be representative for assessing the load-bearing capacity in fire conditions. However, due to the extent of such implementable and spatially restricted fire scenarios, it is generally assumed that the computational developed fire, modelled for the entire volume of the hall, constitutes a kind of envelope for local thermal impacts which can potentially jeopardise the assessed structure. In such an approach, it is assumed that the fire resistance of a hall for a developed fire will always be underestimated, and thus remaining on the safe side, when compared to ratings obtained in evaluating a local fire more akin to the actual circumstances. This statement might not be always true, as demonstrated based on [10]. In many practically relevant situations, designers can fairly accurately determine the existing fire loads present in the analysed hall, and therefore locate the zones in which the loads are so great that a fire will generate a fire locally threatening the structural system, but also those zones in which loads do not constitute potential hazards and can be disregarded in calculations [11]. Then, the factor representative for the estimation of the fire endurance of the entire hall can be a spatially-limited developed fire, for which the intensity of plume gas temperature growth and the value of dissipated energy will be determined depending on the type and distribution of actually determined fire loads. To thoroughly discuss the methodology of rational fire modelling, which would be representative of the analysis of the fire resistance of steel halls, would require a separate and relatively extensive article, which would go beyond the framework of this study. We would like to highlight, though, that proposing appropriate, substantially and economically valid strategies for procedures in this field is the objective of a doctoral dissertation of the third author of this paper.

The fire resistance of the load-bearing structure of a steel hall, and the critical temperature of a single transverse frame of the hall

The value of the fire resistance of the analysed steel hall, forecast on the basis of computation, specified for the entire structure as the time in which it can safely transfer loads in fire conditions, can be formally determined only when the estimation procedure is unambiguously associated with the characteristics of the fire representative of the hall, corresponding to the most-unfavourable, but potential, scenario of fire exposure. However, if the previously adopted reference fire is changed, the estimation of the fire resistance of the given facility can be drastically different. In such a depiction, the resistance cannot be regarded as an objective measure of safety, ascribed to the system

uznana za obiektywną miarę bezpieczeństwa przypisaną do rozpatrywanego ustroju. Jeżeli jednak poszukiwaną odporność wyrazimy nie jako oczekiwany czas, ale poprzez temperaturę krytyczną specyfikowaną dla wybranego wcześniej punktu ustroju nośnego pojedynczej ramy poprzecznej, taką, po osiągnięciu której cały ten ustrój ulega destrukcji, to temperatura ta zależeć będzie głównie od schematu statycznego badanej konstrukcji i sposobu jej ogrzewania w pożarze (globalnego lub lokalnego) nie zaś od tego, jak szybko przebiega rozwój tego pożaru i czy jest to pożar, który rozgorzał i oddziałuje równomiernie w całej strefie pożarowej, czy też osiągnął on fazę pożaru rozwiniętego jedynie w bezpośrednim otoczeniu rozpatrywanej ramy poprzecznej. Temperatura krytyczna w takim podejściu jest zatem niejako atrybutem samej konstrukcji, co oznacza, że w zasadzie nie ma konieczności odnoszenia jej do przebiegu konkretnego pożaru. W ocenie autorów niniejszej pracy wielkość tę można potraktować jako obiektywną miarę bezpieczeństwa, stosunkowo łatwą do ilościowego oszacowania i dającą duże możliwości prowadzenia efektywnego i racjonalnego wnioskowania co do realnego poziomu ryzyka w pożarze. Prostota analizy okupiona jest tu jednak pewnymi ograniczeniami, których oceniający musi być świadomy przy interpretacji uzyskanych wyników. Wiele z nich komentujemy w tym artykule. Najważniejszym z tego rodzaju ograniczeń wydaje się jednak to, że temperatura krytyczna może być formalnie przypisana co najwyżej do pojedynczej ramy poprzecznej rozpatrywanej hali. Ze względu na złożoność analizy i rozmaitość skojarzonych z nią potencjalnie możliwych form zniszczenia trudno bowiem wyobrazić sobie możliwość zidentyfikowania jej wartości dla ustroju nośnego całego analizowanego obiektu. Pytanie o wiarygodność i użyteczność modelu takiej pojedynczej ramy w szacowaniu odporności ogniowej całej hali stalowej nabiera w takim kontekście fundamentalnego znaczenia.

in question. If, however, the sought resistance is expressed not as the expected time, but through the critical temperature specified for the previously selected point in the load bearing structure of a single transverse frame – the temperature which, when reached, causes the entire structure to be destroyed, then the temperature will depend mainly on the static schema of the examined structure and the manner of its heating during the fire (global or local), and not on the rapidity of fire development, or whether there was a flashover, and the fire affects equally the entire fire zone, or whether it has reached the developed stage only in the immediate vicinity of the transverse frame in question. The critical temperature in this approach is therefore, to some extent, an attribute of the structure itself, which means that there is basically no need to relate it to the course of a given fire. According to the authors of this study, this value can be treated as an objective measure of safety, relatively easy to assess in quantitative terms, and providing substantial opportunities for drawing effective and rational conclusions in respect of the real level of risk during the fire. The simplicity of analysis here comes at the price of some limitations, of which the evaluator needs to be aware when interpreting the obtained results. Many of these are commented on in this article. The most important of such limitations appears to be the fact that the critical temperature can be formally ascribed at most to a single transverse frame of the analysed hall. Due to the complexity of the analyses and the variety of the potential forms of failure associated with it, it is difficult to imagine it being possible to identify its value for the load-bearing structure of the entire facility. The question of the reliability and usability of the model of such a single frame in the estimation of the fire resistance of the entire hall becomes fundamental in such a context.

Proponowana ocena odporności ogniowej pojedynczej ramy poprzecznej hali stalowej oparta na uogólnionej regule Rankine'a-Merchanta

Jak zaznaczono we wstępie, w niniejszych rozważaniach do oceny odporności ogniowej pojedynczej ramy poprzecznej ustroju nośnego hali stalowej proponujemy opracowaną przez nas procedurę opartą na uogólnieniu półempirycznej reguły Rankine'a-Merchanta. Jej kolejne kroki są następujące:

- dla analizowanej ramy wyznacza się nośność $N_{pl,\Theta}$ skojarzoną z czysto plastyczną formą jej zniszczenia (dolny indeks Θ oznacza tu sprzężenie tej wielkości z temperaturą $\Theta_{gr,pl}$ interpretowaną jako temperatura krytyczna określona dla tej ramy, czyli po prostu temperatura odniesienia, po osiągnięciu której zniszczenie tego typu jest realizowane),
- nośność $N_{pl,\Theta}$ odpowiada najniższej wartości temperatury odniesienia, dla której możliwa staje się realizacja jakiegokolwiek kinematycznie dopuszczalnego mechanizmu ruchu, co oznacza, że $\Theta_{gr,pl} = \min_k \Theta_{gr,pl,k}$, gdzie $k = 1,..,m$ jest oznaczeniem kolejnego rozpatrywanego mechanizmu,

The proposed evaluation of the fire resistance of a single transverse frame of a steel hall, based on the generalised Rankine-Merchant rule

As indicated in the introduction to these deliberations, to evaluate the fire resistance of a single transverse frame of the load-bearing structure of a steel hall, we propose a procedure that we have developed, which is based on the generalisation of the semi-empirical Rankine-Merchant rule. Its subsequent steps are as follows:

- for the analysed frame the load-bearing capacity is determined as $N_{pl,\Theta}$, associated with the purely plastic form of failure (the lower index Θ means here the conjugation of this value with temperature $\Theta_{gr,pl}$ interpreted as the critical temperature for the frame, i.e. simply the reference temperature, which, when reached, means the failure of the given type),
- the load-bearing capacity $N_{pl,\Theta}$ corresponds to the lowest value of the reference temperature, for which any kinematically permissible movement mechanism is possible, which means that, $\Theta_{gr,pl} = \min_k \Theta_{gr,pl,k}$, where $k = 1,..,m$ is the designation of the next analysed mechanism,

ISSN 1895-8443

– wyznaczoną wartość nośności $N_{pl,\Theta}$ kojarzy się z odpowiadającą jej temperaturą $\Theta_{gr,pl}$ (oczywiście zachodzi przy tym $N_{pl,\Theta} = \min_k N_{pl,\Theta,k}$), a następnie dla tej wartości temperatury wyznacza nośność $N_{el,\Theta} = N_{el}(\Theta_{gr,pl})$ stowarzyszoną z czysto sprężystą postacią utraty stateczności ramy,
– znając wartości nośności składowych, odpowiednio $N_{pl,\Theta}$ i $N_{el,\Theta}$, wyznaczone dla tej samej granicznej temperatury $\Theta_{gr,pl}$, na podstawie klasycznej reguły Rankine'a-Merchanta wyznacza się poszukiwaną odporność ogniową analizowanej ramy, czyli $N_{RM,\Theta}$, a zatem:

$$\frac{1}{N_{RM,\Theta}} = \frac{1}{N_{el,\Theta}} + \frac{1}{N_{pl,\Theta}} \tag{2}$$

co oznacza, że:

$$N_{RM,\Theta} = \frac{N_{el,\Theta} N_{pl,\Theta}}{N_{el,\Theta} + N_{pl,\Theta}} \tag{3}$$

– oszacowaną w taki sposób odporność ogniową $N_{RM,\Theta}$ specyfikowaną dla pojedynczej ramy poprzecznej hali stalowej kojarzy się zatem w sposób jednoznaczny z temperaturą krytyczną $\Theta_{gr,pl}$ wyznaczoną wcześniej przy założeniu, że czysto plastyczny mechanizm ruchu będzie decydował o zniszczeniu badanej ramy,
– proponowana procedura daje miarodajne oszacowanie nośności ogniowej analizowanej ramy wtedy i tylko wtedy, gdy prawdziwa jest nierówność:

$$\Theta_{gr,pl} \le \Theta_{gr,el} \tag{4}$$

w której przez $\Theta_{gr,el}$ oznaczono temperaturę odniesienia, po osiągnięciu której następuje czysto sprężyste wyboczenie całej ramy lub dowolnego jej elementu (słupa, rygla),
– jeżeli nierówność (4) nie zachodzi, to za krytyczną temperaturę ramy przyjmuje się wartość $\Theta_{gr,el}$, a następnie dla niej wylicza się nośność $N_{RM,\Theta}$ przy czym w takiej sytuacji obliczeniowej nośność $N_{pl,\Theta}$ jest plastyczną nośnością przekroju poprzecznego miarodajnego elementu ramy (rygla lub słupa) przy czystym zginaniu (wtedy $N_{pl,\Theta} = W_{pl} k_{y,\Theta} f_y$ – wartość $k_{y,\Theta} f_y$ jest tu granicą plastyczności stali, z której wykonano elementy ramy, zredukowaną w temperaturze Θ natomiast W_{pl} niezależnym od tej temperatury wskaźnikiem oporu plastycznego miarodajnego przekroju poprzecznego) z ewentualnym uwzględnieniem interakcji z siłą podłużną i/lub siłą poprzeczną.

Temperaturę krytyczną $\Theta_{gr,el}$ odpowiadającą czysto sprężystej postaci zniszczenia ramy wyznacza się na ogół, korzystając z konwencjonalnych procedur klasycznej teorii stateczności sprężystej [12]. W ujęciu zaproponowanym przez nas w przypadku, gdy o zniszczeniu ramy decyduje jej sprężyste wyboczenie, jako granicę skojarzonej z tą sytuacją nośności plastycznej przyjęliśmy moment uaktywnienia się pierwszego przegubu plastycznego, co jest pewnym przybliżeniem. Oczywiście dopuszczając do pojawienia się kolejnych przegubów plastycznych, niejako zakłada się, że w przekrojach krytycznych, w których przeguby te potencjalnie wystąpią, będzie wystarczająca

– the determined value of load-bearing capacity $N_{pl,\Theta}$ is associated with the corresponding temperature $\Theta_{gr,pl}$ (of course with $N_{pl,\Theta} = \min_k N_{pl,\Theta,k}$ taking place), and next for this temperature value load-bearing capacity $N_{el,\Theta} = N_{el}(\Theta_{gr,pl})$ is determined, associated with the purely elastic form of frame stability failure,
– knowing the values of the component load-bearing capacities $N_{pl,\Theta}$ and $N_{el,\Theta}$, determined for the same temperature limit $\Theta_{gr,pl}$, based on the classic Rankine-Merchant rule, the sought fire resistance of the analysed frame, i.e. $N_{RM,\Theta}$ is determined, and therefore:

$$\frac{1}{N_{RM,\Theta}} = \frac{1}{N_{el,\Theta}} + \frac{1}{N_{pl,\Theta}} \tag{2}$$

which means that:

$$N_{RM,\Theta} = \frac{N_{el,\Theta} N_{pl,\Theta}}{N_{el,\Theta} + N_{pl,\Theta}} \tag{3}$$

– the fire resistance $N_{RM,\Theta}$ estimated in this way, and specified for a single transverse frame of a steel hall, is clearly associated with the previously set critical temperature $\Theta_{gr,pl}$, assuming that the purely plastic movement mechanism will condition frame failure,
– the proposed temperature provides a representative estimate of the fire resistance of the frame in question only when the following inequality is true:

$$\Theta_{gr,pl} \le \Theta_{gr,el} \tag{4}$$

in which $\Theta_{gr,el}$ means the reference temperature, which, when reached, results in the purely elastic lateral buckling of the entire frame or any of its elements (column or girt),
– if inequality (4) does not occur, then the critical temperature of the frame is $\Theta_{gr,el}$, for which the load-bearing capacity $N_{RM,\Theta}$ is calculated; however, in such a computational situation, the load-bearing capacity $N_{pl,\Theta}$ is the plastic load-bearing capacity of the cross-section of a representative element of the frame (column or girt) in pure bending (then $N_{pl,\Theta} = W_{pl} k_{y,\Theta} f_y$ – the value $k_{y,\Theta} f_y$ is the yield point of steel from which the frame element was made, reduced at temperature Θ, while W_{pl} is the deformation resistance index of a representative cross-section, independent of this temperature) with the possible inclusion of an interaction with a longitudinal and/or transverse force.

The critical temperature $\Theta_{gr,el}$, often corresponding to the purely elastic form of frame failure, is usually determined using the conventional procedures of the classic theory of elastic stability [12]. In the depiction proposed by us for the case, when lateral buckling determines frame failure, we assumed, as the limit of purely plastic resistance, the moment of the first plastic hinge becoming active, which is a kind of an approximation. Of course, by allowing further plastic hinges to appear, one to some extent assumes that the cross-sections holding these hinges will be able to rotate, and redistribute the bending moments.

zdolność do obrotu umożliwiająca redystrybucję momentów zginających.

Opracowanie procedur obliczeniowych pozwalających na efektywne wyznaczenie nośności $N_{pl,\Theta}$, a w konsekwencji skojarzonej z tą nośnością temperatury $\Theta_{gr,pl}$ dla ram o różnym przeznaczeniu i schemacie statycznym jest celem pracy doktorskiej drugiego z autorów niniejszej pracy.

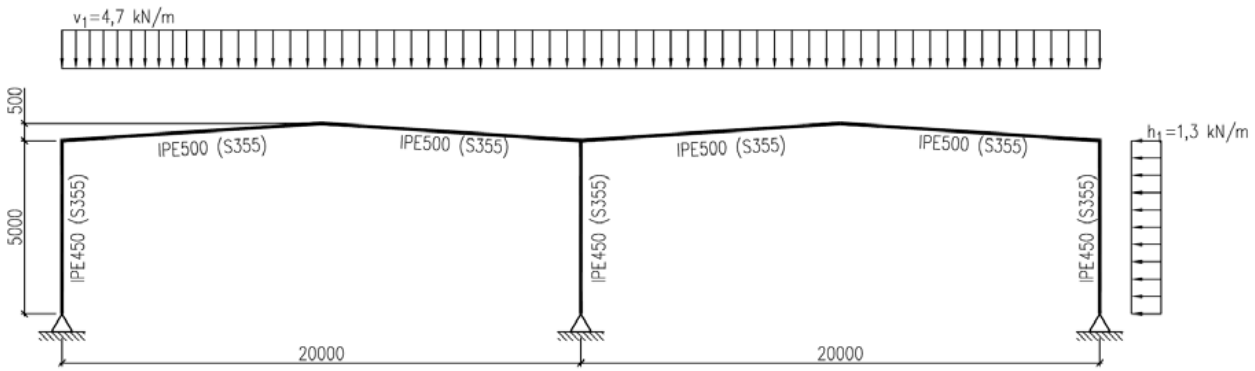
Developing computational procedures to make it possible to effectively determine the load-bearing capacity $N_{pl,\Theta}$, and, as a consequence, the temperature $\Theta_{gr,pl}$ associated with this capacity, for frames with various intended use and loading schemas, is the objective of the doctoral dissertation of the second author of this work.

Przykładowa weryfikacja przydatności modelu obliczeniowego pojedynczej ramy poprzecznej do szacowania odporności ogniowej hali stalowej

Pora powrócić do zasadniczego pytania stanowiącego kanwę niniejszych rozważań: czy oszacowanie temperatury krytycznej pojedynczej ramy poprzecznej hali stalowej może w ogóle stanowić podstawę do wiarygodnego wnioskowania o odporności ogniowej całego ustroju nośnego tej hali. Aby na nie w sposób miarodajny odpowiedzieć, trzeba najpierw ocenić, czy opisane i komentowane powyżej różnego typu uproszczenia zastosowane w proponowanym przez nas modelu formalnym prowadzą do znaczących rozbieżności w stosunku do bardziej ogólnego, klasycznego modelu numerycznego bazującego na trójwymiarowej analizie zachowania się badanej konstrukcji w pożarze. Do tego typu oceny wykorzystamy dane pochodzące z opublikowanego ostatnio raportu [13], a także z pracy [14], po ich odpowiednim przegrupowaniu i uporządkowaniu. Spośród wielu dostępnych wyników wybieramy te, które dotyczą typowej hali dwunawowej o schemacie statycznym pojedynczej ramy poprzecznej i układzie obciążeń zewnętrznych pokazanym na ryc. 1. Jak widać, wszystkie elementy tej ramy wykonano ze stali S355. Przyjęto, że w rozpatrywanej hali mamy do czynienia z rozgorzeniem pożaru ograniczonego jedynie do jej lewej nawy. Oznacza to równomierne i monotonicznie narastające ogrzewanie wskutek bezpośredniej ekspozycji ogniowej lewego słupa oraz załamanego w kalenicy lewego rygla tej nawy. Analogiczne elementy nośne zlokalizowane w prawej nawie, a także centralny słup pomiędzy nawami w czasie pożaru pozostają zimne. Taki scenariusz pożarowy można skojarzyć chociażby z istnieniem wewnątrz hali nieskończenie efektywnego oddzielenia przeciwogniowego mieszczącego w sobie i doskonale izolującego centralny rząd słupów.

An example of the verification of the usability of the computational model for a single transverse frame for the estimation of the fire resistance of a steel hall

We should return here to the fundamental question which constitutes the basis for these deliberations: can the estimation of the critical temperature of a single transverse frame of a steel hall constitute a basis for reliable conclusion-drawing in respect of the fire resistance of the entire load-bearing structure of the hall. To reliably answer this question, one has to first determine whether the various simplifications described and commented on above, used in the proposed formal model, lead to significant discrepancies when compared to a more general, classic numerical model, based on a three-dimensional analysis of the performance of the analysed structure in fire conditions. For this assessment we used data from a recently published report [13] and work [14], after their suitable regrouping and arrangement. From among the many available results, we chose those which involve a typical two-bay hall with a loading diagram of a single transverse frame and the external loads marked in Fig. 1. As indicated, all elements of the frame were made of S355 steel. It was assumed that in the hall in question we are dealing with a flashover limited only to the left bay. This means an equally and monotonically rising temperature, as a result of direct exposure to fire of the left column and the left girt of the bay, collapsed in a ridge. The analogous structural components located in the right bay, as well as the central column between the bays, remain cold during the fire. Such a fire scenario can be associated with the presence in the hall of an infinitely effective fire division, which holds and perfectly insulates the central row of columns.



Rycina 1. Pojedyncza rama poprzeczna rozpatrywanej w pracy hali stalowej (na podstawie prac [13] i [14])

Figure 1. The single transverse frame of the steel hall assessed in this paper (on the basis of papers [13] and [14])

ISSN 1895-8443

Do szczegółowej analizy wybrano cztery podstawowe modele obliczeniowe oznaczone kolejnymi literami arabskimi, odpowiednio A, B, C i D. Pokazano je schematycznie na ryc. 2. Elementy ogrzewane w czasie pożaru zostały przy tym odpowiednio pogrubione (brak pogrubienia oznacza, że element przez cały czas pożaru pozostaje zimny). Modele te różnią się przede wszystkim stopniem złożoności, w tym w szczególności:

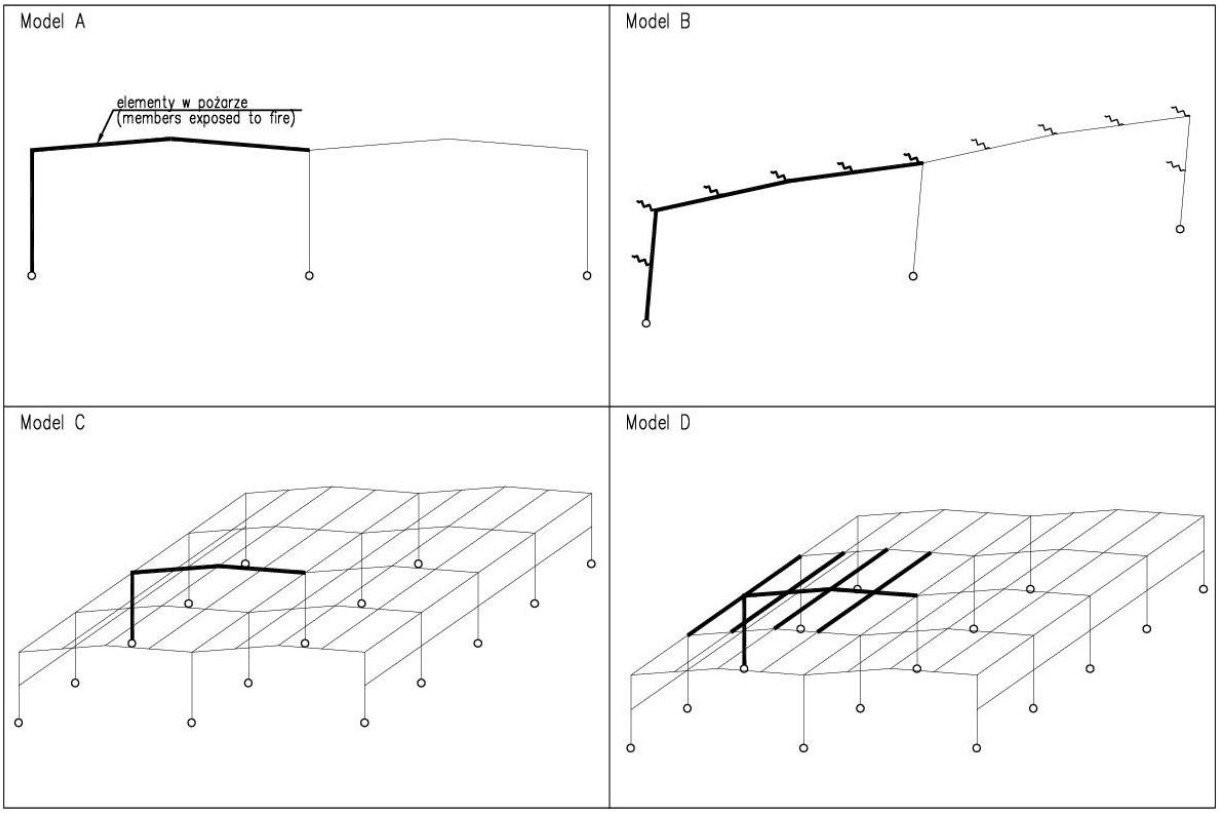
- **Model A** – jest modelem w pełni dwuwymiarowym, odpowiada pojedynczej ramie poprzecznej wyizolowanej z całej hali, w pożarze równomiernie ogrzewane są przy tym jedynie lewy słup i załamany w kalenicy rygiel lewej nawy,
- **Model B** – jest modelem pojedynczej ramy poprzecznej, analogicznym do modelu A, dodatkowo uwzględniono w nim jednak oddziaływanie ogrzewanych w pożarze płatwi dachowych, oddziaływanie to zamodelowano przez układ sprężyn skierowanych prostopadle do płaszczyzny ramy, w przypadku płatwi zlokalizowanych w lewej nawie sztywność tych sprężyn maleje ze wzrostem temperatury odpowiadających im płatwi,
- **Model C** – jest modelem trójwymiarowym obejmującym cały ustrój nośny hali, jedna z ram poprzecznych (pogrubiona na ryc. 2) została w lewej nawie poddana bezpośredniej ekspozycji ogniowej, w modelu w sposób naturalny uwzględnia się wpływ oddziaływania płatwi, nie uwzględnia się jednak nagrzewania płatwi w pożarze, wszystkie płatwie pozostają zimne przez cały czas jego trwania,
- **Model D** – jest modelem trójwymiarowym analogicznym do modelu C, przyjęto jednak, że wraz z nagrzewaniem się elementów nośnych zlokalizowanych w lewej nawie ogrzewanej ramy poprzecznej w sąsiadujących z tą ramą „polach" nagrzewają się również płatwie dachowe (na rycinie odpowiednio pogrubione).

Do porównania wyników uzyskanych na podstawie analizy wyspecyfikowanych powyżej modeli obliczeniowych posłużą przemieszczenia wybranych węzłów pokazanych na ryc. 3, w tym kolejno przemieszczenia poziome węzłów „a" i „c" oraz przemieszczenia pionowe węzła „b". Zaznaczmy przy tym, że podstawowym celem szczegółowych analiz prowadzonych w pracach [13] i [14] było porównywanie odpowiadających sobie przemieszczeń węzłów otrzymanych po zastosowaniu „bliźniaczych" programów komputerowych, odpowiednio specjalistycznego oprogramowania „SAFIR" oraz powszechnie znanych programów „ANSYS" i „ABAQUS". W ujęciu prezentowanym przez nas w niniejszej pracy do porównania wybraliśmy jedynie rezultaty otrzymane dzięki wykorzystaniu programu „ANSYS". Chodzi nam bowiem głównie o walidację samego modelu obliczeniowego, nie zaś o interpretację różnic wynikających z zastosowania wybranego przez eksperta narzędzia informatycznego.

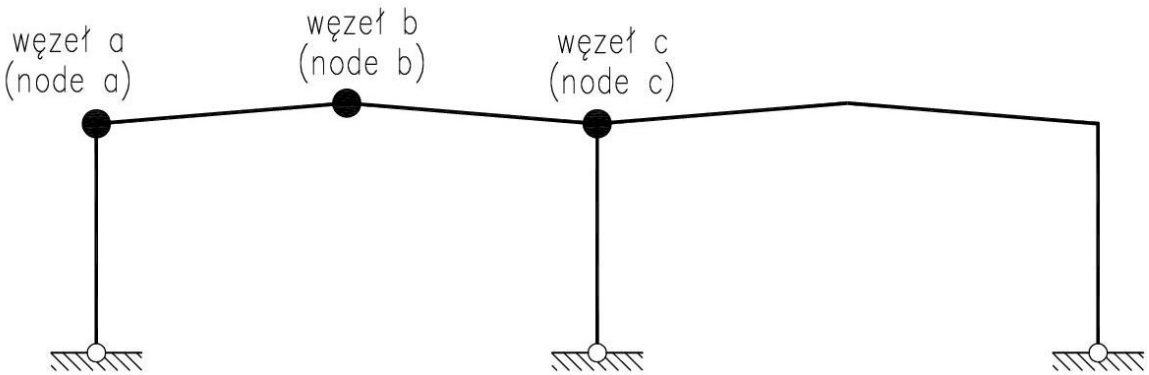
Four basic computational models, marked with consecutive letters of the Latin alphabet, A, B, C and D were selected for analysis. These are presented schematically in Fig. 2. The elements heated during the fire were suitably thickened (no thickening means that the element remains cold). The models differ from one another in their degree of complexity, including in particular:

- **Model A** – is a fully two-dimensional model, and corresponds to a single transverse frame isolated from the entire hall, during a fire; only the left column and left girt of the bay, collapsed in a ridge, are heated,
- **Model B** – is a model of a single transverse frame, analogous to model A, which, in addition, takes into account the impact of roof purlins heated in the fire. This impact was modelled by a set of springs directed perpendicularly to the frame plane; in the case of the purlins located in the left bay, the stiffness of the springs becomes lower as the temperature of the corresponding purlins becomes higher,
- **Model C** – is a three-dimensional model encompassing the entire load-bearing structure of the hall; one of the transverse frames (thickened in Fig. 2) was subjected to direct fire exposure in the left bay, and the model naturally takes into account the effect of purlin impact; however the heating of the purlins during the fire is not considered, and all purlins remain cold throughout the duration of the fire,
- **Model D** – is a three-dimensional model analogous to model C, in which it was, however, assumed that as the structural elements in the left bay of the heated transverse frame become hotter, roof purlins in "areas" adjacent to the frame also become hotter (suitably thickened in the Figure).

To compare the results obtained in the analysis of the above-specified computational models, the displacements of the selected nodes will be used, as indicated in Fig. 3, including, in order, the horizontal displacements of nodes "a" and "c", and the vertical displacements of node "b". Here we should highlight that the basic objective of the detailed analyses carried out in [13] and [14] was to compare the corresponding displacements of nodes, obtained following the application of "twin" computer programs, the specialist SAFIR software and the commonly known ANSYS and ABAQUS programs. In the depiction presented in this paper, we selected for comparison only the results obtained using the ANSYS program. We intend here mainly to validate the computational model, and not to interpret the differences resulting from the use of a given IT tool, selected by an expert.



Rycina 2. Rozpatrywane w pracy modele obliczeniowe hali stalowej poddanej wpływom oddziaływania pożaru (na podstawie prac [13] i [14])
Figure 2. Computational models of a steel hall exposed to a fire, assessed in this paper (on the basis of papers [13] and [14])



Rycina 3. Węzły ramy poprzecznej wybrane do szczegółowej analizy przemieszczeń w warunkach pożaru (na podstawie prac [13] i [14])
Figure 3. The frame nodes selected for the detailed analysis of the displacements under fire conditions (on the basis of papers [13] and [14])

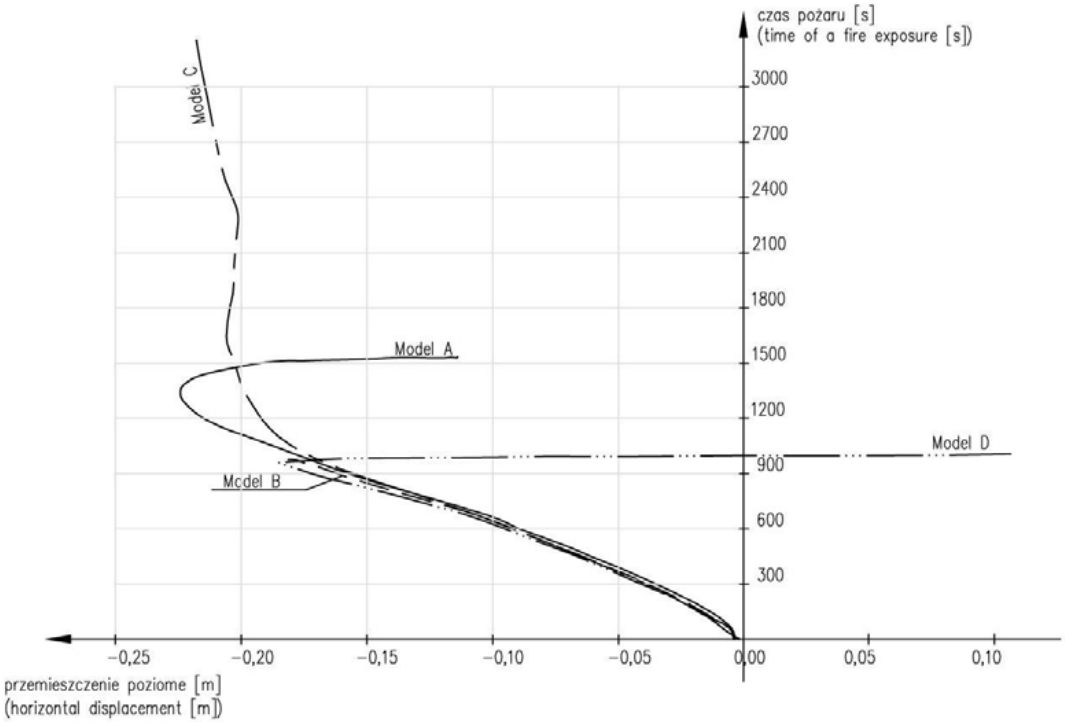
Analizę wyników uzyskanych po zastosowaniu opisanych powyżej modeli obliczeniowych rozpoczniemy od porównania przemieszczeń poziomych zidentyfikowanych w węźle „a". Pokazano je szczegółowo na ryc. 4. Wszystkie modele wykazują, co zresztą nie jest niespodzianką, że wraz z rozwojem pożaru następuje termiczne wydłużanie się rygla ramy skutkujące jego „rozpychaniem się" pomiędzy słupami. Powoduje to przemieszczenie węzła „a" w lewo. Zauważmy, że biorąc pod uwagę pierwsze 15 minut pożaru, co jest równoważne 900 sekundom jego trwania zaznaczonym na osi pionowej prezentowanego wykresu, nie ma znaczących różnic ilościowych w odniesieniu do przemieszczeń otrzymanych z poszczególnych modeli obliczeniowych.

We should start the analysis of the results obtained using the aforementioned computational models from a comparison of the horizontal displacements identified in node "a". These are presented in detail in Fig. 4. All models indicate, which is no surprise, that as the fire develops, the frame girt elongates, which results in its "jostling" between columns. This results in node "a" being displaced to the left. It is worth noting that for the initial 15 minutes of the fire, which equals 900 seconds marked on the vertical axis of the presented chart, there are no significant quantitative differences in relation to the displacements in individual computational models. The flexural rigidity of the girt and the yield point of the steel of which it was made are at this

 ISSN 1895-8443

Sztywność giętna rygla i granica plastyczności stali, z której go wykonano, są bowiem na tym etapie pożaru jeszcze na tyle duże, że nie obserwuje się gwałtownego przyrostu ugięcia. Analizując wyizolowaną z całej hali pojedynczą ramę poprzeczną (model A), obserwujemy jednak, że mniej więcej po 1400 sekundach nagrzewania w pożarze ugięcia rygla są już na tyle duże, że indukują ściąganie węzła „a" z powrotem do wewnątrz ramy, a siła rozciągająca w ryglu coraz bardziej efektywnie niweluje dominującą dotąd siłę ściskającą. Takiego wniosku nie da się zaobserwować po analizie zachowania się w pożarze ramy modelowanej przy pomocy modelu B. Płatwie wykonane z elementów o przekrojach o znacznej smukłości już po 900 sekundach pożaru uległy bowiem całkowitej degradacji, a więc sztywność modelujących ich wpływ nagrzewanych sprężyn zmalała do zera. Na dalszym etapie pożaru rama poprzeczna w jej części nagrzewanej nie jest już zatem stabilizowana przez płatwie. W pewnym przybliżeniu można twierdzić, że zachowanie się takiej ramy opisuje teraz model A. W modelu C płatwie przez cały czas pożaru pozostają zimne. Stawiają zatem skuteczny opór narastaniu ugięcia rygla, a przez to nie dochodzi do generowanego przez to ugięcie ściągania węzła „a" do wewnątrz ramy. Jeżeli jednak uwzględnimy równoczesne z ryglem nagrzewanie się płatwi z nim sąsiadujących (model D), to podobnie jak w modelu B płatwie te ulegną destrukcji już po 900 sekundach pożaru i nie będą przeciwstawiały się gwałtownemu narastaniu ugięcia rygla skutkującemu prawie natychmiastowym cofnięciem się węzła „a". Zauważmy, że obwisające płatwie dachowe wyraźnie przyczyniają się tu do zwiększania prędkości przyrostu ugięcia rygla, co jest równoznaczne ze znacznie szybszym cofaniem się węzła „a" do wewnątrz ramy w stosunku do analogicznego efektu obserwowanego w modelu A.

point of the fire high enough that no sudden increase in flexure is observed. Analysing a single transverse frame isolated from the entire hall (model A), we can observe that more or less after 1400 seconds of heating in a fire, the girt flexure is great enough that it induces the pulling of node "a" back inside the frame, and the tensile force in the node more and more effectively levels out the previously dominating compression force. No such conclusion can be made when analysing the behaviour of a frame modelled on model B. Purlins made of elements with highly slender cross-sections, as early as after 900 seconds of the fire deteriorated completely, and thus the rigidity of the heated springs which modelled their impact was reduced to zero. At a further stage of the fire, the transverse frame in its heated section is no longer stabilised by purlins. It can be approximately stated that the behaviour of such a frame is described in model A. In model C the purlins remain cold throughout the entire duration of the fire. They therefore successfully resist the increasing flexure of the girt, which prevents the pull generated by the flexure, of girt "a" inside the frame. If we were, however, to take into account the simultaneous heating of the girt and the adjacent purlins (model D), then, similarly to model B, the purlins would be destroyed as early as after 900 seconds of the fire, and will not resist the sudden increase in girt flexure, resulting in the almost immediate retraction of node "a". It is worth noting that the sagging purlins explicitly contribute to an increase in the speed of girt flexure, which equates to a much faster retraction of node "a" inside the frame when compared to the analogous effect observed in model A.

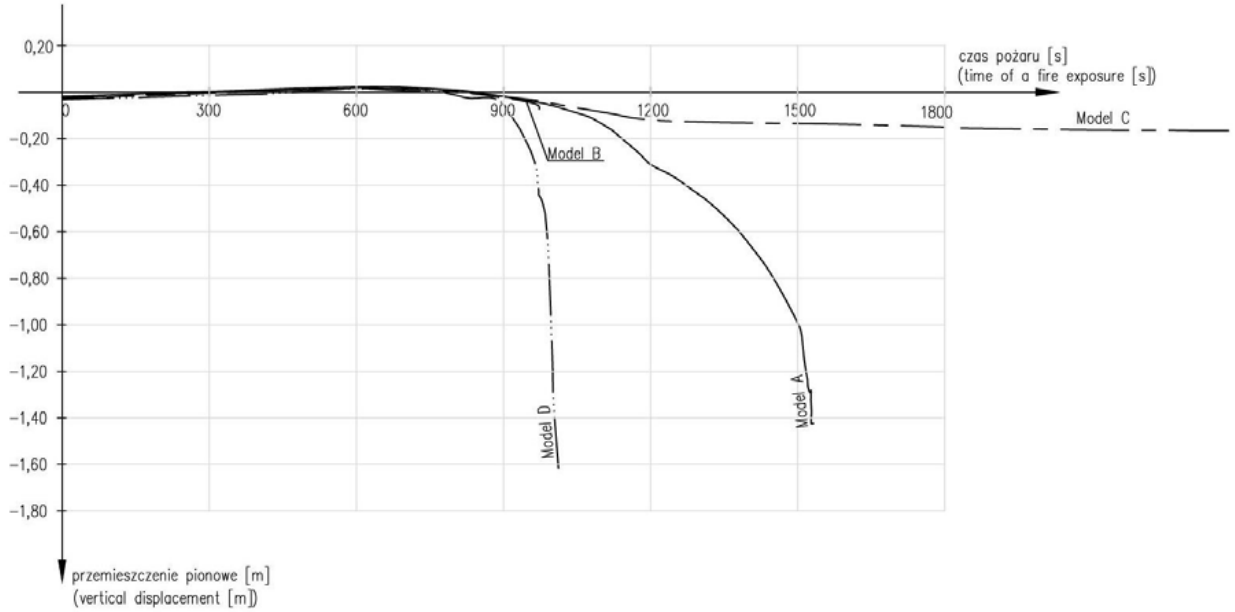


Rycina 4. Przemieszczenia poziome węzła „a" z ryc. 3 uzyskane po wykorzystaniu opisanych w tekście modeli obliczeniowych (opracowanie własne na podstawie danych z prac [13] i [14])

Figure 4. The horizontal displacements of node "a" shown in Fig. 3 obtained due to the application of all the computational models described in this paper (own elaboration based on the data taken from papers [13] and [14])

Jakościowo podobne wnioski można wyciągnąć z obserwacji przemieszczeń pionowych zinwentaryzowanych w węźle „b" w kalenicy rygla lewej nawy (ryc. 5). Tutaj również po 900 sekundach trwania pożaru widzimy wyraźny przyrost ugięcia rygla. W modelu D jest on jednak znacznie bardziej gwałtowny niż w modelu A. To, podobnie jak to pokazano na ryc. 4, destrukcyjny wpływ obwisających płatwi dodatkowo ściągających kalenicę w dół. Model B w tym momencie pożaru niejako „przepina się" na model A. Za to zimne płatwie z modelu C skutecznie przeciwstawiają się narastaniu ugięcia, a zatem i ściąganiu węzłów okapowych do wewnątrz ramy.

In qualitative terms, similar conclusions can be drawn from observing the vertical displacements located in node "b" in the ridge of the left bay girt (Fig. 5). Also in this case, after 900 seconds of fire we can observe a significant increase in girt flexure. In model D it is, however, much more violent than in model A. This, similarly to the example in Fig. 4, is the destructive impact of sagged purlins, which further pull the ridge down. Model B at this moment somewhat "becomes" model A, while the cold purlins in model C successfully resist the growing flexure, and therefore the pulling of eaves joints inside the frame.



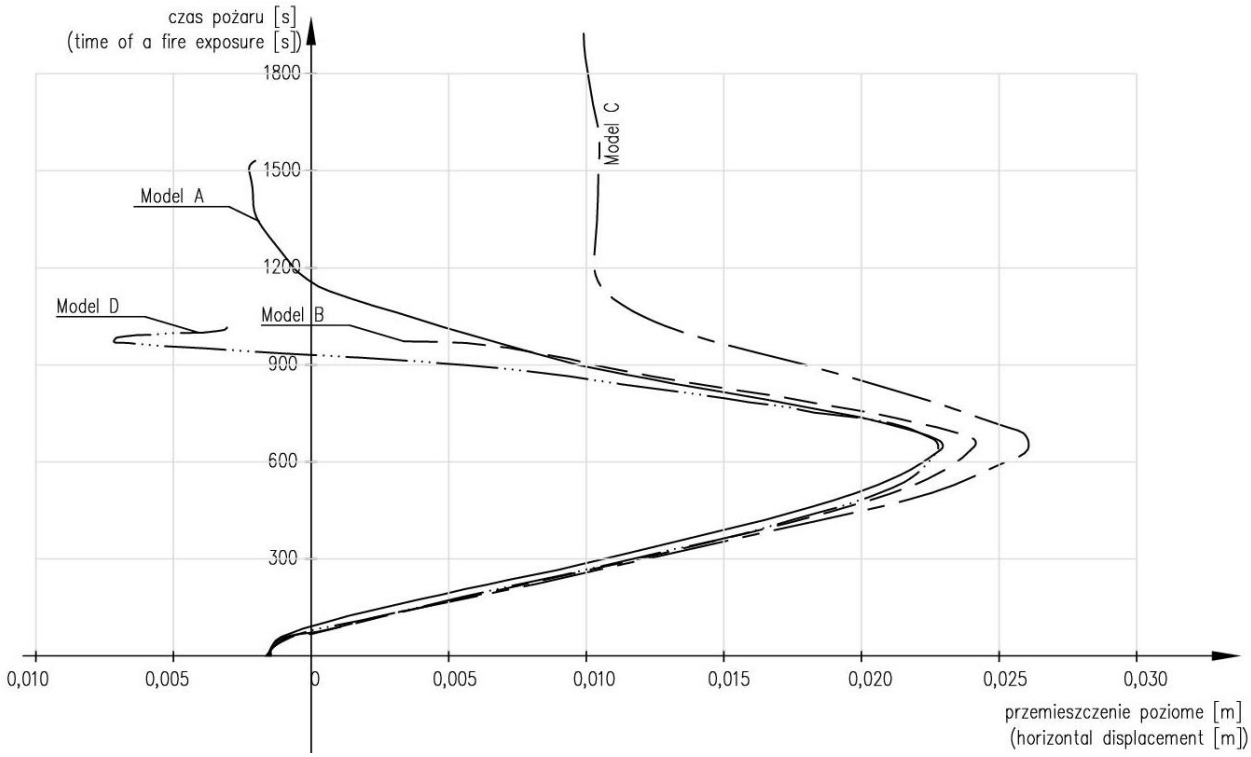
Rycina 5. Przemieszczenia pionowe węzła „b" z ryc. 3 uzyskane po wykorzystaniu opisanych w tekście modeli obliczeniowych (opracowanie własne na podstawie danych z prac [13] i [14])

Figure 5. The vertical displacements of node "b" shown in Fig. 3 obtained due to the application of all the computational models described in this paper (own elaboration based on the data taken from papers [13] and [14])

Na koniec porównamy przemieszczenia węzła „c" zestawione na ryc. 6. W pierwszym etapie trwania pożaru ugięcia rygla są jeszcze małe, a jego sztywność na tyle duża, że dominuje rozpychanie węzłów okapowych na skutek rozszerzalności termicznej. Węzeł „c" przemieszcza się zatem w prawo i nie ma znaczących różnic pomiędzy wartościami tego przemieszczenia uzyskanymi po zastosowaniu kolejnych modeli obliczeniowych. Już jednak po mniej więcej 10 minutach pożaru (600 sekundach) wskutek szybkiego narastania ugięcia rygla coraz większą rolę zaczyna odgrywać indukująca się w nim siła rozciągająca coraz bardziej efektywnie niwelująca wpływ siły ściskającej. Nie ma też dużych różnic pomiędzy wynikami ilościowymi uzyskanymi z modeli A, B i D. W węźle „c" duży wpływ na zachowanie ramy mają bowiem płatwie z prawej nawy, a te w modelach B i D przez cały czas pożaru pozostają zimne. Cofanie się węzła „c" w modelu D jest nadal nieco szybsze niż w modelu A. Różnica jest skutkiem ściągającego wpływu gorących i zwisających płatwi z lewej nawy. Znowu wyróżnia się model C. Zimne płatwie w obu nawach ramy nie pozwalają na szybkie narastanie ugięcia rygla.

At the end we should compare the displacements of node "c" presented in Fig. 6. In the first stage of fire, the flexure in the girt is still small, and its rigidity high enough to prevail over the jostling of eaves joints resulting from thermal expansion. Node "c" therefore moves to the right, and there are no significant differences between the values of this displacement after employing various computational models. However, only after more or less 10 minutes of fire (600 seconds), due to a quick increase in girt flexure, an increasingly large role is being played by the tensile force which is being induced within, which more and more effectively levels out the impact of the compression force. There are also no significant differences between the quantitative results from models A, B and D. In node "c" the purlins from the right bay considerably influence the behaviour of the frame, and those purlins in model B and C remain cold throughout the duration of the fire. The retraction of node "c" in model D is still somewhat faster than in model A. The difference results from the pulling effect of hot and sagging purlins in the left bay. Again, model C stands out. The cold purlins in both bays of the frame do allow the quick increase in girt flexure.

ISSN 1895-8443



Rycina 6. Przemieszczenia poziome węzła „c" z ryc. 3 uzyskane po wykorzystaniu opisanych w tekście modeli obliczeniowych (opracowanie własne na podstawie danych z prac [13] i [14])

Figure 6. The horizontal displacements of node "c" shown in Fig. 3 obtained following the application of all the computational models described in this paper (own elaboration based on the data taken from papers [13] and [14])

Uwagi końcowe

W opinii autorów z przedstawionych powyżej rozważań można wyciągnąć wniosek, że szacowanie odporności ogniowej hali stalowej na podstawie szczegółowej analizy wyizolowanej z tej hali pojedynczej ramy poprzecznej może dawać w miarę wiarygodne wyniki zwłaszcza wtedy, gdy o nośności tej ramy decyduje pierwsza faza pożaru. Jest to bowiem faza, w której redukcja sztywności giętnej elementów nośnych oraz wynikające z tej redukcji ich sprężysto-plastyczne deformacje są jeszcze na tyle małe, że można zaniedbać wpływ indukującej się w ryglu siły rozciągającej. Na tym etapie ekspozycji ogniowej wyniki otrzymane na podstawie prostego modelu dwuwymiarowego nie różnią się znaczącą od tych, które otrzymano by przy zastosowaniu bardziej złożonych modeli trójwymiarowych. Jeżeli jednak ustrój nośny analizowanej hali stalowej zapewnia bezpieczne przenoszenie przyłożonych do niego obciążeń także w dalszej fazie pożaru kojarzonej z dużymi przemieszczeniami elementów znacznie już osłabionych przez wpływ wysokiej temperatury, to postawiony wcześniej wniosek trzeba interpretować ostrożniej. W takim przypadku analiza jedynie pojedynczej ramy poprzecznej nie daje możliwości uwzględnienia wpływu nagrzanych płatwi dachowych, które niebezpiecznie przyspieszają narastanie ugięć rygla rozpatrywanej ramy. Wpływ ten jest efektem obserwowanego w gorących płatwiach tak zwanego efektu cięgna, to znaczy dominacji w nich

Concluding remarks

According to the authors, from the deliberations above one can draw the conclusion that the estimation of the fire resistance of a steel hall based on a detailed analysis of a single transverse frame isolated from the hall can yield somewhat reliable results, especially when the load-bearing capacity of the frame is conditioned by the first phase of the fire. This is the phase in which the decrease in the flexural rigidity of the structural elements and the resulting elasto-plastic deformations are so small that the impact of the tensile force inducting in the girt can be disregarded. In this stage of fire exposure the results obtained on the basis of a simple two-dimensional model are not significantly different from those yielded by the use of more advanced three-dimensional models. However, if the load-bearing structure of the analysed steel frame facilitates the safe transfer of loads, also in further stages of the fire, associated with substantial displacements of elements seriously weakened by high temperatures, then the proposal suggested above should be interpreted with more caution. In such a case, analysing only a single transverse frame does not provide the possibility of taking into account the hot roof purlins, which dangerously accelerate the increase in the girt flexure of the analysed frame. This impact results from the so-called catenary effect in hot purlins. The effect entails the predomination of the axial tensile force within, which completely levels the axial

osiowej siły rozciągającej całkowicie niwelującej występujące wcześniej osiowe ściskanie będące skutkiem rozszerzalności termicznej stali konstrukcyjnej. Odporność ogniowa hali stalowej oparta na analizie pojedynczej ramy poprzecznej będzie zatem teraz oszacowana nazbyt optymistycznie. Trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że tego typu wynik będzie i tak znacznie bardziej wiarygodny od analogicznego rezultatu uzyskanego z modelu trójwymiarowego, w którym nie uwzględniono równoczesnego z nagrzaniem ram poprzecznych hali osłabienia sąsiadujących z nimi płatwi dachowych. Stąd wniosek, że uwzględnienie w trójwymiarowym modelu formalnym oddziaływania pożaru nie tylko na podstawowy ustrój nośny, ale również na płatwie dachowe i cały układ stężający halę, stanowi warunek sine qua non wiarygodności tego modelu, determinujący poprawność uzyskanych wyników.

Jeżeli akceptujemy do analizy posłużenie się prostym dwuwymiarowym modelem pojedynczej hali stalowej w miejsce bardziej złożonego modelu trójwymiarowego, to możemy określić poszukiwaną odporność, wyrażając ją poprzez wyspecyfikowaną dla tej ramy temperaturę krytyczną, nie zaś przez czas, przez który rama ta będzie zdolna w warunkach pożaru bezpiecznie przenosić przyłożone do niej obciążenia. Tego typu specyfikacja jest wygodna dla dalszego wnioskowania o bezpieczeństwie pożarowym. Uzyskana wartość odporności jest bowiem przypisana do konkretnej konstrukcji i nie zmienia się przy zmianie wybranego do rozważań scenariusza pożarowego. Oczywiście zmieniając pożar odniesienia, zmieniamy również czas, po którym ustalona wcześniej temperatura krytyczna badanej ramy zostanie osiągnięta.

W prezentowanych rozważaniach proponujemy powiązanie praktycznej procedury wyznaczania temperatury krytycznej ramy poprzecznej hali stalowej z konkretnymi potencjalnie możliwymi postaciami jej zniszczenia. Jest to zatem ujęcie alternatywne względem konwencjonalnych procedur normowych formalnie rozdzielających specyfikację odporności ogniowej na tę, która dotyczy rygli, i tę odniesioną do słupów badanej hali. Miarodajna odporność jest interakcją odporności wyznaczonych przy założeniu czysto sprężystego i czysto plastycznego zniszczenia w pożarze. Nie jest zatem prostym minimum obu tych odporności. Mamy nadzieję, że zaproponowane przez nas podejście okaże się przydatne w praktyce inżynierskiej, a uzyskane rezultaty pozwolą na bardziej wiarygodną ocenę poszukiwanej odporności.

compression resulting from the thermal expansion of structural steel. The fire resistance of a steel hall based on an analysis of a single transverse frame will therefore be overestimated. It should be, however, clearly underlined that such a result will still be much more reliable than the analogous result of a three-dimensional model which does not take into account the simultaneous heating of the transverse frames of the hall and of the adjacent roof purlins. Therefore one can conclude that taking into account, in the three-dimensional formal model, the impact of the fire, not only on the basic load-bearing structure, but also on the roof purlins and the entire anti-sag system of the hall, is the *sine qua non* condition of the model's credibility, determining the correctness of the obtained results.

If we accept for analysis the use of a simpler two-dimensional model of a single steel hall, as opposed to a more complex three-dimensional model, then we can determine the sought resistance by expressing it by the critical temperature specified for the frame, and not by time for which the frame will be able to safely transfer loads under fire conditions. Such a specification is convenient for further reasoning on fire safety. This is because the obtained resistance value is ascribed to a specific structure, and does not change when the analysed fire scenario changes. Of course, by changing the reference fire, we also change the time after which the previously set critical temperature of the frame is reached.

In the presented deliberations we propose to associate the practical procedure for determining the critical temperature of a transverse frame of a steel hall with the specific, potential, forms of its failure. This is, therefore, an approach alternative to conventional, standard procedures, which formally separate the fire resistance specification into the one pertaining to girts, and the one referring to columns in a given hall. A representative resistance is the interaction between the resistances set when assuming purely elastic and purely plastic failure in a fire. Therefore, it is not the simple minimum of both these resistances. We hope that the proposed approach will prove useful in engineering practice, and the obtained results will allow a more reliable evaluation of resistance.

Literatura/Literature

[1] Błyskal E., Ślęczka L., *Przestrzenne modele obliczeniowe ramowych hal stalowych*, „Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury", 2015, 32(62), (3/II/15), 25–36.

[2] Rankine W.J.M., *Useful rules and tables*, McGraw-Hill, London 1866.

[3] Murzewski J., *Teoria nośności losowej konstrukcji prętowych*, PWN, Warszawa 1976.

[4] Maquoi R., Jaspart J.-P., *Merchant-Rankine approach for the design of steel and composite sway building frames*, "Steel Structures", 2002, 2, 1, 1–11.

[5] Skowroński W., *Plastic load capacity and stability of frames in fire*, "Engineering Structures", 1997, 19, 9, 764–771.

[6] Toh W.S., Tan K.H., Fung T.C., *Strength and stability of steel frames in fire: Rankine approach*, "Journal of Structural engineering", 2001, 127, 4, 461–469.

[7] Maślak M., *Rankine-Merchant approach to specification of flexural buckling coefficient for fire situation*, [in:] *Progress in steel and composite structures, Proceedings of the 12th International Conference on Metal Structures*, Gosowski B., Rykaluk K., Ziółko J. (eds.), ICMS, Wrocław, June 15–17, 2011, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, 172–180.

ISSN 1895-8443

[8] PN-EN 1993-1-2 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne. Część 1–2: Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.

[9] Maślak M., *Trwałość pożarowa stalowych konstrukcji prętowych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008.

[10] Malendowski M., Glema A., *Development and implementation of coupling method for CFD-FEM analyses of steel structures in natural fire*, "Procedia Engineering" 2017, 172, 692–700.

[11] Maślak M., *Miarodajna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej – wartość nominalna z pojedynczej inwentaryzacji czy raczej statystycznie uzasadniona wartość charakterystyczna*, BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 121–129.

[12] Galambos T.V., *Guide to stability design criteria for metal structures*, John Wiley & Sons Inc., New York 1998 (fifth edition).

[13] Vassart O., Brasseur M., Cajot L. G., Obiala R., Griffin A., Spasov Y., Renaud C., Zhao B., Arce C., de la Quintana J., *Fire safety of industrial halls and low-rise buildings: realistic fire design, active safety measures, post-local failure simulation and performance based requirements*, EUR 22568 EN Final Report, Luxembourg 2007.

[14] Obiala R., Vassart O., Zhao B., Sakj M. S., de la Quintana J., Morente F., Fransen J.-M., Lansival J.-B., *Fire safety of industrial halls. A valorization project*, EUR 24222 EN Final Report, Luxembourg 2010.

DR HAB. INŻ. MARIUSZ MAŚLAK, PROF. PK – profesor nadzwyczajny w Katedrze Konstrukcji Metalowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Zajmuje się kształtowaniem, utrzymaniem i weryfikacją stanu bezpieczeństwa różnego typu stalowych ustrojów nośnych ze szczególnym uwzględnieniem zachowania się tego typu konstrukcji w warunkach ekspozycji ogniowej. Członek International Association for Fire Safety Science (**IAFSS**). Z ramienia Polski członek Technical Committee 3 (**TC3**): "Fire Safety" przy European Convention for Constructional Steelwork (**ECCS**), a także członek Komitetu Technicznego **CEN TC 250/SC3:** „Evolution Group Eurocode 3, Part 1–2". W latach 2010–2014 członek Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego **COST TU0904** „Integrated Fire Engineering and Response". Od roku 2014 członek Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego **COST TU1402** „Quantifying the Value of Structural Health Monitoring". W latach 2010 – 2014 kierownik grantu badawczego własnego **N N506 243938** „Miary bezpieczeństwa i ich wzajemne relacje w wyjątkowej sytuacji projektowej pożaru rozwiniętego".

MGR INŻ. ANNA TKACZYK – uprawniony projektant budowlany. Absolwentka studiów doktoranckich prowadzonych w Politechnice Świętokrzyskiej. Prowadzi własne biuro budowlane Bauko S.C. Obecnie pracuje nad rozprawą doktorską „Nośność graniczna stalowych ustrojów ramowych w pożarze rozwiniętym – oszacowanie metoda kinematyczną".

MGR INŻ. PIOTR WOŹNICZKA – uprawniony projektant budowlany. Wykładowca w Katedrze Konstrukcji Metalowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Student studiów doktoranckich. Obecnie pracuje nad rozprawą doktorską „Strategie bezpieczeństwa pożarowego wybranych szkieletów stalowych hal wielkogabarytowych".

MARIUSZ MAŚLAK, D.Sc.Eng., CUT Prof. – Associate Professor at the Department of Metal Structures of the Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. His focus areas are the development, maintenance and verification of the safety of various types of steel load-bearing structures, including in particular the behaviour of such structures when exposed to fire. A member of the International Association for Fire Safety Science (**IAFSS**). A member of the Technical Committee 3 (**TC3**): "Fire Safety" of the European Convention for Constructional Steelwork (**ECCS**) representing Poland, and also a member of the Technical Committee **CEN TC 250/SC3**: *"Evolution Group Eurocode 3, Part 1-2"*. Between 2010 and 2014 he was a member of the Management Committee of the International Research Project COST TU0904 "Integrated Fire Engineering and Response". A member of the Management Committee of the International Research Project COST TU1402 "Quantifying the Value of Structural Health Monitoring". A head of the project **N N506 243938** funded by the Polish Ministry of Science and Higher Education called "Measures for safety and their interrelations in the accidental design situation of a fully developed fire" (including between 2010 and 2014).

ANNA TKACZYK, M.Sc.Eng. – licensed construction designer. Graduated from a doctoral programme at the Kielce University of Technology. She runs her own construction studio Bauko S.C. Currently, she is working on her doctoral dissertation on "The plastic limit load of steel frame structures in a fully developed fire – a kinematic-method estimation".

PIOTR WOŹNICZKA, M.Sc.Eng. – licensed construction designer. A lecturer at the Department of Metal Structures of the Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. A PhD student. He is currently working on a doctoral dissertation on "Fire safety strategies for selected frame structures of large-space steel halls".

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

kpt. mgr inż. Mariusz Barański[a)*], dr hab. inż. Tadeusz Maciak, prof. PB[b)]

[a)]*Komenda Powiatowa Państwowej Straży Pożarnej w Oławie / District Headquarters of the State Fire Service, Oława, Poland*
[b)]*Politechnika Białostocka / Bialystok University of Technology, Poland*
[*]*Autor korespondencyjny / Corresponding author: mariusz.baranski@straz.olawa.pl*

Model ewakuacji wykorzystujący automaty komórkowe

An Evacuation Model Using Cellular Automata

Модель эвакуации с использованием клеточных автоматов

ABSTRAKT

Cel: Zapewnienie ludziom bezpieczeństwa podczas zgromadzeń i imprez masowych wymaga m.in. analizy warunków ewakuacji oraz właściwej organizacji ewakuacji w czasie zagrożenia. Modelowanie procesu ewakuacji to jeden z możliwych wariantów analizowania i planowania bezpiecznej ewakuacji zarówno z budynków, obiektów, jak i z terenu przeznaczonego na zorganizowanie imprezy. Celem artykułu jest zaprezentowanie praktycznego wykorzystania automatów komórkowych w modelowaniu ewakuacji oraz porównanie otrzymanych wyników z wynikami modelowania wykonanego dzięki wykorzystaniu oprogramowania komercyjnego. Dodatkowym celem pracy jest porównanie kosztu obliczeniowego modelowania ewakuacji przy zastosowaniu automatu komórkowego z kosztem obliczeniowym modelowania ewakuacji przy wykorzystaniu modelu *Social Force*.

Projekty i metody: Posłużono się automatem komórkowym z siatką o stałych wymiarach 0,5 x 0,5 m. Podstawowym założeniem dla modelu ruchu były wartości pól warstwy statycznej *Floor Field*, obliczane zgodnie z metryką euklidesową, oraz algorytmem zachłannym. Wyznaczono wartość parametru $\mu = 0{,}55$ określającą prawdopodobieństwo przejścia osoby do sąsiedniej komórki automatu. Implementację modelu wykonano w języku *Python*, korzystając z biblioteki do obliczeń naukowych *Numpy* i biblioteki matematycznej *Math*. Wyniki modelowania ewakuacji przy wykorzystaniu proponowanego modelu porównano z wynikami modelowania przy wykorzystaniu programu *FDS+Evac* dla pomieszczenia o wymiary 11,5 x 9 m z jednym wyjściem ewakuacyjnym i z dwoma wyjściami ewakuacyjnymi. Ponadto wykonano modelowanie i zestawiono uzyskane wyniki z wynikami programów *FDS+Evac*, *Pathfinder* oraz *TraffGo* zgodnie z testem Międzynarodowej Organizacji Morskiej (*International Maritime Organization* – IMO) IMO 9 dla 1000 osób.

Wyniki: Stwierdzono, że zarówno przy modelowaniu ewakuacji z pomieszczenia zaproponowanego przez autorów, jak i przy modelowaniu ewakuacji z pomieszczeń zaproponowanych w teście IMO 9 oszacowane czasy ewakuacji są zbieżne z czasami oszacowanymi przy wykorzystaniu programów mających zastosowanie w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Ponadto wykazano, że zastosowanie automatu komórkowego przy modelowaniu ewakuacji 1000 osób pozwala na wykonanie modelowania 20-krotnie szybciej niż w przypadku modelu *Social Force* zaimplementowanego w programie *FDS+Evac*. Średni koszt modelowania 1 s ewakuacji przy wykorzystaniu automatu komórkowego zależy liniowo od liczby osób podlegających ewakuacji, inaczej niż to jest w przypadku modelu *Social Force*, w którym czas modelowania zwiększa się wykładniczo w stosunku do liczby osób.

Wnioski: Modele ewakuacji wykorzystujące automaty komórkowe, w przeciwieństwie do modelu *Social Force*, umożliwiają modelowanie ruchu dużych grup ludzi przy niższym koszcie obliczeniowym. Zastosowanie automatów komórkowych pozwala na wprowadzanie dodatkowych warstw wpływających na ruch ludzi przy niewielkim zwiększeniu się złożoności obliczeniowej. Wprowadzenie dodatkowych założeń i warstw do modeli opartych na automatach komórkowych umożliwi bardziej rzeczywiste odwzorowanie ewakuacji przy niewielkim wzroście kosztu zużycia zasobów sprzętowych. Ponadto narzędzia pozwalające na szybkie szacowanie czasu ewakuacji w przystępny dla inżynierów sposób byłyby pomocne w prawidłowym projektowaniu budynków. Obecnie komercyjne programy wymagają specjalistycznej wiedzy z zakresu modelowania. Zastosowanie prostego interfejsu z szybkim algorytmem szacowania czasu ewakuacji może przynieść wymierne korzyści w postaci poprawy bezpieczeństwa w projektowanych budynkach i obiektach budowlanych.

Słowa kluczowe: ewakuacja, modelowanie, szacowanie czasu ewakuacji, automat komórkowy, złożoność obliczeniowa

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 02.12.2016; Zrecenzowany: 22.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: M. Barański – 75%, T. Maciak – 25%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 68–79, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.5;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The safety of people during meetings and public events requires an analysis of the conditions of evacuation and the proper organisation of escape in times of danger. Modelling the evacuation process is one of the options for analysing and planning the safe evacuation of the buildings, facilities and spaces during events. The aim of the article was to present the practical use of cellular automata for evacuation modelling and comparing the results with the results achieved using commercial software. Additionally, the objective of this work was to compare the cost of computational evacuation modelling of cellular automata with the "Social Force" model.

Project and methods: The authors used cellular automata on the grid with a fixed size of 0.5 m x 0.5m. The basic premise for the traffic model was the "Floor Field" static layer with Euclidean metric and the greedy algorithm. The determined value μ = 0.55 indicated the probability of the transition of a person to the neighbouring automat cell. The implementation of the model was made in "Python", using the library for scientific computing "Numpy", and the maths library "Math". We compared the results of modelling the evacuation using the proposed model with the program "FDS + Evac" for room size 11.5 x 9 m with one and two emergency exits. Furthermore, the modelling was done and the results were juxtaposed with the results of the programs "FDS + Evac", "Pathfinder" and "TraffGo", using the example of a test of the International Maritime Organisation (IMO 9) covering the evacuation of 1,000 people.
Results: For both the evacuation modelling proposed by the authors and the IMO 9 test estimated evacuation times are consistent with the times estimated using programs applicable in fire-safety engineering. It was further found that the use of cellular automata for modelling the evacuation of 1,000 people allows modelling 20 times faster than in the "Social Force" model implemented in the "FDS + Evac" program. The average cost of modelling of 1 s of evacuation using cellular automata depends linearly on the number of persons subjected to evacuation, in contrast to the "Social Force" model, where the modelling time will increase exponentially with the number of people.
Conclusions: Evacuation models based on cellular automata, in contrast to the "Social Force" model, provide the ability to model the movement of large groups of people at a lower computing cost. The use of cellular automata allows the introduction of additional layers affecting the movement of people with a small increase in computational complexity. Introducing additional assumptions and layers to cellular automata models allow a more realistic representation of the evacuation with the small increase in the cost of the equipment used. Furthermore, a tool allowing fast estimates of the evacuation time in a manner accessible to engineers would help in the correct designing of buildings. Current commercial programs require expertise in the field of modelling. Using a simple interface with a fast algorithm estimating evacuation times can bring measurable benefits in terms of improving the safety of designed buildings and construction works.
Key words: evacuation, modelling, estimating evacuation time, cellular automata, computational complexity
Type of article: original scientific article

Received: 02.12.2016; Reviewed: 22.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: M. Barański – 75%, T. Maciak – 25%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 68–79, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.5;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Обеспечение безопасности людей во время массовых мероприятий и событий требует, среди прочего, анализа условий и правильной организации эвакуации во время возникновения опасности. Моделирование процесса эвакуации является одним из возможных вариантов анализа и планирования безопасной эвакуации, как из зданий и сооружений, так и с места предназначенного на проведение мероприятия. Целью данной статьи является представление практического использования клеточных автоматов при моделировании эвакуации и сравнение результатов с результатами моделирования, выполненного с помощью коммерческого программного обеспечения. Дополнительной целью исследования является сравнение расчетной стоимости моделирования эвакуации с использованием клеточного автомата с расчетной стоимостью моделирования эвакуации с использованием модели *Social Force*.
Проект и методы: Ииспользован клеточный автомат с сеткой фиксированного размера 0,5 x 0,5 м. В качестве основных предположений модели движения были взяты значения половины статического слоя *Floor Field*, рассчитанные в соответствии с евклидовой метрикой и скупым алгоритмом. Определено значение величины μ = 0,55, представляющее вероятность перехода человека к смежной клетке автомата. Реализация модели была сделана на языке *Python*, с использованием библиотеки для научных вычислений Numpy и математической библиотеки *Math*. Результаты моделирования эвакуации с использованием предложенной модели были сравнены с результатами моделирования с использованием программы *FDS + Evac* для помещения размером 11,5 x 9 м с одним аварийным выходом и двумя аварийными выходами. Кроме того, проведено моделирование и сравнение полученных результатов с результатами использования программы *FDS + Evac*, *Pathfinder* и *TraffGo* в соответствии с испытанием Международной морской организации (*International Maritime Organization* – IMO) IMO 9 для 1000 человек.
Результаты: Установлено, что при использовании модели эвакуации с помещения, предложенной авторами, как и при использовании моделирования эвакуации из помещения, предложенного в исследовании IMO 9, расчетное время эвакуации совпадает с расчетным временем при использовании программ, которые применяются инженерами пожарной безопасности. Кроме того, было показано, что использование клеточного автомата моделирования эвакуации 1000 людей позволяет выполнять эвакуацию в 20 раз быстрее, чем в случае модели *Social Force*, реализованной в программе *FDS + Evac*. Средняя стоимость моделирования 1 секунды эвакуации с использованием клеточного автомата линейно зависит от числа лиц, подлежащих эвакуации, иначе, чем в случае с моделью *Social Force*, в которой время моделирования увеличивается в геометрической прогрессии к числу лиц.
Выводы: Модели эвакуации с использованием клеточных автоматов, в отличие от модели *Social Force*, позволяют моделировать движение больших групп людей при более низкой расчетной стоимости. Применение клеточных автоматов позволяет вводить дополнительные слои, влияющие на передвижение людей с небольшим увеличением расчетной сложности. Введение дополнительных предположений и слоев моделей, основанных на клеточных автоматах, позволяет реалистичнее представлять эвакуацию при небольшом увеличении стоимости использования ресурсов аппаратного обеспечения. Кроме того, инструменты для быстрой оценки времени эвакуации в доступной форме для инженеров были бы полезны при правильном проектировании зданий. В настоящее время коммерческие программы требуют специальных знаний моделирования. Использование простого интерфейса с быстрым алгоритмом оценки времени эвакуации может принести ощутимую пользу в плане повышения безопасности проектируемых зданий и сооружений.
Ключевые слова: эвакуация, моделирование, расчет времени эвакуации, клеточный автомат, вычислительная сложность
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 02.12.2016; Рецензирована: 22.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: M. Barański – 75%, T. Maciak – 25%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 68–79, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.5;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wstęp

Zapewnienie ludziom bezpieczeństwa podczas wszelkiego rodzaju zgromadzeń i imprez jest poważnym problemem. W działania zabezpieczające zaangażowanych jest wiele instytucji, służb i organów administracji publicznej [1]. Ważną rolę odgrywają tutaj wszelkiego rodzaju symulacje komputerowe, które pozwalają ocenić możliwości bezpiecznej ewakuacji z danych obiektów. Stosunkowo duże problemy sprawia odwzorowanie zachowania się ludzi w postaci modelów komputerowych, co wynika ze złożoności ludzkich postaw [2]. Obecnie modelowanie zachowania się tłumu może odbywać się zgodnie z podejściem makroskopowym, w którym tłum traktowany jest całościowo, a wchodzące w jego skład jednostki są jednorodne, lub zgodnie z podejściem mikroskopowym, w którym tłum traktowany jest jako zbiór zróżnicowanych i indywidualnych jednostek [3]. W ostatnich latach w modelowaniu zachowania się tłumu najpopularniejsze stały się modele mikroskopowe; wyparły one modele makroskopowe. W ramach podejścia mikroskopowego można wyróżnić modele oparte na: systematach agentowych, automatach komórkowych oraz metodach dynamiki molekularnej [4, 5, 6, 7]. Wśród wymienionych metod duże znaczenie zaczyna odgrywać model oparty na automatach komórkowych, a dokładniej – na automatach niehomogenicznych (niejednorodnych) [8, 9, 10]. Niehomogeniczne automaty komórkowe stosowane do modelowania ewakuacji:

- mają znacznie niższą złożoność obliczeniową niż modele oparte na systemach agentowych czy metodach dynamiki molekularnej,
- mają prostą implementację,
- umożliwiają modelowanie rozległych przestrzeni bez dużego obciążania pamięci,
- ze względu na proste reguły nie powodują błędów numerycznych i artefaktów obliczeniowych.

Pomimo wymienionych zalet automaty komórkowe mają również wady. Podczas modelowania ewakuacji może występować zjawisko zatykania (*clogging*) [11]. Jest ono w mniejszym lub większym stopniu wadą każdego modelu ewakuacji. Problem ten wymaga wprowadzenia odpowiednich założeń do modelu, które pozwolą ograniczyć zjawisko zatykania podczas swobodnego przemieszczania się ludzi w dwóch przeciwbieżnych kierunkach. Inną wadą automatów komórkowych jest to, że bardzo trudno dzięki nim modelować tłum o zmiennej gęstości. W tym przypadku możliwe jest zastosowanie siatki automatu o zmiennych wymiarach lub kilku warstwach z siatkami o różnych wymiarach. Zagadnienie odwzorowania szerokiego zakresu gęstości rozmieszczenia osób przy wykorzystaniu automatów komórkowych wraz z walidacją wyników podjęto między innymi w publikacji [12].

W poniższym opracowaniu przedstawiono zastosowanie teorii automatów komórkowych w modelowaniu ewakuacji. Zastosowany model bazuje na warstwie statycznej znanego modelu *Floor Field* [4] i na odwróconej metryce euklidesowej. Algorytm aktualizacji stanu automatu podejmuje decyzje lokalnie optymalne – według algorytmu zachłannego. Algorytm zachłanny należy do dziedziny sztucznej inteligencji. Dzięki niemu można dokonać najlepiej rokującego w danym kroku czasowym wyboru rozwiązania częściowego. Modelowanie przeprowadzono dla pomieszczenia z jednym wyjściem ewakuacyjnym i z dwoma wyjściami ewakuacyjnymi zgodnie z testem IMO 9 dla 1000 osób w jednym pomieszczeniu [13]. Oszacowane czasy ewakuacji porównano z czasami uzyskanymi przy zastosowaniu wybranych programów komercyjnych mających dokumentację weryfikacji. Porównano również czas procesora potrzebny do wykonania modelowania. Wykazano, że zastosowanie automatów komórkowych pozwala na modelowanie ewakuacji przy niewielkim koszcie pracy procesora. Dla proponowanego modelu czas obliczeń jest proporcjonalny do liczby osób poddawanych ewakuacji z pomieszczenia. Zastosowanie automatów komórkowych w modelowaniu ewakuacji umożliwia modelowanie ewakuacji bardzo dużych grup ludzi bez konieczności stosowania silnych komputerów obliczeniowych.

Proces ewakuacji

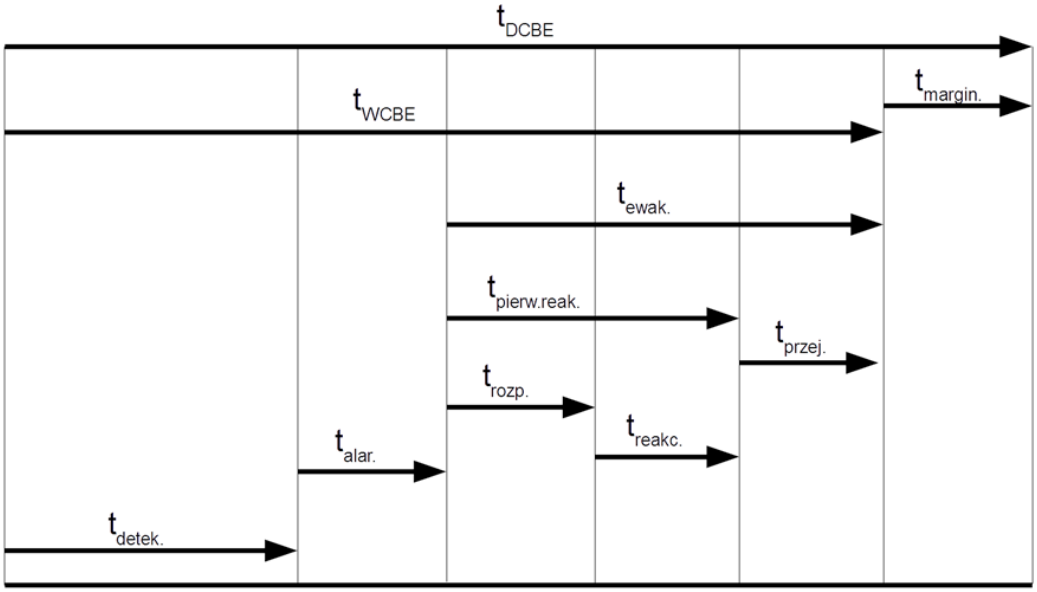
Dostępny i wymagany czas bezpiecznej ewakuacji

Zajmując się procesem ewakuacji, należy przywołać podstawowe definicje takich pojęć, jak: dostępny czas bezpiecznej ewakuacji (DCBE), wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE) i margines bezpieczeństwa. Pojęcia te definiuje między innymi norma brytyjska *Published Document 7974-6* [14]. Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji określa moment osiągnięcia temperatury pożarowych gazów równej 60°C oraz zasięgu widzialności w warstwie podsufitowej na wysokości do 1,8 m [15]. Czas ten rozpoczyna się z chwilą powstania pożaru i zależy głównie od: jego mocy, rodzaju produktów spalania, wentylacji strefy spalania, geometrii pomieszczeń, zastosowanych systemów przeciwpożarowych ograniczających rozwój pożaru itp.

Natomiast wymagany czas bezpiecznej ewakuacji składa się z kilku krótszych odcinków czasu zależnych od zaistnienia określonych zdarzeń. Proces szacowania wymaganego czasu ewakuacji przy zastosowaniu normy *Published Document 7974-6* autorzy przedstawili w opracowaniu [16]. Pierwszym odcinkiem jest czas detekcji pożaru. Może to być czas wykrycia pożaru przez system sygnalizacji pożaru (w większości przypadków jest to alarm drugiego stopnia) lub moment, w którym to użytkownik budynku wykryje pożar i ręcznie wciśnie ostrzegacz przeciwpożarowy. Drugim odcinkiem jest czas alarmowania, który jest czasem ogłoszenia alarmu lub komunikatu przez dźwiękowy system ostrzegawczy. Czas detekcji i czas alarmowania zależą od jakości systemu wykrywania i sygnalizacji pożaru. Trzecim odcinkiem jest czas rozpoznania. To etap, na którym osoby znajdujące się w budynku rozpoznają, jakiego rodzaju jest ogłaszany alarm i jakie działania powinny po jego usłyszeniu podjąć. Czas ten jest różny w zależności od grupy ludzi przebywających w budynku (na podstawie rodzaju grupy określa się tzw. kategorie zachowań ludzkich). Zależy on również od wprowadzonego w budynku poziomu bezpieczeństwa. Czwartym odcinkiem jest czas pierwszych reakcji ludzi po rozpoznaniu rodzaju alarmu. Wtedy to podejmowane są przede wszystkim takie czynności, jak: pakowanie osobistych rzeczy, wyłączanie obsługiwanego sprzętu czy zabezpieczanie opracowywanych dokumentów. Czas rozpoznania i czas pierwszych reakcji

 ISSN 1895-8443

zależą od stanu psychofizycznego ewakuowanych osób oraz od stopnia ich wyszkolenia. Piątym i ostatnim odcinkiem jest czas przejścia, kiedy to ludzie przechodzą drogami ewakuacyjnymi i opuszczają zagrożoną strefę przez wyjście ewakuacyjne prowadzące na zewnątrz budynku lub do innej bezpiecznej strefy pożarowej. Czas przejścia zależy od długości i szerokości drogi ewakuacyjnej oraz od zdolności osób do pokonywania odległości. Możliwe jest wpływanie na ten czas dzięki zmianie układu dróg ewakuacyjnych, organizacji ewakuacji i liczby osób znajdujących się w budynku. Regularne próby ewakuacji oraz szkolenia z zakresu ochrony przeciwpożarowej mogą przyczynić się do skrócenia czasu rozpoznania, czasu pierwszych reakcji oraz czasu przejścia [17,18]. Szacowanie czasu przejścia drogami ewakuacyjnymi jest niezbędne w procesie projektowania budynków, projektowania dróg ewakuacyjnych i określania przeznaczenia poszczególnych pomieszczeń w budynku.



Rycina 1. Składowe wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji
Figure 1. Components of the required safe evacuation time
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [14].
Source: Own elaboration based on [14].

Różnica między dostępnym a wymaganym czasem bezpiecznej ewakuacji jest tzw. marginesem bezpieczeństwa. Margines bezpieczeństwa pozwala na zachowanie bezpiecznych warunków podczas wydłużenia się którejkolwiek ze składowych wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji. Proponowany model ewakuacji w założeniu dokonuje oszacowania czasu przejścia drogami ewakuacyjnymi (t_{przej}).

Podstawowe parametry charakteryzujące ruch osób podczas ewakuacji

Przemieszczanie się ludzi podlega określonym prawom. Jednym z podstawowych parametrów opisujących to zjawisko jest prędkość przemieszczania. Podczas ewakuacji jest ona indywidualna dla poszczególnych osób i zależy od wielu czynników. Podstawowym czynnikiem jest zdolność osoby do przemieszczania się z określoną dla niej optymalną (najmniej energochłonną) i maksymalną prędkością, która zależy od płci, wieku oraz stanu psychofizycznego człowieka [19, 20]. Omawiana prędkość ma rozkład Gaussa o wartości średniej 1,32 m/s i odchyleniu standardowym równym 0,26 m/s [21]. W literaturze można znaleźć również inne wartości, tj. wartość średnią 1,24 m/s oraz odchylenie standardowe 0,15 m/s [22].

Innym parametrem opisującym przemieszczanie się ludzi jest gęstość tłumu, która jest z góry ograniczona przez rozmiary ciał osób ewakuowanych. Krytyczna gęstością rozmieszczenia ludzi, w której nie ma żadnych odstępów pomiędzy poszczególnymi osobami, kształtuje się na poziomie ok. 5 os./m^2 [23].

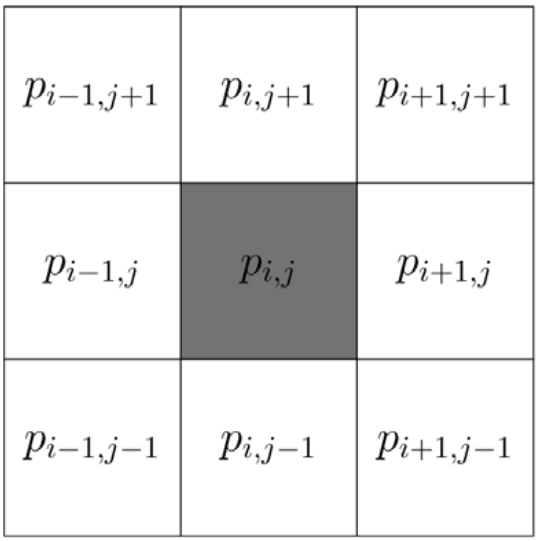
Istotnym parametrem opisującym przemieszczanie się osób jest również przepływ strumienia ludzi na drodze ewakuacyjnej. Maksymalny przepływ może wynosić 1,225 os./m/s [24]. Ten parametr ma decydujące znaczenie podczas ewakuacji, w których mamy do czynienia ze zwężeniami drogi ewakuacyjnej (tzw. wąskie gardła) wymuszającymi na osobach ewakuowanych zatrzymanie się. Największy przepływ obserwuje się podczas ewakuacji tłumu o gęstości około 2 os./m^2 [23].

Modelowanie ewakuacji za pomocą automatu komórkowego

Założenia podstawowe

Model ewakuacji zbudowano na bazie automatu komórkowego. Zastosowano sąsiedztwo Moore'a. Komórka centralna ma w tym modelu ośmiu sąsiadów. Osoba zajmująca komórkę p_{ij} może wykonać przejście w pionie ($p_{i,j-1}$, $p_{i,j+1}$), poziomie ($p_{i-1,j}$, $p_{i+1,j}$) lub na skos ($p_{i-1,j-1}$, $p_{i-1,j+1}$,$p_{i+1,j-1}$, $p_{i+1,j+1}$). W pierwszej kolejności wyznaczane są komórki, do których możliwe jest przejście ewakuowanej osoby. Na podstawie równania 1 określane są wartości pola statycznego

możliwych do zajęcia komórek w sąsiedztwie komórki centralnej w zależności od tego, czy dana komórka jest zajęta przez inną osobę n_{ij} lub przeszkodę ξ_{ij}. Następnie na podstawie równania 2 spośród wszystkich komórek wybierane są tylko te, które mają największą wartość parametru m_{ij}. W modelu wprowadza się parametr μ, który odpowiada za tempo przemieszczania się osób. Przejście ewakuowanej osoby jest możliwe tylko do komórek o największej wartości. Odbywa się ono z założonym prawdopodobieństwem μ = 0,55 dla opisywanego modelu. Dla komórek o wartościach parametru m_{ij} mniejszych od maksymalnej prawdopodobieństwo przejścia jest równe 0. Prawdopodobieństwo przejścia zależy od wartości współczynnika μ oraz liczby komórek $|N|$ o największej wartości. Użyty w modelu automat jest asynchroniczny. Przy każdej iteracji tworzona jest losowa lista wszystkich osób, dla której kolejno wykonywany jest algorytm przejść. Kolejność przemieszczania się poszczególnych osób w danym kroku czasowym zależy od wylosowanej listy. Powoduje to, że w każdym kolejnym kroku czasowym kolejność przemieszczania się osób jest różna. Pozycja danej osoby jednoznacznie identyfikowana jest z konkretnym wyjściem ewakuacyjnym. Możliwość wpływu dodatkowych zmiennych na wybór wyjścia ewakuacyjnego podczas przemieszczania się osób nie był rozpatrywany.



Rycina 2. Sąsiedztwo Moore'a
Figure 2. The Moore neighborhood
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [25].
Source: Own elaboration based on [25].

$$m_{ij} = S_{ij} \cdot n_{ij} \cdot \xi_{ij} \tag{1}$$

gdzie:
m_{ij} – wartości pola statycznego możliwych do zajęcia komórek sąsiadujących,
S_{ij} – wartość pola statycznego,
$n_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ – komórka zajęta przez inną osobę,} \\ 1 \text{ – komórka niezajęta,} \end{cases}$
$\xi_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ – komórka zajęta przez przeszkodę,} \\ 1 \text{ – komórka niezajęta,} \end{cases}$

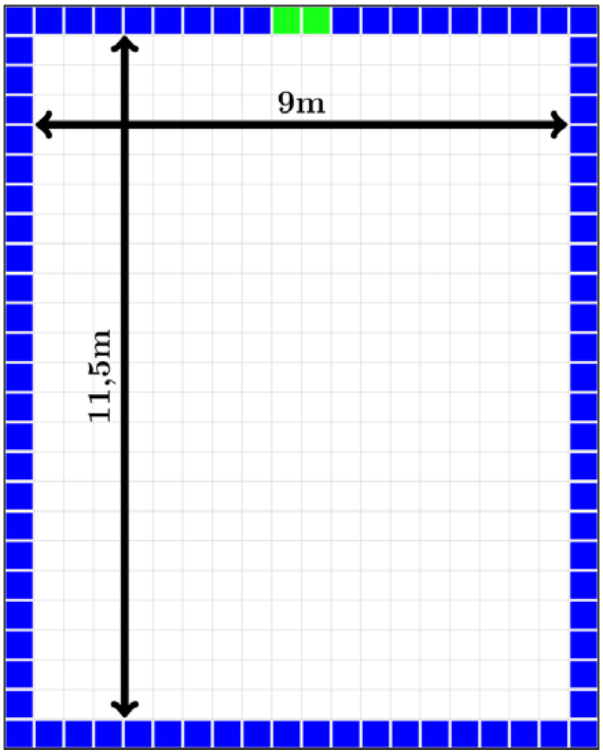
$$p_{ij} = \begin{cases} \mu \cdot \frac{1}{|N|}; N = \{m_{max} : m_{max} \geq m_{ij}\} \\ 0; m_{ij} < m_{max} \end{cases}, \tag{2}$$

gdzie:
pij – prawdopodobieństwo przejścia do komórki sąsiedniej,
μ – prawdopodobieństwo dokonania wyboru,
N – zbiór wszystkich największych wartości m_{ij},
$|N|$ – moc zbioru.

W badaniach przyjęto pomieszczenie o wymiarach 11,5 x 9 m podzielone siatką o wymiarach 0,5 x 0,5 m. Dla powierzchni pomieszczenia zastosowano jedną warstwę – statyczną. Warstwa ta odwzorowuje odległość poszczególnych komórek od wyjścia ewakuacyjnego (wyjść ewakuacyjnych). Wartość pól warstwy statycznej jest obliczana zgodnie z metryką euklidesową. Dla przejść pionowych i poziomych względem wyjść ewakuacyjnych wartość pola wzrasta o 1, natomiast dla przejść po skosie – rośnie o √2. Następnie obliczana jest różnica między wartością maksymalną warstwy *Floor Field* a wartością danego pola. Graficzną prezentację pola statycznego rozważanych pomieszczeń przedstawiają ryciny 3b i 3d. Pola najjaśniejsze odpowiadają najbliższej odległości od wyjścia ewakuacyjnego, tym samym mają one największą wartość.

W proponowanym modelu krok czasowy odpowiadający jednej iteracji (funkcji przejścia) wynosi 1 s. Przyjęto, że dla każdej iteracji losowana jest kolejność, w jakiej poszczególne osoby odwzorowane na płaszczyźnie automatu będą dokonywały wyboru przejścia. Implementację modelu wykonano w języku skryptowym *Python*, korzystając z biblioteki do obliczeń naukowych *Numpy* i biblioteki matematycznej *Math* [26]. Język *Python* jest wieloplatformowym narzędziem programistycznym, co jest jego zaletą. Aplikacje napisane w tym języku skutecznie udaje się uruchomić na komputerach mających odmienną architekturę i na różnych systemach operacyjnych.

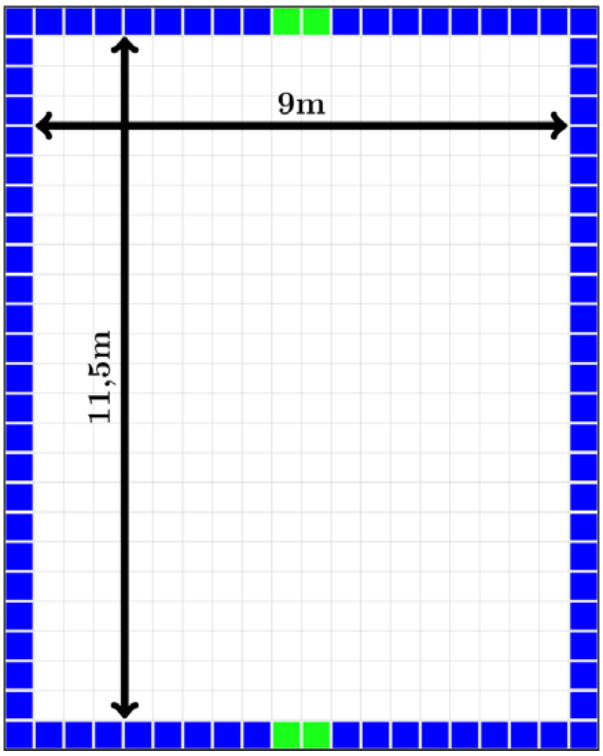
 ISSN 1895-8443



A

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	26.2	26.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	17.8	18.8	19.8	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.2	25.2	24.8	23.8	22.8	21.8	20.8	19.8	18.8	17.8	-1
-1	17.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	23.8	24.2	24.2	23.8	23.4	22.4	21.4	20.4	19.4	18.4	17.4	-1
-1	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	22.4	22.8	23.2	23.2	22.8	22.4	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	-1
-1	16.6	17.6	18.6	19.6	20.6	21.0	21.4	21.8	22.2	22.2	21.8	21.4	21.0	20.6	19.6	18.6	17.6	16.6	-1
-1	16.2	17.2	18.2	19.2	19.6	20.0	20.4	20.8	21.2	21.2	20.8	20.4	20.0	19.6	19.2	18.2	17.2	16.2	-1
-1	15.8	16.8	17.8	18.2	18.6	19.0	19.4	19.8	20.2	20.2	19.8	19.4	19.0	18.6	18.2	17.8	16.8	15.8	-1
-1	15.4	16.4	16.8	17.2	17.6	18.0	18.4	18.8	19.2	19.2	18.8	18.4	18.0	17.6	17.2	16.8	16.4	15.4	-1
-1	15.0	15.4	15.8	16.2	16.6	17.0	17.4	17.8	18.2	18.2	17.8	17.4	17.0	16.6	16.2	15.8	15.4	15.0	-1
-1	14.0	14.4	14.8	15.2	15.6	16.0	16.4	16.8	17.2	17.2	16.8	16.4	16.0	15.6	15.2	14.8	14.4	14.0	-1
-1	13.0	13.4	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.8	16.2	16.2	15.8	15.4	15.0	14.6	14.2	13.8	13.4	13.0	-1
-1	12.0	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4	14.8	15.2	15.2	14.8	14.4	14.0	13.6	13.2	12.8	12.4	12.0	-1
-1	11.0	11.4	11.8	12.2	12.6	13.0	13.4	13.8	14.2	14.2	13.8	13.4	13.0	12.6	12.2	11.8	11.4	11.0	-1
-1	10.0	10.4	10.8	11.2	11.6	12.0	12.4	12.8	13.2	13.2	12.8	12.4	12.0	11.6	11.2	10.8	10.4	10.0	-1
-1	9.0	9.4	9.8	10.2	10.6	11.0	11.4	11.8	12.2	12.2	11.8	11.4	11.0	10.6	10.2	9.8	9.4	9.0	-1
-1	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.2	10.8	10.4	10.0	9.6	9.2	8.8	8.4	8.0	-1
-1	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.2	9.8	9.4	9.0	8.6	8.2	7.8	7.4	7.0	-1
-1	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.2	8.8	8.4	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	6.0	-1
-1	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.4	5.0	-1
-1	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	-1
-1	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.2	5.8	5.4	5.0	4.6	4.2	3.8	3.4	3.0	-1
-1	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.2	4.8	4.4	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	-1
-1	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.2	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8	1.4	1.0	-1
-1	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.2	2.8	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4	0.0	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

b



C

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	15.2	15.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.8	12.8	13.8	14.2	14.2	13.8	12.8	11.8	10.8	9.8	8.8	7.8	6.8	-1
-1	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.4	12.8	13.2	13.2	12.8	12.4	11.4	10.4	9.4	8.4	7.4	6.4	-1
-1	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	11.4	11.8	12.2	12.2	11.8	11.4	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	-1
-1	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.2	10.8	10.4	10.0	9.6	8.6	7.6	6.6	5.6	-1
-1	5.2	6.2	7.2	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.2	9.8	9.4	9.0	8.6	8.2	7.2	6.2	5.2	-1
-1	4.8	5.8	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.2	8.8	8.4	8.0	7.6	7.2	6.8	5.8	4.8	-1
-1	4.4	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.4	4.4	-1
-1	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	-1
-1	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.2	5.8	5.4	5.0	4.6	4.2	3.8	3.4	3.0	-1
-1	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.2	4.8	4.4	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	-1
-1	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.2	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8	1.4	1.0	-1
-1	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.2	2.8	2.4	2.0	1.6	1.2	0.8	0.4	0.0	-1
-1	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.2	3.8	3.4	3.0	2.6	2.2	1.8	1.4	1.0	-1
-1	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.2	4.8	4.4	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	-1
-1	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.2	5.8	5.4	5.0	4.6	4.2	3.8	3.4	3.0	-1
-1	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.2	6.8	6.4	6.0	5.6	5.2	4.8	4.4	4.0	-1
-1	4.4	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.4	4.4	-1
-1	4.8	5.8	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	8.8	9.2	9.2	8.8	8.4	8.0	7.6	7.2	6.8	5.8	4.8	-1
-1	5.2	6.2	7.2	8.2	8.6	9.0	9.4	9.8	10.2	10.2	9.8	9.4	9.0	8.6	8.2	7.2	6.2	5.2	-1
-1	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.0	10.4	10.8	11.2	11.2	10.8	10.4	10.0	9.6	8.6	7.6	6.6	5.6	-1
-1	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	11.4	11.8	12.2	12.2	11.8	11.4	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	-1
-1	6.4	7.4	8.4	9.4	10.4	11.4	12.4	12.8	13.2	13.2	12.8	12.4	11.4	10.4	9.4	8.4	7.4	6.4	-1
-1	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.8	12.8	13.8	14.2	14.2	13.8	12.8	11.8	10.8	9.8	8.8	7.8	6.8	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	15.2	15.2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

d

Rycina 3. Układ pomieszczenia dla scenariusza z jednym wyjściem ewakuacyjnym (a) i z dwoma wyjściami ewakuacyjnymi (c). Odwzorowanie wartości pola statycznego za pomocą odcieni szarości dla scenariusza z jednym wyjściem ewakuacyjnym (b) i z dwoma wyjściami ewakuacyjnymi (d)

Figure 3. A room plan for a scenario with one evacuation exit (a) and two evacuation exits (c). Presentation of the static field with different tones of grey for a scenario with one evacuation exit (b) and with two evacuation exits (d)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

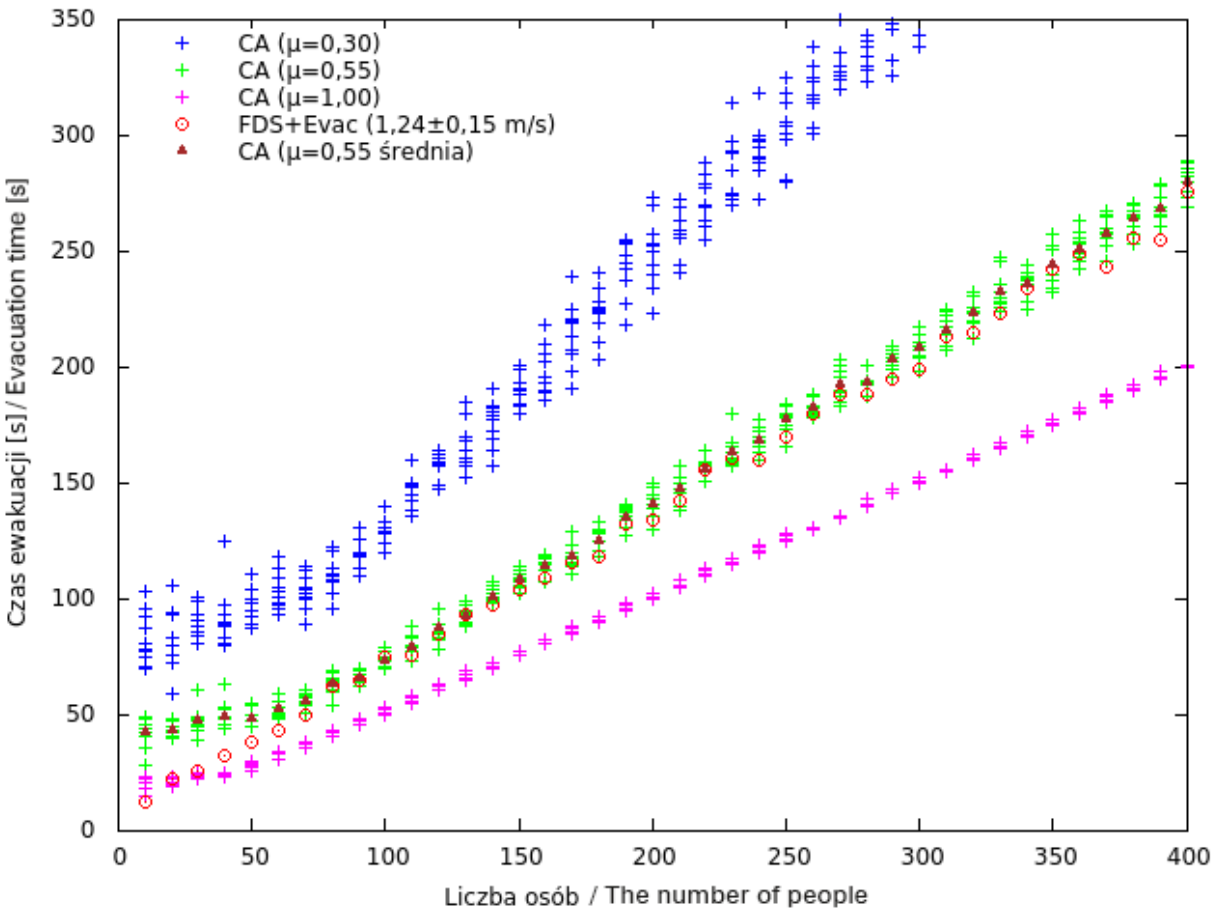
W implementacji modelu zdefiniowano funkcje:
- kalkulacji wartości warstwy statycznej,
- kalkulacji przejść,
- uwzględniania przeszkód i innych uczestników ewakuacji.

Do kalkulacji przejść zastosowano algorytm zachłanny. Algorytm ten w celu wyznaczenia przejścia w każdym kroku dokonuje najlepiej rokującego w danym momencie wyboru rozwiązania częściowego [27]. Aby wyznaczyć komórkę, do której nastąpi przejście, oblicza się wartość m_{ij}, która jest iloczynem wartości komórki pola statycznego S_{ij}, wartości uzależnionej od stanu zajętości przez inną osobę n_{ij} oraz stanu zajętości przez przeszkodę ξ_{ij}. Prawdopodobieństwo przejścia p_{ij} jest zależne od założonego jako parametr podstawowy prawdopodobieństwa dokonania wyboru μ oraz liczby komórek o największej wartości m_{ij} dla komórki podstawowej i sąsiadujących. Jeśli wartość największa występuje dla komórki podstawowej, to osoba pozostaje w zajmowanej komórce w danym kroku czasowym. Uznaje się, że po osiągnięciu wyjścia ewakuacyjnego osoba opuściła pomieszczenie, w związku z czym jest usuwana z powierzchni przeznaczonej do ewakuacji, a wyjście ewakuacyjne jest zwalniane dla kolejnych osób.

Symulacje ewakuacji przeprowadzono przy zastosowaniu proponowanego modelu oraz programu FDS 6.3.0+Evac 2.5.1. Obliczenia wykonano na komputerze klasy PC z procesorem Intel Core i3-2348M (2,3 GHz) i 4 GB pamięci RAM. Program *FDS+Evac* oraz automat komórkowy podczas oszacowywania czasu ewakuacji korzystał z 1 rdzenia procesora.

Porównanie wyników oszacowania czasu ewakuacji

W celu weryfikacji zaproponowanego modelu wykonano symulacje ewakuacji osób z pomieszczenia z jednym wyjściem ewakuacyjnym oraz z dwoma wyjściami zlokalizowanymi naprzeciw siebie (ryc. 3). Otrzymane wyniki porównano z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu programu *FDS+Evac* dla takich samych układów pomieszczeń. Modelowanie wykonano dla różnej liczby osób (10–400) w pomieszczeniu. Czasy ewakuacji otrzymane przy zastosowaniu zaproponowanego modelu są zbieżne z czasami ewakuacji uzyskanymi za pomocą programu *FDS+Evac*. Najdokładniejsze dopasowanie wyników występuje dla współczynnika μ = 0,55. Porównanie czasów ewakuacji z poszczególnych pomieszczeń przedstawiają ryciny 4 i 5.



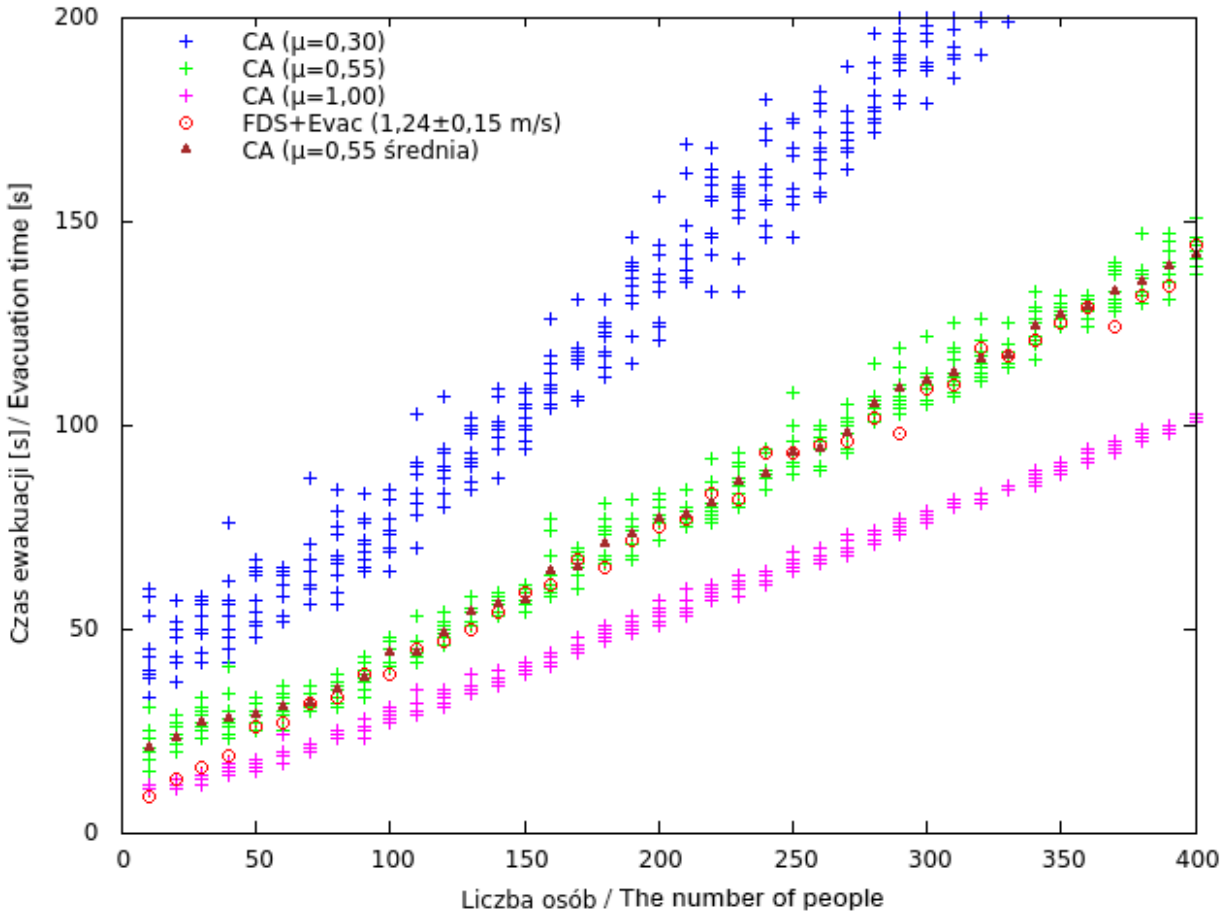
Rycina 4. Porównanie czasów ewakuacji z pomieszczenia z jednym wyjściem (FDS+Evac, CA)

Figure 4. Evacuation time through one exit (FDS+Evac, CA)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443



Rycina 5. Porównanie czasów ewakuacji z pomieszczenia z dwoma wyjściami (FDS+Evac, CA)

Figure 5. A comparison of evacuation time through two exits (FDS+Evac, CA)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

W procesie weryfikacji modeli powszechnie stosuje się testy opracowane przez IMO [28]. W dokumentacjach weryfikacji na testy te powołują się producenci wielu programów do symulacji ewakuacji [29, 30]. Test IMO 9 wykorzystuje się do wyznaczania czasu ewakuacji dużej liczby osób (1000 osób) z jednego pomieszczenia przy występowaniu dwóch i czterech wyjść ewakuacyjnych. Wymiary pomieszczenia oraz założenia szczegółowo opisane są w [13]. Dla proponowanego modelu wykonano właśnie test IMO 9. Otrzymane wyniki są porównywalne z czasami ewakuacji obliczonymi przy użyciu komercyjnych programów modelujących ewakuację (Pathfinder, TraffGo i FDS+Evac).

Tabela 1. Zestawienie czasów ewakuacji dla testu IMO 9

Table 1. A comparison of the evacuation time for the IMO 9 test

Nazwa modelu/Model name	Dwa wyjścia ewakuacyjne/ Two evacuation exits	Cztery wyjścia ewakuacyjne/ Four evacuation exits
Automat komórkowy/Cellural automaton	**380 s**	**210 s**
Pathfinder Steering [29]	318 s	166 s
Pathfinder SFPE [29]	385 s	196 s
SFPE [29]	380 s	190 s
TraffGo v.2.4.3.1 [30]	440 s	236 s
TraffGo v.2.5.0.7 [30]	330 s	179 s
FDS 6.3.0 + Evac 2.5.1 (obliczono przy użyciu plików wejściowych dostępnych na stronie internetowej twórcy oprogramowania)	420 s	217 s

Źródło: Opracowanie własne [29, 30].

Source: Own elaboration [29, 30].

Porównanie złożoności obliczeniowej modelu ewakuacji wykorzystującego automat komórkowy ze złożonością obliczeniową modelu ewakuacji Social Force zaimplementowanego w programie FDS+Evac

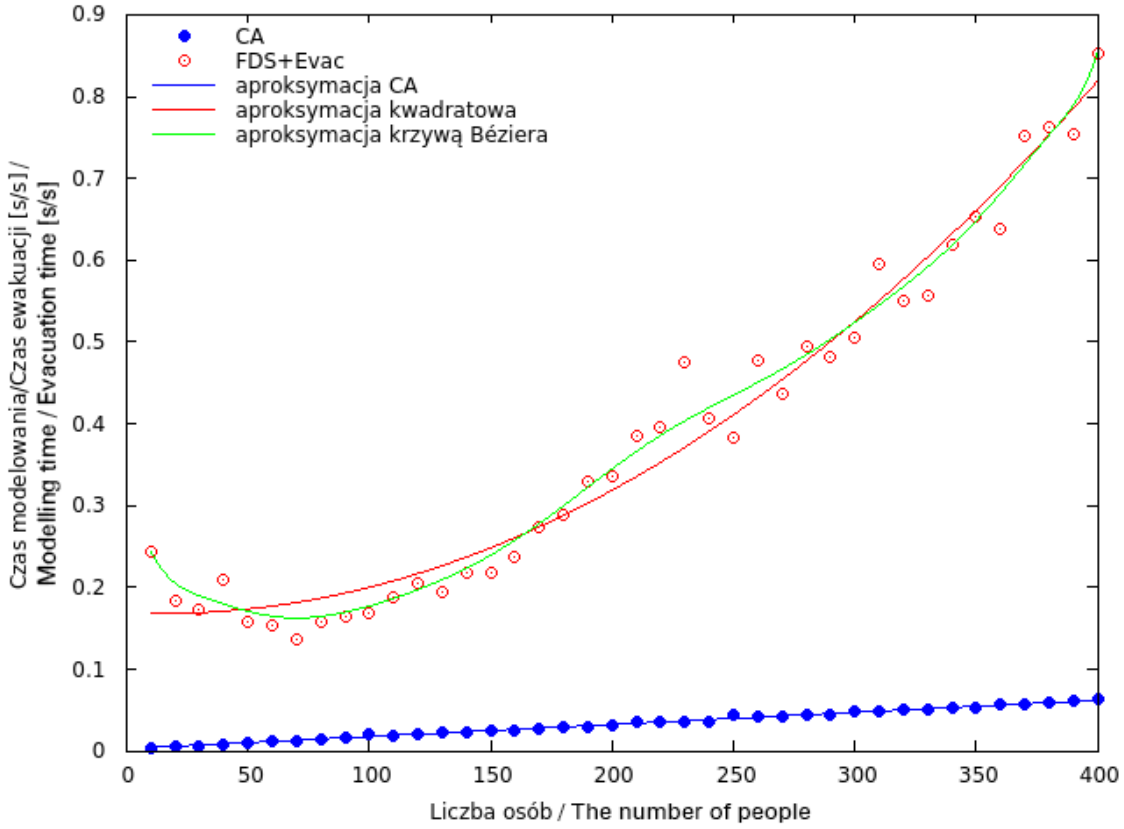
Złożoność obliczeniowa to ilość zasobów komputerowych koniecznych do wykonania programu realizującego algorytm. Wyróżniamy złożoność pamięciową oraz czasową. Złożoność jest opisywana w trzech notacjach: Θ, O i Ω. Notacja Θ jest funkcją opisującą dokładne odwzorowanie czasu działania algorytmu w zależności od ilości danych wejściowych. Notacja O określa górną granicę, a notacja Ω dolną granicę czasu działania algorytmu w zależności od ilości danych wejściowych. Istotną cechą automatów komórkowych jest ich mała złożoność obliczeniowa wynosząca O(n) [27]. W związku z tym możliwe jest modelowanie ewakuacji dużych grup ludzi przy wykorzystaniu stosunkowo małej mocy obliczeniowej, a otrzymane czasy ewakuacji są wtedy porównywalne z czasami uzyskanymi przy zastosowaniu innych – bardziej złożonych modeli. Takim przykładem jest model *Social Force* zaimplementowany w programie *FDS+Evac*, którego złożoność obliczeniowa wynosi $O(n^2)$. Porównanie czasu potrzebnego na modelowanie 1 s procesu ewakuacji dla poszczególnej liczby osób przedstawia rycina 6. Zużycie czasu procesora w przypadku wykorzystania modelu *Social Force* zaimplementowanego w programie *FDS+Evac* rośnie wykładniczo w stosunku do liczby osób. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono parametry równania kwadratowego (równanie 3) dla programu *FDS+Evac* i parametry równania liniowego (równanie 4) dla modelu opartego na automacie komórkowym. Czas procesora przypadający na wymodelowanie 1 s procesu ewakuacji w zależności od ilości danych wejściowych jest funkcją wykładniczą i ma postać:

$$f(n) = 4{,}381 \cdot 10^{-6} \cdot n^2 - 1{,}285 \cdot 10^{-4} \cdot n + 0{,}170 \qquad (3)$$

Natomiast czas niezbędny do wymodelowania 1 s procesu ewakuacji zależy liniowo od liczby ewakuowanych osób w przypadku proponowanego modelu opartego na automacie komórkowym:

$$f(n) = 1{,}479 \cdot 10^{-4} \cdot n + 3{,}000 \cdot 10^{-3} \qquad (4)$$

Modelowanie ewakuacji 400 osób z pomieszczenia z dwoma wyjściami przy zastosowaniu *FDS+Evac* zajmuje ponad 122 s, natomiast przy zastosowaniu automatu komórkowego – niespełna 10 s. Jeśli porównamy te czasy z czasami ewakuacji, to okaże się, że na 1 s czasu ewakuacji model *Social Force* potrzebuje prawie 1 s czasu procesora, podczas gdy automat komórkowy potrzebuje go tylko 0,06 s. Ponadto czas ten zwiększa się wraz ze wzrostem liczby osób. Dla testu IMO 9 (1000 osób) przy czterech wyjściach ewakuacyjnych czas obliczeń za pomocą programu *FDS+Evac* wynosi 1160 s (ok. 20 minut), a za pomocą automatu komórkowego – 60 s.



Rycina 6. Wykorzystanie czasu procesora na 1 s oszacowanego czasu ewakuacji dla poszczególnej liczby osób

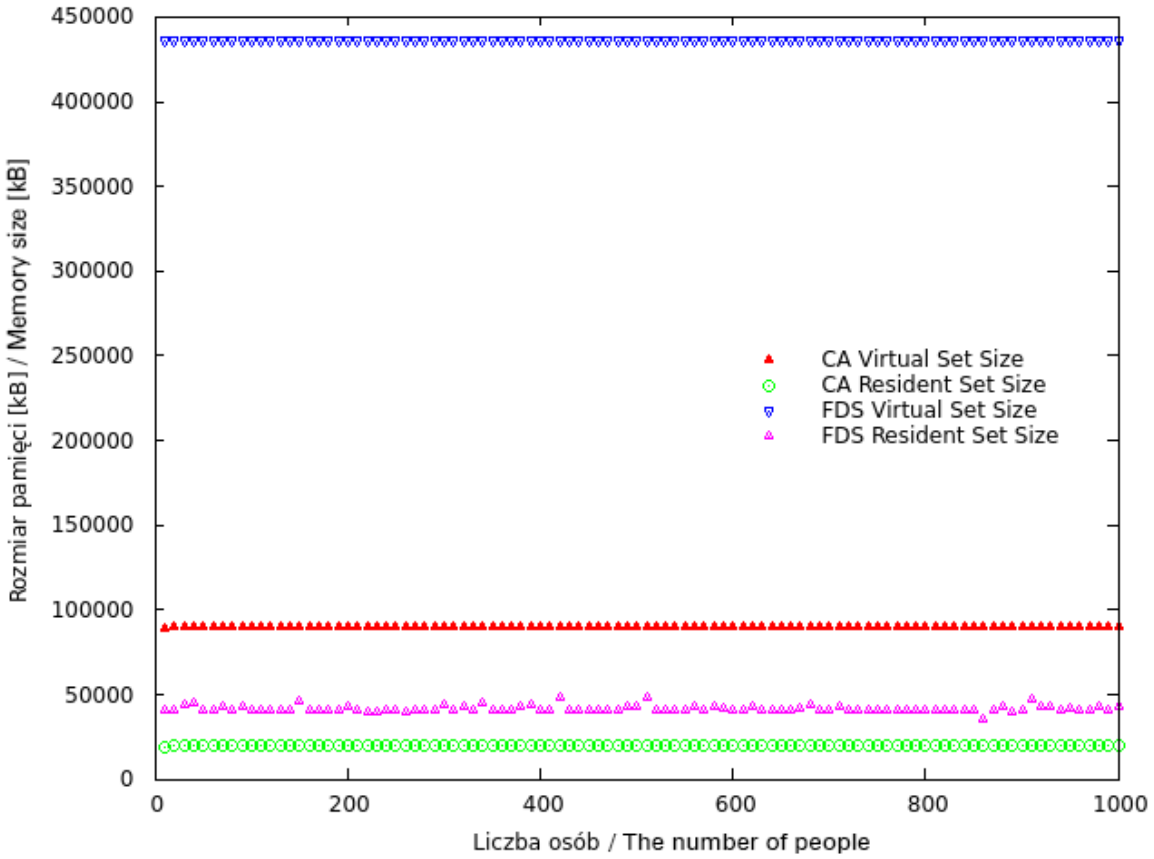
Figure 6. The use of processor time for 1 sec. of estimated evacuation time for a specified number of people

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Podczas obliczeń komputerowych istotnym parametrem jest użycie pamięci operacyjnej. Podczas szacowania czasu ewakuacji w teście IMO 9 dla czterech wyjść ewakuacyjnych Program *FDS+Evac* alokuje około 450 MB pamięci wirtualnej, natomiast automat komórkowy – jedynie 90 MB. Pamięć fizycznie zajęta przez procesy obliczeniowe to odpowiednio około 48 MB i 20 MB. Alokację pamięci w czasie przedstawia rycina 7.



Rycina 7. Alokacja pamięci operacyjnej przez procesy modelowania ewakuacji FDS+Evac i CA dla testu IMO 9 z czterema wyjściami ewakuacyjnymi dla poszczególnej liczby osób

Figure 7. The allocation of operating memory by the FDS+Evac and CA evacuation modelling processes for the IMO 9 test with four evacuation exits for a specified number of people

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Wielkości te mają znaczenie przy modelowaniu ewakuacji większych grup ludzi, wtedy bowiem dostępne zasoby sprzętowe (pamięć operacyjna, moc obliczeniowa) mają wpływ na wykonanie obliczeń.

Podsumowanie

Zaletą modeli korzystających z automatów komórkowych jest ich prosta budowa i implementacja. Mała złożoność obliczeniowa pozwala na znaczne skrócenie obliczeń oraz na modelowanie ewakuacji dużych grup ludzi. Dzięki prezentowanemu modelowi możliwe jest modelowanie ewakuacji 30 000 osób z pomieszczenia o wymiarach 150 x 105 m przy zastosowaniu komputera klasy PC.

Automaty komórkowe wykorzystywane w modelowaniu wszelkiego rodzaju procesów fizycznych, w tym ewakuacji, mogą mieć w przyszłość duże zastosowanie. Automaty niehomogeniczne, w przeciwieństwie do homogenicznych, są jeszcze słabo zbadane. Prawdopodobnie właśnie dlatego jest wiele możliwości opracowywania nowych modeli ewakuacji bazujących na niehomogenicznych automatach komórkowych, które jeszcze lepiej będą odwzorowywać rzeczywiste zachowania tłumu i interakcje między jego uczestnikami. Implementacja modelu w narzędziach CAD pozwoliłaby na weryfikację ewakuacji jeszcze na etapie projektowania budynku. Działanie algorytmu szacującego czas ewakuacji w projektowanym budynku nie obciążałoby komputera projektanta. Informacja o oszacowanym czasie ewakuacji jest istotna dla prawidłowego zaprojektowania oraz wykonania budynków i obiektów przeznaczonych do użytkowania.

Literatura

[1] Ustawa z dnia 20 marca 2009 r. o bezpieczeństwie imprez masowych (Dz.U. z 2009 r. nr 62, poz. 504 z późn. zm.).

[2] LeDoux J., *The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life*, Simon and Schuster, New York 1998.

[3] Piwiński J., *Modelowanie zbiorowych zachowań ludzkich jako narzędzie wspomagające zarządzanie kryzysowe*, „Pomiary Automatyka Robotyka" 2010, nr 2, 209–216, http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSW1-0076-0013/c/Piwinski.pdf [dostęp: 8.03.2017].

[4] Burstedde C., Klauck K., Schadschneider A., Zittartz J., *Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automata*, „Physica A: Statistical Mechanics and its Applications" 2001, 295(3), 507–525, https://arxiv.org/pdf/cond-mat/0102397.pdf [accessed: 8.03.2017].

[5] Helbing D., Molnar P., *Social force model for pedestrian dynamics*, „Physical Review E" 1995, 51, 4282–4286, http://vision.cse.psu.edu/courses/Tracking/vlpr12/HelbingSocialForceModel95.pdf [accessed: 8.03.2017].

[6] Okazaki S., Matsushita S., *A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing*, [w:] *Engineering for Crowd Safety*, Smith R., Dickie J. (eds.), 1993, 271–280, http://www.anc-d.u-fukui.ac.jp/~sat/ECS93.pdf [accessed: 8.03.2017].

[7] Shi J., Ren A., Chen C., *Agent-based evacuation model of large public buildings under fire conditions*, „Automation in Construction 2009, 18(3), 338–347, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508001544 [accessed: 8.03.2017].

[8] Wąs J., *Algorytmy modelowania inteligentnych zachowań w zagadnieniach dynamiki pieszych z zastosowaniem niehomogenicznych automatów komórkowych*, rozprawa doktorska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2006, http://winntbg.bg.agh.edu.pl/rozprawy/9768/full9768.pdf [dostęp: 8.03.2017].

[9] Barański M., Maciak T., *Automaty komórkowe w modelowaniu ewakuacji*, BiTP Vol. 43 Issue 3, pp. 127–142, http://bitp.cnbop.pl/wp-content/uploads/2016/01/BiTP_Vol_43_Issue_3_2016pp.127–141.pdf [dostęp: 8.03.2016].

[10] Mrowiński M., Gradowski T., Kosiński R., *Models of pedestrian evacuation based on cellular automata*, „Acta Physica Polonica A" 2012, 121(2B), B95-B100, http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/121/a121z2bp19.pdf [accessed: 8.03.2017].

[11] Parisi, D. R., Dorso C. O., *Microscopic dynamics of pedestrian evacuation*, „Physica A: Statistical Mechanics and its Applications" 2005, 354, 606–618.

[12] Feliciani C., Nishinari K., *An improved Cellular Automata model to simulate the behavior of high density crowd and validation by experimental data*, „Physica A: Statistical Mechanics and its Applications" 2016, 451, 135–148.

[13] Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ship, *International Maritime Organization 2002*, MSC/Circ.1033, http://www.sjofartsverket.se/upload/7156/1033.pdf [accessed: 8.03.2017].

[14] British Standard PD 7974-6:2004 The application of firesafety engineering principles to firesafety design of buildings – Human factors: Life safetystrategies – Occupantevacuation, behavior and condition (Sub-system 6), British Standard Institute 2004.

[15] Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w przypadkach wskazanych w przepisach przeciwpożarowych, Biuro Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2008, http://www.straz.gov.pl/download/1795 [dostęp: 8.03.2017].

[16] Barański M., Maciak T., *Określanie czasu procesu bezpiecznej ewakuacji ludności z zagrożonych obiektów*, „Zeszyty Naukowe SGSP" 2014, 49(1), 78–97, https://www.sgsp.edu.pl/files/upload/awojcik/ZN-1-2014-Internet.pdf [dostęp: 8.03.2017].

[17] Cłapa I., *Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego, scenariusz pożarowy oraz próbna ewakuacja jako kluczowe elementy zarządzania systemem bezpieczeństwa pożarowego budynku*, BiTP Vol. 40 Issue 4, 2015, pp. 123–131, http://czytelnia.cnbop.pl/sites/default/files/czytelnia/files/pdf/BiTP_Vol._40_Issue_4,2015,123-131.pdf [dostęp: 8.03.2017].

[18] Cłapa I., Dziubiński M., *Zachowanie ludzi jako jeden z czynników determinujących przebieg procesu ewakuacji*, BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 149–158, http://bitp.cnbop.pl/wp-content/uploads/2016/02/BiTP_Vol.35_Issue_32014pp.149-158.pdf [dostęp: 8.03.2017].

[19] Korhonen T., Hostikka S., Heliovaara S., Ehtamo H., *FDS+Evac: An Agent Based Fire Evacuation Model*, [in:] *Pedestrian And Evacuation Dynamics 2008*, W. Kilngsch, Ch. Rogsch, A. Schadschneider, M. Schreckenberg (eds.), Springer, Berlin Heidelberg 2010, 109–120, http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/PED_Korhonen_VTT_Preprint.pdf [accessed: 8.03.2017].

[20] Shen Y., Wang Q., Yan W., Sun J., Zhu K., *Evacuation processes of different genders in different visibility conditions–an experimental study*, "Procedia Engineering" 2014, 71, 65–74.

[21] Henderson L., *The statistics of crowd fluids*, "Nature" 1971, 229, 381–383.

[22] Seyfried, A., Steffen B., Klingsch W., Lippert T., Boltes M., *Steps toward the fundamental diagram—empirical results and modelling*, [in:] *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005*, N. Waldau, P. Gattermann, H. Knoflacher, M. Schreckenberg (eds.), Springer, Berlin Heidelberg 2007, 377–390.

[23] Proulx G., *Evacuation time*, [in:] *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2008*, P. DiNenno, D. Drysdale, C. Beyler (eds.), Quincy 2008, 3–355, 3–372.

[24] Helbing D., Mukerji P., *Crowddisasters as systemicfailures: analisis of the love paradedisaster*, https://www.sg.ethz.ch/ethz_risk_center_wps/pdf/ETH-RC-12-010.pdf [accessed: 8.03.2017].

[25] Nitzsche C., *Cellular automata modeling for pedestrian dynamics*, https://physik.uni-greifswald.de/fileadmin/uni-greifswald/fakultaet/mnf/physik/ag_schneider/Arbeiten/bachelorneu.pdf [accessed: 8.03.2017].

[26] Oficjalna strona internetowa języka programowania Python, http://www.python.org [dostęp: 8.03.2017].

[27] Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C., *Wprowadzenie do algorytmów*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.

[28] Oficjalna strona internetowa International Maritime Organization, http://www.imo.org [dostęp: 8.03.2017].

[29] IMO Test 9: Room with four exits, Pathfinder 2011, http://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/imo_test_09.pdf [accessed: 8.03.2017].

[30] IMO Analysis Report, TraffGo HT 2009, http://www.traffgo-ht.com/downloads/pedestrians/downloads/IMO%20Testbericht%20PedGo%20EN.pdf [accessed: 8.03.2017].

 ISSN 1895-8443

KPT. MGR INŻ. MARIUSZ BARAŃSKI – starszy specjalista w wydziale ds. operacyjnych i kontrolno-rozpoznawczych w Komendzie Powiatowej Państwowej Straży Pożarnej w Oławie, absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej oraz Politechniki Wrocławskiej. Programista i autor publikacji z zakresu modelowania ewakuacji.

DR HAB. INŻ. TADEUSZ MACIAK – profesor Politechniki Białostockiej, zatrudniony w Katedrze Mediów Cyfrowych i Grafiki Komputerowej Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej, emerytowany profesor Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, były kierownik Zakładu Informatyki i Łączności w SGSP. Autor wielu publikacji związanych z problematyką szeroko pojętej obronności wewnętrznej kraju.

dr Łukasz Roman[a)*]

[a)]*Wyższa Szkoła Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi w Józefowie / Alcide De Gasperi University of Euroregional Economy*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: l.roman@wsge.edu.pl*

O wojnie i pokoju – dylematy polemologiczne

War and Peace – Polemological Dilemmas

Полемологические дискуссии о войне и мире

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie zjawiska wojny i pokoju w kontekście polemologicznym. W artykule zaprezentowano wybrane pojęcia, definicje i teorie wojny oraz podjęto próbę identyfikacji wiedzy polemologiczno-irenologicznej na podstawie analizy źródeł i literatury przedmiotu.
Wprowadzenie: Obecnie zauważalny jest brak wiedzy z zakresu badania problemów wojen i konfliktów zbrojnych w ujęciu polemologicznym. Wielu naukowców i specjalistów zajmujących się bezpieczeństwem i obronnością nieustannie poszukuje odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu polemologia wpływa na współczesny obraz wojny. W związku z tym teoretyczne podstawy polemologii, a także nauk pokrewnych, przede wszystkim nauk o bezpieczeństwie i nauk o obronności, powinny być wykorzystywane do wzbogacania wiedzy o wojnie, konfliktach zbrojnych i pokoju. Zjawisko wojny i pokoju, nazywane często fenomenem, od początków tworzenia się powiązań strukturalno-funkcjonalnych państw było przedmiotem zainteresowania władców i specjalistów zajmujących się kwestiami polityczno-militarnymi. Wojna jest realną częścią złożonej rzeczywistości. Zjawisko to – ze względu na swoją wartość teoretyczną i praktyczną – pobudzało myśl filozoficzno-społeczną od jej zarania. Przez całe wieki myśliciele i uczeni poszukiwali dróg wiodących do wyeliminowania wojen z życia ludzkości. Bez wiedzy o wojnie nie da się zrozumieć, jak kształtował się współczesny świat i dlaczego nawet najbardziej rozwinięte społeczeństwa musiały czasami walczyć.
Wnioski: Zjawisko wojny i pokoju, nazywane często fenomenem, od początków tworzenia powiązań strukturalno-funkcjonalnych państw, było nieustannym przedmiotem zainteresowania władców i specjalistów polityczno-militarnych. Wojny są realną częścią złożonej rzeczywistości. Żadne bowiem zjawisko, w tym wojna, nie pojawiło się znikąd, lecz rozwijało się na przestrzeni dziejów. Zjawisko wojny ze względu na swoją wartość teoretyczną i praktyczną stanowi przedmiot zainteresowań myśli filozoficznej i społecznej od samych początków jej powstania. Przez całe wieki myśliciele i uczeni poszukiwali dróg wiodących do wyeliminowania wojen z życia ludzkości. Bez wiedzy o wojnie niemożliwe jest zrozumienie, jak kształtował się współczesny świat i dlaczego nawet najbardziej rozwinięte społeczeństwa musiały czasami walczyć.
Znaczenie dla praktyki: niniejszy artykuł może stanowić obiekt studiów i analiz ludzi świata nauki zajmujących się problematyką bezpieczeństwa, obronności, wojen i konfliktów zbrojnych. Adresowany jest zarówno do pracowników naukowo-dydaktycznych, naukowców i studentów uczelni wyższych, jak również do szerokiego grona osób, które zajmują się problematyką bezpieczeństwa, obronności, wojny i konfliktów zbrojnych.
Słowa kluczowe: wojna, pokój, konflikt zbrojny, badania nad wojną, polemologia, irenologia
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 19.09.2016; Zrecenzowany: 09.02.2016; Opublikowany: 31.03.2017;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 80–86, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.6;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: This article concerns the issues of war and armed conflicts in a polemological context. The article presents selected concepts, definitions and theories of war, and attempts to identify polemological-irenological knowledge based on the analysis of sources and the literature of the subject.
Introduction: Knowledge deficits in the field of research into wars and armed conflicts in terms of polemology can be currently noticed. Many scientists and experts dealing with security and defence strive to answer the question of how polemology affects the contemporary image of war. Therefore, the theoretical foundations of polemology and related sciences – primarily security and defence sciences – should be used to expand knowledge of war, armed conflicts and peace. The existence of war and peace, often called a phenomenon, has been of interest to rulers and experts dealing with political and military issues ever since states began to form structural and functional links. War is an inherent part of a complex reality. Due to its theoretical and practical value, this phenomenon has engendered socio-philosophical thought since the emergence of war. For centuries, thinkers and scholars have been looking for ways to eliminate war from the life of mankind. Without knowledge of war, it is impossible to understand how the contemporary world evolved and why even the most developed societies sometimes had to fight.
Conclusions: The existence of war and peace, often called a phenomenon, has been of interest to rulers and experts dealing with political and military issues ever since states began to form structural and functional links. War is an inherent part of a complex reality. Indeed, no phenomenon, including war, has emerged out of nowhere. Rather, it has evolved in time. Due to its theoretical and practical value, this phenomenon has engendered socio-philosophical

thought ever since the emergence of war. For centuries, thinkers and scholars have been looking for ways to eliminate war from the life of mankind. Without knowledge of war, it is impossible to understand how the contemporary world evolved and why even the most developed societies sometimes had to fight.
Practical significance: This paper can be studied and analysed by scientists dealing with the issues of security, defence, war and armed conflicts. It is addressed to academic teachers, scientists and university students, as well as, more broadly, those who deal with security, defence, wars and armed conflicts.
Keywords: war, peace, armed conflict, war research, polemology, irenology
Type of article: review article

Received: 19.09.2016; Reviewed: 09.02.2016; Published: 31.03.2017;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 80–86, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.6;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является представление явлений войны и мира в полемологическом контексте. В статье приведены избранные концепции, определения и теории войны, а также предприняты попытки определения полемологических и иренологических знаний, исходя из анализа источников и литературы.
Введение: Сегодня чувствуется отсутствие знаний о научных проблемах войн и вооруженных конфликтов с полемологической точки зрения. Многие ученые и специалисты, занимающиеся безопасностью и обороной, постоянно ищут ответы на вопрос, в какой степени полемология влияет на современный образ войны. Таким образом, теоретическая основа полемологии, а также смежных наук, в частности, наук о безопасности и обороне, должна быть использована для расширения знаний о войне, вооруженных конфликтах и мире. Явление войны и мира, часто называемое феноменом, с самого начала формирования структурно-функциональных взаимоотношений между странами, представляло интерес для правителей и экспертов, занимающихся военно-политическими вопросами. Война является реальной составляющей комплексной действительности. Это явление, благодаря своей теоретической и практической ценности, с самого начала интересовало философскую и общественную мысль. В течение многих столетий мыслители и ученые искали пути, ведущие к устранению войны из жизни человечества. Без знаний о войне нельзя составить представление о формировании современного мира, и ответить на вопрос, почему даже самые развитые общества иногда вынуждены воевать.
Выводы: Явление войны и мира, часто называемое феноменом, с самого начала формирования структурно-функциональных взаимоотношений между странами, являлось постоянным предметом заинтересованности правителей, а также политических и военных экспертов. Войны – это реальная составляющая комплексной действительности. Ни одно из явлений, в том числе и война, не появляется на пустом месте, а всегда развивается на протяжении всей истории. Феномен войны, с самого начала его формирования, из-за своей теоретической и практической ценности является предметом интереса философской и социальной мысли. В течение многих столетий мыслители и ученые искали пути, ведущие к устранению войны из жизни человечества. Без знаний о войне нельзя составить представление о формировании современного мира, и ответить на вопрос, почему даже самые развитые общества иногда были вынуждены воевать.
Значение для практики: Эта статья может стать объектом изучения и анализа ученых, занимающихся вопросами безопасности, обороны, войн и вооруженных конфликтов. Она адресована как ученым, исследователям и студентам высших учебных заведений, так и широкому кругу людей, которые занимаются вопросами безопасности, обороны, войны и вооруженных конфликтов.
Ключевые слова: война, мир, вооруженный конфликт, исследования войны, полемология, иренология
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 19.09.2016; Рецензирована: 09.02.2016; Опубликована: 31.03.2017;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 80–86, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.6;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Rozważania nad genezą, istotą i charakterem wojen, a także nad naturą pokoju i drogami jego budowy nie są charakterystyczne tylko dla czasów współczesnych. Mają bardzo długą historię, sięgającą starożytności. W rozważaniach tych można wyróżnić dwa nurty metodologiczno-teoretyczne:

1) polemologiczny (gr. *polemos* – wojna, bój, walka);
2) irenologiczny (gr. *eirene* – pokój, spokój), znany także jako *peaceresearch* (badania nad pokojem).

Nie przedstawiając szczegółowo różnic dzielących oba podejścia, najogólniej należy stwierdzić, że zdaniem przedstawicieli pierwszej orientacji należy najpierw zbadać źródła, istotę i charakter wojen, a dopiero potem ustalić warunki eliminacji wojen z życia społeczeństwa. Według zaś teoretyków drugiego nurtu droga do poznania istoty i źródeł wojen wiedzie przez poznanie warunków, natury i struktury pokoju. Mogłoby się wydawać, że polemologia jest metodologicznie bardziej przekonująca niż irenologia, bo zakłada, że aby budować pokój, trzeba równolegle ograniczać, zmniejszać i wreszcie znosić źródła konfliktów zbrojnych i wojen. Wszystko to świadczy o tym, że bez względu na liczne kierunki metodologiczne i teoretyczne badań nad wojną i pokojem polemologia przybiera na sile i znaczeniu. Uwidacznia się to w różnych działaniach zmierzających do stworzenia nie tylko interdyscyplinarnej, ale także swego rodzaju supradyscyplinarnej nauki o wojnie i pokoju [1].

Żadne zjawisko, w tym wojna, nie pojawiło się znikąd, lecz rozwijało się na przestrzeni wieków. Zjawisko wojny – ze względu na swoją wartość teoretyczną i praktyczną – jest obecne w myśli filozoficznej i społecznej od jej zarania. Przez całe wieki myśliciele i uczeni poszukiwali dróg wiodących do wyeliminowania wojen z życia ludzkości. Treść tych rozważań zmieniała się

w miarę ogólnego rozwoju społeczeństwa i postępu wiedzy naukowej, a tworzone w tym zakresie idee wiązały się ściśle z określonymi założeniami politycznymi, militarnymi, ideologicznymi, cywilizacyjnymi, religijnymi i metodologicznymi. Z biegiem czasu pojawiały się coraz bardziej złożone interpretacje tych zagadnień, powstawały specjalne, rozbudowane traktaty i teorie poświęcone genezie i istocie wojny oraz jej roli i znaczeniu w życiu społeczeństw i państw. Koncepcje te, mimo że zawierały wiele wartościowych elementów, najczęściej charakteryzowały się jednostronnym podejściem. Nie stanowiły całościowej i naukowej teorii, co uniemożliwiało pełne poznanie i zrozumienie złożonej problematyki wojny [2].

Teorie prowadzenia wojen zmieniały się wraz z kolejnymi transformacjami społeczno-ustrojowymi, z rozwojem nauki i techniki. Charakter konfliktów zbrojnych był w znacznym stopniu determinowany przez rozwój środków walki. Natura walki zbrojnej ulegała systematycznym przewartościowaniom. Wydaje się, że dążenie do całkowitego usunięcia wojny z życia społecznego jest czystą utopią. Zmieniają się bez wątpienia cele, charakter i sposoby prowadzenia konfliktów zbrojnych, czego doświadczamy przecież współcześnie, ale wojna jako zjawisko społeczne będzie mieć prawdopodobnie długą przyszłość.

Polemologia – nauka o wojnie

Mimo że w różnych środowiskach naukowych podejmuje się próby wyjaśnienia istoty polemologii, nadal wiedza z tego zakresu w społeczeństwie nie jest wystarczająca, dlatego też przy różnych okazjach zasadne jest prezentowanie jej podstaw.

Wyraz „polemologia" pochodzi od greckiego słowa *polemos* oznaczającego konflikt, spór, wojnę. Zgodnie z literaturą przedmiotu oraz według specjalistów zajmujących się polemologią i dyscyplinami pokrewnymi twórcą terminu „polemologia" był francuski uczony Gaston Bouthoul (1896–1980) [3] – dyrektor pierwszego na świecie instytutu polemologicznego (L'Institut Français de Polémologie), powołanego w 1945 r. w Paryżu. W swoim największym dziele *Traité de polémologie. Sociologie de guerres* (w polskim tłumaczeniu *Traktat polemologiczny. Socjologia wojny*), które zawiera kwintesencję jego teorii i poglądów, zawarł on słynne stwierdzenie „Od poznania wojny do poznania pokoju", znane tak że jako – „Jeśli chcesz pokoju, poznaj wojnę", Jednocześnie Bouthoul zwracał dużą uwagę na potrzebę zidentyfikowania zjawiska wojny, tak by można było zapewnić i utrzymać pokój oraz uniknąć przyszłych konfliktów zbrojnych. Stwierdzenie Bouthoula określa sposób postępowania polemologów akcentujących konieczność poznania natury, etiologii i istoty wojny przed przystąpieniem do identyfikacji i poznawania pokoju. Poznanie wojny może przyczynić się do stworzenia ram dla poznania pokoju. Założeniem polemologii jest zatem obserwowanie zjawiska wojny w sposób podobny do obserwowania innych zjawisk społecznych.

W opracowaniach źródłowych i wśród informacji dostępnych w Internecie znajdziemy różne ujęcia definicji polemologii. Po ich przeanalizowaniu i porównaniu można zaproponować definicję, zgodnie z którą polemologia to specjalność naukowa zajmująca się badaniem wojen i konfliktów zbrojnych w ujęciu interdyscyplinarnym. Analizuje ona ich naturę, umiejscawia je w czasie i przestrzeni, bada ich cykliczność, natężenie, rozmiar, skalę oraz związki przyczynowo-skutkowe, a także skupia się na ich klasyfikacji. Polemologia bada wojny i konflikty zbrojne przeszłości, teraźniejszości i przyszłości [4].

Polemologię wyróżniają następujące obszary poznawcze: badanie wielokryterialne wojen i konfliktów zbrojnych przeszłości (analizy porównawcze, statystyczne, strukturalne i inne), teraźniejszości (identyfikacja problemu) i przyszłości (prognozowanie); określanie natury wojen, konfliktów zbrojnych (fenomen zjawiska, powody agresywnych zachowań) i czynników powodujących ich periodyczność, nazywaną rytmami wojowniczości; określanie wskaźników intensywności wojen i konfliktów zbrojnych;mierzenie i porównywanie czasu ich trwania; a także dokonywanie ich podziału typologicznego [5].

Polemologia stara się odpowiedzieć na pytanie, dlaczego społeczeństwa w określonym momencie swoich dziejów podejmują działania wojenne. Według wybitnych polemologów wojna wzbudza największe kontrowersje spośród wszystkich zjawisk społecznych. Jest zjawiskiem destrukcyjnym.

Z powyższych wyjaśnień wynika, że przedmiotem badań polemologii są konflikty zbrojne, wojna i pokój oraz że polemologia ma być koncepcją tworzenia interdyscyplinarnej nauki, która zajmuje się tymi zjawiskami. Dlatego też badacze i specjaliści z zakresu polemologii kładą nacisk na interdyscyplinarny charakter badań polemologii.

O wojnie

W procesie budowania współczesnej cywilizacji ludzie wytworzyli dobra materialne, techniczne i naukowe, które pozwoliły im osiągnąć wysoki poziom rozwoju. Realizacja dążeń gospodarczych w rozwiniętym społeczeństwie zapewniła poczucie bezpieczeństwa ekonomicznego, zwiększyła standard życia materialnego, uruchomiła wyjątkowy potencjał komunikacji pomiędzy ludźmi, narodami we wszelkich jej formach. Jednocześnie wraz z tym szybkim rozwojem przyśpieszyła globalizacja wyzwań i zagrożeń, pojawiły się nowe niekorzystne czynniki. W obszarze militarnym minęło wprawdzie niebezpieczeństwo wybuchu nowej wojny światowej, ale nie oznacza to jednak, że została ona całkowicie wykluczona[6].

Wojny są realną częścią złożonej rzeczywistości społecznej. Należy zgodzić się z opinią Jacka Reginii-Zacharaskiego, że wojna była obecna w funkcjonowaniu społeczności ludzkiej właściwie od zawsze [7]. Traktowanie wojny jako ważnej części relacji międzynarodowych nadal pozostaje zgodne ze stanowiskiem Sun Tzu, wybitnego chińskiego teoretyka starożytności, który twierdził, że wojna jest sprawą o istotnym znaczeniu dla losów państwa, czego uzasadnieniem jest między innymi zajmowanie się analizą tego problemu [8]. Idee wojny obecne w myśli społecznej i poglądach sławnych uczonych mają bardzo długą tradycję. Wojna była i jest jednym z najczęściej rozpatrywanych zagadnień na przestrzeni wieków. Specjaliści – mimo dzielących ich różnic ideologicznych, politycznych czy metodologicznych – próbowali opracować naukowe fundamenty dla nowych stosunków społecznych, państwowych i międzypaństwowych,

 ISSN 1895-8443

uczestnicząc też w ich praktycznej realizacji. Ponieważ w ciągu stuleci kształt i treść wojny ewoluowały, więc zmieniało się także pojmowanie i znaczenie samego jej pojęcia. Także dziś zmienia się charakter i natura wojny, która staje się coraz większym wyzwaniem dla ludzkości. Obszar pojęciowy wojny (elementy terminologiczne i typologiczne) dokładnie opisali znawcy danej problematyki.

Zdaniem wielu wybitnych uczonych, aby można było wyrażać opinię na temat obecnego stanu badanego zjawiska, należy je analizować w odniesieniu do przeszłości, historii. Warto tutaj przytoczyć słowa Edwarda Halletta Carra, który pisze, że „historia rozpoczyna się w momencie, gdy zaczynamy myśleć o przemijaniu czasu nie w kategoriach naturalnego procesu – cyklu postępujących po sobie pór roku, następujących po sobie generacji – lecz w kategoriach serii konkretnych wydarzeń, w które ludzie są nieustannie wplątani i na które nieustannie wywierają wpływ. Przeszłość, teraźniejszość i przyszłość są złączone ze sobą w nieskończonym łańcuchu historii"[9]. Odnosząc to spostrzeżenie do kwestii wojny, można stwierdzić, że aby dowiedzieć się czegoś na temat współczesnych wojen, trzeba uprzednio zbadać wojny przeszłe. Spojrzenie z nowej perspektywy na stare fakty, a następnie wykorzystanie tych faktów w celu lepszego zrozumienia owej perspektywy czyni historię interesującą [10].

Sun Tzu uważał, że najważniejszym osiągnięciem wojny jest pokonanie wroga bez walki. W swoim traktacie *Sztuka wojny* pisał: „Wojna jest dla państwa sprawą najwyższej wagi, sprawą życia lub śmierci, drogą wiodącą do przetrwania lub upadku. Dlatego też należy jej poświęcić poważne studia. Wszystko jest lepsze od wojny, każde zło, choćby najgorsze, jest lepsze od najwyższego zła, tym największym złem jest wojna" [11].

Platon (427–347 p.n.e.), przedstawiciel koncepcji idealistycznej w filozofii starożytnej, traktował wojnę jako zjawisko naturalne i wieczne, a przede wszystkim – społeczne. Był on autorem podziału wojen na wewnętrzne (pomiędzy greckimi polis) i zewnętrzne (pomiędzy Grekamii innymi państwami). Pierwsze z nich traktował jako chorobę Hellady (nazywał je też walkami domowymi) wynikającą z niesprawiedliwości, braku zgody i harmonii, nienasyconych żądz itp., czyli mającą swoje źródło w nieszczęściach prywatnych i publicznych. Wojny zewnętrzne zaś uważał za zjawiska naturalne wynikające z tego, że Grecy: różnili się od ludów barbarzyńskich, musieli bronić swojego bezpieczeństwa oraz mieli poczucie wyższości kulturowej [12]. W opinii Platona wojna powinna być narzędziem umacniania pokoju, z kolei okres pokoju nie może być czasem przygotowań do nowej wojny.

Podobny pogląd wyrażał uczeń Platona i późniejszy nauczyciel wybitnego wodza Aleksandra Macedońskiego –Arystoteles (384–322 p.n.e.). Traktował on wojnę nie jako cel sam w sobie, ale jako środek prowadzący do pokoju. Biorąc pod uwagę to, że Arystoteles uważał stan pokoju za warunek osiągnięcia szczęśliwego życia i za dobro samo w sobie, można zatem pokusić się o postawienie tezy, że wojna jest pewnym wypadkiem koniecznym będącym instrumentem osiągania szczęścia w warunkach pokoju. Arystoteles wiele uwagi poświęcał także sprawie sił zbrojnych. Sądził, że każde państwo jest zobowiązane do zagwarantowania swoim obywatelom poczucia bezpieczeństwa, pokoju i szczęścia, dlatego też państwo powinno mieć dobrze zorganizowaną armię, która wspomniane warunki życia zapewni [13].

Wśród starożytnych myślicieli ważną rolę w kształtowaniu myśli polemologicznej odegrał Cyceron (Marcus Tullius Cycero 106–43 p.n.e.), który utożsamiał wojnę z rozstrzygnięciem sporu przy użyciu siły w postaci przemocy zbrojnej. Wyróżnił on zatem dwa atrybuty wojny: spór powstały pomiędzy stronami i walkę zbrojną z przeciwnikiem jako środek rozwiązania tego sporu. Ta myśl stała się wykładnią dla licznego grona późniejszych badaczy zjawiska wojny. Cyceron podkreślałrównież rolę sprawiedliwości w działalności i funkcjonowaniu państw. Sądził, że jest ona jednym z głównych warunków istnienia państwa szczęśliwego, o dobrym ustroju, a tylko takie może dać szczęście swoim obywatelom. Cyceron skonkretyzował również podstawy prawa humanitarnego konfliktów zbrojnych – postulował kierowanie się w wojnie rozumem, rozwagą i umiarkowaniem, a także odsunięcie uczuć i popędów na drugi plan [14].

Podobną jak Cyceron teorię wojny głosił Hugo Grotius (1583–1645), pisząc, że „wojna to stan, w jakim znajdą się osoby toczące spór przy użyciu siły. Jej następstwem są niezliczone nieszczęścia, które spadają również na niewinnych ludzi" [15].

Analizując zjawisko wojny w ujęciu teoretyków i uczonych starożytności, trzeba wspomnieć o wczesnochrześcijańskich koncepcjach filozoficznych dotyczących wojny. Twórcą jednej z nich był św. Augustyn (345–430), autor idei wojen sprawiedliwych (łac. *bellumiustum*) i niesprawiedliwych (łac. *belluminiustum*). Warto wspomnieć, że koncepcja wojny sprawiedliwej, niemalże od jej powstania, jest częścią zachodniej kultury [16]. Wojny sprawiedliwe to takie, które są autoryzowane przez Boga, czyli będące wyrazem odwagi słusznej, prowadzone w obronie ojczyzny zagrożonej przez barbarzyńców, a także takie, które są prowadzone w obronie bliźniego niezasłużenie napadniętego. Pozostałe wojny należą już do kategorii tych niesprawiedliwych, które nie mają autoryzacji Stwórcy [17]. Na przestrzeni dziejów wielu twórców i naukowców zgadzało się co do tego, że podstawową ideą teorii wojny sprawiedliwej jest ustalenie i wyjaśnienie jej zasad prowadzenia – zarówno w kontekście uciekania się do wojny, jak i w kontekście sposobu jej toczenia się [18].

Angielski filozof Thomas Hobbes (1588–1679) przyczyn wojny upatrywał w naturze człowieka – w jego chęci zdobycia władzy, żądzy i sławy oraz w braku zaufania do innych. Utożsamiał on również wojnę ze zwiększającym się przeludnieniem na świecie, co później miało wpływ na powstanie teorii Thomasa Malthusa o nieuchronności wojen i ich korzystnym wpływie na rozwój społeczeństw. Hobbes pisał: „w naturze człowieka znajdują się trzy istotne przyczyny sporów. Pierwsza to rywalizacja, druga to nieufność, trzecia to żądza sławy" [19]. Tak oto Hobbes głosił ideę, która wyrażała się w słowach *Homo homini lapus est*. Hobbes sądził, że stan natury to wojna wszystkich ze wszystkimi, każdego z każdym (łac. *bellumomnium contra omnes*), co jednoznacznie wynika ztego, że każdy człowiek jest z natury egoistą.

Rewolucja francuska bez wątpienia miała znaczący wpływ na rozwój myśli polemologicznej. Czołowy ideolog rewolucji Jean-Jacques Rousseau (1712–1778) głównych przyczyn wojny

doszukiwał się w dążeniu człowieka do posiadania własności oraz w nierówności materialnej panującej w społeczeństwie. Rousseau uważał, że ludzka natura, która od zarania dziejów była szlachetna, wraz z pojawieniem się pierwszych państw uległa prawdziwej przemianie, została zamknięta w złym (racjonalnym) świecie, gdzie człowiek stał się istotą sztuczną – egoistą, dla którego liczy się tylko jego własne dobro. Dlatego też, jak uważa Rousseau, powstały wojny, będące według niego wynikiem całkowitej zmiany natury ludzkiej [20].

Na przełomie XIX i XX w. zaczęto rozpatrywać wojnę w kategoriach zjawisk społecznych, co pozwoliło na formułowanie się nowych opinii i tworzenie nowych ideologii dotyczących tego zagadnieniem. James R. Osgood w pracy *Limited War* definiował wojnę jako „zorganizowane starcie sił zbrojnych państw suwerennych, dążących do wzajemnego narzucenia własnej woli" [21]. Każdą wojnę (z tych właśnie względów) określała on jako ograniczoną. Ponadto podzielił wojny na: jądrowe, konwencjonalne, partyzanckie itp.

Warto przyjrzeć się także definicjom wojny zawartym w słowniku i encyklopedii. I tak zgodnie ze *Słownikiem języka polskiego* [22] wojna to „zorganizowana walka zbrojna między państwami, narodami, klasami lub grupami społecznymi wywołana dla osiągnięcia określonych celów politycznych, ekonomicznych lub ideologicznych, albo zmierzająca do obrony własnych interesów". Natomiast według *Encyklopedii powszechnej PWN* [23] wojna to „zarówno zjawisko społeczne, klasowe i historyczne, w którym jest widoczne zaangażowanie sił militarnych, za pośrednictwem których usiłuje się regulować spory, a także realizować cele i zamierzenia polityczne".

Tymczasem jeden z najwybitniejszych teoretyków wojny, Carl von Clausewitz, utożsamia wojnę z rozszerzonym pojedynkiem, aktem przemocy, którego celem jest wymuszenie na jednej stronie spełnienia woli drugiej strony. Clausewitz pisze: „wojna nie jest spędzaniem czasu, nie prowadzi się jej tylko dla przyjemności ryzykowania i wygrywania, ani też jako dzieła bezinteresownego zapału. Jest ona poważnym środkiem do poważnego celu" [24]. Wojna jest czynem politycznym, dalszym ciągiem stosunków politycznych wyrażających się w akcie przemocy, którego celem jest zmuszenie przeciwnika, czyli doprowadzenie jego sił zbrojnych do stanu, w którym nie będą zdolne do dalszej walki. Wojna jest nie tylko czynem politycznym, lecz także polityką prowadzoną dalej z wykorzystaniem innych środków. To nic innego jak jedno z kilku narzędzi polityki, za pośrednictwem których usiłuje się osiągnąć swoje cele [25].

Dla Franciszka Skibińskiego wojna ma charakter krwawej walki zbrojnej, starcia zbrojnego, które toczy się między zorganizowanymi siłami dwóch przeciwników. Zredukował on więc definicję wojny jedynie do tych konfliktów zbrojnych, w których uczestniczące strony wykorzystują siły zbrojne w walce [26].

Jerzy Wiatr charakteryzuje wojnę jako sytuację społeczeństwa, w której intensywny konflikt wewnętrzny lub zewnętrzny jest rozstrzygany jedynie za pomocą środków przemocy [27].

Pułkownik profesor Kazimierz Nożko definiuje wojnę jako zjawisko historyczne i społeczno-polityczne. Ukazuje obiektywną zależność wojen od warunków polityczno-ekonomicznych i socjalnych. Uważa, że wojny nie są wieczne i prędzej czy później ludzkość zrezygnuje z nich jako środka rozstrzygania sporów politycznych [28].

Janusz Ignacy Symonides określa wojnę jako stan faktyczny, sprecyzowane działanie, którego celem jest zapoczątkowanie walki zbrojnej z nieprzyjacielem. Wojna ma przyczynić się do rozstrzygnięcia sporu za sprawą przemocy [29].

Natomiast Sztokholmski Międzynarodowy Instytut do sprawy Badań nad Pokojem (Stockholm International Peace Research Institute) wnioskuje, że wojnę można określić jako większy konflikt zbrojny, w którym przez dłuższy czas walczą oddziały wojskowe podległe dwu lub więcej rządom i co najmniej jednej organizacji wojskowej [30].

Obecnie coraz częściej można się spotkać z krytycznym podejściem do klasycznego paradygmatu wojny bazującego na definicji sformułowanej przez Carla von Clausewitza. Wystarczy wziąć pod uwagę Michaela Walzera, amerykańskiego filozofa i politologa, który w swojej rozprawie *Arguing About War* stawia tezę, zgodnie z którą słynne stwierdzenie Clausewitza, że wojna jest kontynuacją polityki innymi środkami, miało zapewne być prowokujące. „Równie oczywiste jest stwierdzenie odwrotne: polityka jest kontynuacją wojny innymi środkami. Ale, co bardzo ważne, środki są różne. Jak uważa Walzer, polityka jest formą pokojowego sporu, wojna – gwałtem zorganizowanym [31].

Przedstawione definicje, pojęcia, klasyfikacje i przyczyny wojen mają jak najdokładniej przybliżyć zakres terminu „wojna". Mimo że nie należy ich przeceniać, niewątpliwie pozwalają onew podstawowym zakresie poznać i zrozumieć zjawisko wojny na przestrzeni dziejów. Pojęcia i koncepcje wojny istotne współcześnie z całą pewnością pozostaną takimi w przyszłości. Wiedza o obronności oraz wojnie wynika głównie z przesłanek cywilizacyjnych. Wojny w swoim wymiarze ciągle ewoluują. Aby poznać przyczyny wojen, należy zagłębić się w ich istotę, wskazać czynniki polityczne, społeczne i ekonomiczne. Nie wystarczy badać genezy wojen ani różnic religijnych, cywilizacyjnych czy politycznych między walczącymi stronami. Analizowanie wojny trudno oddzielić od obecnych wyzwań cywilizacyjnych i kulturowych, powszechnych dla całego społeczeństwa.

Irenologia – nauka o pokoju

Idea pokoju jest obecnie przedmiotem intensywnych studiów nie tylko jako element nauki, lecz także jako element życia codziennego. Badania nad zjawiskiem pokoju prowadzone są przez specjalistów i naukowców w wielu instytucjach i placówkach naukowych, które zajmują się analizą przesłanek, warunków, istoty i charakteru pokoju, a także jego znaczenia w życiu współczesnych państw i społeczeństw [32].

Wyraz „irenologia" pochodzi od greckiego słowa *eirene* oznaczającego pokój, spokój. Irenologia to zatem obszar badań nad pokojem, gdzie obok polemologii zalicza się ją do tzw. nauk nad bezpieczeństwem. Warto wskazać, że w tradycji teologii chrześcijańskiej już od dawna funkcjonuje pojęcie *irenica*, który określa nauki o pokoju. Jeśli chodzi o sam termin „irenologia", to oznacza on „(…) wieloaspektową refleksję epistemologiczną odnoszącą się do problematyki pokoju" [33].Według Michała Huzarskiego irenologia to „wyspecjalizowany obszar badań

 ISSN 1895-8443

nad różnymi uwarunkowaniami pokoju, z uwzględnieniem zjawiska wojny" [34].

W tym samym czasie (ok. 1945 r.), kiedy rodzi się polemologia, w Stanach Zjednoczonych pojawia się nurt badawczy zwany *peaceresearch* (badania nad pokojem) [35].Wymieniona dyscyplina ma również niemiecką nazwę – *Friedens*-und Konfliktforschung, uprawianą przez Karla Keisera, który opierając się na propozycji Johana Galtunga, ówczesnego dyrektora Instytutu Badań nad Pokojem w Oslo, był krytycznie nastawiony do nurtu badań nad pokojem. Keiser twierdził, że badania te kwalifikują się do nauk stosowanych, które według niego są w pewnym sensie na zewnątrz procesu badawczego. Impulsem stają się wówczas wartości wyższe, w tym pokój. Keiser zauważył przy tym, że nauki podstawowe, nazywane naukami czystymi, uzyskują impulsy z procesu badawczego, gdzie luki ukazują się w siatce faktów, praw i teorii, które wymagają stawiania nowych hipotez i ich weryfikacji.

Polemologowie kładą nacisk na potrzebę oddzielenia badań naukowych od praktyki politycznej, co jest przyczyną krytycznego podejścia do badań nad pokojem [35]. Warto podkreślić, że irenologia jest jednym z określeń badań nad pokojem. Trzeba również dodać, że pokój jest ideą wszechstronną i uniwersalną, a ponadto trudną do opisania, przedstawienia i określenia. To pewien skomplikowany, idealny wzór, którego nie można osiągnąć ani sprecyzować. Inaczej jest z wojną. To zjawisko stosunkowo ścisłe, nietrudne do sformułowania jako przedmiot badań. Wśród badaczy pojawiło się zainteresowanie relacjami między wojną a pokojem, a także rozwojem szczegółowych badań polemologiczno-irenologicznych.

Koncepcje między wojną a pokojem wzajemnie się przenikają oraz wywierają wpływ na obszar badań z ich zakresu. Zarazem zarówno polemologia, jak i irenologia mają pacyfistyczny charakter. Ogólnie rzecz ujmując, ich celem jest dążenie do stworzenia i ukształtowania pokoju, ale w odmienny sposób. Otóż polemologowie aby zbudować pokój, starają się wyeliminować zjawisko wojny, natomiast irenologowie chcą zbudować pokój przez poznanie jego teorii. Różnica polega jednak na tym, że polemologia wychodzi od poznania przyczyn wojny i dąży do ich likwidacji, a przez ich eliminację – do stworzenia pokoju, podczas gdy *irenologia* dąży do likwidacji wojny na skutek zbudowania pokoju przez eliminację wojny. Warto zaznaczyć, że głównym celem polemologii i irenologii jest budowanie pokoju, ale w różny sposób i: metodą eliminacji wojen albo metodą tworzenia pokoju [36].

Reasumując, irenologia skupia się w poszukiwaniach badawczych na samym pokoju – jego istocie, genezie, charakterze społecznym, roli w życiu jednostek i wspólnot, a ponadto na sposobach i drogach jego budowania oraz ochrony. Specjaliści z zakresu badań nad pokojem analizują również najistotniejsze zagrożenia dla pokoju, mobilizując rządzących do zapobiegania tym zagrożeniom i do obrony kraju. Podstawowa sugestia irenologii zamyka się w twierdzeniu, że wojny są społecznymi patologiami i trzeba je wyeliminować. Irenologia koncentruje się na pewnych kategoriach, do których zaliczyć można m.in.: prawa wojny, kontrola zbrojeń i rozbrojeń (także jądrowych), międzynarodowa interwencja i utrzymanie pokoju, zapobieganie przemocy i pokojowe rozwiązywanie konfliktów, odbudowa struktur organizacji zniszczonych na skutek działań wojennych, socjologia ruchów pacyfistycznych.

Podsumowanie

Jak wynika z analizy literatury przedmiotu wojna i pokój to zjawiska, które fascynowały i inspirowały wielu badaczy i teoretyków. Uczeni nie uzgodnili jednak wspólnych poglądów na temat ważnego miejsca wojen w życiu społecznym. Wojny, podobnie jak społeczeństwa, a wraz z nimi państwa, systematycznie się zmieniały. Zmieniały swoje oblicze, naturę, zasięg i podłoże. Konieczne jest zatem poznanie wojny w ścisłej spójności z etapami rozwoju społecznego. Tylko wtedy będzie można zgłębić mechanizmy, które nią rządziły i rządzą. Zmiany będą prawdopodobnie postępowały. Dlatego za ważne należy uznać prace badawcze pozwalające lepiej zrozumieć naturę tych zjawisk.

Wielu myślicieli, począwszy od starożytności, w tym Platon, Arystoteles czy Hugo Grotius, poświęcało dużo uwagi wojnie. Także dziś zjawisko wojny inspiruje przedstawicieli m.in. filozofii, historii, socjologii, politologii, stosunków międzynarodowych, prawa, psychologii. Na przykład eksperci z zakresu prawa międzynarodowego i prawnicy skupiają się na interpretacji tego zjawiska oraz ustaleniu warunków pozwalających jemu zapobiec. Historycy sztuki wojennej oraz wojskowości koncentrują się na minionych wojnach, analizując ich przyczyny, przebieg oraz skutki, z czego korzystają współcześni stratedzy i twórcy koncepcji wojennych. Psychologowie zaś zajmują się psychologicznymi aspektami wojny, a socjologowie interpretują wojnę jako fenomen społeczny oraz traktują ją jako korelat demograficzny.

Literatura

[1] Borgosz J., *Drogi i bezdroża filozofii pokoju (od Homera do Jana Pawła II)*, Wydaw. Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1989, 226.

[2] Krztoń W., *Zjawisko wojny na przestrzeni dziejów Wybrane aspekty*, Oficyna Wydawnicza PRz, Rzeszów 2015, 5.

[3] Świeca J., *Współczesne systemy demokratyczne*, Kielce 2003, 9.

[4] Huzarski M., *Wojna i pokój przedmiotem badań polemologiczno-irenologicznych*, Warszawa 2012, 10.

[5] Kęsoń T., *Pojęcie konfliktu i wojny w literaturze. Podejście polemologiczne w badaniach konfliktów zbrojnych*, AON, Warszawa 2013, 10.

[6] Krztoń W., *Zjawisko wojny na przestrzeni dziejów,* Oficyna Wydawnicza PRz, Rzeszów 2015, 9.

[7] Reginia-Zacharski J., *Wojna w świecie współczesnym. Uczestnicy. Cele. Modele. Teorie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2014, 129.

[8] Sun Tzu, *Sztuka wojny,* Wydawnictwo Przedświt, Warszawa 1994, 64, 7–13.

[9] Carr E.H., *Historia. Czym jest?*, Zysk i S-ka, Poznań 1999, 166.

[10] Creveld van M., *Dowodzenie na wojnie. Od Aleksandra do Szarona,* Erica, Warszawa 2014, 14.

[11] Sun Tzu, *Sztuka wojny,* Wydawnictwo Przedświt, Warszawa 1994, 64. 7–13.

[12] Platon, Państwo z dodaniem siedmiu ksiąg „Praw", Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1958, 76.

[13] Arystoteles, *Polityka*, PWN, Warszawa 1964, 288.

[14] Rosa R., *Wybrane koncepcje wojny i pokoju w dziejach myśli filozoficznej. Starożytność i średniowiecze*, AON, Warszawa 1991, 213.

[15] Grotius H., *Trzy księgi o prawie wojny i pokoju, w których znajdują wyjaśnienie prawo natury i prawo narodów a także główne zasady prawa publicznego*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1957, 154.
[16] Frowe H., *The Ethics of War and Peace,* Londyn 2011, 11.
[17] Święty Augustyn, *O państwie Bożym*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1977, 412.
[18] Frowe H., *The Ethics of War and Peace,* Londyn 2011, 3.
[19] Hobbes T., *Lewiatan, czyli materia, forma i władza państwa kościelnego i świeckiego*, Kraków 1959, 109.
[20] Polak A., *Wojna jako wyzwanie dla badacza*, „Kwartalnik Bellona" 2010, 2, 60.
[21] Osgood R.E., *Limited War*, Moskwa 1960, 246.
[22] *Słownik języka polskiego*, Warszawa 1989.
[23] *Encyklopedia Powszechna PWN,* tom 4, Warszawa 1976.
[24] Clausewitz von C., *O wojnie*, Wyd. Test, Lublin 1995, 21.
[25] Clausewitz von C., *O wojnie*, Wyd. Test, Lublin 1995, 3–25.
[26] Skibiński F., *Rozważania o sztuce wojennej*, Wojskowy Instytut Historyczny, Warszawa 1995, 24.
[27] Wiatr J., *Socjologia wojska,* Wydawnictwo MON, Warszawa 1964, 50.
[28] Nożko K., *Zagadnienia współczesnej sztuki wojennej*, Wydawnictwo MON, Warszawa 1973, 7–34.
[29] Symonides J., *Problemy pokoju i bezpieczeństwa międzynarodowego we współczesnym świecie*, [w:] *Wychowanie dla pokoju*, B. Suchodolski (red.), Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1983, 42.
[30] Borkowski R. (red.), *Konflikty współczesnego świata*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2001, 39.
[31] Walzer M., *Spór o wojnę*, Wyd. Muza, Warszawa 2006, 7.
[32] Rosa R., *Dialektyka wojny i pokoju,* Wydawnictwo MON, Warszawa 1987, 23.
[33] Ciechanowski G., Konflikty współczesnego świata, Wyd. Adam Marszałek, Toruń 2006, 7.
[34] Huzarski M., „Polemologia – „Jeśli chcesz pokoju, poznaj wojnę", „Zeszyty Naukowe AON" 2009, 2(75), 293.
[35] Gałganek A., *Polemologia jako krytyka peaceresearch*, „Studia Nauk Politycznych" 1985, nr 3–4 (75–6), 134.
[36] Borgosz J., *Co to są badania nad pokojem*, „Wojsko Ludowe" 1984, 11, 20–22.

DR ŁUKASZ ROMAN – absolwent Akademii Obrony Narodowej, gdzie w 2015 r. uzyskał stopień doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauki o obronności (specjalność: polemologia). Obecnie pracownik naukowo-dydaktyczny na stanowisku adiunkta w Wyższej Szkole Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide de Gasperi w Józefowie. Jest autorem wielu referatów i artykułów dotyczących bezpieczeństwa, obronności i polemologii. Zajmuje się również teorią współczesnych konfliktów zbrojnych, historią wojen, bezpieczeństwem narodowym, bezpieczeństwem międzynarodowym, bezpieczeństwem wewnętrznym i politologią.

 ISSN 1895-8443

CNBOP-PIB

TWÓJ PARTNER W
BEZPIECZEŃSTWIE

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

laboratoria badawcze akredytowane przez PCA

jednostka upoważniona do wydawania europejskich i krajowych ocen technicznych

45 lat doświadczenia

Działamy na rzecz zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego państwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej, zarządzania kryzysowego, ochrony ludności i obrony cywilnej

Oferta usług

- dopuszczenia wyrobów użytkowanych w ochronie przeciwpożarowej
- certyfikacja europejska i krajowa wyrobów budowlanych
- certyfikacja dobrowolna wyrobów do ochrony przeciwpożarowej
- certyfikacja podmiotów świadczących usługi w ochronie przeciwpożarowej
- europejskie i krajowe opinie techniczne
- opinie i ekspertyzy techniczne
- testowanie wyrobów innowacyjnych
- badania:
  - sprzętu oraz wyposażenia jednostek ochrony ppoż.
  - stałych urządzeń gaśniczych
  - chemiczne i pożarowe
  - procesów spalania i wybuchowości
  - systemów i automatyki przeciwpożarowej
- szkolenia z zakresu ochrony przeciwpożarowej

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

dr hab. Przemysław Piotrowski[a)*]

[a)] *Uniwersytet Jagielloński w Krakowie / Jagiellonian University in Kraków*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: p.piotrowski@uj.edu.pl*

Sprawcy podpalenia – charakterystyka psychologiczna

Firesetters – Psychological Profile

Виновники поджога – психологические характеристики

ABSTRAKT

Cel: Celem pracy jest dokonanie przeglądu badań oraz koncepcji teoretycznych dotyczących zarówno psychologicznego funkcjonowania sprawców podpaleń, jak i kryminologicznych aspektów przestępstw polegających na umyślnym wzniecaniu pożarów.
Metody: W pracy przeanalizowano angielskojęzyczną oraz polską literaturę na temat psychologicznego, kryminologicznego i psychiatrycznego podłoża przestępczego wywoływania pożarów.
Wyniki: Podpalenie to jedno z przestępstw powodujących poważne zagrożenie porządku publicznego oraz niebezpieczeństwo odniesienia obrażeń, utraty życia i mienia przez jednostki. Popełnienie tego czynu nie wymaga najczęściej ani szczególnych umiejętności, ani pomocy innych osób, a sprawcom dość łatwo jest zachować anonimowość.
W literaturze wyróżnia się najczęściej kilka głównych motywów popełnienia przestępstwa podpalenia. Są to: zemsta, podniecenie, wandalizm, maskowanie dowodów, odnoszenie korzyści oraz ekstremizm polityczny (terroryzm). W opracowaniu omówiono między innymi jedną z najnowszych koncepcji wyjaśniających tło przyczynowe podpaleń – wielotorową teorię podpaleń.
Populacja sprawców podpaleń jest wewnętrznie zróżnicowana. Gdyby jednak dokonać zabiegu ekstrapolacji, typowym sprawcą podpalenia okazałby się młody mężczyzna o niskim statusie społecznym i zawodowym, notowany przez policję, zmagający się z problemami natury psychologicznej lub psychiatrycznej, których źródeł można doszukiwać się w dysfunkcyjnym środowisku wychowawczym.
Wnioski: Literatura poświęcona psychologicznym uwarunkowaniom dokonywania podpaleń nie jest zbyt bogata. Uzyskanie jednoznacznych danych jest utrudnione z kilku względów. Przede wszystkim badacze reprezentujący nauki społeczne nie są zgodni co do terminologii dotyczącej przestępczego wzniecania pożarów. Ponadto niektóre projekty badawcze obejmują stosunkowo niewielką grupę podpalaczy. Charakterystyka osób wzniecających pożary jest też niejednokrotnie wycinkowa w tym sensie, że koncentruje się wyłącznie na wybranym aspekcie zjawiska.
Nawet jeśli uznamy, że dotychczasowy stan wiedzy na temat psychospołecznych przyczyn podpaleń nie jest zadawalający, dotychczas zgromadzone dane będzie można wykorzystać w procesie opracowywania metod oddziaływań prewencyjnych i terapeutycznych. Powinny one uwzględniać psychologiczne i kryminologiczne mechanizmy leżące u podstaw przestępczego wzniecania pożarów oraz wewnętrzne zróżnicowanie populacji sprawców.
Słowa kluczowe: podpalenie, psychologia, motywacja, przestępca
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 08.11.2016; Zrecenzowany: 09.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 88–100, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.7;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: To review the literature on research and theoretical concepts related to the psychological functioning of firesetters and the criminological aspects of arson (deliberate firesetting).
Methods: A thorough analysis of the English and Polish literature on the psychological, criminological and psychiatric determinants of criminal arson.
Results: Arson is a crime causing threat to public order and resulting in injuries, death or property damage for individuals. It is easy to start a fire, because it does not require special skills or help from other people; it is also relatively easy for perpetrators to remain anonymous.
According to the literature on the subject, the main motives for committing arson include revenge, excitement, vandalism, crime-concealment, profit and political extremism (terrorism). The article provides an overview of the latest concepts explaining the causal background of criminal arson, including the FBI classification, the Canter and Fritzon typology, Fritzon's et al. analysis of firesetting as an "action system", Jackson's functional analysis of arson and Multi-Trajectory Theory of Adult Firesetting (M-TTAF).
The population of deliberate firesetters is not a homogenous group. However, some conclusions on the characteristics of this group can be drawn. "The typical fire-raiser" is likely to be a young, single male, usually of low social and professional status, with a police record, struggling with psychological or psychiatric problems, whose sources can be traced back to a dysfunctional family environment.

Conclusions: The literature on the psychological conditions of firesetting is still relatively scarce. Achieving a clear understanding is difficult for several reasons. First of all, there is no consensus among social scientists on the terminology used to describe criminal arson. Some research projects include a relatively small group of firesetters. The profile of offenders is often partial in the sense that it focuses only on the selected aspect of the phenomenon. Even if we assume that the current state of knowledge on the psychosocial causes of arson is not satisfactory, the collected data should be considered when designing prevention and treatment programmes. In particular, psychological correlates and criminological mechanisms underlying firesetting, along with the internal diversity of the population of offenders, should be taken into account.
Keywords: arson, psychology, motivation, offender
Type of article: review article

Received: 08.11.2016; Reviewed: 09.02.2017; Published: 31.03.2017;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 88–100, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.7;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной работы является обзор исследований и теоретических концепций, касающихся психологических мотивов виновников поджогов, так и с криминологическими аспектами преступлений, связанных с умышленными поджогами.
Методы: В исследовании была проанализирована англоязычная и польская литература на тему психологической, криминологической и психиатрической основы уголовных преступлений, связанных с поджогами.
Результаты: Поджог является одним из преступлений, которое вызывает серьезную угрозу для общественного порядка и риска травм, потери жизни и имущества физических лиц. Совершение такого действия чаще всего, не требует ни специальных навыков, ни помощи других людей, и преступникам довольно легко остаться неизвестными.
В литературе чаще всего выделяют несколько основных мотивов для совершения преступления поджога. Это: месть, возбуждение, вандализм, маскировка доказательств, получение пользы и политический экстремизм (терроризм). В статье рассматривается, в частности, одна из новейших концепций, объясняющая предпосылки и причины совершения поджогов – многоходовая теория поджога.
Популяция виновников преступления поджога внутренне разнообразна. Если, однако, провести экстраполяцию, то типичным преступником поджигателем окажется молодой человек низкого социального и профессионального статуса, состоящий на учете в полиции, который имеет психологические или психиатрические проблемы, источники которых могут прослеживаться в дисфункциональной воспитательной среде.
Выводы: Список литературы о психологических детерминантах лиц, совершающих поджоги не слишком богат. Получение четких данных является трудным по нескольким причинам. В первую очередь исследователи в области социальных наук не согласны с терминологией уголовных поджогов. Кроме того, некоторые исследовательские проекты включают в себя относительно небольшие группы поджигателей. Характеристика лиц совершающих поджоги также часто фрагментарна в том смысле, что она фокусируется только на выбранном аспекте этого явления.
Даже если предположить, что нынешнее состояние знаний о психологических причинах поджога не является удовлетворительным, ранее собранные данные можно будет использовать при разработке методов проведения профилактических и терапевтических мероприятий. Они должны учитывать психологические и криминологические механизмы, лежащие в основе преступных поджогов, и внутреннюю разнородность популяции преступников.
Ключевые слова: поджог, психология, мотивация, преступник
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 08.11.2016; Рецензирована: 09.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 88–100, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.7;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Podpalenie to jedno z przestępstw powodujących zagrożenie porządku publicznego oraz niebezpieczeństwo utraty życia i mienia przez jednostki. Popełnienie tego czynu nie wymaga najczęściej ani specjalnych umiejętności, ani pomocy innych osób, a sprawcom dość łatwo jest zachować anonimowość [1, 2]. Charakterystyczne jest to, że wśród sprawców podpalenia diagnozuje się znacząco więcej przypadków zaburzeń psychiatrycznych niż w tzw. normalnej populacji oraz w grupie osób skazanych za innego rodzaju przestępstwa [3, 4, 5].

W polskim Kodeksie karnym podpalenie zostało opisane w rozdziale XX, który jest poświęcony przestępstwom przeciwko porządkowi powszechnemu. Artykuł 163 § 1 tego kodeksu stanowi: „Kto sprowadza zdarzenie, które zagraża życiu lub zdrowiu wielu osób albo mieniu w wielkich rozmiarach, mające postać […] pożaru […], podlega karze pozbawienia wolności od roku do lat 10". Paragrafy 2–4 wspomnianego artykułu precyzują wymiar kary w przypadku czynu nieumyślnego oraz przestępstw, których skutkiem jest śmierć lub ciężki uszczerbek na zdrowiu. Natomiast Kodeks wykroczeń w art. 82 opisuje zabronione czynności, „które mogą spowodować pożar, jego rozprzestrzenianie się, utrudnienie prowadzenia działania ratowniczego lub ewakuacji", a w art. 82a odnosi się do niedopełnienia obowiązków określonych w przepisach o ochronie przeciwpożarowej oraz Państwowej Straży Pożarnej.

Opracowanie agendy Światowej Organizacji Zdrowia pokazuje, że w krajach Unii Europejskiej pożary były przyczyną 2% urazów zakończonych śmiercią [6]. Najnowszy Raport Centrum Statystyk Pożarowych (Center of Fire Statistics – CTIF) [7] podaje,

że w 2014 r. w Polsce odnotowano 145,237 pożarów, w których zginęło 493 osób. Wśród wszystkich zarejestrowanych zdarzeń 19% to pożary budynków; 17,9% – pożary traw; 2,1% – pożary śmieci (odpadów); 7% – pożary pojazdów, a 4% – pożary lasów. Zdarzenia należące do kategorii „inne" stanowiły 50% wszystkich zdarzeń. Straty materialne związane z pożarami, do których doszło w Polsce w 2009 r., oszacowano na 1.166 mln zł [8].

Według danych Państwowej Straży Pożarnej (PSP) w 2014 r. zanotowano w Polsce 50 613 umyślnych podpaleń (www.kgpsp.gov.pl).

Celem artykułu jest dokonanie przeglądu badań oraz koncepcji teoretycznych dotyczących zarówno psychologicznego funkcjonowania sprawców podpaleń, jak i kryminologicznych aspektów przestępstw polegających na umyślnym wzniecaniu pożarów.

Podpalenia – kontekst rozwojowy

O podpaleniu jako czynie zabronionym można mówić wtedy, gdy mamy do czynienia z zachowaniem intencjonalnym i sprawcą mającym świadomość potencjalnych skutków wywołanego pożaru [9]. Badacze reprezentujący psychologię rozwojową i kliniczną są zgodni co do tego, że zainteresowanie ogniem oraz eksperymentowanie z nim pojawia się wcześnie w rozwoju człowieka i jest normalną cechą rozwojową. Jessica Gaynor wyróżniła trzy fazy rozwoju, w których ogień jest obiektem istotnym dla dziecka: zainteresowanie ogniem, zabawy z ogniem i wzniecanie pożarów [10]. Zainteresowanie, a nawet fascynację, ogniem można obserwować już u niektórych dzieci przed ukończeniem trzeciego roku życia. U dzieci w wieku przedszkolnym, które intensywnie poznają świat, zainteresowanie ogniem jest już powszechne. Ciekawość jest wzmagana przez to, że ogień jest tajemniczy i pojawia się w otoczeniu dziecka w wielu, nie zawsze zagrażających, kontekstach. Co prawda, większość dorosłych przekazuje komunikaty nakazujące ostrożność w postępowaniu z ogniem, równocześnie jednak niektórzy rodzice palą papierosy, a płomienie ogniska lub ogień towarzyszący fajerwerkom bywają częścią rodzinnych uroczystości. Faza zabaw z ogniem przypada u większości dzieci na okres od piątego do dziewiątego roku życia. Eksperymentowanie dotyczy głównie sposobów wzniecania ognia i obserwacji spektakularnych efektów jego działania. Zagrożenia dla zdrowia i życia dzieci związane z niekontrolowanym używaniem ognia jest wtedy szczególnie duże [11], głównie ze względu na stosunkowo niewielkie możliwości przewidywania rozwoju wypadków [12]. Zainteresowanie ogniem i wzniecaniem pożarów zanika u znacznej większości dzieci w wieku lat dziesięciu i starszych. Nastolatki, u których tego rodzaju skłonności się utrzymują, najczęściej wzniecają pożary motywowane chęcią niszczenia, dostarczenia sobie rozrywki lub dążenia do zwrócenia uwagi na siebie i swoje problemy [13]. Wyniki badań wskazują, że młodzi ludzie powodujący pożary, których przyczyny nie są związane z rozwojowymi fazami zainteresowania ogniem i zabaw z ogniem (a więc po ukończeniu dziesiątego roku życia), tworzą dość specyficzną grupę. Charakteryzują ich między innymi:

- konflikty z najbliższymi i niekorzystne relacje rodzinne [14, 15];
- bycie ofiarą przemocy domowej [16];
- zaburzenia dotyczące kontroli zachowania (*conduct problems*) oraz objawy zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (*attention deficit hyperactivity disorder* – ADHD) [17, 18];
- popełnianie w przeszłości czynów zabronionych, innych niż podpalenia [19, 20];
- deficyty w zakresie kompetencji społecznych (w tym m.in. w zakresie asertywności) [21];
- przejawianie agresji w stosunku do innych dzieci oraz do zwierząt [22].

Warto wspomnieć o jednym z szeroko zakrojonych badań longitudinalnych dotyczącym nieletnich podpalaczy, które zostało przeprowadzone w Nowej Zelandii. Dane na temat 182 sprawców podpaleń zebrano w ramach *Fire Awareness and Intervention Program* (FAIP) [23]. W badanej próbie 91,2% stanowili chłopcy. W przypadku 79,7% badanych do pierwszego incydentu podpalenia doszło pomiędzy szóstym a czternastym rokiem życia, przy czym 89,6% spowodowanych pożarów zakwalifikowano jako wywołane intencjonalnie. Sprawcy zgłaszali najczęściej trzy motywy wzniecania pożarów: eksperymentowanie z ogniem, znudzenie i efekt presji rówieśniczej. U 11% sprawców rozpoznano objawy ADHD, 23,1% sprawców doświadczało przemocy, a 64,3% nie było wychowywanych przez oboje rodziców, przy czym 1/3 badanych doświadczała stresu związanego z sytuacją rodzinną. Po 10 latach losy nieletnich sprawców przeanalizowano pod kątem recydywy i przejawiania zachowań antyspołecznych lub przestępczych. Okazało się, że chociaż ponownych podpaleń dopuściło się zaledwie 2,2% badanej populacji, to aż 59,3% badanych weszło w konflikt z prawem – 15% sprawców popełniało przestępstwa kilkukrotnie, przy czym 12,6% nieletnich podpalaczy, zarejestrowanych w bazie danych FAIP, w ciągu kolejnych 10 lat zostało skazanych na karę pozbawienia wolności. Analiza statystyczna przeprowadzona przez autorów wykazała, że prawdopodobieństwo dokonywania przestępstw po 10 latach było większe, gdy dziecko było ofiarą przemocy oraz gdy stwierdzano, że dopuszczało się ono wcześniejszych niż zarejestrowane niewykrytych podpaleń. Analiza pokazała również, że ochronę przed recydywą zapewniało wychowywanie się w pełnej rodzinie.

Motywacja sprawców podpaleń

Wyróżnia się najczęściej kilka głównych motywów popełnienia przestępstwa podpalenia. Przykładowo według klasyfikacji przestępstw zawartej w podręczniku Federalnego Biura Śledczego (The Federal Bureau of Investigation – FBI) [24] są to: zemsta, podniecenie, wandalizm, maskowanie dowodów, odnoszenie korzyści oraz ekstremizm polityczny (terroryzm).

Przypadki, w których sprawca powoduje pożar, aby zemścić się za doznaną (rzeczywistą lub wyimaginowaną) krzywdę stanowią 41% podpaleń[1] [25]. Przestępca nie tylko zna ofiarę(-y),

[1] Należy pamiętać, że procentowy rozkład podpaleń ze względu na typ motywacji sprawcy jest jedynie wartością szacunkową. Oprócz danych opublikowanych przez ekspertów FBI w literaturze przedmiotu występuje kilka innych oszacowań (ich zestawienie można znaleźć np. w: Canter D.V., Almond L., *A Strategy for Arson, Centre of Investigative Psychology*, Project report, Liverpool: University, 2007, 17).

ISSN 1895-8443

lecz także często pozostaje z nią w długotrwałym konflikcie. Obiektem ataku może być jednostka i jej bliscy, ale mogą też nim być cenne obiekty: dom, samochód lub firma prowadzona przez ofiarę. Wydaje się też, że mamy do czynienia z różnicami w sposobie działania sprawców i sprawczyń podpaleń motywowanych zemstą. Wśród badanych przez Koenraadta [26] przestępców, którzy dopuścili się podpalenia, kobiety stanowiły zaledwie 11%, przy czym większość z nich była motywowana właśnie chęcią dokonania zemsty. W przypadku kobiet popełnione przez nie przestępstwo powodowało stosunkowo mniejsze straty, pożar miał mniejszy zasięg, a sprawczynie używały zwykle mniejszej ilości materiałów zapalających i przyspieszających rozprzestrzenianie się ognia niż mężczyźni. Z kolei mężczyźni byli bardziej mobilni w działaniu. Jeśli chodzi o podłoże psychologiczne, Koenraadt wskazuje, że przestępczynie często miały zaburzenia osobowości oraz niski poziom samooceny. Motywowanych zemstą przestępców charakteryzowały zaś m.in. słabe osiągnięcia szkolne oraz problemy w relacjach z autorytetami.

Według ekspertów FBI około 30% podpaleń jest związanych z tym, że wywoływanie pożarów powoduje specyficzny stan ekscytacji u sprawców. Scena tego rodzaju przestępstwa jest wyjątkowo spektakularna. Zważywszy na to, że pożary wybuchają zwykle w przestrzeni publicznej, sprawca może obserwować niszczycielskie działanie ognia; przebieg nasyconej głośnymi dźwiękami i intensywnymi kolorami dynamicznie rozwijającej się akcji gaśniczej; emocjonalne reakcje innych widzów oraz zachowanie strażaków, niejednokrotnie ryzykujących swoje zdrowie lub życie. Jeśli chodzi o rolę pobudzenia seksualnego w genezie podpaleń, badania dotyczące tej kwestii nie pozwoliły na sformułowanie jednoznacznych wniosków. Kotsis i Cooksey wśród czynników motywujących podpalaczy wymieniają skłonności fetyszystyczne [27]. W projekcie badawczym Quinseya i wsp. [28] uczestniczyło 26 mężczyzn – sprawców podpaleń. Pomiar poziomu podniecenia seksualnego w odpowiedzi na opisy zdarzeń zawierających treści seksualne w kontekście wywoływania pożaru wskazał, że nie ma istotnych statystycznie różnic między przestępcami i grupą kontrolną. Te same dane przeanalizowano ponownie po kilku latach. Tym razem konkluzja zespołu badawczego brzmiała, że „znacząca mniejszość podpalaczy wykazuje wyższy poziom podniecenia seksualnego w odpowiedzi na tematy związane z podpaleniami niż członkowie grupy kontrolnej" [29]. Z kolei w literaturze dotyczącej populacji kobiet – sprawczyń podpaleń nie uznaje się czynnika podniecenia seksualnego za istotny dla wyjaśnienia tła motywacyjnego [30, 31]. Według Sakheima i Osborna [32] jeśli chodzi o nieletnich, wielokrotni sprawcy podpaleń wykazują znacząco więcej dysfunkcji i problemów na tle seksualnym niż ich rówieśnicy.

Wandalizm, rozumiany jako rozmyślne niszczenie lub uszkodzenie czyjejś własności, jest w naszym kraju traktowany – w zależności od wartości zniszczonego mienia – jako wykroczenie (art. 124 Kodeksu wykroczeń) lub przestępstwo (art. 288 Kodeksu karnego). Akty wandalizmu stanowią według Douglasa i wsp. 7% podpaleń [33]. Ich sprawcami są najczęściej nieletni. W literaturze przedmiotu przeważa pogląd, zgodnie z którym tego rodzaju czyny są motywowane chęcią prowokowania lub/i przyciągnięcia uwagi dorosłych, którzy nie zaspokajają potrzeb swoich dzieci [34, 35]. Według Kubackiej-Jasieckiej [36, 37] zachowania agresywne młodych ludzi można traktować jako próbę radzenia sobie z zagrożeniem bezpieczeństwa „Ja". Przykładowo jeśli nieletni znajduje się w szczególnie niekorzystnej, kryzysowej sytuacji rodzinnej, podpalenie może być swoistym wołaniem o pomoc. Autorka nazywa ten sposób radzenia sobie z nasilonym lękiem mianem mechanizmu odwoławczego lękowo-depresyjnego. W przypadku niekorzystnego przebiegu socjalizacji brak zaspokojenia potrzeby bezpieczeństwa może być kompensowany przez akty zachowań agresywnych – np. podpaleń. Budowanie relacji z innymi ludźmi opartych na zasadach szacunku i bliskości bywa w tym przypadku zastępowane przez dążenie do dominacji i kontroli nad otoczeniem. Kubacka-Jasiecka przekonuje, że zachowania antyspołeczne mogą służyć budowaniu tożsamości na podstawie wzorców nieakceptowanych społecznie (mechanizm negatywnej tożsamości) lub potwierdzaniu mocy sprawczej jednostki zgodnie z zasadą „Niszczę, więc jestem" (mechanizm potwierdzania tożsamości).

Nieletnich wandali – podpalaczy charakteryzuje nasilona skłonność do zachowań antyspołecznych. Są oni notowani przez policję za popełnianie różnych przestępstw, nie tylko przeciwko mieniu. W tym miejscu warto wspomnieć o podpaleniach, które bywają rezultatem czynów chuligańskich, często na tle ideologicznym. Historia tego typu ekscesów na ziemiach polskich jest długa – sięga 1931 r., w którym podpalono trybuny stadionu piłkarskiego klubu Czarni Lwów [38]. Sprawcami byli prawdopodobnie nacjonaliści ukraińscy. Współcześnie także zdarzają się podpalenia, których podłożem są spory ideologiczne. Do ich eskalacji dochodzi często podczas imprez masowych. Przykładem może być podpalenie wozu transmisyjnego jednej z telewizji podczas Marszu Niepodległości zorganizowanego 11 listopada 2011 r w Warszawie przez Obóz Narodowo-Radykalny i Młodzież Wszechpolską. Jak się okazało, sprawcy wywodzili się ze środowiska pseudokibiców [39]. Kilkakrotnie też podpalano instalację *Tęcza* (autorstwa Julity Wójcik), która w czerwcu 2012 r. stanęła na placu Zbawiciela w Warszawie. Przyczyną podpaleń było potraktowanie tęczy jako symbolu ruchu na rzecz równouprawnienia mniejszości seksualnych.

Około 10% sprawców podpaleń jest motywowanych chęcią zatarcia śladów wcześniej popełnionego przestępstwa [40]. Może to dotyczyć zarówno najpoważniejszych czynów, (np. morderstwa), jak i przestępstw mniejszej wagi (kradzież, włamanie, nadużycia finansowe). Podpalenie traktuje się wtedy jako tzw. wtórną działalność przestępczą. Jej celem jest np. ukrycie tego, że ofiara została zamordowana, i stworzenie wrażenia, że przyczyną jej śmierci był nieszczęśliwy wypadek. Przestępcy może też chodzić o uniemożliwienie identyfikacji osoby poszkodowanej lub zatarcie istotnych dowodów, które mogłyby doprowadzić do wykrycia czynu. Sprawca często używa wtedy znacznych ilości substancji przyspieszających spalanie i rozprzestrzenianie się pożaru [41].

O korzyściach, które przestępcy mogą czerpać z podpalenia, można mówić w różnych kontekstach. W przypadku ciągłej, zorganizowanej działalności kryminalnej, podpalenie może być środkiem wykorzystywanym w porachunkach przestępczych lub mieć na celu wymuszenie haraczu [42]. Spowodowanie pożaru może być też niedozwolonym środkiem rywalizacji

biznesowej – służyć osłabieniu lub wyeliminowaniu konkurencji [43]. Stosunkowo często motywem podpalenia jest chęć uzyskania nienależnego odszkodowania za ubezpieczone mienie (dom, budynek firmy, jacht, samochód itp.). Proceder ten jest niekiedy dość skomplikowany i rozciągnięty w czasie: przykładowo terminem *house flipping* określa się działania przedsiębiorców, którzy tanio kupują zrujnowane nieruchomości, następnie powierzchownie je remontują, ubezpieczają na wysoką kwotę i podpalają [44]. Jak podkreśla Gavin, podpalenia dla zysku nie są dokonywane pod wpływem emocji – są zwykle dobrze zaplanowane i przemyślane, a średni wiek ich sprawców jest wyższy niż wiek podpalaczy działających z innych pobudek [45].

Podpalenie może być także środkiem wykorzystywanym w działalności terrorystycznej. Terroryzm to według Bolechowa [46] „wywołująca lęk metoda powtarzalnych ataków przemocy, motywowana politycznie, stosowana przeciwko celom niewalczącym, gdzie, w odróżnieniu od innych form przemocy politycznej, bezpośredni cel ataku nie jest celem głównym". Ponieważ terroryści nie dysponują siłą militarną pozwalającą na pokonanie przeciwnika politycznego i zdobycie władzy, więc starają się tak planować swoją działalność, aby była ona jak najbardziej spektakularna i miała jak największy wpływ na świadomość społecznej widowni. Podpalenie – zarówno ze względu na skalę potencjalnych zniszczeń, jak i medialny charakter czynu, doskonale nadaje się do wykorzystania jako środek działań terrorystycznych. Abstrahując od licznych zdarzeń z odległej historii, można wskazać współczesne przykłady różnie motywowanych działań terrorystycznych z użyciem podpalenia. I tak na początku lat 90. XX w., gdy nasilił się, dotyczący terenów granicznych, konflikt węgiersko-rumuński, podpalono biuro węgierskich linii lotniczych Malév w Bukareszcie [47]. Z kolei radykalne organizacje, zwane czasem ekoterrorystycznymi (m.in. Earth First! oraz Animal Liberation Front), dokonywały podpaleń motywowanych misją obrony praw zwierząt [48]. Podpalenie jest też często wykorzystywane w działaniach terrorystycznych tzw. Państwa Islamskiego. W październiku 2016 r. media donosiły m.in. o podpaleniu składów siarki w fabryce koło Mosulu, w wyniku czego ucierpiały setki osób.

Istotą podpalenia jest jego destruktywny charakter. Canter i Fritzon, którzy stworzyli odmienną od typologii FBI klasyfikację brytyjską, zauważają, że podpalenie – owszem – należy rozumieć jako akt niszczycielski, ale przede wszystkim jako proces interakcji sprawcy z otoczeniem [49]. Analiza akt 175 spraw związanych z wzniecaniem pożarów pozwoliła badaczom stworzyć typologię uwzględniającą dwa wymiary:

- charakterystykę celu ataku, to znaczy tego, czy cel ataku jest związany z osobą (*person-oriented*) czy z obiektami materialnymi (*object-oriented*);
- specyfikę motywacji, to znaczy tego, czy motywacja ma charakter emocjonalny (*expressive*) czy instrumentalny (*instrumental*).

Tak więc można mówić o czterech głównych typach podpaleń:

- motywowanych emocjonalnie (często związanych z przeżywaniem silnego stresu, kryzysu psychologicznego lub zaburzeń psychicznych), których celem są osoby bliskie sprawcy lub on sam (por. *suicide by arson*; [50]);
- motywowanych emocjonalnie, w trakcie których destrukcji ulegają przedmioty mające znaczenie dla ofiary (może np. chodzić o zemstę na osobie, która jest źródłem frustracji sprawcy);
- motywowanych instrumentalnie, których celem są obiekty, np. ubezpieczona fabryka lub mieszkanie, a sprawca spodziewa się uzyskać korzyść materialną;
- motywowanych instrumentalnie, nastawionych na skrzywdzenie osoby lub osób, z którymi sprawca wchodzi w interakcje, przy czym czyny te mają charakter rozmyślny i zaplanowany (np. zemsta na byłym szefie).

Zespół psychologów śledczych pod kierunkiem Davida Cantera rozwinął opisaną wyżej klasyfikację, wykorzystując koncepcję systemu działania (*action system*) stworzoną przez Parsonsa i Shilsa [51]. Zgodnie z przywołaną koncepcją dla wszystkich żywych systemów charakterystyczne są następujące cechy:

- umożliwiająca przetrwanie interakcja ze środowiskiem;
- struktura tworzona przez jednostki i relacje między tymi jednostkami oraz
- stabilność elementów układu i łączących je relacji w czasie.

Według Shye [52] każde zdarzenie, w którym uczestniczy taki system, ma swoje źródło (zlokalizowane wewnątrz lub na zewnątrz systemu) oraz miejsce realizacji (*actualisation*; również wewnętrzne lub zewnętrzne). Zdarzenia mogą więc przebiegać według jednego z czterech schematów. Są nimi:

- tryb ekspresywny (*expressive mode*): przyczyny leżą wewnątrz systemu, ale realizacja odbywa się na zewnątrz;
- tryb adaptacyjny (*adaptive mode*): zdarzenie ma zewnętrzne źródła i realizuje się na zewnątrz systemu;
- tryb integracyjny (*integrative mode*): zarówno przyczyny, jak i urzeczywistnienie działania odbywają się wewnątrz systemu;
- tryb zachowawczy (*conservative mode*): źródła zdarzenia są zewnętrzne w stosunku do systemu, ale działanie odbywa się wewnątrz [53].

Fritzon, Canter i Wilton [54] na podstawie koncepcji systemu działania przeprowadzili analizę 230 przypadków, w których doszło do pożaru. Używając metodologii SSA (Smallest Space Analysis) wyodrębnili cztery grupy sprawców charakteryzowane jako:

- przestępcy – osoby działające w trybie adaptacyjnym, notowane wcześniej w związku z przypadkami łamania prawa, doświadczające problemów w środowisku rodzinnym i szkolnym;
- osoby wielokrotnie wzniecające pożary (podpalacze recydywiści) – jednostki działające w trybie ekspresywnym, w przypadku których podpalenie jest jednym ze sposobów postępowania w świecie społecznym (odgrywa istotną rolę w ich relacjach z innymi). Zarówno podkładanie ognia, jak i wszczynanie fałszywych alarmów jest w tym przypadku ucieczką od rutynowych, codziennych czynności i manifestacją wewnętrznych problemów psychologicznych;

 ISSN 1895-8443

– osoby chore psychicznie – jednostki funkcjonujące w trybie integracyjnym (pożar jest przez nie wzniecany na podłożu zaburzeń psychiatrycznych, których elementem są autodestruktywne przekonania i emocje oraz skłonności samobójcze);
– osoby, których problemem jest rozpad związku (jednostki takie działają w trybie zachowawczym, a wzniecony pożar ma dotknąć osobę, która była dla nich ważna i – w ich mniemaniu – przyczyniła się do zakończenia bliskiej relacji).

Wzniecanie pożarów jest zachowaniem, które było analizowane w kontekście wielu współczesnych teorii z obszaru nauk społecznych – głównie psychologii i socjologii zachowań dewiacyjnych. Putnam i Kirkpatrick [55], wskazując na najistotniejsze z nich, wymieniają w odniesieniu do nieletnich podpalaczy m.in.:
– teorię aktywności rutynowych, która akcentuje, że kluczowa dla zaistnienia przestępstwa jest okazja (sprawcy podpaleń mają w zasadzie nieograniczone możliwości wzniecania pożarów i wykorzystania ich jako narzędzia lub broni, np. do zastraszenia ofiary albo w porachunkach z innymi przestępcami) [56];
– teorię uczenia się społecznego, zgodnie z którą podpalenia są zachowaniami wyuczonymi przez kontakty z istotnymi osobami w otoczeniu sprawcy (członkowie rodziny, rówieśnicy i znajomi, świadomie lub nieświadomie kształtują niewłaściwe nawyki w zakresie obchodzenia się z ogniem [57], które mogą być bezpośrednio wzmacniane przez intensywność i nadzwyczajny charakter bodźców działających na zmysły podczas pożaru oraz możliwość obserwowania ekscytującej akcji ratowniczej);
– teorię traumy, według której wzniecanie pożarów można traktować jako manifestację emocjonalnych urazów podpalacza z okresu dzieciństwa [58];
– teorię akcentującą rolę stresu psychologicznego w genezie podpaleń (wzniecanie pożarów może służyć uwolnieniu nagromadzonego napięcia lub być wyrazem poszukiwania mocnych wrażeń lub sytuacji ryzykownych) [59];
– teorię skojarzenia z władzą (*power association theory*), zgodnie z którą wzniecanie pożarów jest dla niektórych młodych ludzi jedynym sposobem wywierania wpływu na innych lub kontrolowania swojego otoczenia społecznego [60];
– teorię akceptacji społecznej, która podkreśla, że – szczególnie w przypadku nieletnich – kluczowy wpływ na podejmowanie decyzji ma potrzeba bycia aprobowanym przez grupę, a czyny chuligańskie i przestępcze są często dokonywane pod presją rówieśników [61];
– teorię reakcji społecznej, według której sprawcy decydują się na dokonanie podpalenia, gdyż przewidują, że czyn wywoła szybką i spektakularną reakcję (w postaci akcji ratunkowej, policyjnego dochodzenia, relacji prasowych itd. [62]).

Poza teoriami eksponującymi jedną, główną przyczynę dokonywania podpaleń, warto zwrócić uwagę na koncepcje wieloczynnikowe. Przykładowo Jackson i wsp. [63, 64] – w wyniku przeprowadzonej analizy funkcjonalnej – wyróżnili dwie grupy zmiennych istotnych dla zrozumienia zachowania podpalaczy: są to czynniki poprzedzające oraz konsekwencje behawioralne. Do pierwszej grupy należą:
– niekorzystne uwarunkowania psychospołeczne (np. zaburzone relacje z rodzicami lub opiekunami),
– brak satysfakcji życiowej i niezadowolenie z siebie,
– brak skuteczności (rozumianej m.in. jako niski poziom kompetencji w zakresie rozwiązywania konfliktów oraz bycie odrzucanym przez innych),
– czynniki tworzące „indywidualną historię doświadczeń z ogniem" (np. skojarzony z pozytywnymi emocjami pożar obserwowany w dzieciństwie) oraz
– czynniki spustowe (emocje lub wydarzenia będące impulsem bezpośrednio poprzedzającym dokonanie podpalenia).

Z kolei konsekwencje behawioralne mogą zarówno przyspieszać realizację planów związanych z wzniecaniem pożarów, jak i wzmacniać nawyk podpalania. Nagrody uzyskiwane przez sprawców to m.in.: przyciągnięcie uwagi rodziców, podziw rówieśników lub poczucie kontroli nad otoczeniem.

Jedna z najnowszych, wieloczynnikowych koncepcji wyjaśniających tło przyczynowe podpaleń została określona przez jej autorów mianem wielotorowej teorii podpaleń (Multi-Trajectory Theory of Adult Firesetting – M-TTAF). Teoria stworzona przez Theresę Gannon i wsp. dotyczy dorosłych sprawców podpaleń [65]. Jest próbą integracji dotychczasowych koncepcji teoretycznych, doświadczeń klinicznych autorów i wyników badań empirycznych w celu całościowego, wielopłaszczyznowego ujęcia problematyki przestępczego wzniecania pożarów. M-TTAF oferuje dwa poziomy wyjaśnień. Pierwszy to charakterystyka kilku istotnych grup czynników, które wchodząc ze sobą w interakcje, tworzą tło przyczynowe podpaleń. Drugi poziom to opis pięciu głównych wzorców działania (zwanych przez autorów koncepcji trajektoriami), a zarazem typów sprawców.

Czynniki, które według M-TTAF są istotne dla zrozumienia przyczyn podpaleń, to:
– kontekst rozwojowy,
– podatność psychologiczna,
– czynniki proksymalne (spustowe, moderujące, w znaczący sposób podnoszące ryzyko podpalenia) oraz
– czynniki podtrzymujące skłonność do wzniecania pożarów lub sprzyjające zaprzestaniu dokonywania podpaleń.

Jeśli chodzi o kontekst rozwojowy, autorzy M-TTAF wskazują, że wpływ na wzniecanie pożarów w przyszłości może mieć środowisko wychowawcze, w którym dziecko nie ma zaspokajanych potrzeb lub jest narażone na traumatyczne przeżycia. Efektem tego może być brak poczucia bezpieczeństwa, niskie poczucie własnej wartości oraz problemy w sferze regulacji zachowania. Środowisko rodzinne to również otoczenie, w którym najwcześniej zachodzi proces społecznego uczenia się. Jego wynikiem jest nabywanie skryptów poznawczych, przekazywanie wartości, modelowanie stylu radzenia sobie ze stresem i – szerzej – kształtowanie się tożsamości. Środowisko najbliższych dziecku osób wpływa też na interpretację różnych sytuacji społecznych, w tym definiuje zalecane i dopuszczalne sposoby

postępowania z ogniem, a czasem legitymizuje takie, które mają charakter przestępczy (np. podpalenie motywowane zemstą). Mające patologiczny charakter wykorzystywanie ognia do informowania o swoich potrzebach ma także w niektórych przypadkach przyczyny neurobiologiczne lub temperamentalne [66].

Czynniki związane z podatnością psychologiczną sprawców mogą mieć – według autorów M-TTAF – różnorodny charakter. Do czynników tych należą: niewłaściwe (patologiczne) zainteresowanie ogniem, nieprawidłowo ukształtowane skrypty poznawcze dotyczące tej sfery życia, postawy wspierające destruktywne używanie ognia, zaburzenia samoregulacji emocjonalnej i problemy w sferze komunikacji interpersonalnej.

Patologiczne zainteresowanie ogniem jest wskazywane w literaturze przedmiotu jako jeden z ważnych czynników ryzyka popełnienia przestępstw polegających na wzniecaniu pożarów [67]. Jest ono także jednym z objawów osiowych piromanii według klasyfikacji DSM-IV-TR [68]. Oczywiście, nie wszystkie osoby, u których obserwuje się tego rodzaju fascynację, to piromani; aby postawić diagnozę, należy stwierdzić również występowanie innych objawów. Jak wspomniano wyżej, zainteresowanie ogniem jest naturalnym aspektem rozwoju małego dziecka. Zainteresowanie to jest także uzasadnione historią rozwoju gatunkowego. Możliwość wykorzystywania różnych właściwości ognia była dla naszych przodków jednym z osiągnięć istotnych dla przetrwania [69]. Ogień i sytuacja wzniecania pożarów mogą dostarczać wielu wzmocnień natury psychologicznej. Należą do nich między innymi właściwości stymulacyjne (np. intensywny, pobudzający emocjonalnie kolor płomieni lub dźwięk syren strażackich) oraz doświadczanie poczucia wpływu na otoczenie i kontroli nad wydarzeniami. Dla niektórych sprawców wartość nagradzającą ma zysk finansowy lub efekt spróbowania zakazanego owocu [70]. W przypadku nieletnich wychowujących się w dysfunkcyjnym środowisku rodzinnym wcześnie pojawiające się pozytywne doświadczenia interpersonalne mogą wiązać się z grupowymi zabawami polegającymi na wzniecaniu ognia. Gdy jednostka znajdzie się w niekorzystnej sytuacji (odczuwa odrzucenie, samotność lub nudę), może wykorzystać podpalenie, aby przywołać pozytywne stany emocjonalne. Mechanizm ten może w skrajnych przypadkach prowadzić do sytuacji, w której działania destruktywne wykorzystujące ogień staną się ważnym elementem kształtującej się tożsamości [71].

Terminem „skrypt" można określić nabywaną od dzieciństwa wiedzę będącą utrwalonym w pamięci schematem sekwencji danej klasy zdarzeń [72]. Skrypty służą za podstawę interpretowania, przewidywania oraz kontrolowania działań w różnych sytuacjach. Skrypt związany z ogniem (*fire script*) dotyczy – według autorów M-TTAF – znaczenia, jakie ma dla sprawcy wzniecanie pożarów, oraz przekonań przestępcy na temat możliwości wykorzystania niszczycielskiej siły ognia. W kontekście motywów podpaleń szczególnie istotne są dwa rodzaje skryptów. W ramach pierwszego (*aggression-fire fusion script*) podpalenie jest formą agresji pośredniej wobec osoby lub osób, które sprawca chce zastraszyć albo na których chce się zemścić. Ogień staje się w pewnym sensie wiadomością, którą sprawca wysyła ofierze. Drugi rodzaj skryptu nie zawiera elementu agresywnego. Jest związany z radzeniem sobie przez sprawcę z trudnymi lub stresowymi sytuacjami (*fire coping script*). Wywołanie pożaru może służyć np. przyciągnięciu uwagi otoczenia, zapewnieniu sobie większej stymulacji lub uznania otoczenia (jak w przypadku niektórych podpalaczy – członków Ochotniczej Straży Pożarnej, którzy chcą się wykazać odwagą podczas akcji ratowniczej [73]).

Mówiąc o postawach, można odwołać się do klasycznej definicji, według której są one relatywnie trwałą strukturą złożoną z przekonań, emocji i tendencji do zachowania w stosunku do znaczących dla jednostki obiektów świata, w którym żyje [74]. Poznanie przekonań uzasadniających wzniecanie pożarów może mieć duże znaczenie zarówno dla zrozumienia postępowania przestępców, jak i dla skuteczności oddziaływań terapeutycznych lub resocjalizacyjnych. Zupełnie inny wydźwięk ma bowiem czyn osoby (inne jest także postępowanie w stosunku do niej), która ma utrwalone postawy antyspołeczne i jest przekonana, że podłożenie ognia w celu zemsty jest usprawiedliwione doznaną wcześniej krzywdą, niż czyn osoby, która była przekonana, że może kontrolować wzniecony pożar, a ogień nie wyrządzi nikomu krzywdy. Badania populacji sprawców podpaleń powinny też niewątpliwie dotyczyć ewentualnych deficytów empatii, rozumianych jako niezdolność zarówno do przyjmowania perspektywy innych osób, jak i do wytwarzania adekwatnej reakcji emocjonalnej [75, 76].

Pojęcie „samoregulacja" dotyczy umiejętności adekwatnego wyznaczania sobie celów działania, kontrolowania stanów emocjonalnych oraz takiego monitorowania własnych czynności w zmieniających się sytuacjach, które umożliwia osiągnięcie tych celów [77]. Przejawami zaburzeń samoregulacji mogą być np. trudności w zakresie kontroli negatywnych emocji – zarówno ich nadmierne tłumienie, jak i zbyt gwałtowna ekspresja; stosowanie nieadekwatnych środków do osiągania celów lub dysfunkcyjny styl radzenia sobie ze stresem. Jak pokazują badania, problemy w zakresie samoregulacji emocjonalnej są w populacji sprawców podpaleń stosunkowo częste. Badacze wskazują na impulsywność działania [78], niski poziom kompetencji w zakresie radzenia sobie ze stresem [79], skłonność do wybuchania gniewem [80] oraz małą odporność na frustrację [81].

Problemy w sferze komunikacji z otoczeniem społecznym to ostatni czynnik składający się – według teorii M-TTAF – na podatność psychologiczną podpalaczy. Chodzi tu o komunikację rozumianą zarówno jako zdolność do odczytywania komunikatów (oraz emocji) innych osób, umiejętność asertywnego zachowania, jak i zdolność tworzenia i utrzymywania bliskich związków z innymi oraz przypisywanie tym relacjom pozytywnej wartości. Psycholodzy rozwojowi i kliniczni wskazują, że zaburzenia tak rozumianej komunikacji interpersonalnej często mają swoje źródło we wczesnych, niekorzystnych doświadczeniach dziecka w środowisku rodzinnym [82, 83]. Efektem może być nieumiejętność nawiązywania satysfakcjonujących relacji społecznych, a co za tym idzie – niezdolność do zbudowania sieci wsparcia w otoczeniu. Jednostka, która czuje się wyalienowana i nierozumiana przez innych, zamiast zaspokajać swoje potrzeby przez wchodzenie w związki oparte na bliskości i współodczuwaniu, stara się kontrolować otoczenie lub zdobyć jego uznanie, odwołując się do zachowań destruktywnych. Wyniki badań pokazują, że z wyżej naszkicowanym mechanizmem spotykamy się u niektórych sprawców podpaleń [84, 85].

 ISSN 1895-8443

Jak słusznie zauważają autorzy M-TTAF, wskazanie na kontekst rozwojowy oraz czynniki podatności psychologicznej nie wystarcza do zrozumienia tego, jak doszło do konkretnego aktu podpalenia. Spośród osób doświadczających traumatycznych wydarzeń w dzieciństwie oraz problemów psychologicznych w wieku dorosłym tylko nieliczna grupa dopuszcza się przestępstw, w tym podpaleń. Należy więc ujmować wywoływanie pożarów jako dynamiczny proces, w trakcie którego dochodzi do interakcji czynników podłoża psychologicznego (odległych, dystalnych) z czynnikami proksymalnymi (mogącymi dotyczyć zarówno stanów jednostki, jak i istotnych dla niej wydarzeń lub sytuacji). Takim spustowym lub wyzwalającym czynnikiem może być np. doznana zniewaga, rozstanie z partnerem lub utrata pracy. Jeśli tego rodzaju stresory dotkną osoby, która ma podstawowe problemy w zakresie radzenia sobie z trudnymi sytuacjami, samoregulacją i kontrolą emocji, rezultatem będzie zapewne silny afekt negatywny. Niektóre z jednostek, o których mowa, mogą uznać, że jedynym sposobem rozładowania emocji i/lub poradzenia sobie z życiowymi komplikacjami jest dokonanie podpalenia.

Twórcy omawianej koncepcji wskazują jeszcze na rolę tzw. moderatorów. Zaliczają do nich stan zdrowia psychicznego i samoocenę jednostki. Czynniki dotyczące zaburzeń psychicznych w grupie osób dokonujących podpaleń zostaną omówione w dalszej części tekstu. Jeśli zaś chodzi o istotną rolę samooceny w genezie przestępczości, jest ona podkreślana przez wielu badaczy [86, 87, 88]. Autorzy M-TTAF stawiają hipotezę, zgodnie z którą w przypadku sprawców podpaleń to między innymi od właściwości samooceny danej osoby będzie zależało, czy sytuacja kryzysowa (spustowa) wywoła w jej życiu stan bezpośrednio prowadzący do popełnienia przestępstwa (*critical risk factor*).

Dopełnieniem pierwszego poziomu wyjaśnień w ramach M-TTAF jest uwzględnienie czynników odpowiedzialnych za kontynuowanie lub zaprzestanie przestępczej działalności. Jak wskazano wyżej, dokonywanie podpaleń może przynosić sprawcy specyficzne nagrody, które mogą mieć charakter wymierny (np. pieniądze z polisy ubezpieczeniowej) lub psychologiczny (zwiększenie się pobudzenia, podziw rówieśników, satysfakcja z dokonanej zemsty).

Bardzo interesującą, choć wciąż słabo zbadaną, kwestią są uwarunkowania procesu wycofywania się wielokrotnych sprawców przestępstw z działalności kryminalnej. Shover, twórca modelu odchodzenia od przestępczości (*exiting process*) twierdzi [89, 90], że z wiekiem dochodzi u przestępców do zmian dotyczących orientacji życiowej (*orientational*) oraz stosunków z innymi ludźmi (*interpersonal*). Zmiana orientacji życiowej następuje na skutek wzajemnego oddziaływania czterech elementów: tworzenia się nowej perspektywy życiowej, zwiększającej się świadomości upływającego czasu, zmiany celów i aspiracji oraz wzrastającego poczucia zmęczenia przestępczą działalnością. Na zmianę relacji przestępcy z innymi ludźmi składają się natomiast więzi z bliskimi osobami (np. założenie rodziny i pojawienie się potomstwa) oraz związek z rodzajem aktywności (np. znalezienie dobrze płatnej pracy). Autorzy M-TTAF stawiają hipotezę, że – podobnie jak w przypadku sprawców przestępstw na tle seksualnym [91] – poprawa jakości związków z innymi ludźmi i uzyskanie stałej pracy może skłonić niektórych seryjnych podpalaczy do realizowania się w inny sposób niż przez wzniecanie pożarów.

Drugi poziom wielotorowej teorii podpaleń to opis pięciu prototypowych trajektorii (wzorców postępowania, profilu psychologicznego) sprawców. Ma on, jak zaznaczają autorzy teorii, charakter tymczasowy i wymaga weryfikacji empirycznej [92].

Pierwszą trajektorię można określić mianem antyspołecznych wzorców poznawczych (*antisocial cognition*). Sprawców podpaleń należących do tego typu charakteryzuje znaczne nasilenie społecznie destruktywnych przekonań, postaw i wartości. Środowisko, w którym te osoby się wychowywały, było najczęściej dysfunkcyjne, a one same wykazują niski poziom samoregulacji oraz objawy osobowości antyspołecznej. Demoralizacja takich przestępców jest najczęściej znaczna – popełniali oni w przeszłości różne czyny zabronione, identyfikują się z przestępczym środowiskiem i stylem życia. Ich postawy nie są związane ze szczególną fascynacją ogniem; wzniecanie pożarów może być jednak używane przez nich jako środek umożliwiający realizację przestępczych celów (np. zastraszenie, uzyskanie nienależnego odszkodowania, zatarcie śladów).

Drugi typ podpalaczy jest charakteryzowany głównie przez towarzyszące im poczucie pokrzywdzenia (*grievance*). Są to osoby o nasilonych skłonnościach agresywnych, często odczuwające gniew i wrogość wobec otoczenia. Zwykle mają one problemy w sferze komunikacji interpersonalnej. Ze względu na ich skłonność do ruminacji („przeżuwania emocji") długo chowają urazę za rzeczywiste lub wyimaginowane krzywdy. Podpalenie jest w przypadku tych sprawców formą ostrzeżenia, zemsty lub wymierzenia specyficznie rozumianej sprawiedliwości osobie, która ich znieważyła lub oszukała. Wzniecanie pożarów może u nich okresowo zwiększać poczucie własnej wartości.

Najistotniejszą cechą trzeciego typu sprawców jest ich zainteresowanie ogniem i wzniecaniem pożarów (*fire interest*). Niektóre z tych osób mają psychiatrycznie rozpoznaną piromanię, inne zaś mają tylko silnie rozwinięte i utrwalone skrypty związane z używaniem ognia. Dla tych sprawców wzniecanie pożarów może być źródłem przyjemności i specyficznego pobudzenia zmysłowego. Może być ono także mechanizmem pozwalającym radzić sobie ze stresem. Sprawcy podpaleń należący do tego typu zwykle nie dokonywali przestępstw w przeszłości ani nie przejawiają postaw charakterystycznych dla środowisk przestępczych.

Głównym problemem czwartego z wyróżnionych typów sprawców są zaburzenia w sferze komunikacji interpersonalnej i kompetencji społecznych. Według autorów M-TTAF w obrębie tej trajektorii można wyróżnić dwa podtypy: ekspresyjny emocjonalnie (*emotionally expressive*) oraz potrzebujący uznania (*need for recognition*).

Do pierwszego podtypu należą osoby charakteryzujące się impulsywnością i brakami w zakresie strategii radzenia sobie ze stresem. W ich przypadku kryzysowe wydarzenia życiowe (np. śmierć bliskiej osoby lub problemy finansowe) powodują silną negatywną reakcję emocjonalną. Ponieważ jednak nie potrafią się one dzielić emocjami z innymi ludźmi, więc czują się opuszczone, wyalienowane i bezsilne. W przypadku tych osób wzniecanie pożarów może być formą wysyłania otoczeniu dramatycznej wiadomości na temat ich położenia oraz swoistym wołaniem o pomoc.

Drugi podtyp sprawców tworzą osoby o silnej potrzebie szacunku i uznania, niemogące jej zaspokoić ze względu na brak kompetencji lub sposobności odniesienia sukcesu w społecznie akceptowalnych obszarach aktywności. Są to często jednostki charakteryzujący się narcystycznym rysem osobowości, co w połączeniu z niezaburzoną samokontrolą i umiejętnością planowania skutkuje wzniecaniem pożarów w celu stworzenia sobie możliwości do wykazania się odwagą i innymi pozytywnie wartościowanymi cechami w trakcie akcji gaśniczej.

Ostatnią trajektorię Gannon i wsp. nazwali wieloaspektową (*multi-faceted*). Do tego typu należą sprawcy podpaleń, u których obserwuje się niekorzystną konfigurację wcześniej wyróżnionych czynników ryzyka. Osoby takie często już w dzieciństwie były zaniedbywane przez rodziców i doświadczały traumatycznych wydarzeń. W dysfunkcyjnym środowisku wychowawczym nie nabyły prawidłowych, prospołecznych postaw i nie mogły zaspokoić swoich potrzeb. Naturalne zainteresowanie ogniem realizowały często w gronie rówieśników, którzy również mieli niekorzystne doświadczenia socjalizacyjne. W efekcie dziecięce zabawy z ogniem odbywały się równolegle z nabywaniem antyspołecznych przekonań i wartości. Dodatkowo osoby te wykazują często braki w zakresie samoregulacji i kompetencji społecznych. Wywoływanie pożarów może w ich przypadku pełnić wiele psychologicznych funkcji: służyć jako mechanizm radzenia sobie ze stresem, umożliwiać doraźne zwiększenie pobudzenia, być komunikatem na temat ich stanu emocjonalnego lub narzędziem zemsty.

Kończąc omawianie M-TTAF, warto wspomnieć, że w literaturze przedmiotu pojawiają się pierwsze próby weryfikacji założeń tej teorii. W badaniach, których wyniki opublikowano w 2013 r. w czasopiśmie „Psychiatry", uczestniczyło 68 mężczyzn skazanych za przestępstwa związane ze wzniecaniem pożarów i 68 mężczyzn skazanych niebędących podpalaczami [93]. Okazało się, że sprawcy podpaleń, w porównaniu do innych przestępców, wykazywali większe zainteresowanie ogniem, mieli utrwalone postawy legitymizujące podpalenie jako „normalny" sposób postępowania oraz przejawiali mniejszą świadomość w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Poza tym podpalacze charakteryzowali się niską samooceną ogólną, większą wrogością i skłonnością do ruminacji, a także większą tendencją do reagowania gniewem w odpowiedzi na prowokację.

Zaburzenia psychiczne

Rozpoznanie psychiatryczne najczęściej kojarzone z przestępczym wzniecaniem pożarów to piromania. Według Międzynarodowej Statystycznej Klasyfikacji Chorób i Problemów Zdrowotnych ICD-10 piromania (patologiczne podpalanie) należy do kategorii zaburzeń nawyków i popędów (F63.1). Zaburzenie to „charakteryzuje się wieloma podpaleniami lub próbami wzniecenia pożaru bez widocznego motywu, ale z uporczywym zainteresowaniem się tematami związanymi z ogniem czy pożarem. Takie zachowanie jest często związane z uczuciem narastającego napięcia przed podpaleniem oraz intensywnym podnieceniem bezpośrednio po nim" [94]. W klasyfikacji Amerykańskiego Towarzystwa Psychiatrycznego DSM-IV-TR piromania została opisana jako jedno z zaburzeń kontroli impulsów niezwiązanych z innymi zaburzeniami psychicznymi (312.33). Definicja piromanii pozostaje dyskusyjna od czasu, gdy ten termin został użyty po raz pierwszy w drugiej połowie XIX w. [95]. Badacze koncentrowali się na różnych aspektach zaburzenia (m.in. na przyjemności czerpanej przez podpalacza lub niemożliwym do kontrolowania impulsie wzniecania pożarów). Jak wskazuje Koscis [96], „Prawdopodobnie jedynym punktem, co do którego istnieje zgoda [na temat piromanii – przyp. P.P.], jest wyjątkowo rzadkie jej występowanie […]". Diagnoza piromanii stanowi kilka procent wszystkich rozpoznań psychiatrycznych [97]. Jednym z niewielu stosunkowo nowych źródeł danych na temat sprawców podpaleń, u których rozpoznano piromanię, jest artykuł Granta i Kima [98]. Na podstawie wywiadów z 21 pacjentami (w tym z 10 kobietami) naukowcy ci stwierdzili, że większość badanych zaczynała wywoływać pożary w okresie adolescencji lub wczesnej dorosłości, przy czym w kolejnych latach częstotliwość podpaleń rosła. Wszyscy badani przyznali, że wzniecanie lub obserwowanie ognia wywoływało u nich stan ekscytacji. W przypadku dwóch trzecich sprawców czyny miały charakter zaplanowany. Wśród czynników spustowych poprzedzających podpalenie badani najczęściej wymieniali odczuwanie stresu, doświadczanie nudy, poczucie niedostosowania do otoczenia oraz przeżywanie wewnętrznych konfliktów. Trzynastu badanych cierpiało na współwystępujące zaburzenia nastroju, dziesięciu miało inne zaburzenia psychiatryczne opisane w klasyfikacji ICD, natomiast siedmiu było uzależnionych od substancji psychoaktywnych. Dziesięciu sprawców przyznało, że miało epizody depresyjne w przeszłości. Może to wskazywać na istotne znaczenie czynników neurobiologicznych w genezie piromanii. Podpalacze badani przez Virkkunena i wsp. [99] mieli znacząco niższe stężenie 5-HIAA (kwas 5-hydroksyindolooctowy) w płynie mózgowo-rdzeniowym niż badani z grupy kontrolnej. Substancja ta jest stosowana jako wskaźnik poziomu serotoniny w organizmie; jej niskie stężenie jest charakterystyczne dla osób depresyjnych, bardzo impulsywnych oraz tych ze skłonnościami autodestruktywnymi.

W literaturze przedmiotu można również znaleźć nieliczne badania wskazujące na rolę organicznych zaburzeń oraz zmian bioelektrycznej aktywności mózgu w genezie podpaleń. Przykładowo Puri i wsp. [100] stwierdzili, że u 10 z 36 podpalaczy, którzy korzystali z pomocy psychiatrycznej, stwierdzono uszkodzenie mózgu. Wyniki badań, w których uczestniczyło 92 przestępców leczonych psychiatrycznie [101], wskazały, że w grupie podpalaczy odczyt EEG siedmiu osób (18,42%, N = 38) był nieprawidłowy; dla porównania tę samą nieprawidłowość stwierdzono tylko u jednego sprawcy przestępstw przeciwko mieniu (3,33%, N = 30) i dwóch sprawców przestępstw gwałtownych (8,33%, N = 24).

Jeśli chodzi o związek między podpaleniami i przejawami zaburzeń zdrowia psychicznego, to według Vaughana i wsp. [102] prawdopodobieństwo występowania objawów osobowości antyspołecznej w grupie osób wzniecających pożary jest 12-krotnie większe niż w tzw. populacji normalnej. Analiza dokumentacji dotyczącej 283 amerykańskich podpalaczy pokazała, że 90% z nich cierpiało w pewnym okresie swojego życia na jakiś rodzaj zaburzeń psychicznych. W przypadku 36% były

 ISSN 1895-8443

to schizofrenia lub zaburzenia afektywne dwubiegunowe. Co istotne, ok. 25% tych badanych (71 osób) doświadczyło wspomnianych zaburzeń w okresie bezpośrednio poprzedzającym dokonanie podpalenia. Jak wskazują Ritchie i Huff [103], 64% podpalaczy w trakcie czynu znajdowało się pod wpływem alkoholu lub narkotyków[2].

Na znaczenie uzależnienia od substancji psychoaktywnych (głównie alkoholu) w genezie podpaleń wskazują również wyniki innych badań. Lindberg i wsp. określili, że w grupie badanych przez nich podpalaczy cierpiących na zaburzenia psychiczne ponad 2/3 było pod wpływem alkoholu w chwili popełnienia przestępstwa [104]. Natomiast Dickens i inni [105] stwierdzili, że w grupie 81 leczonych psychiatrycznie mężczyzn będących sprawcami podpaleń 62,8% było uzależnionych od alkoholu.

Badania wskazują także na współwystępowanie podpaleń oraz schizofrenii i innych psychoz. Warto w tym miejscu przytoczyć najistotniejsze ustalenia szeroko zakrojonych badań Sophii Anwar i wsp. [106]. Projekt badawczy obejmował populację szwedzkich podpalaczy, którzy popełnili przestępstwo w latach 1988–2000 (N = 1689). W trakcie porównań z losowo dobraną reprezentatywną grupą kontrolną (N = 40,560) określono, że w przypadku osób chorych na psychozy ryzyko dokonywania podpaleń jest znacząco wyższe niż w przypadku osób zdrowych. Ponadto stwierdzono, że w badanej grupie podpalaczy na zaburzenia psychotyczne cierpiało 8,1% mężczyzn (w grupie kontrolnej 0,7%) i 14% kobiet (w grupie kontrolnej 0,8%).

Wnioski

Jak twierdzą znawcy problematyki, literatura poświęcona psychologicznym uwarunkowaniom i mechanizmom dokonywania podpaleń nie jest zbyt bogata i wciąż potrzebne są nowe badania empiryczne na wspomniany temat [107, 108]. Uzyskanie jednoznacznych danych jest utrudnione z kilku względów. Przede wszystkim badacze reprezentujący nauki społeczne nie są zgodni co do terminologii dotyczącej wzniecania pożarów. Poza tym trudno ustalić skalę zjawiska, gdyż dane pochodzą od różnych służb i instytucji (straży pożarnej, Policji, zakładów karnych, placówek opieki psychiatrycznej, instytucji ubezpieczeniowych) [111]. Biorąc pod uwagę specyfikę czynu, można zakładać, że w wielu przypadkach sprawcy podpaleń pozostają anonimowi. Ponadto niektóre projekty badawcze obejmują stosunkowo niewielką grupę podpalaczy. Psychologiczna i kryminologiczna charakterystyka osób wzniecających pożary jest też niejednokrotnie wycinkowa w tym sensie, że koncentruje się wyłącznie na wybranym aspekcie zjawiska: motywacji, zaburzeniach psychicznych czy *modus operandi* sprawców. Trzeba też podkreślić, że zdecydowana większość ustaleń dotyczy podpalaczy mężczyzn [109, 110].

W zasadzie psycholodzy, psychiatrzy i kryminolodzy zgadzają się tylko co do jednego – że grupa sprawców podpaleń jest wewnętrznie zróżnicowana. Gdyby jednak dokonać zabiegu ekstrapolacji, typowym sprawcą podpalenia okazałby się młody mężczyzna o niskim statusie społecznym i zawodowym, notowany przez policję, zmagający się z problemami natury psychologicznej lub psychiatrycznej, których źródeł można doszukiwać się w dysfunkcyjnym środowisku wychowawczym.

Nawet jeśli przyjmiemy, że dotychczasowy stan wiedzy na temat psychospołecznych przyczyn podpaleń nie jest zadowalający, dotychczas zgromadzone dane będzie można wykorzystać w procesie opracowywania metod oddziaływań prewencyjnych i terapeutycznych. Powinny one uwzględniać psychologiczne i kryminologiczne mechanizmy leżące u podstaw przestępczego wzniecania pożarów oraz wewnętrzne zróżnicowanie populacji sprawców.

Literatura

[1] Brett A., *'Kindling theory' in arson: how dangerous are firesetters?* „Australian & New Zealand Journal of Psychiatry" 2004, 38, 419.

[2] Burton P.R.S., McNiel D.E., Binder R.L., *Firesetting, Arson, Pyromania, and the Forensic Mental Health Expert*, „Journal of the American Academy of Psychiatry and Law" 2012, 40, 355.

[3] Anwar S., Langstrom N., Grann M., Fazel S., *Is arson the crime most strongly associated with psychosis? A natural case-control study of arson risk in schizophrenia and other psychoses*, „Schizophrenia Bulletin" 2011, 37, 580.

[4] Ducat L., McEwan T., Ogloff J.R.P., *Comparing the characteristics of firesetting and nonfiresetting offenders: are firesetters a special case?* „The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology" 2013, 24, 5, 549.

[5] Amos T., Gordon H., Gunn J., Peay J., Walker J., The *majority of crime: theft, motoring and criminal damage (including arson)*, [in:] *Forensic Psychiatry: Clinical, Legal and Ethical Issues*, J. Gunn, P. Taylor (eds.), Boca Raton 2014 (2-nd ed.).

[6] European Association for Injury Prevention and Safety Promotion, *Injuries in the European Union: Report on injury statistics 2008–2010*, Amsterdam 2013, 8.

[7] Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P., *World Fire Statistics*, 2016, 21, http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report20_world_fire_statistics_2015.pdf [accessed: 10.10.2016].

[8] The Geneva Association, *World Fire Statistics Bulletin*, 2014, 29, www.genevaassociation.org/media/874729/ga2014-wfs29.pdf [accessed: 10.10.2016].

[9] Bartol C.R., Bartol A.M., *Criminal Behavior. A Psychosocial Approach*, Pearson Education Limited, London, 2014, 529.

[10] Gaynor J., *Firesetting*, [in:] *Child and Adolescent Psychiatry: A Comprehensive Textbook*, M. Lewis (eds.), Williams & Wilkins, Baltimore 1996.

[11] Benyi M.E., Manti E.G., *Message 5: 'Know the dangers of fire'*, „Archives of Hellenic Medicine" 2008, 25, 35.

[12] Lambie I., McCardle S., Coleman R. *Where there's smoke there's fire: Firesetting behaviour in children and adolescents*, „New Zealand Journal of Psychology" 2002, 31, 73–79.

[13] Bartol C.R., Bartol A.M., *Criminal Behavior. A Psychosocial Approach*, Pearson Education Limited, London 2014, 530.

[14] Stadolnik R.F., *Drawn to the flame: Assessment and treatment of juvenile firesetting behavior*, Practitioner's Resource Series, Sarasota 2000.

[15] Hickle K.E., Roe-Sepowitz D.E., *Female juvenile arsonists: An exploratory look at the characteristics and solo and group arson offences*, „Legal and Criminological Psychology" 2010, 15, 385–399.

[2] Trzeba jednak pamiętać, że w przypadku sprawców innych przestępstw (np. rozbojów) ten odsetek jest podobny – por. Piotrowski P., *Rozbój. Uwarunkowania psychospołeczne, motywacja i racjonalność sprawców*, Wydawnictwo Akademickie „Żak", Warszawa 2011.

[16] Root C., MacKay S., Henderson J., Del Bove G., Warling D., *The link between maltreatment and juvenile firesetting: Correlates and underlying mechanisms*, „Child Abuse & Neglect" 2008, 32, 161–176.

[17] Forehand R., Wierson M., Frame C.L., Kemptom T., Armistead L., *Juvenile firesetting: A unique syndrome or an advanced level of antisocial behavior?*, „Behavioral Research and Therapy" 1991, 29, 125–128.

[18] MacKay S., Henderson J., Del Bove G., Marton P., Warling D., Root C., *Fire interest and antisociality as risk factors in the severity and persistence of juvenile firesetting*, „Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry" 2006, 45, 1077–1084.

[19] Lambie I., McCardle S., Coleman R., *Where there's smoke there's fire: Firesetting behaviour in children and adolescents*, „New Zealand Journal of Psychology" 2002, 31, 73–79.

[20] Del Bove G., MacKay S., *An empirically derived classification system for juvenile firesetters*, „Criminal Justice and Behavior" 2011, 38, 796–817.

[21] Kolko D., *Handbook on firesetting in children and youth*, Academic Press, Boston 2002.

[22] Slavkin M.L., *Enuresis, firesetting, and cruelty to animals: does the ego triad show predictive validity?*, „Adolescence" 2001, 36, 461–467.

[23] Lambie I., Ioane J., Randell I., Seymour F., *Offending behaviours of child and adolescent firesetters over a 10-year follow-up*, „Journal of Child Psychology and Psychiatry" 2013, 54(12), 1295–1307.

[24] Douglas J., Burgess A.W., Burgess A.G., Ressler R., *Crime Classification Manual: A Standard System for Investigating and Classifying Violent Crimes* (2nd ed.), John Wiley & Sons, New York 2006.

[25] Gavin H., *Criminological and Forensic Psychology*, Sage, London 2014.

[26] Koenraadt F., *Patterns of arson*, [in:] *Transnational Criminology Manual*, M. Herzog-Evans (red.), Nijmegen 2010.

[27] Kocsis R.N., Cooksey R.W., *Criminal Psychological Profiling of Serial Arson Crimes*, „International Journal of Offender Therapy and Comparative Criminology" 2002, 46(6), 632.

[28] Quinsey V.L., Chaplin T.C., Upfold D., *Arsonists and sexual arousal to fire setting: correlation unsupported*, „Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry" 1989, 20, 203–209.

[29] Harris G.T., Rice M.E., Quinsey V.L., Chaplin T.C., Earls C.M., *Maximizing the discriminant validity of phallometric assessment*, „Psychological Assessment" 1992, 4, 508.

[30] Stewart L.A., *Profile of female firesetters: Implications for treatment*, „The British Journal of Psychiatry" 1993, 163, 248–256.

[31] Gannon T.A., *Female arsonists: Key features, psychopathologies and treatment needs*, „Psychiatry: Interpersonal and Biological Processes", 73, 173–189. Doi: 10.1521/psyc.2010.73.2.173.

[32] Sakheim G., Osborn E., *Severe vs. nonsevere firesetters revisited*, „Child Welfare League of America" 1999, 78(4), 411–434.

[33] Douglas J., Burgess A.W., Burgess A.G., Ressler R., *Crime Classification Manual: A Standard System for Investigating and Classifying Violent Crimes* (2nd ed.), John Wiley & Sons, New York 2006.

[34] Schwartzman P., Stambaugh H., Kimball J., *Arson and Juveniles: Responding to the Violetce. A review of teen firesetting and interventions*, Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration, Emmitsburg 1994.

[35] Gavin H., *Criminological and Forensic Psychology*, Sage, London 2014.

[36] Kubacka-Jasiecka D., *Adaptacyjno-obronne mechanizmy i funkcje młodzieżowych zachowań agresywnych*, [w:] *Studia nad psychologicznymi mechanizmami czynności agresywnych*, A. Frączek (red.), Wydawnictwo Ossolineum, Wrocław 1996.

[37] Kubacka-Jasiecka D., *Agresja i autodestrukcja z perspektywy obronno-adaptacyjnych dążeń Ja*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2006.

[38] Karwacki A., Lenartowicz M., *Wrogość i sympatie w polskiej piłce nożnej w perspektywie społeczno-historycznej*, „Kultura Fizyczna" 2001, 5–6, 3–26.

[39] Kornak M., Tatar A., *Brunatna księga 2011–2012*, Stowarzyszenie „Nigdy Więcej", Warszawa 2013, 181.

[40] Douglas J., Burgess A.W., Burgess A.G., Ressler R., *Crime Classification Manual: A Standard System for Investigating and Classifying Violent Crimes* (2nd ed.), John Wiley & Sons, New York 2006.

[41] Gavin H., *Criminological and Forensic Psychology*, Sage, London 2014.

[42] Pietrzak M., *Podpalenia – kłopotliwa przyczyna pożaru*, „W akcji" 2008, 2, 24–32.

[43] Wieteska S., *Zjawisko podpaleń w Polsce jako element ryzyka w działalności gospodarczej*, „Annales. Etyka w życiu gospodarczym" 2013, 16, 221.

[44] US Fire Administration, *Arson for Profit*, FEMA, Emmitsburg 2009, 8.

[45] Gavin H., *Criminological and Forensic Psychology*, Sage, London 2014, 183.

[46] Bolechów B., *Terroryzm. Aktorzy, statyści, widownie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010, 9.

[47] Chorośnicki M., *Implikacje zwalczania terroryzmu międzynarodowego w Europie dla Polski*, „Krakowskie Studia Międzynarodowe" 2007, 4, 140.

[48] Kaplan J., Lööw H., *The Cultic Milieu: Oppositional Subcultures in an Age of Globalization*, Altamira Press, Boston 2002, 34–36.

[49] Canter D., Fritzon K., *Differentiating arsonists: a model of firesetting actions and characteristics*, „Legal and Criminological Psychology" 1998, 3, 73–96.

[50] Gavin H., *Criminological and Forensic Psychology*, Sage, London 2014, 184.

[51] Parsons T., Shils E. (eds.), *Toward a General Theory of Action*, Harper & Row, New York 1951.

[52] Shye S., *Nonmetric multivariate models for behavioral action systems*, [in:] *Facet theory: Approaches to social research*, D. Canter (ed.), Springer, New York 1985.

[53] Canter D., Youngs D., *Investigative Psychology: Offender Profiling and the Analysis of Criminal Action*, John Wiley & Sons, Chichester 2009.

[54] Fritzon K., Canter D., Wilton Z., *The application of an action systems model to destructive behaviour: the examples of arson and terrorism*, „Behavioral Sciences and the Law" 2001, 19(5–6), 657–690.

[55] Putnam C.T., Kirkpatrick J.T., *Juvenile Firesetting: A Research Overview*, „Juvenile Justice Bulletin" May 2005, 4.

[56] Cohen L.E., Felson M., *Social change and crime rate trends: A routine activity approach*, „American Sociological Review" 1979, 44, 588–608.

[57] Kolko D., Kazdin A., *A conceptualization of firesetting in children and adolescents*, „Journal of Abnormal Child Psychology" 1986, 14, 49–61.

[58] Lowenstein L., *The etiology, diagnosis, and treatment of the fire-setting behavior of children*, „Child Psychiatry and Human Development" 1989, 19, 186–194.

[59] Lyng S., *Edgework: A social psychological analysis of voluntary risk-taking*, „American Journal of Sociology" 1990, 95, 851–886.

[60] Sakheim G., Osborn E., *Severe vs. nonsevere firesetters revisited*, „Child Welfare League of America" 1999, 78(4), 411–434.

[61] Swaffer T., Hollin C., *Adolescent firesetting? Why do they say they do it?* „Journal of Adolescence" 1995, 18(5), 619–623.

[62] Macht L., Mack J. *The firesetter syndrome*, „Psychiatry" 1968, 31, 277–288.

[63] Jackson H.F., Glass C., Hope S., *A functional analysis of recidivistic arson*, „British Journal of Clinical Psychology" 1987, 26(3), 175–185.

 ISSN 1895-8443

[64] Jackson H.F., *Assessment of fire-setters*, [in:] *The Assessment of Criminal Behaviours in Secure Settings*, M. McMurran, J. Hodge (eds.), Jessica Kingsley Publishers, London 1994, 94–126.

[65] Gannon T.A., Ó Ciardha C., Doley R., Alleyne E.K.A., *Multi-trajectory theory of adult fire-setting (M-TTAF)*, „Aggression and Violent Behaviour" 2012, 17, 107–121. Doi: 10.1016/j.avb.2011.08.001.

[66] Dolan M., McEwan T.E., *The potential relevance of brain dysfunction in arson*, [in:] *Firesetting and Mental Health*, G.L. Dickens, P.A. Sugarman, T.A. Gannon (eds.), RCPsych Publications, London 2012, 68–83.

[67] Dickens G., Sugarman P., Edgar S., Hofberg K., Tewari S., Ahmad F., *Recidivism and dangerousness in arsonists*, „Journal of Forensic Psychiatry & Psychology", 20(5), 621–639. Doi:10.1080/14789940903174006.

[68] American Psychiatric Association, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition, Text Revision*, American Psychiatric Association, Washington, DC 2000.

[69] Fessler D.M.T., *A Burning Desire: Steps Toward an Evolutionary Psychology of Fire Learning*, „Journal of Cognition and Culture" 2006, 6(3–4), 429–451. Doi:10.1163/156853706778554986.

[70] Jackson H.F., Glass C., Hope S., *A functional analysis of recidivistic arson*, „British Journal of Clinical Psychology" 1987, 26(3), 175–185.

[71] Gannon T.A., Ó Ciardha C., Doley R., Alleyne E.K.A., *Multi-trajectory theory of adult fire-setting (M-TTAF)*, „Aggression and Violent Behaviour" 2012, 17, 107–121. Doi: 10.1016/j.avb.2011.08.001.

[72] Colman A.M., *Słownik psychologii*, PWN, Warszawa 2009, 686.

[73] Miś W., *Podpalenia jako przyczyna powstania pożarów. Badanie przyczyn powstania pożarów*, [w:] *Zbiór referatów z III Międzynarodowej Konferencji*, P. Guzowski (red.), Poznań 2007, 155–162; za: Wieteska S., *Zjawisko podpaleń w Polsce jako element ryzyka w działalności gospodarczej*, „Annales. Etyka w życiu gospodarczym" 2013, 16, 221.

[74] Hogg M.A., Vaughan G.M., *Social Psychology*, Pearson Education Limited, Harlow 2005 (4th ed.), 645.

[75] Baron-Cohen S., *Teoria zła. O empatii i genezie okrucieństwa*, Smak Słowa, Sopot 2014.

[76] Hoerold D., Tranah T., *Correlates of adolescent fire setting: examining the role of fire interest, fire-related attentional bias, impulsivity, empathy and callous–unemotional traits*, „The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology" 2014, 25(4), 411–431.

[77] Baumeister R.F., Vohs K.D., *Handbook of self-regulation: research, theory, and applications*, Guilford Press, New York–London 2004.

[78] Hoerold D., Tranah T., *Correlates of adolescent fire setting: examining the role of fire interest, fire-related attentional bias, impulsivity, empathy and callous–unemotional traits*, „The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology" 2014, 25(4), 411–431.

[79] Dickens G.L., Sugarman P.A., Gannon T.A. (eds.), *Firesetting and Mental Health*, RCPsych Publications, London 2012.

[80] Rix K.J.B., *A psychiatric study of adult arsonists*, „Medicine Science and the Law" 1994, 34(1), 21–34.

[81] Jackson H.F., *Assessment of fire-setters*, [in:] *The Assessment of Criminal Behaviours in Secure Settings*, M. McMurran, J. Hodge (eds.), Jessica Kingsley Publishers, London 1994, 94–126.

[82] Bowlby J., *Attachment and loss*, Basic Books, New York 1980.

[83] Räsänen P., Puumalainen T., Janhonen S., Väisänen E., *Fire-Setting from the Viewpoint of an Arsonist*, „Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services" 1996, 34(3), 16–21.

[84] Leong G.B., *A psychiatric study of persons charged with arson*, „Journal of Forensic Science" 1992, 37(5), 1319–1326.

[85] Stadolnik R., *Promising practice in the development of assessment and treatment models for juvenile firesetting/arson*, [in:] *The Psychology of Arson. A Practical Guide to Understanding and Managing Deliberate Firesetters*, R.M. Doley, G.L. Dickens, T.A. Gannon (eds.), Routledge, London-New York 2016, 243–259.

[86] Donnellan M.B., Trzesniewski K.H., Robins R.W., Moffit T.E., Caspi A., *Low self-esteem is related to aggression, antisocial behavior, and delinquency*, „Psychological Science" 2005, 16(4), 328–235.

[87] Trzesniewski K.H., Moffit T.E., Poulton R., Donnellan M.B., Robins R.W., Caspi A., *Low Self-Esteem During Adolescence Predicts Poor Health, Criminal Behavior, and Limited Economic Prospects During Adulthood*, „Developmental Psychology" 2006, 42(2), 381–390.

[88] Leather N.C., *Risk-taking behaviour in adolescence: A literature review*, „Journal of Child Health Care" 2009, 13, 295–304. Doi:10.1177/1367493509337443.

[89] Shover N., *Aging Criminals*, Sage Publications, Beverly Hills 1985.

[90] Shover N., *Great Pretenders: Pursuits and Careers of Persistent Thieves*, Westview, Boulder 1996.

[91] Laws D.R., Ward T., *Desistance from sex offending: Alternatives to throwing away the keys*, Guilford Press, New York 2011.

[92] Gannon T.A., Ó Ciardha C., Doley R., Alleyne E.K.A., *Multi-trajectory theory of adult fire-setting (M-TTAF)*, „Aggression and Violent Behaviour" 2012, 17, 107–121. Doi: 10.1016/j.avb.2011.08.001.

[93] Gannon T.A., Ó Ciardha C., Barnoux M.F.L., Tyler N., Mozova K., Alleyne E.K.A., *Male Imprisoned Firesetters Have Different Characteristics Than Other Imprisoned Offenders and Require Specialist Treatment*, „Psychiatry" 2013, 76(4), 349–364.

[94] Światowa Organizacja Zdrowia, *Międzynarodowa Statystyczna Klasyfikacja Chorób i Problemów Zdrowotnych ICD-10 (rewizja X, T.1)*, 241, http://stat.gov.pl/Klasyfikacje/doc/icd10/pdf/ICD10TomI.pdf [dostęp: 3.11.2016].

[95] Geller J.L., *Pathological firesetting in adults*, „International Journal of Law and Psychiatry" 1992, 15, 283–302.

[96] Koscis R.N., *Arson: Exploring Motives and Possible Solutions*, „Trends and Issues in Crime and Criminal Justice" 2002, 236, 1–6, 4.

[97] Dell'osso B., Altamura A.C., Allen A., *Epidemiologic and clinical updates on impulse control disorders*, *„European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience" 2006,* 256, 464–475.

[98] Grant J.E., Kim S.W., *Clinical characteristics and psychiatric comorbidity of pyromania*, „Journal of Clinical Psychiatry" 2007, 68, 1717–22.

[99] Virkkunen M., DeJong J., Bartko J., Goodwin F.K., Linnoila M., *Relationship of psychobiological variables to recidivism in violent offenders and impulsie firesetters*, „Archives of General Psychiatry" 1989, 46, 600–603.

[100] Puri B.K., Baxter R., Cordess C.C. *Characteristics of firesetters: A study and proposed multiaxial psychiatric classification*, „British Journal of Psychiatry" 1995 , 166(3), 393–396.

[101] Hill R.W., Langevin R., Paitich D., Handy L., Russon A., Wilkinson L., *Is arson an aggressive act or property offense?*, „Canadian Journal of Psychiatry" 1982 , 27, 648–654.

[102] Vaughan M.G., Qiang F., DeLisi M., Wright J.P., Beaver K.M., Perron B.E., Howard M.O., *Prevalence and correlates of fire-setting in the United States: results from the National Epidemiological Survey on alcohol and related conditions*, „Comprehensive Psychiatry" 2010, 5, 217–223. Doi: 10.1016/j.comppsych.2009.06.002.

[103] Ritchie E.C., Huff T.G., *Psychiatric aspects of arsonists*, „Journal of Forensic Science" 1999, 44, 4, 733–740.

[104] Lindberg N., Holi M.M., Tani P., Virkkunen M., *Looking for pyromania: Characteristics of a consecutive sample of Finnish male criminals with histories of recidivist fire-setting between 1973 and 1993*, „BMC Psychiatry" 2005, 5, 47, 1–5. Doi: 10.1186/1471-244X-5-47.

[105] Dickens G., Sugarman P., Edgar S., Hofberg K., Tewari S., Ahmad F., *Recidivim and dangerousness in arsonists*, „Journal of Forensic Psychiatry & Psychology" 2009, 20, 5, 621–639. Doi: 10.1080/14789940903174006.

[106] Anwar S., Langstrom N., Grann M., Fazel S., *Is arson the crime most strongly associated with psychosis? A national case control study of arson risk in schizophrenia*, „Schizophrenia Bulletin" 2011, 37(3), 580–586. Doi:10.1093/schbul/sbp098.

[107] Tyler N., Gannon T.A., *Explanations of firesetting in mentally disordered offenders: a review of the literature*, „Psychiatry" 2012, 75(2), 150–166. Doi: 10.1521/psyc.2012.75.2.150.

[108] Ducat L., McEwan T., Ogloff J.R.P., *Comparing the characteristics of firesetting and nonfiresetting offenders: are firesetters a special case?* „The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology" 2013, 24, 5, 551.

[109] Gannon T.A., Tyler N., Barnoux M., Pina A., *Female arsonists and firesetters*, [in:] *Firesetting and mental health: Theory, research and practice*, G. Dickens, P. Sugarman, T.A. Gannon (eds.), RCPsychiatrists, London 2012, 126–142.

[110] Fritzon K., Miller S., *Female firesetters*, [in:] *The Psychology of Arson: A Practical Guide to Understanding and Managing Deliberate Firesetters*, R.M. Doley, G.L. Dickens, T.A. Gannon (eds.), Routledge, London-New York 2016, 41–54.

[111] Canter D., Almond L., *A Strategy for Arson. Centre of Investigative Psychology, University of Liverpool.* Project Report, 2007, http://eprints.hud.ac.uk/8044/ [accessed: 30.10.2016].

DR HAB. PRZEMYSŁAW PIOTROWSKI – kierownik Zakładu Psychologii Sądowej i Kryminologii w Instytucie Psychologii Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Specjalizuje się w psychologii społecznej ze szczególnym uwzględnieniem zachowań dewiacyjnych, agresji i przestępczości. Autor i współautor kilkudziesięciu publikacji, w tym 6 książek i artykułów w cenionych periodykach naukowych, uwzględnianych w ramach list MNiSW.

 ISSN 1895-8443

CNBOP-PIB

YOUR PARTNER IN
SAFETY

Notified body in the scope of Regulation (EU) No 305/2011

Research laboratories accredited by Polish Centre for Accreditation

Body entitled to issue European and national technical assessments

45 years of experience

We act to the benefit of public safety in Poland, especially in the scope of fire protection, emergency management, civil protection and civil defense

Our services

- Admittance of fire protection products
- European and national certification of construction products
- Voluntary certification of fire protection products
- Certification of entities offering fire protection services
- European and national technical opinions
- Technical opinions and expertise
- Testing of innovative products
- Test of:
  - equipment of fire protection units
  - fixed firefighting systems
  - chemicals and fires
  - combustion and explosion processes
  - firefighting systems and automatics
- Fire protection training

Image: Pressfoto/Freepik

CNBOP-PIB SCIENTIFIC AND RESEARCH CENTRE FOR FIRE PROTECTION
NATIONAL RESEARCH INSTITUTE
Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, Poland | tel. +48 22 789 11 11 | cnbop@cnbop.pl | www.cnbop.pl

dr n. zdr. Grzegorz Wójcik[a)*], mgr Dawid Surowicz[a)], mgr Mateusz Kuźnicki[a)],
dr hab. n. med. Marek Myślak, prof. PUM[a)]

[a)]*Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie / Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: grzegorz.wojcik@pum.edu.pl*

Stan wiedzy strażaków Państwowej Straży Pożarnej i Ochotniczej Straży Pożarnej na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy

The State of Knowledge of Qualified First Aid Among Firefighters of the National and Volunteer Fire Service

Уровень знаний пожарных Государственной пожарной службы и Добровольческих пожарных бригад по вопросу оказания квалифицированной первой медицинской помощи

ABSTRAKT

Cel: Głównym celem artykułu jest sprawdzenie stanu wiedzy strażaków Państwowej Straży Pożarnej (PSP) oraz Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP) na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy (KPP). Celem dodatkowym jest zweryfikowanie jej poziomu w zależności od okresu, jaki upłynął od ostatniej recertyfikacji, oraz analiza tej wiedzy pod kątem wieku strażaków.

Wprowadzenie: Głównym celem kształcenia z zakresu kwalifikowanej pierwszej pomocy jest przygotowanie strażaków objętych systemem Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM) do udzielania pomocy osobom poszkodowanym na miejscu prowadzenia akcji ratunkowej do czasu przekazania ich zespołom ratownictwa medycznego (ZRM). Po odbyciu kursu kwalifikowanej pierwszej pomocy trwającego ponad 60 h i zdaniu egzaminu z wynikiem pozytywnym strażak uzyskuje tytuł ratownika, ważny 3 lata.

Metody: Badaniu poddano grupę strażaków PSP oraz OSP z województwa zachodniopomorskiego. Ankietę autorską wypełniło 150 strażaków: 65 z PSP, 65 z OSP oraz 20 pełniących służbę w Zakładowej Straży Pożarnej (ZSP).

Wyniki: Badani najlepiej opanowali zagadnienia dotyczące: konieczności użycia kołnierza do stabilizacji odcinka szyjnego, prawidłowego ułożenia nieprzytomnej kobiety ciężarnej bez podejrzenia urazów oraz zastosowania rurki ustno-gardłowej i postępowania w krwotoku (odpowiednio w 86%, 74%, 70%, 70%). W badanej grupie najwięcej błędnych odpowiedzi dotyczyło zagadnień związanych z: ranami drążącymi klatki piersiowej, zasadami prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej (RKO) u pacjenta w hipotermii oraz postępowaniem po amputacji kończyny w zakresie zabezpieczenia amputowanej części ciała (odpowiednio 65%, 59% i 55%). Wiedza strażaków zawodowych jest większa niż wiedza strażaków OSP: 62% do 52% ($p < 0,05$).

Wnioski:

1. Wiedzę strażaków PSP i OSP na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy należy uznać za zadowalającą, jednak niezbyt dużą. Strażacy PSP mają istotnie większą wiedzę z zakresu KPP niż strażacy OSP.
2. Czas pomiędzy recertyfikacjami wydaje się zbyt długi.
3. Do zagadnień, na które trzeba zwrócić największą uwagę podczas kursów i szkoleń należy zaliczyć: postępowanie po amputacji, resuscytację krążeniowo-oddechową w hipotermii oraz urazy klatki piersiowej.
4. Należy rozważyć wprowadzenie dodatkowych kursów doszkalających między kolejnymi recertyfikacjami.

Słowa kluczowe: kwalifikowana pierwsza pomoc, straż pożarna, akcja ratunkowa
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 25.05.2016; Zrecenzowany: 06.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: G. Wójcik – 60%, M. Kuźnicki – 20%, D. Surowicz – 10%, M. Myślak – 10%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 102–110, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.8;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The main aim of training in the field of qualified first aid (QFA) is to prepare firefighters-rescuers under the Emergency Medical Services (EMS) system to assist victims at the site of the rescue operation until the transfer of the injured to the EMS. After more than 60 hours of training and obtaining a positive result in the examination, the firefighter is granted the diploma of a paramedic of qualified first aid which is valid for 3 years.

Introduction: The main aim of the study was to verify the state of knowledge of qualified first aid among the firefighters of the National Fire Service (NFS) and the Volunteer Fire Service (VFS) on the basis of the author's survey.

Methods: A group of firefighters of the NFS and the VFS from the Westpomeranian Region was subjected to the study. The author's questionnaire was filled in by 150 firefighters – 65 from the National Fire Service and 65 from the Volunteer Fire Service, as well as 20 from the Plant Fire Department.
Results: Issues concerning the need for a cervical collar to stabilise the cervical spine, the correct positioning of a pregnant woman without suspected injuries, the use of an oropharyngeal tube, and the management of haemorrhage, turned out to be best mastered (respectively 86%, 74%, 70% and 70%). In the study group, the most common wrong answers concerned the issue of wounds penetrating the chest, the principles of resuscitation in a patient in hypothermia, and the procedure after limb amputation – i.e. securing the amputated body parts (respectively 65%, 59% and 55%). Professional firefighters showed a significantly better state of knowledge in comparison with firefighters from the VFS 62% vs 52% ($p < 0.05$).
Conclusions:
1. The state of knowledge among the firefighters of the NFS and the VFS should be regarded as satisfactory, but not excellent. The firefighers of the NFS showed a significantly better state of knowledge of QFA than the firefighters of the VFS.
2. The time between recertifications appears to be too long.
3. The matters requiring the greatest commitment should apply to procedures after amputation, resuscitation in hypothermia, and chest injuries.
4. Additional training courses between successive recertifications should be considered.
Keywords: Qualified First Aid, Fire Service, Rescue Operation
Type of article: review article

Received: 25.05.2016; Reviewed: 06.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: G. Wójcik – 60%, M. Kuźnicki – 20%, D. Surowicz – 10%, M. Myślak – 10%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 102–110, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.8;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Основной целью данной статьи является проверка состояния уровня знаний пожарных Государственной пожарной службы (ГПС) и Добровольных пожарных бригад (ДПБ) по вопросу оказания квалифицированной первой медицинской помощи (ПМП). Дополнительной целью является проверка уровня знаний в зависимости от срока, прошедшего с момента последней переаттестации и анализ уровня знаний с точки зрения возраста пожарных.
Введение: Основной целью обучения по оказанию квалифицированной первой медицинской помощи является подготовка пожарных в рамках системы Государственной Медицинской Помощи (ГМП) для оказания помощи пострадавшим на месте спасения до передачи их бригаде скорой медицинской помощи (БМП). После завершения курса оказания квалифицированной первой медицинской помощи продолжительностью более 60 часов и сдачи экзамена с положительным результатом пожарный получает звание пожарного фельдшера, действительное в течение 3-х лет.
Методы: Проверкой были охвачены пожарные ГПС и ДПБ из Западно-Поморского воеводства. Оригинальную анкету заполнили 150 пожарных: 65 из ГПС, 65 из ДПБ и 20 пожарных, несущих службу на предприятиях (ПП).
Результаты: Проверяемые лучше всего освоили следующие темы: необходимость использования воротника для стабилизации шейного отдела позвоночника, правильное укладывание беременной женщины без сознания и без видимых травм, использование дыхательной трубки и действия при кровотечениях (соответственно 86%, 74%, 70%, 70%). В проверяемой группе наибольшее количество было связанных с проникающими ранениями грудной клетки, принципами проведения сердечно-легочной реанимации (СЛР) у пациента с гипотермией и мероприятиями в случае ампутации конечности с целью сохранения ампутированных частей тела (65%, 59% и 55%). Уровень знаний профессиональных пожарных оказался выше уровня знаний пожарных ДПБ 62% и 52% ($p < 0{,}05$).
Выводы:
1. Знания пожарных ГПС и ДПБ в сфере оказания квалифицированной первой медицинской помощи следует считать удовлетворительными, но не достаточно хорошими. Пожарные ГПС имеют значительно больший багаж знаний в сфере ПМП, чем пожарные ДПБ.
2. Временной промежуток между переаттестациями следует сократить.
3. Темы, на которые необходимо обратить самое пристальное внимание во время обучения, включают в себя: мероприятия при потере конечности, сердечно-легочная реанимация при гипотермии и травмы грудной клетки.
4. Следует рассмотреть возможность организации дополнительных курсов обучения между переаттестациями.
Ключевые слова: квалифицированная первая медицинская помощь, пожарная охрана, аварийно-спасательные работы
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 25.05.2016; Рецензирована: 06.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: G. Wójcik – 60%, M. Kuźnicki – 20%, D. Surowicz – 10%, M. Myślak – 10%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 102–110, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.8;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Chyba każdy mały chłopiec marzy o tym, żeby zostać strażakiem, gasić pożary, pomagać i ratować ludzkie życie. Badanie „Prestiż zawodów", przeprowadzone przez Centrum Badania Opinii Społecznej, wykazało, że niezmiennie od wielu lat to

Introduction

Perhaps every small boy at some point has dreamt about becoming a firefighter, who would extinguish fires, help people and save lives. The "Prestiż zawodów" (Prestige of professions) survey conducted by the Public Opinion Research Centre (CBOS)

właśnie zawód strażaka cieszy się największym prestiżem (87% deklaracji dużego poważania) [1].

Dawniej straż pożarna była nazywana strażą ogniową i skupiała się głównie na walce z pożarami. Jej członkowie (ochotnicy) rekrutowali się spośród lokalnej społeczności. Z upływem lat zakres obowiązków straży pożarnej się rozszerzył. Obecnie zajmuje się ona walką z pożarami oraz zagrożeniami dotyczącymi ludzkiego życia, zdrowia, dobytku i środowiska naturalnego. Organizacja ta musi zmierzyć się również z usuwaniem skutków katastrof i klęsk żywiołowych [2].

Wszystkie wyżej wymienione zadania w naturalny sposób wymusiły na strażakach poszerzanie dotychczasowej wiedzy o zagadnienia z zakresu udzielania pomocy medycznej – kwalifikowanej pierwszej pomocy. Zmiany te znalazły swoje odbicie w ustawie z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej, do której w 1997 r. czynności z zakresu kwalifikowanej pomocy medycznej zostały wpisane jako kolejne zadanie straży. Obowiązek ten dotyczy wszystkich strażaków PSP oraz OSP – ochotników wpisanych do rejestru Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG).

Nie bez znaczenia jest to, że na miejscu zdarzenia straż pożarna często pojawia się jako pierwsza. Wtedy głównie na niej spoczywa odpowiedzialność za udzielenie fachowej pomocy poszkodowanym. Gdy mamy do czynienia z wypadkiem masowym lub katastrofą, strażacy mogą przeprowadzić również wstępną segregację medyczną [3].

Głównym celem kształcenia z zakresu KPP jest przygotowanie ratowników objętych systemem Państwowego Ratownictwa Medycznego do udzielania pomocy osobom poszkodowanym na miejscu prowadzenia akcji ratunkowej do czasu przekazania ich zespołom ratownictwa medycznego [4,5]. Po odbyciu kursu kwalifikowanej pierwszej pomocy trwającego ponad 60 h i zdaniu egzaminu z wynikiem pozytywnym (min. 90% poprawnych odpowiedzi na pytania testowe) strażak uzyskuje tytuł ratownika, ważny przez 3 lata od wydania [6].

Materiał i metody badań

Badaniu poddano grupę strażaków Państwowej Straży Pożarnej i Ochotniczej Straży Pożarnej z województwa zachodniopomorskiego. Ankietę autorską wypełniło 150 strażaków: 65 z PSP, 65 z OSP oraz 20 pełniących służbę w ZSP. Badanie przeprowadzono w okresie od stycznia do maja 2015 r.

Ankietę (niestandaryzowaną) zaprojektowali (na podstawie własnych doświadczeń) ratownicy medyczni, wykładowcy akademiccy Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego, dyżurujący w zespołach ratownictwa medycznego. Pytania dotyczyły: postępowania z nieprzytomną kobietą ciężarną, resuscytacji krążeniowo-oddechowej, oparzeń, amputacji, hipotermii, zatrucia tlenkiem węgla, urazów narządu ruchu, urazów czaszkowo-mózgowych oraz wstępnej segregacji medycznej.

demonstrated that invariably for many years the profession of firefighter has enjoyed the greatest prestige (87% of respondents held it in high regard) [1].

Previously the fire service was referred to as the fire brigade, and focused its activities on fighting fires. Its members (volunteers) were recruited from among the local community. Over the years the scope of the fire service's responsibilities has grown. Nowadays, in addition to fighting fires it deals with hazards to human life, health, property and the natural environment. Firefighters must also face the challenges of dealing with the effects of catastrophes and natural disasters [2].

The aforementioned duties naturally obliged firefighters to extend their knowledge to the field of medical aid – qualified first aid. This change was reflected in the Act on the National Fire Service of 24 August 1991, in which in 1997 activities in the field of qualified first aid were added as another duty of the service. This duty applies to all firefighters from the National Fire Service (NFS) and Volunteer Fire Service (VFS) – volunteers entered in the register of the National Firefighting and Rescue System (KSRG).

It is not without significance that the fire service often arrives first at the scene. It is then the firefighters who are mainly responsible for providing the injured with professional first aid. When dealing with a mass accident or a disaster, firefighters can also conduct a preliminary triage.

The main objective of training in the field of QFA is to prepare rescuers within the Emergency Medical Services system to provide aid to the injured at the site of rescue operations until they can be handed over to medical rescue teams [4, 5]. After completing a course in qualified first aid, which includes 60 hours of sessions, and passing an exam (at least 90% of positive answers to test questions) the firefighter is granted the title of rescuer, valid for 3 years from issue [6].

Materials and methods

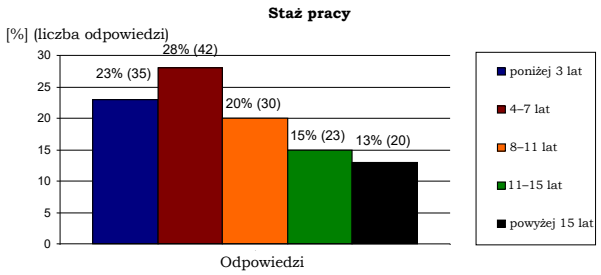
The survey involved a group of National Fire Service and Volunteer Fire Service firefighters from the Westpomeranian Region. The authors' questionnaire was completed by 150 firefighters: 65 from NFS, 65 from VFS, and 20 from Plant Fire Departments. The survey was conducted from January to May 2015.

The (non-standardised) questionnaire was designed (based on their own experience) by paramedics and lecturers at the Pomeranian Medical University who were on duty in medical rescue teams. The questions concerned the procedure in the case of an unconscious pregnant woman, cardiopulmonary resuscitation, burns, amputations, hypothermia, carbon monoxide poisoning, locomotor system injuries, craniocerebral trauma and preliminary triage.

ISSN 1895-8443

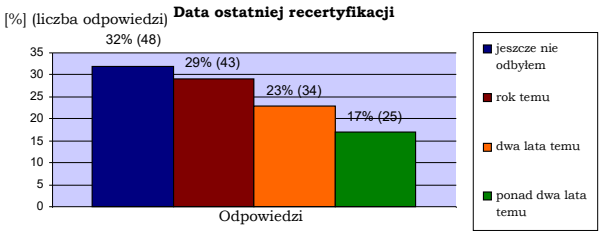
Wyniki badań

Rozkład liczbowy badanej grupy był do siebie zbliżony. Strażacy w wieku 18–25, 26–32, jak i 33–39 lat stanowili odpowiednio 29%, 31%, 26%. Strażacy powyżej 40. roku życia stanowili 13% badanej grupy. Staż pracy strażaków wynosił od roku do 15 lat. Najwięcej było osób deklarujących staż pracy od 4 do 7 lat (29%).



Rycina 1. Struktura grupy ze względu na staż pracy
Źródło: Opracowanie własne.

W badanej grupie najliczniejszą podgrupę stanowili strażacy, którzy ukończyli kurs KPP, ale nie byli jeszcze po recertyfikacji (32%), najmniej liczną podgrupę stanowili zaś strażacy, którzy przeszli recertyfikację ponad 2 lata wcześniej.



Rycina 2. Struktura grupy ze względu na okresu ostatniej recertyfikacji
Źródło: Opracowanie własne.

Strażacy najlepiej opanowali zagadnienia dotyczące: konieczności użycia kołnierza do stabilizacji odcinka szyjnego, prawidłowego ułożenia kobiety ciężarnej bez podejrzenia urazów, zastosowania rurki ustno-gardłowej oraz postępowania w krwotoku (odpowiednio 86%, 74%, 70%, 70%). W badanej grupie najwięcej błędnych odpowiedzi dotyczyło zagadnień związanych z ranami drążącymi klatki piersiowej, zasadami prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej u pacjenta w hipotermii oraz postępowaniem po amputacji kończyny w zakresie zabezpieczenia amputowanej części ciała (odpowiednio 65%, 59% i 55%).

The results

The statistical distribution of the surveyed group was similar. Firefighters aged 18–25, 26–32, and 33–39 constituted respectively 29%, 31%, and 26%. Firefighters of more than 40 years of age constituted 13% of the surveyed group. The work experience of the firefighters in years ranged from 1 to 15. Most respondents declared this to be 4-7 years (29%).

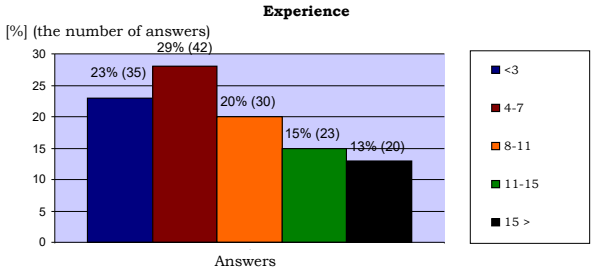


Figure 1. The structure of the group in relation to work experience in years
Source: Own elaboration.

In the surveyed group the most-numerous subgroup consisted of firefighters who had completed a QFA course, but had not been recertified (32%), and the smallest subgroup was those recertified more than 2 years earlier.

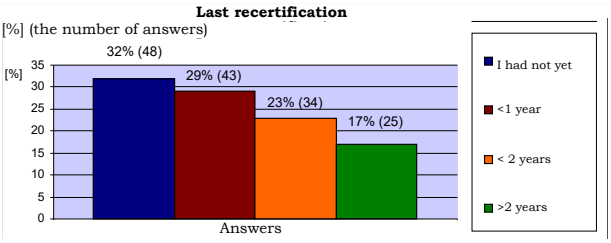


Figure 2. The structure of the group in relation to the time of the last recertification
Source: Own elaboration.

The firefighters had the best grasp of issues concerning the need for using a cervical collar to stabilise the cervical spine, the correct positioning of a pregnant woman with no suspicion of any injury, the use of the oropharyngeal tube, and the procedure during haemorrhage (86%, 74%, 70%, and 70% respectively). In the surveyed group the most wrong answers concerned the issue of penetrating wounds of the chest, CPR during hypothermia, and the procedure after limb amputation in respect of securing the amputated limb (65%, 59% and 55% respectively).

Tabela 1. Rozkład zagadnień z największą liczbą poprawnych i błędnych odpowiedzi
Table 1. Questions with the highest number of right and wrong answers.

Zagadnienie / Question	Odpowiedzi poprawne / Right	Odpowiedzi błędne / Wrong
Prawidłowe ułożenie ciężarnej / The correct position of a pregnant woman	74	
Amputacja kończyny / Limb amputation		55
RKO w hipotermii / CPR* during hypothermia		59
Rana drążąca klatki piersiowej / Penetrating wound of the chest		65
Zasady użycia kołnierza szyjnego / Rules for the use of a cervical collar	86	
Zastosowanie rurki ustno-gardłowej / The use of an oropharyngeal tube	70	
Postępowanie w krwotoku / The procedure during haemorrhage	70	

*Cardiopulmonary resuscitation
Źródło: opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Omówienie wyników i dyskusja

Po przeanalizowaniu wyników przeprowadzonego badania należy stwierdzić, że strażacy PSP mają większą wiedzę na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy niż strażacy OSP. Różnica między dwiema grupami wyniosła 10% ($p < 0,05$). Strażacy PSP uzyskali średnio 62% poprawnych odpowiedzi, a strażacy OSP – 52%. Dane te są zbieżne z tymi uzyskanymi w badaniach przeprowadzonych również wśród strażaków-ratowników, które obejmowały wiedzę z zakresu resuscytacji krążeniowo-oddechowej. W badaniach Pilipa i wsp. uzyskane wyniki to odpowiednio 59% i 46% [7]. Podobny odsetek poprawnych odpowiedzi wykazano w pracy dotyczącej znajomości zasad udzielania pomocy wśród strażaków PSP z jednostek ratowniczo-gaśniczych (JRG), gdzie średni wynik wyniósł 64% [8]. Te rezultaty nie powinny zaskakiwać. To oczywiste, że grupa zawodowa podejmuje więcej działań ratowniczych i przeznacza więcej czasu na zajęcia praktyczne z tego zakresu. Bez wątpienia jednak z niepokojem należy podejść do całościowego wyniku. Trudno bowiem uznać, że wynik na poziomie 62% w zakresie udzielania pomocy osobom poszkodowanym jest dobry. Co istotne, aby na kursie KPP zaliczyć część teoretyczną, trzeba uzyskać 90% poprawnych odpowiedzi na pytania testowe. Ostatecznie osób, które uzyskały bardzo dobry wynik (90% poprawnych odpowiedzi), było zaledwie 6% wśród strażaków PSP oraz 3% wśród strażaków OSP. Warto zauważyć, że w badaniach Szarpaka i wsp., w których sprawdzano wiedzę strażaków na temat udzielania pomocy na miejscu zdarzenia, badacze wykazali, iż lepszą znajomością tego zagadnienia wykazywali się strażacy OSP niż strażacy PSP [9]. Aby zinterpretować te wyniki, należałoby szczegółowo przeanalizować badaną grupę.

Biorąc pod uwagę wiek ankietowanych, trzeba stwierdzić, że najlepiej wypadli strażacy w wieku 33–39 lat. Uzyskali oni 61% poprawnych odpowiedzi. Wynik o 4% gorszy mieli strażacy wieku 26–32 lat. Pozostałe dwie grupy udzieliły poprawnych odpowiedzi na poziomie 52% (18–25 lat) i 51% (powyżej 39 lat) ($p < 0,05$). Na podstawie analizowanych danych należy zauważyć, że świadomość strażaków wzrasta wraz ze stażem pracy oraz doświadczeniem zawodowym. Na uwagę zasługuje również to, że najbardziej doświadczeni strażacy (w wieku 50 lat i powyżej) mają najmniejszą wiedzę z omawianego zakresu.

Results analysis and discussion

After analysing the results of the conducted survey, it can be concluded that NFS firefighters have a greater knowledge of qualified first aid than VFS firefighters. The difference between these two groups was 10% ($p < 0.05$). NFS firefighters scored on average 62% correct answers, while VFS firefighters, 52%. These data are compatible with the data obtained in surveys conducted among firefighters-rescuers, which concerned knowledge of cardiopulmonary resuscitation. In surveys by Pilip et al., the results are 59% and 46% respectively [7]. A similar percentage of correct answers is shown in a paper concerning the knowledge of first-aid rules among NFS firefighters from Firefighting and Rescue Units (FRUs), where the average result was 64% [8]. The aforementioned results are not surprising. It is obvious that a professional group will undertake more rescue actions and spend more time in practical classes in this field. Undoubtedly, however, the overall result is disconcerting. One would be hard pressed to regard the 62% result in terms of providing aid for injured individuals as good. What is important, in a QFA course, to pass the theoretical part, participants have to answer 90% of questions correctly. Ultimately only 6% of NFS firefighters and 3% of VFS firefighters succeeded in getting an excellent result (90% of correct answers). It is worth noting that in surveys by Szarpak et al., which evaluated firefighters' knowledge in the field of providing aid on site, the researchers demonstrated that VFS firefighters were better in this regard than their NFS counterparts [9]. To interpret these results one would have to analyse the surveyed group in detail.

Taking into account the age of the respondents, one should indicate that firefighters aged 33–39 fared the best. They scored 61% correct answers. A 4% lower result was obtained by firefighters aged 26–32. The two remaining groups scored 52% (18–25 years) and 51% correct answers (older than 39) ($p < 0.05$). Based on the analysed data one can note that firefighters' awareness increases along with their years of service and professional experience. Of special note is also the fact that the most-experienced firefighters (aged 50 and older) had the least knowledge in the field in question.

ISSN 1895-8443

Większość badanej grupy (74%) wie, w jakiej pozycji należy ułożyć nieprzytomną kobietę ciężarną z zachowanym oddechem. Poprawnych odpowiedzi udzieliło 91% ankietowanych z PSP oraz 57% ankietowanych z OSP ($p < 0,05$). Na uwagę zasługuje to, że ciężarna powinna być ułożona inaczej niż pozostali poszkodowani. Prawidłowe ułożenie ciężarnej (na lewym boku z uniesionym prawym bokiem pozwala na skuteczną pracę układu krążenia. Co ciekawe, w pracy Pilipa i wsp. [7] na pytanie o zasady ułożenia osoby nieprzytomnej z zachowanym oddechem odsetek poprawnych odpowiedzi wyniósł 65% w grupie strażaków OSP oraz 35% w grupie strażaków PSP. W pracy Żylskiego i wsp., oceniającej wiedzę na temat RKO u ciężarnej, wynik był na poziomie 69,5% [8]. Te wyniki również należy uznać za bardzo niepokojące.

Na pytanie dotyczące prawidłowego zabezpieczenia amputowanej kończyny poprawną odpowiedź znało 48% strażaków PSP. Wśród strażaków OSP osób tych było 42%. W tym przypadku ankietowanych mogło zmylić to, że podana odpowiedź była podobna do poprawnej. Większość strażaków uznała, że zabezpieczoną kończynę wkładamy do plastikowego worka, a następnie umieszczamy ją w lodzie. Takie postępowanie jednak, wbrew powszechnej opinii, wcale nie jest prawidłowe. Worek z kończyną należy bowiem włożyć do wody z lodem. Ochłodzenie (a nie zmrożenie!) amputowanej części zwalnia procesy metaboliczne i przedłuża jej żywotność z 4 do 18 h [10]. Należy bezwzględnie podkreślić, że włożenie amputowanej części ciała bezpośrednio do lodu jest złym postępowaniem, którego następstwa mogą być nieodwracalne! W badaniach własnych średni wynik poprawnych odpowiedzi wyniósł 45%.

Zatrucie tlenkiem węgla jest niezwykle groźne dla zdrowia i życia człowieka. Zespoły ratownictwa medycznego nie mają żadnych detektorów umożliwiających wczesne wykrycie tego „cichego zabójcy". Strażacy zaś są wyposażeni w detektory umożliwiające wręcz natychmiastowe zaalarmowanie o przekraczającym stężeniu tego gazu w powietrzu. W tym zakresie ankietowani poradzili sobie bardzo dobrze. Potwierdzenie wysokiego poziomu wiedzy na ten temat znajdziemy również w pracy Szarpaka, z której wynika, że 96% strażaków potrafiło wskazać pierwsze objawy zatrucia tlenkiem węgla [9]. Temat zatrucia tym związkiem chemicznym zwrócił uwagę opinii publicznej szczególnie po dwóch zdarzeniach: w Krakowie oraz Nisku, gdzie poważnie zatruli się nim interweniujący ratownicy medyczni [11].

Na pytanie o postępowanie w sytuacji gdy u poszkodowanego – w wyniku przebywania w wodzie – doszło do hipotermii i zatrzymania krążenia, tylko 43% badanych znało poprawną odpowiedź. W przypadku strażaków zawodowych w porównaniu ze strażakami ochotniczymi odsetek ten wyniósł odpowiednio 78% do 48% ($p < 0,05$). Należy domniemywać, że zagadnienie postępowania w zatrzymaniu krążenia u osoby dorosłej jest powszechnie znane. Tym bardziej należy skupiać się na różnicach w postępowaniu po wychłodzeniu. Oczywiste jest, że hipotermia może się rozwinąć nie tylko wskutek przebywania w wodzie. Co roku media donoszą o kilku, kilkunastu przypadkach zamarznięcia osób, szczególnie bezdomnych.

Pytanie, które przysporzyło badanej grupie najwięcej problemów, dotyczyło postępowania w przypadku drążącej rany klatki piersiowej i prawidłowego jej zaopatrzenia na miejscu zdarzenia.

Most of the surveyed firefighters (74%) knew how to position an unconscious, breathing pregnant woman. 91% of the surveyed NFS members and 57% of the VFS firefighters ($p < 0.05$) scored correct answers. It is worth highlighting that pregnant women should be positioned differently from other injured individuals. The correct positioning of a pregnant women (on the left side with elevated right side) facilitates the efficient functioning of the vascular system. Interestingly enough, as indicated by Pilip et al. [7], the question on the correct positioning of an unconscious, breathing person was answered correctly by 65% of the VFS firefighters, and 35% of the NFS firefighters. In the paper by Żylski et al., evaluating the knowledge of CPR on pregnant women, the result was 69.5% [8]. These results should also be regarded as highly alarming.

The question on the appropriate securing of an amputated limb was answered correctly by 48% of the NFS firefighters. Among the VFS firefighters there were 42% correct answers. In this case the surveyed individuals might have been confused by the given answer's similarity to the correct one. Most of the firefighters thought that the secured limb should be placed in a plastic bag and then in ice. Such a procedure, however, contrary to the popular opinion, is not correct. The bag with the limb should be placed in water with ice. Chilling (but not freezing!) the amputated body part slows down the metabolic processes and extends its vitality from 4 to 18 hours [10]. It should be stressed that putting an amputated body part directly in ice is the wrong procedure, which can have irreversible consequences! In the authors' own survey the percentage of correct answers was 45%.

Carbon monoxide poisoning is very dangerous to human life and health. Emergency medical service teams have no detectors enabling the early detection of this "silent killer". On the other hand, firefighters are equipped with detectors immediately alerting of its excessive concentration in the air. In this regard, the surveyed individuals coped very well. A high level of knowledge about this can be also found in the paper by Szarpak, indicating that 96% of firefighters were able to identify the initial symptoms of carbon monoxide poisoning [9]. The topic of poisoning with this chemical compound aroused public interest especially after two events, in Kraków and Nisko, in which the intervening paramedics were poisoned [11].

Only 43% of the respondents knew the correct answer to the question about the procedure in the case of water-caused hypothermia and cardiac arrest. When comparing the professional firefighters and the volunteers, this was 78% to 48% ($p < 0.05$). One would have presumed that the procedure for cardiac arrest in adults were common knowledge. This makes it even-more important to focus on differences in hypothermia procedures. Obviously hypothermia can also be caused by causes other than being in water. Every year the media report several to a dozen or so cases of people, including homeless people, freezing to death.

The question which proved most problematic for the surveyed group concerned the procedure in cases of a penetrating wound to the chest and its correct management at the scene. Only 35% of firefighters in the surveyed group gave the correct

Tylko 35% strażaków z badanej grupy udzieliło poprawnej odpowiedzi – 40% z PSP i 30% z OSP (p < 0,05). Dane te znalazły potwierdzenie również w pracy Żylskiego, z której wynika, że poprawną odpowiedź potrafiło wskazać 64% ankietowanych [8]. Zagadnienie drążącej rany klatki piersiowej jest istotne, ponieważ uraz ten zagraża życiu. Szybka i skuteczna interwencja daje szanse na zatrzymanie tego stanu i pozwala zapobiec niewydolności oddechowej, a w konsekwencji – nagłemu zatrzymaniu krążenia.

Wypadki komunikacyjne to codzienność w działaniach ratowniczych. Niestety, zdarzenia te bardzo często generują grupę poszkodowanych, którzy znajdują się w stanie bezpośredniego zagrożeniu życia. Polska jest w niechlubnej czołówce Europy pod względem śmiertelności w wypadkach komunikacyjnych. W 2010 r. wskaźnik śmiertelności wyniósł 10,1 na 100 wypadków [12]. Obecnie w Polsce wręcz standardowym (zgodnie z International Trauma Life Support – ITLS) postępowaniem jest profilaktyczne założenie kołnierza u poszkodowanych w takim wypadku – bez względu na to, czy wystąpiło uszkodzenie tkanek czy nie [13]. W pytaniu, z którym respondenci poradzili sobie najlepiej, chodziło o wskazanie zasady użycia kołnierza. Poprawnych odpowiedzi udzieliło 87% strażaków PSP oraz 85% strażaków OSP. Wyniki te należy uznać za dobre, jednak nadal niepokoi pytanie, dlaczego co dziesiąty strażak w tej sytuacji nie założyłby kołnierza.

Wiedzę strażaków na temat udrożnienia dróg oddechowych i zastosowania rurki ustno-gardłowej należy uznać za dobrą. Na pytanie dotyczące tego zagadnienia poprawnych odpowiedzi udzieliło 72% strażaków PSP oraz 68% strażaków OSP. Warto podkreślić, że nieudrożnienie dróg oddechowych u pacjenta nieprzytomnego może spowodować zapadnięcie się języka na podniebienie miękkie, a w konsekwencji – niedrożność dróg oddechowych. W ćwiczeniach przeprowadzonych w warunkach symulowanych wśród strażaków PSP badani mieli za zadanie zabezpieczyć drogi oddechowe przy użyciu maski krtaniowej LMA, maski nadkrtaniowej żelowej I-gel oraz rurki Combitube. Powodzeniem zakończyło się 89% wszystkich prób. Wynika z tego, że strażacy są dobrze przygotowani pod względem stosowania technik udrażniania dróg oddechowych przy użyciu sprawdzonych przyrządów powszechnie stosowanych w ratownictwie medycznym [7, 14].

Jak wynika z danych statystycznych Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie, w 2014 r. strażacy zaopatrzyli 2404 krwotoków zewnętrznych i ran [15]. Krwotok to jeden z najbardziej dynamicznych stanów, w których pomoc musi być udzielona natychmiast. Tylko szybkie działanie i „trzeźwe" myślenie mogą sprawić, że pacjent nie straci zbyt dużo krwi. W badaniu Romańskiej i wsp. strażacy PSP potwierdzili, że zdarzało im się zaopatrywać krwotoki z ran. Ta czynność stanowiła 13% wszystkich czynności ratowniczych [16]. W badanej grupie tego zakresu działań ratowniczych dotyczył jeden z najwyższych odsetków poprawnych odpowiedzi. Dla całej grupy odsetek poprawnych odpowiedzi wyniósł 70% w obu grupach. Na uwagę jednak zasługuje to, że strażacy słabo radzą sobie z rozpoznaniem objawów rozwijającego się wstrząsu [8].

Wiedza na temat pierwszej pomocy staje się coraz bardziej powszechna. Ze względu na specyfikę służby, akty prawne, ćwiczenia, ale również ze względu na zwiększającą się liczbę studentów ratownictwa medycznego, którzy zatrudniają się w PSP, poziom ratownictwa w służbach mundurowych wzrasta. W badaniu

answer – 40% from NFS and 30% from VFS (p < 0.05). The proportion of correct answers is also low in the paper by Żylski, in which it was demonstrated that the correct answer was given by 64% of the respondents [8]. The issue of a penetrating wound to the chest is important, as this kind of injury is life-threatening. A quick and effective intervention makes it possible to manage this condition and prevent respiratory failure, and the resulting sudden circulatory arrest.

Transport accidents are commonplace in rescue operations. Unfortunately, these events often generate a group of victims exposed to immediate danger to life. Poland is at the shameful forefront of European countries when it comes to the mortality rate in transport accidents. In 2010 the mortality rate was 10.1 per 100 accidents [12]. Currently in Poland the practically standard procedure (in line with International Trauma Life Support – ITLS) is to preventively use a collar on victims of such accidents – irrespective of whether there was any trauma of the tissues [13]. The question in which the respondents provided the highest percentage of correct answers concerned the identification of the rule for the use of the collar. 87% of the surveyed NFS firefighters and 85% of the VFS firefighters scored correct answers. These results should be regarded as good; however, it can be worrying to find that every tenth firefighter would not use the collar.

The firefighters' knowledge of opening the airways and using an oropharyngeal tube should be regarded as good. 72% of the surveyed NFS firefighters and 68% of the VFS firefighters correctly answered this question. It is worth highlighting that failure to open the airways in an unconscious patient can result in the tongue's collapsing onto the soft palate, and, as a consequence, airway obstruction. In exercises carried out under simulated conditions, the NFS firefighters were asked to maintain airway patency using the laryngeal mask airway (LMA), an i-gel supraglottic device, and a Combitube. 89% of all attempts were successful. This means that the firefighters were well prepared in terms of using the techniques of opening the airways using the established devices commonly used in medical rescue operations [7, 14].

As indicated by statistical data from the National Headquarters of the State Fire Service in Warsaw, in 2014 firefighters managed 2404 cases of external haemorrhage and wounds [15]. Haemorrhage is one of the most dynamic conditions, and requires immediate aid. Only quick action and presence of mind can prevent the patient from losing too much blood. In the survey by Romańska at al., the NFS firefighters confirmed that, indeed, they sometimes had to manage hemorrhaging wounds. This constituted 13% of all rescue activities [16]. In the surveyed group, this scope of rescue activities was associated with one of the highest percentages of correct answers. It amounted to 70% in both groups of firefighters. Of note is the fact, however, that firefighters are not good at identifying the symptoms of developing shock [8].

First aid knowledge is becoming more and more common. Due to the specificity of the service, legal acts, training, and the increasing number of medical rescue students who are becoming employed in NFS, the standard of rescue in the uniformed services is increasing. 117 NFS firefighters-rescuers

ISSN 1895-8443

przeprowadzonym w 2012 r., sprawdzającym zakres wiedzy na temat podstawowych zagadnień resuscytacji wśród ratowników PSP, studentów medycyny i lekarzy stażystów, wzięło udział 117 strażaków – ratowników PSP. Średnia liczba błędów popełnionych przez strażaków wyniosła 3,1. Jednakże żadna z osób nie odpowiedziała poprawnie na wszystkie pytania. Badania te wykazały, że 32% ankietowanych ratowników nie znała stosunku wdechów do uciśnięć w trakcie prowadzenia RKO u dziecka. Aż 86% osób błędnie odpowiedziało na pytanie o sekwencję postępowania resuscytacyjnego. Strażacy wykazali się również słabą znajomością kontroli tętna podczas resuscytacji dorosłego – błędną odpowiedź wskazało 43% ankietowanych [17].

Obecnie świadomość odnośnie postępowania z poszkodowanymi zarówno samych pracowników, jak i kadry zarządzającej sprawia, że wyniki te – z roku na rok – są coraz lepsze. Nadal jednak w wielu artykułach poruszających tę tematykę trudno znaleźć wyniki bardzo dobre. Prezentowane w literaturze dane pokazują najczęściej, że wiedza na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy jest właśnie na poziomie 60–70%. Wątpliwości budzi zatem skuteczność oraz celowość kursów i egzaminów, dzięki którym strażacy otrzymują tytuł ratownika. Warto nadmienić, że wiedza przedstawicieli innych służb podlegających szkoleniom KPP, np. WOPR-u czy Policji, jest na zbliżonym poziomie [7].

Wnioski

1. Wiedzę strażaków PSP i OSP na temat kwalifikowanej pierwszej pomocy należy uznać za zadowalającą, jednak nie za bardzo dobrą. Strażacy PSP mają większą wiedzę z zakresu KPP niż strażacy OSP.
2. Czas pomiędzy certyfikacjami wydaje się zbyt długi. Największy odsetek poprawnych odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie stwierdzono u tych osób, które były rok i dwa lata po takim szkoleniu. W przypadku osób będących trzy lata po certyfikacji, odsetek błędnych odpowiedzi znacząco wzrastał w obu grupach.
3. Do zagadnień, na które należy zwrócić największą uwagę podczas kursów i szkoleń, trzeba zaliczyć: postępowanie po amputacji, resuscytację krążeniowo-oddechową w hipotermii oraz urazy klatki piersiowej.
4. Należy rozważyć wprowadzenie dodatkowych kursów doszkalających między kolejnymi certyfikacjami. Dobrym rozwiązaniem mogłyby być choćby e-szkolenia. Takie kursy powinno się poprzedzić krótką ankietą, która pozwoli sprawdzić stan wiedzy, a co za tym idzie – wykazać braki tej wiedzy w danej grupy.

participated in a survey conducted in 2012, which evaluated the knowledge of basic resuscitation principles among NFS rescuers, medical students and intern doctors. The average number of mistakes made by the firefighters was 3.1. None of the participants achieved a perfect score. The surveys demonstrated that 32% of the surveyed rescuers did not know the compression-to-ventilation ratio for children. As many as 86% of the participants answered incorrectly a question on the sequence of the CPR procedure. The firefighters' knowledge of pulse checking during CPR for adults was also weak – the wrong answer was given by 43% of the surveyed individuals [17].

Currently employees and managers are displaying higher awareness of the procedures for managing victims, which is translating into better results year by year. Still, however, one would be hard pressed to find very good results in the many articles on this subject. The data presented in the literature indicate most often that the level of knowledge of qualified first aid is at the 60–70% level. Therefore, there are some doubts about the efficiency of the courses and exams granting firefighters the title of rescuer. It is worth mentioning that the knowledge of other services which undergo QFA training, e.g. the Volunteer Water Rescue Service, and the Police, is similar [7].

Conclusions

1. NFS and VFS firefighters' knowledge of qualified first aid should be regarded as satisfactory, but not excellent. NFS firefighters display better knowledge of QFS than VFS firefighters.
2. The intervals between certifications appear to be too long. The highest percentage of correct answers to the questions included in the questionnaire was found among individuals who had completed their training one to two years before the survey. When it came to individuals certified three years before the survey, the percentage of incorrect answers increased considerably in both groups.
3. The issues which should become the focus of courses and training should include post-amputation procedure, cardiopulmonary resuscitation in hypothermia, and injuries to the chest.
4. The introduction of additional supplementary training courses, between certifications, should also be considered. E-training can be a good idea here. Such courses should be preceded by a short survey, which would make it possible to check one's knowledge, and identify possible knowledge gaps in given groups.

Literatura / Literature

[1] Centrum Badania Opinii Społecznej, *Prestiż zawodów*, komunikat z badań, Warszawa 2013, http://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K_164_13.PDF.

[2] Załącznik 1 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 19 marca 2007 r. w sprawie kursu w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy (Dz. U. 2007 nr 60, poz. 408).

[3] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2011 nr 46, poz. 239).

[4] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 1991 nr 88, poz. 400, z późn. zm.).

[5] Chomoncik M., *Ratownictwo Medyczne w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym. Część I.*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 131–152.

[6] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 marca 2007 r. w sprawie kursu w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy (Dz.U. 2007 nr 60, poz. 408).

[7] Pilip S., Wójcik A., Michalak G., Gałązkowski R., *Wiedza w zakresie resuscytacji krążeniowo – oddechowej u osób zatrudnionych w wybranych jednostkach współpracujących z systemem państwowego ratownictwa medycznego*, BiTP Vol. 38. Issue 2, 2015, pp. 133–140.

[8] Żylski B., Ziółkowska K., *Znajomość zasad udzielania kwalifikowanej pierwszej pomocy wśród strażaków pięciu Jednostek Ratowniczo Gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej w województwie zachodniopomorskim*, [w:] Konieczny J., Kamprowski R. (red.), *Bezpieczne miasto w zagrożeniach środowiskowych. Ochrona ludności i ratownictwo*, Garmond Oficyna Wydawnicza; Poznań-Inowrocław 2016, s. 455–465.

[9] Szarpak Ł., Kurowski A., Madziała M., *Assessment of knowledge of firefighters In the field of qualified first aid as part of affecting the national security*, „Military Pharmacy and Medicine" 2013, 4, 33–38.

[10] Campbell J.E., *International Trauma Life Support*, „Medycyna Praktyczna" 2009, 6, Kraków 2009.

[11] Stanisz A., Mikos M., Żurowska M. i in., *Ryzyko zawodowe w pracy ratowników medycznych w świetle obowiązków pracodawców*, „Na Ratunek" 2014, 3, 52–56.

[12] Madziała M., Szarpak Ł.,Banaszkiewicz A., *Wypadki w komunikacji drogowej jako problem ratownictwa w XXI wieku*, „Na Ratunek", 2012, 2, 32–36.

[13] Chehardy P i in., *Advanced Trauma Life Suport and Prehospital Trauma Life Suport on the Road: an educational imperative*, „Bull. Am. Coll. Surg." 2009, 94(3), 23–27.

[14] Szarpak Ł., Kurowski A., Madziała M., *Zabezpieczenie drożności dróg oddechowych*, „Przegląd Pożarniczy" 2014, 10, 14–16.

[15] Statystyki rodzaju prowadzonych działań ratowniczych, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2014.

[16] Romańska A., Szurlej D., i Porębska L., *Ocena przydatności kursów pierwszej pomocy wśród strażaków jednostek Państwowej Straży Pożarnej na terenie województwa śląskiego*, „The Journal of Orthopaedics Trauma Surgery and Related Research" 2012, 27(1), 75–80.

[17] Dąbrowski M., Dąbrowska A., Sip M., i in., *Badanie wiedzy w zakresie podstawowych zagadnień resuscytacji u ratowników PSP, studentów medycyny i lekarzy stażystów.*, „Nowiny Lekarskie" 2012, 81(6), 647–665.

DR N. ZDR. GRZEGORZ WÓJCIK – ratownik medyczny z 8-letnim stażem w zespołach wyjazdowych S i P. Wykładowca akademicki z 6-letnim stażem, zajmujący się tematyką medycyny katastrof oraz medycyny ratunkowej. Pierwszy ratownik medyczny z tytułem doktora nauk o zdrowiu w Pomorskim Uniwersytecie Medycznym w Szczecinie.

MGR DAWID SUROWICZ – ratownik medyczny z 4-letnim stażem. Członek LPR.

MGR MATEUSZ KUŹNICKI – absolwent ratownictwa medycznego PUM w Szczecinie.

DR HAB. N. MED. MAREK MYŚLAK, PROF. PUM – specjalista nefrologii i transplantologii klinicznej, kierownik regionalnego ośrodka kwalifikacyjnego. Zajmuje się medyczną kwalifikacją żywych dawców nerki oraz biorców. Zajmuje się przygotowaniem medycznym par dawca-biorca do zabiegu bezpiecznego pobrania i transplantacji nerki.

GRZEGORZ WÓJCIK, Ph.D. – a paramedic with 8 years' experience in specialist and basic ambulance teams. Academic lecturer with 6 years' experience dealing with the topic of disaster medicine and emergency medicine. The first paramedic with a Doctor of Health Science title at the Pomeranian Medical University in Szczecin.

DAWID SUROWICZ, M.A. – a paramedic with 4 years' experience. Member of the Air Rescue Service.

MATEUSZ KUŹNICKI, M.A. – a graduate in medical rescue at the Pomeranian Medical University in Szczecin.

MAREK MYŚLAK, D.Sc., Pomeranian Medical University Prof. – a specialist in nephrology and clinical transplantology, head of the regional qualification centre. Deals with qualifying living kidney donors and recipients. He is also responsible for the medical preparation of donors and recipients for the procedures of safe kidney removal and transplantation.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

U NAS ZAWSZE OTWARTE

8 Wprowadzenie

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

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

Ryc. 1 Cele, istota ochrony przeciwpożarowej

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

ROZDZIAŁ 1

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

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

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

OTWARTY DOSTĘP

DO PUBLIKACJI
CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZEGO
OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ – PIB

WEJDŹ NA
WWW.CNBOP.PL/WYDAWNICTWA

CZYTAJ I POBIERAJ

WERSJE NA SMARTFONY I TABLETY DO POBRANIA W APLIKACJI GOOGLE PLAY

dr n. med. Mariusz Chomoncik[a)], bryg. lek. Jacek Nitecki[b)*], kpt. mgr Grzegorz Michalczyk[c)]

[a)] *Szkoła Aspirantów PSP w Krakowie / State Fire Service School in Krakow*
[b)] *Komenda Wojewódzka PSP w Krakowie / Malopolska Headquarters of the State Fire Service*
[c)] *Komenda Powiatowa PSP w Chrzanowie / District Headquarters of State Fire Service in Chrzanow*
[*] *Autor korespondencyjny / Corresponding author: jnitecki@straz.krakow.pl*

Podstawowe elementy zabezpieczenia medycznego oraz funkcjonowanie Komponentu Medycznego Państwowej Straży Pożarnej podczas XXXI Światowych Dni Młodzieży Kraków 2016

The Basic Elements of Medical Safety and the Functioning of the Medical Component of the State Fire Service During the 2016 World Youth Days in Krakow

Основные элементы обеспечения оказания медицинской помощи и функционирования медицинского отдела Государственной пожарной службы во время XXXI Всемирных дней молодежи 2016 в Кракове

ABSTRAKT

Cel: Celem niniejszej pracy jest przedstawienie organizacji i wyposażenia Komponentu Medycznego Państwowej Straży Pożarnej (KOMED PSP).
Wprowadzenie: W dniach 26–31 lipca 2016 r. w Krakowie odbyły się XXXI Światowe Dni Młodzieży (ŚDM). Na program tych uroczystości składały się spotkania z ojcem świętym Franciszkiem oraz towarzyszące im wydarzenia o charakterze religijnym i kulturalnym. Za zabezpieczenie medyczne tych uroczystości odpowiedzialne było Krakowskie Pogotowie Ratunkowe (KPR). Zabezpieczenie to obejmowało: patrole piesze, patrole ruchome, stałe punkty medyczne, namioty szpitalne i zespoły ratownictwa medycznego (ZRM).
Patrol pieszy stanowiły co najmniej dwie osoby, z których minimum jedna była pielęgniarką, ratownikiem medycznym lub ratownikiem. W skład patrolu ruchomego wchodziła jedna osoba posiadająca uprawnienia ratownika, natomiast w ramach stałego punktu medycznego pracowały dwie osoby: lekarze, ratownicy medyczni, pielęgniarki lub ratownicy. W namiocie szpitalnym pracował jeden lekarz oraz pięć innych osób.
Jednym z elementów zabezpieczenia medycznego, pełniącym funkcję namiotu szpitalnego, był KOMED PSP. Składa się on z połączonych ze sobą i tworzących całość namiotów pneumatycznych, w tym z: namiotu TRIAGE, namiotu reanimacyjnego, namiotu zabiegowego, namiotu obserwacyjnego, namiotu-ambulatorium, namiotu-magazynu, namiotu operacyjno-technicznego i namiotu łącznikowego.
Namiot TRIAGE wyposażony jest w materiały do prowadzenia dokumentacji medycznej, a także jedno stanowisko do oceny stanu poszkodowanego. Namiot reanimacyjny składa się z 2 stanowisk monitorowanych, wyposażonych w 2 defibrylatory, respirator, ssak elektryczny, pompę infuzyjną, aparat USG oraz analizator parametrów krytycznych. Namiot zabiegowy posiada 4 stanowiska wraz z zestawami do monitorowania funkcji życiowych. Z kolei namiot obserwacyjny posiada 10 stanowisk do monitorowania pacjentów i jest dodatkowo wyposażony w defibrylator AED. W namiocie ambulatorium znajdują się 2 stanowiska do badania pacjentów z drobnymi obrażeniami i dolegliwościami, natomiast namiot operacyjno-techniczny jest przeznaczony do działań zespołu dowodzenia. Zadaniem namiotu łącznikowego jest połączenie poszczególnych elementów KOMED PSP oraz zaplecza logistycznego. KOMED PSP udzielił pomocy medycznej 388 osobom z różnych krajów.
Materiał i metoda: Materiałem badawczym była dokumentacja opracowana przez organizatora zabezpieczenia medycznego ŚDM Kraków 2016 oraz przez powołany zespół specjalistów z PSP. W dokumentacji opisano zasady organizacji KOMED PSP.
Wnioski: KOMED PSP był istotnym ogniwem w zabezpieczeniu pielgrzymów w trakcie ŚDM Kraków 2016.
Słowa kluczowe: Światowe Dni Młodzieży, namiot szpitalny, komponent medyczny, zabezpieczenie medyczne, impreza masowa
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 02.11.2016; Zrecenzowany: 11.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu;
Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 112–129, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.9;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to present how KOMED PSP was organised and what equipment it used.

Introduction: Between 26 and 31 July 2016 Krakow hosted the 31st World Youth Day (WYD Krakow 2016). The programme of the event included a meeting with the Holy Father, Pope Francis, as well as other religious and cultural events. The Krakow Emergency Medical Team was directly responsible for ensuring medical safety at the event. Medical support during the event was provided by foot patrols, mobile patrols, permanent medical centres, medical tents and the Emergency Medical Team.

Foot patrols comprised at least two individuals, including at least one nurse or paramedic, or a rescuer. The mobile patrol comprises one person with rescuer qualifications. In the permanent medical centre, there were two doctors or a paramedic, or a nurse, or a rescuer. The medical tent had one doctor, with at least five other people working along.

One of the elements of medical support during these celebrations was the Medical Component of the State Fire Service (KOMED PSP). The main components of the KOMED PSP include pneumatic tents interconnected to form a single unit, including the TRIAGE tent, the resuscitation tent, the treatment tent, the monitoring tent, the outpatient tent, the storage tent, the operational & technical tent and the liaison tent.

The TRIAGE tent contains materials to keep medical records, as well as one facility to assess patients' condition. The resuscitation tent had 2 monitoring units, 2 defibrillators, a respirator, an aspirator, an infusion pump, an ultrasound machine, and a blood-gas analyser. The treatment tent includes 4 facilities equipped with units monitoring vital signs. The monitoring tent has got 10 facilities for monitoring patients, additionally equipped with an AED defibrillator. The outpatient tent has 2 facilities to examine patients with minor injuries and ailments. The operational & technical tent is designed for the command team's operations, while the function of the liaison tent is to connect all the KOMED PSP elements and the logistics section.

KOMED PSP provided medical aid for 388 people from different countries around the world.

Material and methods: The research material consisted of the documentation collected by the organiser of medical support during WYD 2016 in Krakow and by the established team of specialists from the State Fire Service, describing the principles of the organisation of the KOMED PSP.

Conclusion: The Medical Component of the State Fire Service was a vital factor in ensuring the safety of pilgrims during the 2016 World Youth Days in Krakow.

Keywords: World Youth Days, the tent hospital, the medical component, medical safety, mass event

Type of article: review article

Received: 02.11.2016; Reviewed: 11.02.2017; Published: 31.03.2017;

The authors contributed equally to this article;

The article was recognised by the Editorial Committee;

Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 112–129, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.9;

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

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данного исследования является предоставление организации и оборудования для медицинского отдела Государственной пожарной службы (МЕДОТДЕЛ ГПС).

Введение: 26-31 июля 2016 года в Кракове проходили XXXI Всемирные дни молодежи (ВДМ). Программа мероприятий состояла из встречи со Святым отцом Франциском и сопутствующих религиозных и культурных мероприятий [1]. За обеспечение охраны здоровья на этих мероприятиях отвечала Краковская спасательная служба (КСС). Данное обеспечение состояло в: организации пеших патрулей, мобильных патрулей, стационарных медицинских пунктов, больничных палаток и медицинской спасательной группы (МСГ).

Пеший патруль – это как минимум два человека, один из которых это медсестра, медик или спасатель. В состав мобильного патруля входил один квалифицированный спасатель. В стационарных медицинских пунктах работали два человека: врачи, медицинские спасатели, медсестры или спасатели. В больничных палатках работал один врач и пять других специалистов.

Одним из элементов обеспечения охраны здоровья, функционировавшего как больничная палатка, был МЕДОТДЕЛ ГПС. Он состоял из соединенных друг с другом, и образующих одно целое, пневматических палаток, включая: палатку определения очередности оказания медицинской помощи, палатку реанимации, манипуляционную палатку, палатку наблюдения, амбулаторию, палатку-склад, палатку операционно-техническую и связующую палатку.

В палатке определения очередности оказания медицинской помощи находятся материалы для ведения медицинской документации, а также одиа станция для оценки состояния потерпевшего. Палатка реанимации включает две станции мониторинга, оборудованные двумя дефибрилляторами, респиратором, электроотсосом, инфузионным насосом, ультрасонографом и анализатором критических состояний. Манипуляционная палатка включает в себя 4 станции, оборудованные аппаратурой для мониторинга жизненно важных функций. Палатка наблюдения состоит из 10 станций для мониторинга пациентов и дефибриллятора AED. Амбулаторная палатка состоит из 2 станций для помощи пациентам с легкими травмами. Операционно-техническая палатка предназначена для действий командующей группы, а связующая палатка – для связи отдельных элементов МЕДОТДЕЛ ГПС и логистической базы. МЕДОТДЕЛ ГПС оказал медицинскую помощь 388 лицам из многих стран.

Материалы и методы: Исследовательским материалом была документация, разработанная организаторами охраны здоровья ВДМ в Кракове в 2016 году, и созданная командой специалистов из ГПС. Документация описывает принципы организации МЕДОТДЕЛ ГПС.

Выводы: МЕДОТДЕЛ ГПС был важным звеном в обеспечении безопасности паломников во время Всемирных дней молодежи в Кракове в 2016 году.

Ключевые слова: Всемирные дни молодежи, палаточный госпиталь, медицинский отдел, охрана здоровья, массовое мероприятие

Вид статьи: обзорная статья

Принята: 02.11.2016; Рецензирована: 11.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;

Авторы внесли одинаковый вклад в создание статьи;

Эту статью наградил Редакционный Совет;

Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 112–129, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.9;

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

Wprowadzenie

W dniach 26–31 lipca 2016 r. w Krakowie odbyły się XXXI Światowe Dni Młodzieży. Zabezpieczenie tych uroczystości było wielkim wyzwaniem zarówno dla służb przygotowujących to wydarzenie, jak i dla służb zapewniających bezpieczeństwo pielgrzymom z 187 państw. Za zabezpieczenie medyczne odpowiadał Wojewoda Małopolski, a pomoc medyczną koordynowało KPR.

Organizacja zabezpieczenia medycznego ŚDM Kraków 2016

Zabezpieczenie medyczne na miejscu głównych uroczystości zostało zorganizowane na kilku poziomach i szczegółowo opisane w dokumencie zatytułowanym *Plan zabezpieczenia medycznego ŚDM Kraków 2016* [2]. Elementami tego zabezpieczenia były: patrole piesze, patrole ruchome, stałe punkty medyczne, namioty szpitalne i zespoły wyjazdowe.

Patrol pieszy składał się co najmniej z dwóch osób, z których co najmniej jedna to pielęgniarka lub ratownik medyczny, lub ratownik, o którym mowa w art. 13 ustawy z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym. Wyposażenie patrolu pieszego było zgodne *załącznikiem nr 2* do ww. dokumentu. Do zadań patrolu pieszego należało udzielanie pomocy medycznej zgodnie z posiadanymi uprawnieniami zawodowymi i możliwościami sprzętowo-materiałowymi.

W skład **patrolu ruchomego** wchodziła jedna osoba mająca co najmniej uprawnienia ratownika. Zadaniem tego patrolu było transportowanie pacjentów do namiotu szpitalnego oraz – w razie potrzeby – udzielanie pomocy medycznej zgodnie z posiadanymi uprawnieniami zawodowymi i możliwościami sprzętowo-materiałowymi.

W **stałym punkcie medycznym** pracowały co najmniej dwie osoby będące: lekarzem lub ratownikiem medycznym, lub pielęgniarką, lub ratownikiem, o którym mowa w art. 13 ustawy z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym. Wyposażenie tego punktu zostało określone w *Załączniku nr 3* do ww. dokumentu. W stałym punkcie medycznym udzielano pomocy medycznej zgodnie z posiadanymi uprawnieniami zawodowymi i możliwościami sprzętowo-materiałowymi.

W **namiocie szpitalnym** pomocy medycznej udzielał co najmniej jeden lekarz, któremu towarzyszyło co najmniej pięć osób będących: lekarzem lub ratownikiem medycznym, lub pielęgniarką. Wyposażenie namiotu szpitalnego zostało opisane w *Zał. nr 4* do wspomnianego dokumentu. Szczegółowe informacje na temat tego wyposażenia przedstawia tabela 1. W namiocie szpitalnym udzielano pomocy medycznej zgodnie z posiadanymi uprawnieniami i możliwościami sprzętowo-materiałowymi.

Zestaw leków oraz materiały jednorazowego użytku (zgodne z wymaganiami organizatora) zostały dostarczone do KOMED PSP przez Szpital Specjalistyczny im. Stefana Żeromskiego w Krakowie dzięki podjętej z nim współpracy.

Introduction

Between 26 and 31 July 2016 Krakow hosted the 31st World Youth Day (WYD Kraków 2016). Ensuring safety at this event represented a great challenge for both the organisers and the services responsible for taking care of the safety of pilgrims from 187 countries. Medical safety was the responsibility of the Governor of the Małopolskie Voivodeship, and medical support was coordinated by the Krakow Emergency Medical Service (KPR).

The coordination of medical services at WYD Krakow 2016

Medical services on the main site of the event were coordinated at a number of levels and described in detail in the *Medical Safety Plan for WYD Krakow 2016* [2]. The individual components of these services included foot patrols, mobile patrols, permanent medical centres, hospital tents and dispatch medical teams.

Foot patrols comprised at least two individuals, including at least one nurse or paramedic, or rescuer as referred to in Article 13 of the National Emergency Medical Services Act of 8 September 2006. Foot patrols were equipped in line with *Annex 2* to the aforementioned Act. They were tasked with providing medical support appropriate to their professional qualifications and the available equipment and materials.

Each **mobile patrol** included at least one person with a paramedic licence. Foot patrols were responsible for transporting patients to the medical tent, and, if necessary, providing medical support appropriate to their professional qualifications and the available equipment and materials.

The **permanent medical centre** had a staff of at least two employees who were doctors, or paramedics, or nurses, or rescuers referred to in Article 13 of the National Emergency Medical Services Act of 8 September 2006. The centre's equipment is specified in *Annex 3* to the aforementioned Act. The permanent medical centre provided medical support appropriate to the professional qualifications of its staff and the available equipment and materials.

Medical support in the **medical tent** was provided by at least one doctor, with the support of at least five persons who were doctors, or paramedics, or nurses. The medical tent's equipment is described in *Annex 4* to the aforementioned Act. For detailed information on this equipment, see Table 1. The medical tent provided medical support appropriate to the professional qualifications of its staff and the available equipment and materials.

Medication sets and disposable medical supplies (as required by the organiser) were supplied to KOMED PSP by the Stefan Żeromski Specialised Hospital in Krakow, with which the State Fire Service has established cooperation.

ISSN 1895-8443

Tabela 1. Wyposażenie namiotu szpitalnego [2]

Table 1. Appendix 4 The equipment of the medical tent [2]

Lp./ No.	Nazwa asortymentu/Name	Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity
	WYPOSAŻENIE OGÓLNE/GENERAL-PURPOSE EQUIPMENT	
1.	Stolik/biurko/Table/desk	1 szt./1 pcs
2.	Krzesła/Chairs	6 szt./6 pcs
3.	Chłodziarka na leki/Medication refrigerator	1 szt./1 pcs
4.	Lampka biurowa/Desk lamp	1 szt./1 pcs
5.	Woda mineralna/Mineral water	500 litów/500 litres
6.	Kubeczki jednorazowe/Disposable cups	200 szt./200 pcs
7.	Środek łączności/A means of communication	
8.	Oznakowanie namiotu szpitalnego: zielona tablica o wymiarach 70 x 70 z białym krzyżem pośrodku i ze znajdującym się nad krzyżem napisem NAMIOT SZPITALNY NR X oraz z widniejącym pod krzyżem napisem w języku angielskim FRIST AID; tyczka o wysokości 2,60 m oraz logo podmiotu realizującego zabezpieczenie Medical-tent signage: a green 70 x 70 table with a white cross in the middle and an inscription above the cross – NAMIOT SZPITALNY NR X (MEDICAL TENT NO. X) and an inscription below the cross in English – FIRST AID; a 2.60-m-high bar and a logo of the organisation ensuring safety.	

Lp./ No.	Nazwa asortymentu/Name	Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity
	SPRZĘT MEDYCZNY/MEDICAL EQUIPMENT	
1.	Defibrylator z kardiomonitorem/Defibrillator with cardiac monitor	1 szt./1 pcs
2.	Deska ortopedyczna/Spinal board	1 szt./1 pcs
3.	Folie izotermiczne/Thermal blankets	5 szt./5 pcs
4.	Glukometr/Glucose meter	1 szt./1 pcs
5.	Igła do odbarczania odmy opłucnowej/Pneumothorax aspiration needle	1 szt./1 pcs
6.	Igła doszpikowa dla dorosłych/Marrow needle for adults	1 szt./1 pcs
7.	Igła doszpikowa dla dzieci/Marrow needle for children	1 szt./1 pcs
8.	Igły rozm. 0,6/Needles sized 0.6	100 szt./100 pcs
9.	Igły rozm. 0,7/Needles sized 0.7	100 szt./100 pcs
10.	Igły rozm. 0,8/Needles sized 0.8	100 szt./100 pcs
11.	Igły rozm. 1,2/Needles sized 1.2	100 szt./100 pcs
12.	Kaniule 16 G (szare)/Cannulas 16 G (grey)	50 szt./50 pcs
13.	Kaniule 18 G (zielone)/Cannulas 18 G (green)	50 szt./50 pcs
14.	Kaniule 20 G (różowe)/Cannulas 20 G (pink)	50 szt./50 pcs
15.	Kaniule 22 G (niebieskie)/Cannulas 22 G (blue)	50 szt./50 pcs
16.	Kołnierze szyjne regulowane dla dorosłych/Adjustable cervical collars for adults	2 szt./2 pcs
17.	Kołnierze szyjne regulowane dla dzieci/Adjustable cervical collars for children	1 szt./1 pcs
18.	Laryngoskop wraz z kompletem łyżek dla dorosłych/Laryngoscope with set of blades for adults	1 zestaw (po 1szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
19.	Laryngoskop wraz z kompletem łyżek dla dzieci/Laryngoscope with set of blades for children	1 zestaw (po 1 szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
20.	Latarka diagnostyczna/Diagnostic torch	1 szt./1 pcs
21.	Maski do tlenoterapii dla dorosłych/Oxygen face masks for adults	10 szt./10 pcs
22.	Maski do tlenoterapii dla dzieci/Oxygen face masks for children	5 szt./5 pcs
23.	Maski z rezerwuarem do tlenoterapii dla dzieci/Oxygen face masks with reservoir for children	5 szt./5 pcs
24.	Maski z rezerwuarem do tlenoterapii dla dorosłych/Oxygen face masks with reservoir for adults	10 szt./10 pcs
25.	Nakłuwacz do badań glukometrem/Glucose-meter lancet	200 szt./200 pcs
26.	Nożyczki do cięcia opatrunków/Bandage scissors	1 szt./1 pcs
27.	Nożyczki do cięcia różnych materiałów/Scissors for various materials	1 szt./1 pcs
28.	Pincety jednorazowego użytku/Disposable tweezers	10 szt./10 pcs
29.	Pojemniki twardościenne na odpady medyczne/Hard containers for medical waste	5 szt./5 pcs
30.	Prowadnice do intubacji dla dorosłych i dla dzieci/Intubation guides for adults and children	po 1 szt./1 pcs
31.	Przyrządy do przetaczania płynów/Transfusion instruments	100 szt./100 pcs
32.	Pulsoksymetr/Pulse oximeter	1 szt./1 pcs
33.	Reduktor tlenowy z szybkozłączem/Oxygen pressure regulator with quick disconnect	1 szt./1 pcs
34.	Respirator transportowy/Transport respirator	1 szt./1 pcs

Lp./ No.	Nazwa asortymentu/Name	Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity
	SPRZĘT MEDYCZNY/MEDICAL EQUIPMENT	
35.	Rękawiczki jednorazowe w rozm. S, M, L, XL x 100 szt./Disposable gloves sized S, M, L, XL x 100	po 1 op. w każdym rozmiarze/ 1 package each size
36.	Rurki intubacyjne w rozm. od 2,0 do 10,0/Intubation tubes, sized 2.0-10.0	1 zestaw (po 1 szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
37.	Rurki krtaniowe w rozm. od 1 do 5/Laryngeal tubes, sized 1-5	1 zestaw (po 1 szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
38.	Rurki ustno-gardłowe dla dorosłych i dla dzieci (różne rozmiary)/Oropharyngeal tube for adults and children (various sizes)	1 zestaw (po 1 szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
39.	Ssak/Saliva ejector	1 szt./1 pcs
40.	Stanowiska leżące dla pacjentów (minimum)/Beds for patients (minimum)	6 szt./6 pcs
41.	Stetoskop/Stethoscopes	1 szt./1 pcs
42.	Strzykawki 20 ml/20 ml syringes	100 szt./100 pcs
43.	Strzykawki 10 ml/10 ml syringes	100 szt./100 pcs
44.	Strzykawki 5 ml/5 ml syringes	100 szt./100 pcs
45.	Strzykawki 2 ml/2 ml syringes	100 szt./100 pcs
46.	Szyny typu Kramer/Kramer splints	1 zestaw (po 1 szt. w każdym rozmiarze)/ 1 set (1 pcs per each size)
47.	Termometr/Thermometer	1 szt./1 pcs
48.	Worek samorozprężalny/Bag valve mask	1 szt./1 pcs
49.	Worki jednorazowe na zużyte materiały medyczne (czerwone)/Disposable bags for used medical materials (red)	10 szt./10 pcs
50.	Worki na odpady komunalne/Bags for municipal waste	10 szt./10 pcs
51.	Worki na wymioty/Emesis bags	10 szt./10 pcs
52.	Zestaw do konikopunkcji dla dorosłych/Needle cricothyroidotomy set for adults	1 szt./1 pcs
53.	Zestaw do konikopunkcji dla dzieci/Needle cricothyroidotomy set for children	1 szt./1 pcs
54.	Zestaw porodowy/Birth kit	1 komplet/1 set
55.	Zestaw do segregacji/Segregation kit	1 szt./1 pcs

Lp./ No.	Nazwa asortymentu/Name	Wymagana ilość minimalna /Required minimum quantity
	MATERIAŁY OPATRUNKOWE/DRESSING PRODUCTS	
1.	Chusty trójkątne/Triangle bandages	20 szt./20 pcs
2.	Gaza jałowa 0,5 m/Sterile gauze 0.5 m	100 szt./100 pcs
3.	Gaza jałowa 1 m/Sterile gauze 1 m	100 szt./100 pcs
4.	Kompresy jałowe 10 x 10 x 3 szt./Sterile compresses 10 x 10 x 3 pcs	100 szt./100 pcs
5.	Kompresy jałowe 5 x 5 x 3 szt./Sterile compresses 5 x 5 x 3 pcs	100 szt./100 pcs
6.	Kompresy niejałowe 10 x 10 x 100 szt./Non-sterile compresses 10 x 10 x 100 pcs	10 op./10 packages
7.	Kompresy niejałowe 5 x 5 x 100 szt./ Non-sterile compresses 5 x 5 x 100 pcs	10 op./10 packages
8.	Lignina bielona/ Bleached cellucotton	1 kg
9.	Opaski dziane 10 cm/Knitted bands 10 cm	100 szt./100 pcs
10.	Opaski dziane 15 cm/Knitted bands 15 cm	100 szt./100 pcs
11.	Opaski elastyczne 12 cm/Elastic bands 12 cm	50 szt./50 pcs
12.	Opatrunki hydrożelowe (różne rozmiary)/Hydrogel dressings (various sizes)	4 szt./4 pcs
13.	Opatrunki wentylowe na rany klatki piersiowej/Vented dressings for thoracic injuries	2 szt./2 pcs
14.	Plastry bez opatrunku (różne rozmiary)/Adhesive bandages without absorbent pads (various sizes)	10 szt./10 pcs
15.	Plastry z opatrunkiem (różne rozmiary)/Adhesive bandages with absorbent pads (various sizes)	10 op./10 packages
16.	Podpaski/Sanitary pads	20 szt./20 pcs
17.	Siatka elastyczna na głowę (Codofix)/Elastic net dressing (Codofix)	5 szt./5 pcs

Lp./ No.	Nazwa asortymentu/Name	Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity
	ŚRODKI DEZYNFEKUJĄCE/DISINFECTANTS	
1.	Gaziki do dezynfekcji skóry pacjenta (np. Leko)/Swabs to disinfect skin (e.g. Leko)	2 op. (200 szt.)/2 packages (200 pcs)
2.	Środek do dezynfekcji rąk (np. Aniosgel, Promanum N)/Hand sanitiser (e.g. Aniosgel, Promanum N)	2 litry/2 litres
3.	Środek do dezynfekcji skóry pacjenta (np. Softasept N)/Skin sanitiser (e.g. Softasept N)	1 op./1 packages
4.	Środek do szybkiej dezynfekcji powierzchni (np. Meliseptol, Aniospray Quick)/Surface sanitiser (e.g. Meliseptol, Aniospray Quick)	2 litry/2 litres

 ISSN 1895-8443

LEKI/MEDICATION				
Lp./ No.	**Nazwa międzynarodowa/ International name**	**Nazwa handlowa/Trade name**	**Dawka/Dose**	**Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity**
1.	Acidum acetylosalicylicum	Polopiryna S	300 mg	3 op./3 packages
2.	Adenosinum	Adenocor	3 mg/ml	1 op. (6 amp.)/1 package (6 amp.)
3.	Amiodaroni hydrochloridum	Amiokordin	50 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
4.	Antazolini hydrochloridum	Phenazolinum	50 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
5.	Atropini sulfas	Atropinum sulfuricum 1%	1 mg/ml	2 op. (20 amp.)/2 packages (20 amp.)
6.	Calcium	Calcium 10%	10%	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
7.	Captoprilum	Captopril 12,5 mg	12,5 mg	3 op./3 packages
8.	Carbo medicinalis	Węgiel leczniczy/Activated charcoal	300 mg	3 op./3 packages
9.	Chlorpromazinum	Fenactil	25 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
10.	Clemastinum	Clemastin	1 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
11.	Clonazepamum	Clonazepam	1 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
12.	Dexamethasonum	Dexaven 8 mg	8 mg/2ml	2 op. (20 amp.)/2 packages (20 amp.)
13.	Dexamethasonum	Dexaven 4 mg	4 mg/ml	2 op. (20 amp.)/2 packages (20 amp.)
14.	Diazepamum	Relsed	5 mg/2,5ml	1 op. (5 wlewek)/1 package (5 enemas)
15.	Diazepamum	Relanium	5 mg/ml	5 amp.
16.	Dobutamine	Dobutamin-Hexal	250 mg	2 fiolki/2 vials
17.	Dopaminum	Dopamina	40 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
18.	Drotaverinum	No-Spa	20 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
19.	Drotaverinum	No-Spa tab.	40 mg	3 op./3 packages
20.	Ephedrinum hydrochloricum	Efedryna	25 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
21.	Epinephrinum	Injectio Adrenalini 0,1%	1 mg/ml	5 op. (50 amp.)/5 packages (50 amp.)
22.	Etomidate	Hypnomidate	20 mg/10ml	1 op. (5 amp.)/1 package (5 amp.)
23.	Fentanylum	Fentanyl	0,1 mg/2ml	5 amp.
24.	Flumazenil	Flumazenil	0,1 mg/ml	2 amp.
25.	Furosemidum	Furosemid	10 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
26.	Glyceroli trinitras	Nitromint	0,4 mg/dawka/ 0,4 mg/dose	2 szt./2 pcs
27.	Glucagon hydrochloride	GlucaGen Hypokit	1 mg	3 szt./3 pcs
28.	Glucosum 20%	Glucosum 20%	2 g/10 ml	5 op. (50 amp.)/5 packages (50 amp.)
29.	Heparinum	Heparyna	5000 j/1ml	2 fiolki/2 vials
30.	Hydrocortisonum	Corhydron	100 mg	2 op. (10 fiolek)/2 packages (10 vials)
31.	Hydrogenium peroxydatum 3%	Woda utleniona/Hydrogen peroxide		1 op. (500 ml)/1 package (500 ml)
32.	Hydroxyzinum	Hydroxyzinum 10 mg (tabl.)	10 mg	2 op./2 packaages
33.	Hydroxyzinum	Hydroxyzinum 25 mg (tabl.)	25 mg	2 op./2 packages
34.	Hydroxyzinum	Hydroxyzinum	50 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
35.	Kalium chloratum	Chlorek potasu 15%/Kalium chloratum 15%	15%	2 fiolki/2 vials
36.	Ketoprofenum	Ketonal	50 mg/ml	3 op. (30 amp.)/3 packages (30 amp.)
37.	Krople żołądkowe/Stomach drops	Krople żołądkowe/Stomach drops	prep. złożony/ combined preparation	3 op./3 packages
38.	Lignocainum h/chloricum	Lignocainum h/chloricum	2%	1 op. (5 fiolek)/1 package (5 vials)
39.	Lignocainum h/chloricum	Lignocainum h/chloricum żel, typ A/ Lignocainum h/chloricum gel, type A	2%	2 szt./2 pcs
40.	Loperamid	Loperamid tabl.	2 mg	3 op. (30 tabl.)/3 packages (30 tabl.)
41.	Magnesii sulfarici	Magnez 20%	20%	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
42.	Metamizolum natricum	Pyralgina inj.	500 mg/ml	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
43.	Metamizolum natricum	Pyralgina tabl.	500 mg	3 op./3 packages
44.	Metoclopramidum	Metoclopramid	0,5%	2 op. (10 amp.)/2 packages (10 amp.)
45.	Metoprololum	Betaloc	1 mg/ml	1 op. (5 amp.)/1 package (5 amp.)
46.	Midazolam	Midazolam	5 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
47.	Morphini sulfas	Morfina	10 mg/m	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)

LEKI/MEDICATION				
Lp./ No.	**Nazwa międzynarodowa/ International name**	**Nazwa handlowa/Trade name**	**Dawka/Dose**	**Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity**
48.	Naloxoni hydrochloridum	Naloxon	0,4 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
49.	Natrium chloratum 0,9%	NaCl 0,9%	0,9%	1 op. (100 amp.)/1 package (100 amp.)
50.	Natrium bicarbonicum	Natrium bicarbonicum 8,4%	8,4%	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
51.	Nicethamidum	Cardiamid krople/Cardiamid, drops	250 mg/ml	3 op./3 packages
52.	Paracetamolum	Paracetamol czopki/ Paracetamol suppositories	50 mg 125 mg 250 mg	1 op./1 package 1 op./1 package 1 op./1 package
53.	Paracetamolum	Paracetamolum 10mg/ml do inf.	10 mg/ml	2 op./2 packages
54.	Paracetamolum + Ibuprofen	Paracetamol 325 mg + Ibuprofen 200 mg tabletki/ Paracetamol 325 mg + Ibuprofen 200 mg pills	325 mg + 200 mg	2 op./2 packages
55.	Pethidinum	Dolcontral	50 mg/ml	1 op. (10 amp.)/1 package (10 amp.)
56.	Propranolol	Propranolol tabl.	10 mg	1 op./1 package
57.	Salbutamolum	Steri-Neb Salamol do nebulizacji/ Steri-Neb Salamol for nebulisation	2,5 mg/2,5 ml	2 op. (40 amp.)/2 packages (40 amp.)
58.	Spasmalgon	Spasmalgon	prep. złożony/ combined preparation	2 op. (20 amp.)/2 packages (20 amp.)
59.	Suxamethonium	Chlorsuccillin	200 mg	2 fiolki/2 vials
60.	Tramadol	Poltram	100 mg/2 ml	1 op. (5 amp.)/1 package (5 amp.)
61.	Urapidilum	Ebrantil	5 mg/5 ml	1 op. (5 amp.)/1 package (5 amp.)
62.	Wekuronium	Norcuron	4 mg	2 amp.
63.	Paski do glukometru/ Glucose meter test strips			2 op. (100 szt.)/2 packages (100 pcs)
64.	Tlen medyczny/ Medical oxygen			10 litrów/10 litres

PŁYNY INFUZYJNE/INFUSION FLUIDS			
Lp./ No.	**Nazwa/Name**	**Pojemność/ Volume**	**Wymagana ilość minimalna/ Required minimum quantity**
1.	Gelofusine	500 ml	5 szt./5 pcs
2.	Glucosum 5%	100 ml 250 ml 500 ml	10 szt./10 pcs 10 szt./10 pcs 10 szt./10 pcs
3.	Hydroksyetyloskrobia 10%	500 ml	5 szt./5 pcs
4.	Mannitol 20%	250 ml	2 szt./2pcs
5.	Natrium chloratum isotonicum	250 ml 500 ml	10 szt./10 pcs 10 szt./10 pcs
6.	Płyn fizjologiczny wieloelektrolitowy izotoniczny/ Physiological multi-electrolyte isotonic fluid	250 ml 500 ml	10 szt./10 pcs 10 szt./10 pcs
7.	Solutio Ringeri	250 ml	10 szt./10 pcs
8.	Theophyllinum	250 ml	2 szt./2 pcs

Źródło: Załącznik nr 4 do planu zabezpieczenia medycznego Światowe Dni Młodzieży Kraków 2016.
Source: Appendix 4 to the Medical Safety Plan World Youth Day Krakow 2016.

Zespoły wyjazdowe działały w standardzie zespołu typu „P" lub „S" systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM). Ich zadaniem było udzielanie pomocy medycznej w miejscu zdarzenia oraz ewentualny transport pacjenta do wskazanego szpitala.

W trakcie Światowych Dni Młodzieży liczba namiotów szpitalnych pełniących dyżury w miejscach głównych uroczystości (Błonia krakowskie i Brzegi) była zmienna. I tak 26 lipca na Błoniach (rozpoczęcie ŚDM oraz msza święta pod przewodnictwem kardynała Stanisława Dziwisza) od godziny 14:00

Dispatch medical teams operated using "P"-standard (basic) ambulances or "S"-standard (specialised) ambulances, as applicable in the Polish system of Emergency Medical Services (PRM). They were tasked with providing medical support on the event site, and, if necessary, transporting patients to hospitals as instructed.

The number of medical tents on call on the main sites of World Youth Day (Błonia Park and Brzegi) varied. On 26 July (the inauguration of WYD and Holy Mass celebrated by Cardinal Stanisław Dziwisz), starting from 2:00 p.m., a total of 6 medical

 ISSN 1895-8443

funkcjonowało 6 namiotów szpitalnych, w tym 2 dyżurowały całodobowo. Następnego dnia na Błoniach (Festiwal Młodych) całodobowo pracowały dwa namioty szpitalne. Kolejnego dnia, tj. 28 lipca, podczas uroczystości związanych z powitaniem papieża Franciszka na Błoniach pracowało 8 namiotów szpitalnych (w tym dwa dyżurowały całodobowo). Z kolei 29 lipca w trakcie uroczystości na Błoniach funkcjonowało 10 namiotów szpitalnych (w tym dwa pracowały całodobowo). Podczas ostatnich dwóch dni (30 i 31 lipca) uroczystości w Brzegach były zabezpieczane przez 17 namiotów szpitalnych [2].

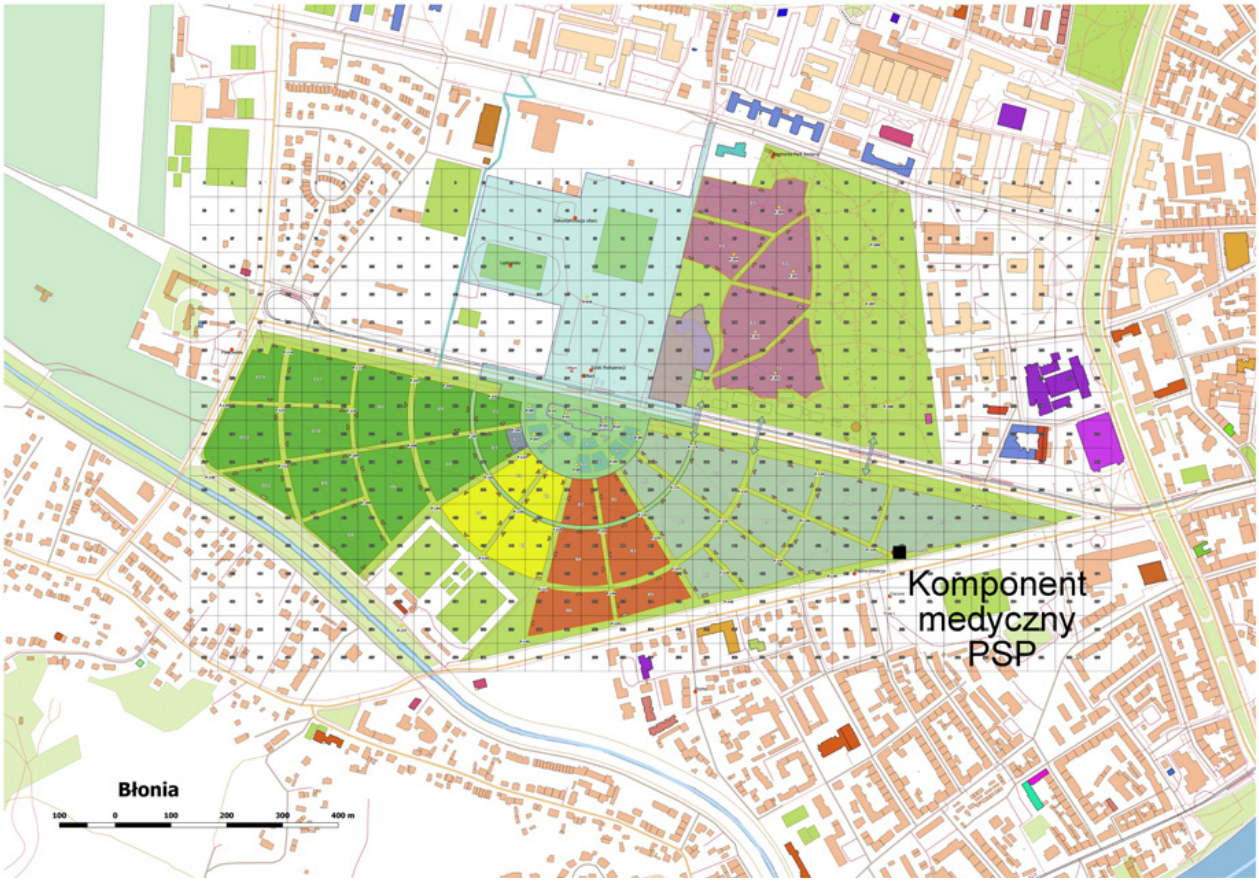
Komponent Medyczny PSP – lokalizacja

W trakcie Światowych Dni Młodzieży Państwowa Straż Pożarna poza zabezpieczeniem w zakresie ochrony przeciwpożarowej miała także zupełnie nowe zadanie polegające na wystawieniu i obsłudze Komponentu Medycznego Państwowej Straży Pożarnej, będącego jednym z namiotów szpitalnych zabezpieczających odbywające się uroczystości. Komponent pełnił swoją funkcję non stop (z przerwą na dyslokację z Błoni krakowskich do Brzegów), od godziny 14:00 26 lipca do późnych godzin popołudniowych 31 lipca. Na Błoniach KOMED PSP znajdował się w sektorze A10, a w Brzegach – w sektorze F5 (ryc. 1 i 2) [2].

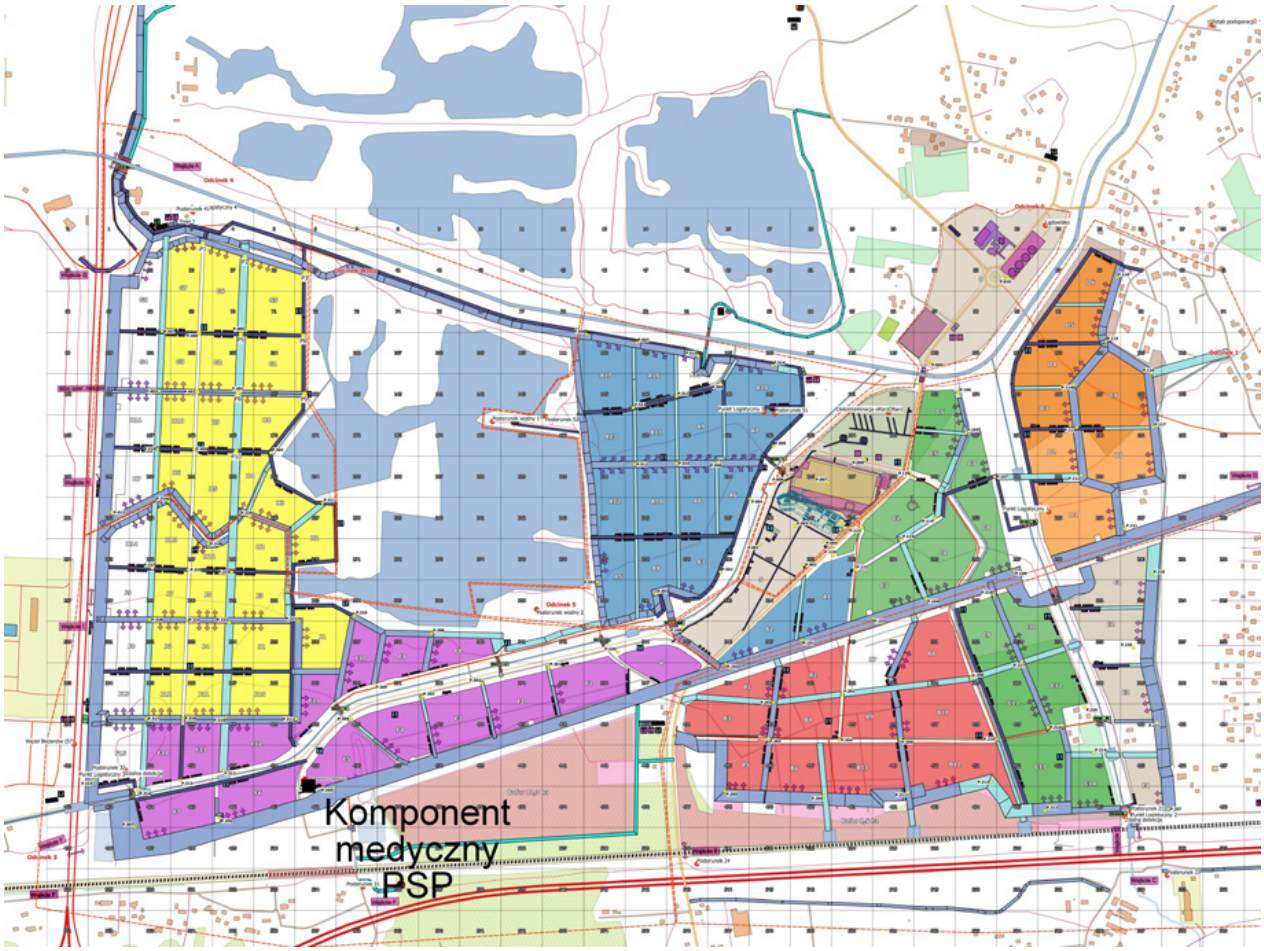
tents, including two on 24-hour call, were on duty in Blonie Park. On the next day in Blonie Park (the Youth Festival), two medical tents were on 24/7 call. A day later, on 28 July, a total of 8 medical tents were on duty in Blonie Park during the welcome celebrations for Pope Francis (including two on 24/7 call). On 29 July, during further celebrations in Blonie Park, a total of 10 medical tents were set up (including two on 24/7 call). During the last two days (30 and 31 July) in Brzegi, medical safety was ensured by 17 medical tents [2].

The Medical Component of the State Fire Service – location

During World Youth Day, in addition to providing fire protection, the State Fire Service was assigned with a completely new task, which involved setting up and operating the Medical Component of the State Fire Service. This Medical Component was one of the medical tents on duty during the event. The Component was on duty 24/7 (except for time off to relocate from Blonie Park to Brzegi) starting from 26 July, 2:00 p.m., to late afternoon on 31 July. The KOMED PSP in Blonie Park was located in sector A10, and in Brzegi in sector F5 (Fig. 1, 2) [2].



Rycina 1. Lokalizacja KOMED PSP na Błoniach krakowskich [2]
Figure 1. The KOMED PSP location in Blonie Park [2]



Rycina 2. Lokalizacja KOMED PSP w Brzegach [2]

Figure 2. KOMED PSP location in Brzegi [2]

Podstawowym zadaniem namiotów szpitalnych, w tym KOMED PSP, było udzielanie doraźnej pomocy uczestnikom uroczystości, tak by przede wszystkim nie dopuścić do przeniesienia nadmiernej liczby osób poszkodowanych do Szpitalnego Oddziału Ratunkowego (SOR). KOMED PSP spełniał wszystkie wymagania stawiane przez organizatora oraz miał inny dodatkowy sprzęt niezbędny do właściwego funkcjonowania.

The core task of the medical tents, including the KOMED PSP tent, was to provide emergency support to event participants, in order to prevent too many patients from being transported to the Hospital Emergency Department (SOR). The KOMED PSP complied with all the requirements set by the organiser and had other, additional, equipment required to respond properly.

Komponent Medyczny PSP – wyposażenie

KOMED PSP [3] składa się z połączonych ze sobą i tworzących całość namiotów pneumatycznych, w tym z:

- namiotu TRIAGE o powierzchni ok. 20 m^2, w którym znajdowały się: materiały niezbędne do prowadzenia dokumentacji, sprzęt komputerowy z dostępem do Internetu, sprzęt łącznościowy, a także jedno stanowisko do oceny stanu poszkodowanego;
- namiotu reanimacyjnego o powierzchni ok. 40 m^2 obejmującego 2 w pełni monitorowane stanowiska wyposażone między innymi w: 2 defibrylatory, respirator, ssak elektryczny, pompę infuzyjną, aparat USG oraz analizator parametrów krytycznych;

The Medical Component of the State Fire Service – equipment

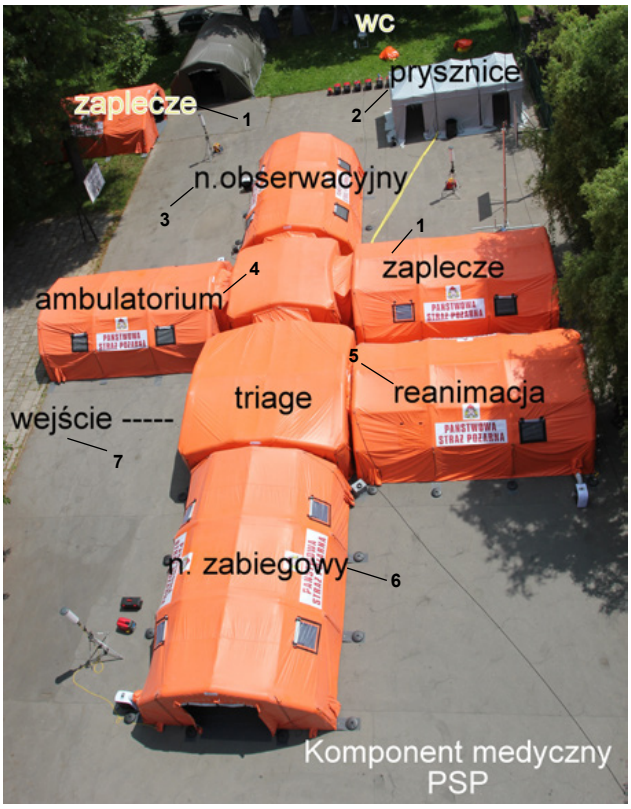
The Medical Component of the State Fire Services (KOMED PSP) [3] comprised pneumatic tents interconnected into a single unit, including:

- the TRIAGE tent, with an area of 20 m^2, which contained materials for keeping records, computer equipment with Internet access, communications equipment, and one facility to assess patients' condition;
- a resuscitation tent, with an area of about 40 m^2, including two fully monitored facilities equipped with 2 defibrillators, a respirator, an aspirator, an infusion pump, an ultrasound machine, and a critical parameters analyser;

ISSN 1895-8443

- namiotu zabiegowego o powierzchni ok. 40 m², w którym znajdowały się 4 stanowiska do prowadzenia medycznych czynności ratunkowych z możliwością zaopatrzenia drobnych obrażeń (np. szycie rany), wyposażone w zestawy do monitorowania funkcji życiowych;
- namiotu obserwacyjnego o powierzchni ok. 40 m² z 10 stanowiskami do obserwacji pacjenta i monitorowania jego stanu, dodatkowo wyposażonymi w defibrylator typu AED;
- namiotu-ambulatorium o powierzchni ok. 40 m², w którym były 2 stanowiska do badania pacjentów z drobnymi obrażeniami i dolegliwościami zdrowotnymi, a także poczekalnia;
- namiotu-magazynu o powierzchni ok. 40 m², w którym znajdowały się leki (niewymagające przechowywania w lodówce), środki opatrunkowe oraz sprzęt. Dodatkowym miejscem, w którym znajdowały się leki (te wymagające przechowywania w lodówce i zamknięcia) oraz sprzęt, był kontener;
- namiotu operacyjno-technicznego o powierzchni ok. 40 m², wyposażonego między innymi w sprzęt biurowy i zestaw łączności, przeznaczonego dla członków zespołu dowodzenia i zarządzania działaniami ratownictwa medycznego;
- namiotu łącznikowego o powierzchni ok. 25 m² łączącego poszczególne elementy KOMED PSP.

- an intervention tent, with an area of 40 m², which contained 4 facilities to provide emergency medical services, with an option to attend to minor injuries (e.g. stitching), equipped with life monitoring units;
- a monitoring tent, with an area of 40 m², with 10 facilities to monitor patients and their condition, additionally equipped with an AED defibrillator
- an outpatient treatment tent, with an area of 40 m², which contained 2 facilities to examine patients with minor injuries and health trouble, including a waiting room;
- a storage tent, with an area of 40 m², which contained medication (not requiring refrigerated storage), dressing products and equipment. A container was additionally used to store medication (those requiring refrigerated storage and closure) and equipment.
- an operational & technical tent, with an area of 40 m², equipped with office equipment and a communications unit for the members of medical-rescue command and management.
- a liaison tent, with an area of 25 m², which connected individual elements of the Medical Component of the State Fire Services.



Rycina 3. Struktura KOMED PSP

Figure 3. The structure of the KOMED PSP (the Medical Component of the State Fire Service: 1 – auxiliary facilities; 2 – showers; 3 – monitoring tent; 4 – outpatient tent; 5 – resuscitation; 6 – intervention tent; 7 – entry)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Dodatkowo w czasie uroczystości w Brzegach rozłożony został namiot dekontaminacyjny. W skład zaplecza logistycznego wchodziły: namiot logistyczny, namiot sypialny dla personelu, zestaw sanitarny oraz zestaw do utrzymania higieny osobistej.

Każde z pomieszczeń było wyposażone w oświetlenie zasilane elektrycznie agregatami znajdującymi się w kontenerze oraz w nagrzewnicę z funkcją klimatyzatora używaną w zależności od panujących warunków.

Namioty oraz wszystkie elementy medyczne wyposażenia KOMED PSP w całości mieszczą się w kontenerze, co umożliwia szybkie przemieszczanie zestawu. Na co dzień kontener stacjonuje w Szkole Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie.

Additionally, during the celebrations in Brzegi, a decontamination tent was set up. The logistics infrastructure included a logistics tent, a personnel sleeping tent, a sanitary unit and a personal-hygiene kit.

Each room was fitted with electric lighting powered by power generating units in the container and a heater-air conditioner to ensure appropriate temperature depending on the conditions.

The tents and all medical pieces of KOMED PSP's equipment were all located in the container to facilitate the fast relocation of the unit. Normally, the container is stationed in the State Fire Service Warranty Officers' School, Krakow.

Rycina 4. Kontener transportowy KOMED PSP
Figure 4. Transport container of the KOMED PSP
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Komponent Medyczny PSP – obsada osobowa

W KOMED PSP – przy maksymalnej obsadzie – jednocześnie służbę pełniło 14 funkcjonariuszy PSP, w tym: 10 ratowników medycznych, 1 lekarz na dyżurze 24-godzinnym a drugi na 16-godzinnym, 2 osoby odpowiedzialne za logistykę i 2 pielęgniarki ze Szpitala Specjalistycznego im. Stefana Żeromskiego. Służba odbywała się w systemie 24/24. Dodatkowym wsparciem dla funkcjonowania komponentu był personel medyczny (lekarz oraz pielęgniarka) z wyżej wspomnianego szpitala. Gotowość do pracy KOMED PSP osiągnął w ciągu 2 godzin od chwili wyznaczenia miejsca stacjonowania. Ratownicy pełnili służbę w dwuosobowych zespołach w każdej z części komponentu. Na Błoniach służba była pełniona w systemie 24/24, a w Brzegach – przez 36 godzin z możliwością robienia przerw na wypoczynek w części logistycznej.

The Medical Component of the State Fire Service – personnel

At times of maximum staffing, a total of 14 State Fire Service (PSP) officers were on duty, including 10 paramedics, one doctor on 24-hour call and one doctor on 16-hour-call, and two logisticians and two nurses from the Stefan Żeromski Specialised Hospital. The services were provided on a 24/24 basis. Medical personnel (a doctor and a nurse) from the aforementioned hospital provided additional support to the Component. KOMED PSP became fully operational within two hours from when its location was designated. The paramedics and rescuers worked in two-person teams in each part of the Component. In Blonie Park service was provided on a 24/24 basis, and in Brzegi for 36 hours, with an option to take time off to rest in the logistics section.

ISSN 1895-8443

Komponent Medyczny PSP – logistyka

W ramach KOMED PSP pracowała pięcioosobowa grupa zabezpieczenia logistycznego odpowiedzialna za rozstawienie i prawidłowe funkcjonowanie namiotów medycznych, socjalnych i sanitariatów. Komponent ma własne zasilanie w energię elektryczną, układ zapewniający wodę do mycia, klimatyzatory, lodówki oraz zaplecze sanitarne. KOMED PSP jest samowystarczalny. Posiłki stanowiły hermetycznie zapakowane zestawy stosowane m.in. przez jednostki PSP podczas długotrwałych działań.

The Medical Component of the State Fire Service – logistics

A five-person logistics support team worked within KOMED PSP, being responsible for setting up and ensuring the proper operation of the medical, rest and sanitary tents. The Unit had its own power supply, a system to supply cleaning water, air conditioners, refrigerators and sanitary facilities. KOMED PSP wass self-sufficient. Meals were provided as air-tight meal sets used, among others, by the State Fire Service units during lengthy operations.

Komponent Medyczny PSP – działanie w trakcie ŚDM Kraków 2016

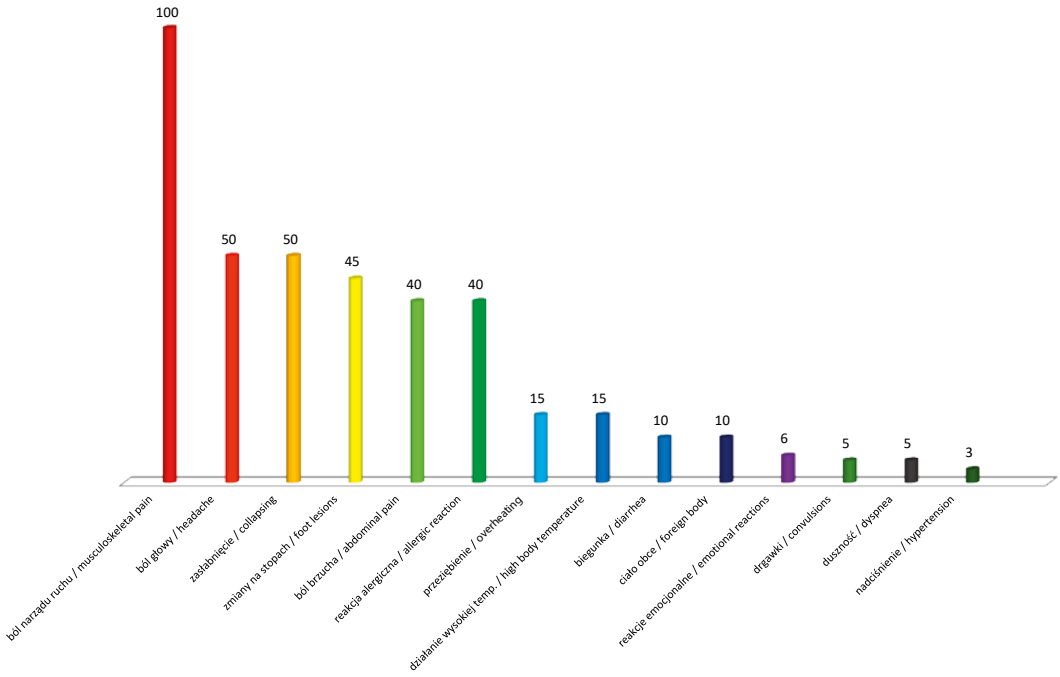
Swoją gotowość KOMED PSP zgłosił 26 lipca 2016 r. o godz. 14.00. Do załogi namiotu TRIAGE dołączyli studenci ratownictwa medycznego odpowiedzialni za łączność z KPR i dysponowanie karetek. Łączność ze sztabem PSP utrzymywał oficer zabezpieczenia logistycznego.

Główne przyczyny zgłaszania się pacjentów do KOMED PSP przedstawiono na rycinie 5.

The Medical Component of the State Fire Service – operations during WYD Krakow 2016

The Medical Component reported ready for operations on 26 July 2016 at 2:00 p.m. The TRIAGE tent crew was joined by students of emergency medicine responsible for liaising with the Emergency Medical Service (KPR) and dispatching ambulances. The logistics officer was responsible for liaising with the State Fire Service staff.

Figure 5 illustrates the main reasons why patients went into the Medical Component.



Rycina 5. Główne przyczyny zgłaszania się pacjentów do KOMED PSP
Figure 5. The main reasons for patients' reporting to the Medical Component
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Osoby potrzebujące pomocy zgłaszały się samodzielnie albo były przynoszone przez patrole lub przywożone przez ZRM. Aby można było łatwo zebrać wywiad medyczny, na potrzeby ŚDM została opracowana – w kilku językach – *Ankieta dla pacjenta* (ryc. 6).

Those who needed help went to the Medical Component by themselves or were escorted by patrols, or transported to the site by medical rescue teams. To make it easier to take the medical history, a *Patient Questionnaire* (Figure 6) was developed specifically for WYD in a number of language versions.

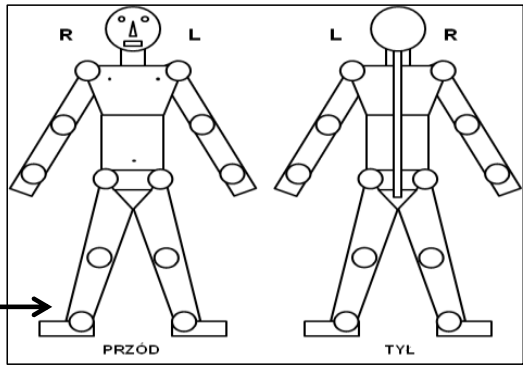
KARTĘ WYPEŁNIJ DRUKOWANYMI LITERAMI (WYPEŁNIA PACJENT LUB OPIEKUN)

Nr punktu stałego / namiotu:.....
Wydarzenie:.....
Data:.....

POLAND

IMIĘ :..... NAZWISKO :.....
KRAJ :..... DATA URODZENIA :..... PŁEĆ: K ☐ M☐

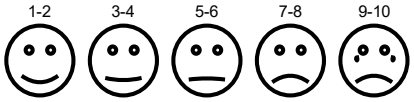
Podaj Twoje dolegliwości
- ❑ Zasłabnięcie/Omdlenie
- ❑ Wymioty
- ❑ Nudności
- ❑ Zawroty głowy
- ❑ Biegunka
- ❑ Duszność/trudności w oddychaniu
- ❑ Kołatanie serca
- ❑ Ból w klatce piersiowej
- ❑ Uraz



Czy odczuwasz ból?
- ❑ Brak bólu
- ❑ Piekący
- ❑ Gniotący
- ❑ Kłujący
- ❑ Przeszywający
- ❑ Skurczowy (nawracający)
- ❑ Ciągły

Zaznacz na postaci obok gdzie Cię boli

Jak bardzo Cię boli?
(oceń w skali 1-10 lub zaznacz na rysunku)



Alergie / Uczulenia
- ❑ Przeciwbólowe *aspiryna, ibuprofen, ketoprofen, metamizol, paracetamol, morfina, inne*
- ❑ Antybiotyki
- ❑ Inne leki (jakie) .....
- ❑ Inne uczulenia .....
- ❑ Brak uczuleń

Przebyte choroby
- ❑ Choroby serca
- ❑ Zaburzenia rytmu serca
- ❑ Nadciśnienie tętnicze
- ❑ Astma/POChP
- ❑ Cukrzyca
- ❑ Padaczka
- ❑ Inne choroby neurologiczne
- ❑ Choroba nowotworowa
- ❑ Zaburzenia krzepnięcia krwi
- ❑ Choroba nerek
- ❑ Choroby przewodu pokarmowego
- ❑ Choroby zakaźne
- ❑ Inne

Zażywane leki na stałe lub doraźnie
- ❑ Leki na serce
- ❑ Leki na nadciśnienie
- ❑ Leki na cukrzycę
- ❑ Leki na astmę/choroby płuc
- ❑ Leki przeciwbólowe
- ❑ Leki przeciwpadaczkowe
- ❑ Leki uspokajające
- ❑ Leki psychiatryczne
- ❑ Nie zażywam leków

Czy masz leki przy sobie? Jeżeli tak to pokaż.

Czy jesteś w ciąży lub czy możliwe jest abyś była w ciąży?

☐ **TAK** ☐ **NIE**

Ostatnio spożywany posiłek lub płyny

Kiedy ostatni raz jadłeś lub piłeś?
.....
Co jadłeś i piłeś? .....
.....

Czy piłeś alkohol?
☐ **TAK** ☐ **NIE**

Czy zażywałeś narkotyki/środki psychoaktywne?
☐ **TAK** ☐ **NIE**

Numer telefonu do osoby posługującej się językiem polskim lub angielskim (z numerem kierunkowym kraju)
(+.....).....

Rycina 6. Ankieta dla pacjenta [2]

Za dokumentację medyczną służyła samokopiująca się *Karta informacyjna KPP/MCR* (ryc. 7), wypełniana przez osoby wchodzące w skład poszczególnych szczebli zabezpieczenia medycznego. Wraz z pacjentem jedna z kopii karty trafiała do SOR.

A self-copying Discharge Summary KPP/MCR served as medical documentation (Fig. 7). The Discharge Summary was filled in by members of the personnel of the individual medical safety services. All patients sent to the Hospital Emergency Department (SOR) received of a copy of their Discharge Summary.

ISSN 1895-8443

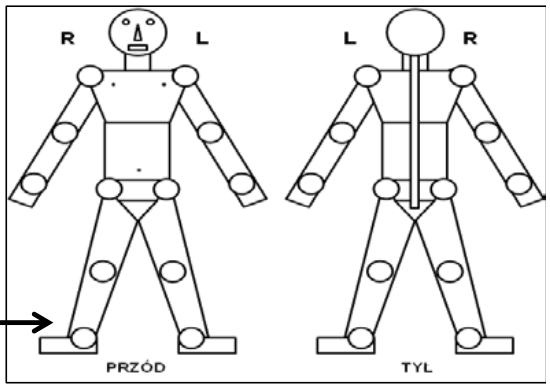
PLEASE PRINT (FILLED IN BY THE PATIENT OR THEIR CARER)

Permanent medical centre /tent No.:……
Event:……
Date:……

POLAND

FIRST NAME :…… LAST NAME :……
COUNTRY :…… DOB :…… SEX: F M ☐ ☐

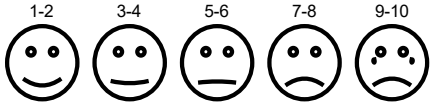
Your complaints
- ❑ Collapsing/Fainting
- ❑ Vomiting
- ❑ Nauseua
- ❑ Dizziness
- ❑ Diarrhea
- ❑ Breathlessness/difficulty breathing
- ❑ Palpitation
- ❑ Chest pain
- ❑ Injury



Are you in pain?
- ❑ No pain
- ❑ Burning
- ❑ Crushing
- ❑ Stabbing
- ❑ Shooting
- ❑ Cramping (recurring)
- ❑ Constant

Locate your pain on the figure

How much are you in pain?
(on a scale of 1-10, or mark one of the faces below)



Allergies
- ❑ Painkillers *aspirine, ibuprofen, ketoprofen, metamizol, paracetamol, morphine, other*
- ❑ Antibiotics
- ❑ Other drugs (specify) ……
- ❑ Other allergies ……
- ❑ No allergies

Pre-existing conditions
- ❑ Heart diseases
- ❑ Heart rythm disorders
- ❑ Hypertension
- ❑ Asthma/COPD
- ❑ Diabetes
- ❑ Epilepsy
- ❑ Other neurological diseases
- ❑ Cancer
- ❑ Hemophilia
- ❑ Kidney disease
- ❑ Gastrointenstinal diseases
- ❑ Infectious disease
- ❑ Other

Permanent or as-needed medication
- ❑ Heart medication
- ❑ Hypertension medication
- ❑ Diabetes medication
- ❑ Asthma / lung medication
- ❑ Painkillers
- ❑ Epilepsy medication
- ❑ Sedatives
- ❑ Psychiatric medication
- ❑ I don't take any medication

Do you have any medication with you? If so, please show it.

Are you pregnant or is it probable that your pregnant?

☐ **YES** ☐ **NO**

Last meal

When did you last eat or drink?
……
What did you eat or drink?
……

Did your drink alcolo?
☐ **YES** ☐ **NO**

Did you use psychoactive substances?
☐ **YES** ☐ **NO**

Phone number to a person speaking Polish or English (including country calling number)
(+……..)……..

Figure 6. Patient questionnaire [2]

Wydarzenie:…….. **KARTA INFORMACYJNA KPP/MCR** Data:……..

Nr patrolu pieszego / punktu stałego:……

Imię:…… Nazwisko:……
Kraj:……..... Data urodzenia:…….. PŁEĆ: K ☐ M ☐

Świadomość: **A V P U** | Częstość oddechów /min: …… Duszność ☐ Sinica ☐ Bezdech ☐ | SpO_2…… .%

Tętno /min:…… Miarowe ☐ Niemiarowe ☐ | CTK: ……../…..… mmHg

WYWIAD / OBJAWY:	**POSTĘPOWANIE:**

Podpis / pieczęć kierownika patrolu / punktu stałego

Nr namiotu / ZRM……

PARAMETR	Czas:……	Czas……
AVPU / GCS		
Częst. oddechów	/min	/min
Tętno	/min	/min
CTK		
SpO		
Glikemia (mg%)		
Temperatura		

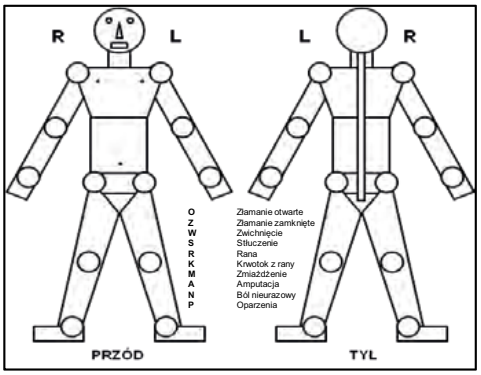
Szmery oddechowe
☐ Prawidłowy
☐ Świsty
☐ Furczenia
☐ Trzeszczenia
☐ Rzężenia
☐ Brak
☐ Inny

Tony serca
☐ Czyste, głośne
☐ Ściszone
☐ Brak

Jama brzuszna
☐ W normie
☐ Bol. Palpacyjna
☐ Brak perystalt.
☐ Obj. otrzewn.

Źrenice
P
☐ Wąska
☐ Prawidłowa
☐ Szeroka
☐ Reaktywna
☐ Niereaktywna
L
☐ Wąska
☐ Prawidłowa
☐ Szeroka
☐ Reaktywna
☐ Niereaktywna

Skóra
☐ W normie
☐ Mokra
☐ Blada
☐ Zimna



☐ Odsysanie
☐ NG
☐ UG
☐ LMA rozm: ……
☐ LT-D rozm: ……
☐ Intubacja rozm: ……

Tlenoterapia
☐ Wąsy L/min……
☐ Maska L/min……..
☐ Went. workiem
Respirator
☐ CMV
☐ SIMV
☐ Inne
☐ PEEP……..
FiO_2……..
Obj. oddechowa……..
Częstość……..
☐ **Odbarczenie odmy prężnej**
☐ **Opatrunek Ashermana**

☐ Defibrylacja……..
☐ Kardiowersja……..
☐ Stymulacja……

EKG 12 odpr.
☐ Rytm zatokowy
☐ SVT
☐ VT
☐ VF
☐ Asystolia
☐ PEA
☐ AF
☐ OZW……

☐ Dostęp IV……..
☐ Dostęp IO……..

OPARZENIA
I° ……....%
II°……%
III°……%

Ciąża
☐ Tak
☐ Nie
Poród
☐ Tak
☐ Nie

☐ Opatrunek
☐ Unieruchomienie
☐ Monitorowanie
☐ Cewnikowanie
☐ Inne……..

	LEK	**CZAS**	**DAWKA/ DROGA PODANIA**
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

OPIS:

ROZPOZNANIE:

Podpis / pieczęć kierownika namiotu / ZRM

Kryptonim ZRM……

Transport do:

Czynności wykonane podczas transportu:

Podpis / pieczęć kierownika ZRM

Pieczęć SOR / CU / Oddz. Spec.

Podpis / pieczęć lekarza dyżurnego SOR / CU / Oddz. Spec.

Czas przekazania pacjenta:

Rycina 7. Karta Informacyjna KPP/MCR [2]

ISSN 1895-8443

Event:..... **DISCHARGE SUMMARY KPP/MCR** Date:.....

Foot patrol / permanent medical centre No.:.....

First Name:..... Last Name:.....
Country:..... DOB:..... SEX: F ☐ M☐

Responsiveness: **A V P U** | Respiratory rate /min: ..... Dyspnoea ☐ Cyanosis ☐ Apnea ☐ | SpO_2..... .%

Pulse /min:..... Regular ☐ Irregular ☐ | CTK: ...../..... mmHg

MEDICAL HISTORY / SYMPTOMS/SIGNS:	**PROCEDURE:**

Signature / stamp of the head of the patrol / permanent medical centre

Tent / Emergency Team No.....

VITAL SIGN	Time:.....	Time.....
AVPU / GCS		
Respiratory rate	/min	/min
Pulse	/min	/min
CTK		
SpO		
Blood Sugar(mg%)		
Temperature		

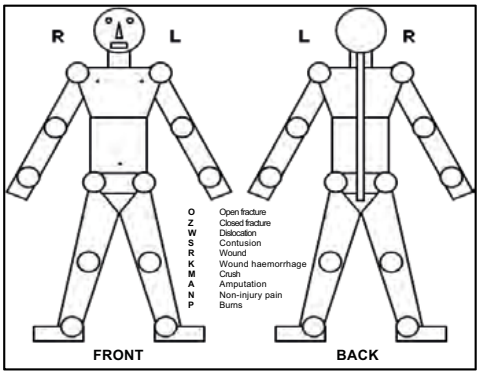
Respiratory sounds
☐ Normal
☐ Wheezes
☐ Rhonchi
☐ Fine crackles
☐ Coarse crackles
☐ No sounds
☐ Other

Heart sounds
☐ Normal, loud
☐ Silent
☐ No sounds

Abdominal cavity
☐ Normal
☐ Pain with palpation
☐ No peristaltis
☐ Peritoneal signs

Pupils
P
☐ Narrow
☐ Normal
☐ Wide
☐ Responsive
☐ Non-responsive
L
☐ Narrow
☐ Normal
☐ Wide
☐ Responsive
☐ Non-responsive

Skin
☐ Normal
☐ Wet
☐ Pale
☐ Cold



☐ Ejection
☐ NG
☐ UG
☐ LMA size: .....
☐ LT-D size: .....
☐ Intubation size: .....

Oxygen therapy
☐ Nasal Cannula L/min.....
☐ Face mask L/min.....
☐ Reservoir bag
Respirator
☐ CMV
☐ SIMV
☐ Inne
☐ PEEP.....
FiO_2.....
Tidal volume.....
Rate.....
☐ **Aspiration of tension pneumothorax**
☐ **Asherman chest seal**

☐ Defibrillation.....
☐ Cardioversion.....
☐ Stimulation.....

12-LEAD ECG
☐ Sinus rhythm
☐ SVT
☐ VT
☐ VF
☐ Asystole
☐ PEA
☐ AF
☐ OZW.....

☐ IV access.....
☐ IO access.....

BURNS
I° .....%
II°.....%
III°.....%

Pregnancy
☐ Yes
☐ No
Birth
☐ Yes
☐ No

☐ Dressing
☐ Immobilisation
☐ Monitoring
☐ Catheterisation
☐ Other.....

MEDICATION		**TIME**	**DOSE/ ROUTE OF ADMINISTRATION**
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

DESCRIPTION:

DIAGNOSIS:

Signature / stamp of the head of the tent / Emergency Team

Codename of the Emergency Team.....

Measures taken during transport:

Signature / stamp the head of the Emergency Team

Transport to:

Signature of the Emergency Hospital Department / Trauma Centre / Specialised Department

Signature / stamp of the doctor on duty at the Emergency Hospital Department / Trauma Centre / Specialised Department

Patient handover time:

Figure 7. The KPP/MCR Discharge Summary [2]

Osoba poszkodowana w pierwszej kolejności trafiała do części TRIAGE, gdzie oceniano jej podstawowe parametry fizjologiczne według schematu ABC (CTK, temperatura, AS, SpO_2 itp.), rejestrowano dane osobowe i podejmowano decyzję, gdzie nastąpi dalsze leczenie. Zbieranie wywiadu ułatwiała wspomniana już *Ankieta dla pacjenta*.

Osobę w stanie ciężkim, np. z ostrą dusznością czy atakiem padaczki, przekazywano zespołowi ratowniczemu do namiotu resuscytacyjnego. Zaopatrywaniem obrażeń i krwawień oraz drobnymi zabiegami chirurgicznymi zajmowano się w namiocie zabiegowym sąsiadującym bezpośrednio z częścią TRIAGE. Osoby wymagające przetoczenia płynów bądź dłuższej obserwacji przemieszczano do namiotu obserwacyjnego.

Po ustąpieniu dolegliwości osoby poszkodowane były wypisywane i mogły dalej uczestniczyć w spotkaniach i uroczystościach związanych z ŚDM. Wśród osób poszkodowanych było 93% pacjentów, którym udzielono pomocy w KOMED. Pozostałe 7% pacjentów z uwagi na brak poprawy zostało przekazanych zespołom PRM. W czasie pracy komponentu pomocy udzielono łącznie 388 poszkodowanym z 44 państw.

Dokumentacja, którą ratownicy prowadzili w namiocie TRIAGE, za pomocą łącza internetowego była na bieżąco przesyłana do sztabu PSP.

Funkcjonariusze pełniący służbę w KOMED PSP za pośrednictwem sztabu oraz łączników ściśle współpracowali z instytucjami odpowiedzialnym za zabezpieczenie medyczne ŚDM, w tym z: Krakowskim Pogotowiem Ratunkowym, patrolami Górskiego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego i Policją.

First, patients were referred to the TRIAGE tent, where their vital signs were checked (ABC – blood pressure, temperature, pulse, SpO_2, etc.), personal details taken, and decisions made on when to proceed with further treatment. Medical-history taking was facilitated by the *Patient Questionnaire*. .

Patients in a critical condition, such as acute dyspnea or epileptic seizure, were attended to by the paramedics team in the resuscitation tent. Injuries and bleedings, and minor surgical interventions, were attended to in the intervention tent adjacent to the TRIAGE tent. Patients requiring transfusion or longer monitoring were relocated to the monitoring tent.

Once the symptoms were gone, patients were discharged and could continue participating in WYD meetings and celebrations. 93% of all patients received medical attention at the Medical Component. The remaining 7% of the patients were referred to State Emergency Medical Service teams. The Component provided medical help to a total of 388 patients from 44 countries.

The documentation kept online by paramedics in the TRIAGE tent was forwarded on an ongoing basis to the State Fire Service staff.

Through the staff and liaison officers, the officers on duty in the Medical Component cooperated closely with the institutions responsible for medical safety at WYD, including with the Krakow Emergency Medical Service, the Mountain Volunteer Search and Rescue, and the Police.

Wnioski

Komponent Medyczny PSP był silnym wsparciem dla organizowanego na potrzeby ŚDM zabezpieczenia medycznego. W trakcie uroczystości nie doszło do groźnych incydentów, dlatego też przygotowane zabezpieczenie medyczne pozwalało na planowe udzielanie pomocy poszkodowanym. KOMED PSP był dobrym zapleczem, gotowym do przyjęcia jednocześnie kilkunastu poszkodowanych oraz zastosowania leczenia u ok. 20 chorych. Nadal będą kontynuowane prace nad umiejscowieniem KOMED PSP w systemie ratowniczym kraju.

Conclusions

The Medical Component of the State Fire Services provided strong support to the WYD's medical safety services. There were no dangerous incidents during the event, so medical services could be provided to the patients as planned. The Medical Component of the State Fire Services ensured good backup, was prepared to admit more than a dozen patients, and treat about 20 at the same time. The work to include the Medical Component in Poland's emergency system will be continued.

Literatura/Literature

[1] *Brzegi: 1,5–2 mln pielgrzymów na Mszy św. Posłania*, http://niedziela.pl/artykul/23863/Brzegi-15-2-mln-pielgrzymow-na-Mszy-sw, [dostęp: 21.09.2016].

[2] Plan zabezpieczenia medycznego ŚDM Kraków 2016, (PRM).

[3] Plan zabezpieczenia operacyjnego ŚDM Kraków 2016, (PSP).

[4] *ŚDM Kraków 2016 w liczbach*, http://wiadomosci.onet.pl/kraj/sdm-2016-podsumowanie-i-najwazniejsze-liczby/0120e7 [dostęp: 21.09.2016].

[5] *Program ŚDM*, www.krakow2016.com/program [dostęp: 21.09.2016].

[6] *Światowe Dni Młodzieży, podsumowanie* http://www.kpr.med.pl/index.php/id-18/?a=gallery&id=322[dostęp: 21.09.2016].

ISSN 1895-8443

MŁ. BRYG. DR N. MED. MARIUSZ CHOMONCIK – specjalista anestezjologii i intensywnej terapii. Jest koordynatorem ratownictwa medycznego w Szkole Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie. Ponadto pracuje jako wykładowca w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu. Podczas Światowych Dni Młodzieży był dowódcą Komponentu Medycznego Państwowej Straży Pożarnej.

BRYG. LEK. JACEK NITECKI – jeden z twórców ratownictwa medycznego w Państwowej Straży Pożarnej. Jest Wojewódzkim Koordynatorem Ratownictwa Medycznego w Małopolsce. Brał udział w przygotowaniu Komponentu Medycznego PSP. Ponadto jest asystentem w Zakładzie Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum w Krakowie.

KPT. MGR GRZEGORZ MICHALCZYK – Powiatowy Koordynator Państwowej Straży Pożarnej w powiecie chrzanowskim. Ratownik medyczny, aktywny inicjator działań zmierzających do podnoszenie poziomu ratownictwa medycznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym. Brał udział w przygotowaniu Komponentu Medycznego PSP.

MARIUSZ CHOMONCIK, PH.D. – Anaesthesiology and Intensive Care specialist. He is the coordinator of emergency medical services at the State Fire Service Warranty Officers' School, Krakow. Also, he works as a lecturer at the State University of Applied Sciences in Nowy Sącz. During World Youth Day, he was the Commander of the Medical Component of the State Fire Service.

JACEK NITECKI, MEDICAL PRACTITIONER – one of the founders of the emergency medical services in the State Fire Service. Jacek Nitecki is the Voivodeship Coordinator of the Emergency Medical Services in the Małopolska Region. He was involved in the setting-up of the Medical Component of the State Fire Service. Also, he is a Research-and-Teaching Assistant at the Institute of Disaster Medicine and Emergency Aid, Collegium Medicum of the Jagiellonian University, Krakow.

GRZEGORZ MICHALCZYK, M.A. – the District Coordinator of the State Fire Service in the Chrzanów district. He is an active initiator of efforts to improve emergency medical services in the Polish firefighting and rescue system. He was involved in the setting-up of the Medical Component of the State Fire Service.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

dr inż. Dorota Brzezińska[a)*], mgr inż. Renata Ollesz[a)]

[a)] *Politechnika Łódzka / Lodz University of Technology*
[*] *Autor korespondencyjny/ Corresponding author: dorota.brzezinska@p.lodz.pl*

Wentylacja oddymiająca w garażach – rozwiązania kontrowersyjnych problemów na przykładach projektowych

The Smoke Ventilation of Car Parks – Solutions to Controversial Issues Based on the Case Studies

Вентиляция дымоудаления в гаражах – решение спорных вопросов на примерах проектов

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest próba odpowiedzi na wielokrotnie stawiane przez projektantów i rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych pytania: Czy właściwe jest wydłużanie przejść ewakuacyjnych przy stosowaniu wentylacji strumieniowej? Czy występowanie w garażu dwóch kierunków ewakuacji jest w przypadku przejść ewakuacyjnych istotnym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo ludzi? Czy symulacje komputerowe mogą być wystarczającym narzędziem do oceny kryteriów bezpiecznej ewakuacji użytkowników garażu bez względu na długość przejść ewakuacyjnych wynikającą z obowiązujących przepisów? Jakie czynniki rzeczywiście decydują o skuteczności działania systemów oddymiania garaży?

Wprowadzenie: Bezpieczeństwo pożarowe w garażach, szczególnie podziemnych, jest w Polsce jednym z głównych tematów podejmowanych na wielu sympozjach i konferencjach. Szczególnie dyskusyjne są kwestie związane z oddymianiem garaży. Od wielu lat stosowane są dwa odmienne systemy oddymiania – strumieniowe i kanałowe, których skuteczność bywa różna. Projektanci, poza bezpośrednim spełnieniem obowiązujących przepisów, w celu zrealizowania i zweryfikowania systemów wentylacji pożarowej opierają się na dostępnych źródłach wiedzy technicznej oraz wynikach symulacji komputerowych. Mimo że analizy komputerowe zazwyczaj umożliwiają w danym garażu, przy zastosowaniu konkretnego systemu oddymiania, prawidłową ocenę warunków bezpiecznej ewakuacji użytkowników garażu i warunków prowadzenia działań gaśniczych, wciąż trwają dyskusje nad teoretycznymi różnicami w skuteczności działania wentylacji kanałowej i strumieniowej, szczegółowymi wymaganiami przepisów itp. Było to dla autorek motywacją do zaprezentowania niniejszego artykułu, w którym podjęto próbę odpowiedzi na najbardziej nurtujące pytania z zakresu projektowania systemów wentylacji pożarowej w garażach.

Metodologia: Artykuł opracowano na podstawie najnowszej literatury przedmiotu oraz wynikach analiz rozprzestrzeniania się dymu i ciepła (dokonanych za pomocą symulacji komputerowej *Computational Fluid Dynamics* – CFD) w przykładowych garażach podziemnych. Przedstawione wnioski są poparte wieloletnią praktyką autorek w zakresie wykonywania w Polsce analiz zabezpieczeń przeciwpożarowych z wykorzystaniem metod inżynierskich.

Wnioski: Ocena zaprezentowanych wyników symulacji komputerowych CFD pozwala stwierdzić, że obecnie obowiązujące w Polsce przepisy z zakresu ochrony przeciwpożarowej garaży są niedoskonałe. Najwłaściwszym podejściem do oceny poziomu bezpieczeństwa użytkowników garaży wydają się indywidualne analizy z wykorzystaniem metod inżynieryjnych i symulacji komputerowych. Przyglądając się obowiązującym przepisom, warto zwrócić uwagę na rozbieżności w wymaganiach stawianych w Polsce i w innych krajach. Wymagania te są znacząco różne zwłaszcza w przypadku dopuszczalnych długości przejść ewakuacyjnych. Szczególnym problemem w Polsce wydaje się brak zróżnicowania dopuszczalnych długości przejść w zależności od liczby dostępnych kierunków ewakuacji, na co w innych krajach kładzie się bardzo duży nacisk.

Słowa kluczowe: wentylacja pożarowa, wentylacja strumieniowa, przejście ewakuacyjne, CFD, symulacje komputerowe
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 18.11.2016; Zrecenzowany: 03.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu: D. Brzezińska – 70%, R. Ollesz – 30%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 130–141, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.10;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to attempt to answer controversial questions asked for many years in Poland: Is it appropriate to extend the length of exit routes when jet-fan ventilation is used? Are the two-exitway directions in the event of evacuation are an important factor affecting the safety of people? Can computer simulations be a sufficient tool to assess the safe evacuation of car-park users, regardless of the length of exitways, as prescribed in the applicable regulations? What are the factors that actually determine the effectiveness of smoke-exhaust systems in car parks?

Introduction: Fire safety in car parks, especially underground car parks, is one of the main topics of many symposia and conferences in Poland. The discussions are particularly related to their smoke-control systems. For many years, two alternative smoke-control systems – jet fans and ducts – have been competing with each other. Their effectiveness is often different. Designers, in order to achieve and verify fire-ventilation systems, rely both on

regulations and the available sources of technical knowledge and computer simulations. Although most computer analyses allow unequivocal assessment of safety conditions in a specific car park, where a duct or jet-fan ventilation system is installed, there are ongoing discussions over theoretical differences in the effectiveness of these systems, specific requirements set out in the regulations in force, etc. This controversy inspired this article and motivated its authors to answer the most important questions centred around the problem of the designing of fire-ventilation systems in car parks.
Methodology: The paper was developed based on the latest literature and the results of the authors' own CFD (Computational Fluid Dynamics) analyses of smoke and heat spread in sample underground car parks. The presented conclusions are supported by the authors' longstanding, practical experience in analyses of car-park smoke control systems, utilising engineering methods and performed all over Poland.
Conclusion: The assessment of the CFD computer simulation results presented in the article leads to the conclusion that the current Polish regulations for fire protection in car parks are inadequate. The most appropriate approach to the assessment of the level of car-park user safety is usually an individual analysis using engineering methods and computer simulations. Looking at the applicable Polish law, it is worth paying attention to how the requirements differ from those in place in other countries, particularly in the case of requirements which are significantly different, especially as regards the maximum permitted lengths of exitways. The most important problem in Poland seems to be the lack of a difference between the maximum length of exitways where there is only one exit route (one direction) and where there are more exit directions.
Keywords: smoke ventilation, jet fan systems, exit way, CFD, simulations
Type of article: review article

Received: 18.11.2016; Reviewed: 03.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: D. Brzezińska – 70%, R. Ollesz – 30%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 130–141, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.10;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является попытка ответить на часто поднимаемые дизайнерами и экспертами вопросы противопожарной защиты: Уместно ли удлинение эвакуационных выходов при использовании потоковой вентиляции? Является ли наличие двух направлений эвакуационных выходов из гаража важным фактором, влияющим на безопасность людей? Является ли компьютерное моделирование достаточным инструментом для оценки критериев безопасной эвакуации пользователей гаража, независимо от длины эвакуационных выходов, в связи с действующими нормативами? Какие факторы определяют фактическую эффективность системы дымоудаления гаражей?
Введение: Пожарная безопасность в гаражах, особенно подземных в Польше является одной из главных тем, затрагиваемых на многих симпозиумах и конференциях. Особенно часто обсуждаются вопросы, связанные с противопожарной вентиляцией гаражей. В течение многих лет используются две различные системы вентиляции – потоковая и канальная, эффективность которых бывает разной. Конструкторы, помимо непосредственного выполнения применимых правил в целях реализации и проверки систем противопожарной вентиляции опираются на доступные источники технических знаний и результаты компьютерного моделирования. Хотя компьютерный анализ, как правило, позволяет провести надлежащую оценку условий для безопасной эвакуации пользователей конкретного гаража и условий для проведения операций по пожаротушению, используя определенную систему дымоудаления, все еще обсуждаются теоретические различия эффективности потоковой и канальной вентиляций, подробных нормативных требований, и т.д. Мотивацией для авторов послужило желание представить эту статью, которая пытается ответить на самые острые вопросы проектирования противопожарных систем вентиляции в гаражах.
Методы: Статья подготовлена на основе новейшей литературы и результатов анализов распространения дыма и тепла (проведенного с помощью компьютерного моделирования *Computational Fluid Dynamics* – CFD) в типовых подземных гаражах. Представленные выводы подтверждаются многолетней практикой авторов в анализе пожарной охраны Польши с использованием инженерных методов.
Выводы: Оценка представленных результатов компьютерного моделирования CFD показывает, что нынешние польские нормативные акты в области противопожарной защиты гаражей несовершенны. Соответствующим подходом к оценке уровня безопасности пользователей гаражей является индивидуальный анализ с использованием инженерных методов и компьютерного моделирования. При оценке действующих нормативов стоит обратить внимание на различия в требованиях в Польше и в других странах. Эти требования значительно отличаются, особенно относительно максимальной длины эвакуационных выходов. Особой проблемой в Польше, как представляется, является отсутствие дифференциации допустимой длины выходов, в зависимости от количества доступных направлений эвакуации, по сравнению с другими странами, где этому уделяют большое внимание.
Ключевые слова: противопожарная вентиляция, потоковая вентиляция, эвакуационный выход, CFD, компьютерное моделирование
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 18.11.2016; Рецензирована: 03.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение вклада в создание статьи: D. Brzezińska – 70%, R. Ollesz – 30%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 130–141, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.10;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0;
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Wzrost urbanizacji przestrzennej oraz intensywny rozwój motoryzacji, jakie nastąpiły w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, wymusiły stworzenie odpowiedniej infrastruktury w postaci sieci dróg, stacji benzynowych, warsztatów itp., ale przede wszystkim w postaci odpowiedniej liczby miejsc garażowych i parkingowych. Próbie optymalnego zagospodarowania terenów inwestycyjnych pod zabudowę mieszkaniową, handlową, hotelową czy biurową towarzyszy budowa garaży wielostanowiskowych, często zamkniętych i podziemnych. Zgodnie z prawem budowlanym każdy obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części należy projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy

technicznej [1]. Wymagania te obejmują między innymi zagadnienia ochrony przeciwpożarowej. Podstawowym celem projektowania obiektów pod tym względem jest zapewnienie odpowiednich warunków ich użytkownikom w sytuacji, w której byłaby konieczna ich ewakuacja; umożliwienie skutecznego działania ekipom ratowniczo-gaśniczym oraz ochrona konstrukcji budynku [2, 3].

W tym celu w nowo powstających garażach, w przypadku gdy ich powierzchnia przekracza 1500 m^2, należy między innymi projektować skuteczne systemy wentylacji oddymiającej [4]. Podczas trwania ewakuacji, w pierwszej fazie pożaru, największym zagrożeniem jest zadymienie ograniczające widoczność, nieco później – również oddziaływanie toksycznych gazów i wysokiej temperatury wytwarzanej przez pożar [5]. Aby ograniczyć skutki ewentualnego pożaru, instalacja wentylacji oddymiającej powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie ani temperatura, które uniemożliwią bezpieczną ewakuację [2, 4].

W Polsce, ze względu na brak szczegółowych uregulowań prawnych, projektowanie systemów wentylacji pożarowej w garażach podziemnych opiera się na zasadach wiedzy technicznej [1]. Zasady te pochodzą ze standardów lub przepisów innych krajów. Szczegółowe wytyczne dotyczące systemów oddymiania garaży określa między innymi norma brytyjska BS 7346-7:2013 r. [6, 7], norma belgijska NBN S 21-208-2:2006, [8], czy norma holenderska NEN 6098:2010[9]. Na temat garaży jest mowa także w znowelizowanych w 2012 r. (na podstawie raportu z analiz pożarów samochodów [10]) przepisach nowozelandzkich [11] czy w normie amerykańskiej NFPA 88A z 2015 r. [12]. W Polsce w 2015 r. ukazały się wytyczne dotyczące projektowania systemów oddymiania w garażach, wydane przez Instytut Techniki Budowlanej (ITB) i adresowane do wszystkich uczestników procesu powstawania tych obiektów, a także do osób odpowiedzialnych za ich odbiór [13].

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje wentylacji oddymiającej: kanałową i strumieniową (bezkanałową) [3]. Zadaniem systemu kanałowego jest zapewnienie utrzymywania się dymu pod stropem pomieszczenia (stratyfikacja), co jest możliwe dzięki zastosowaniu układu kanałów wyciągowych z równomiernie rozmieszczonymi kratkami wyciągowymi w części podstropowej przestrzeni garażu. Prawidłowo zaprojektowany system wentylacji kanałowej pozwala na stabilne rozdzielenie przestrzeni z warstwą gorącego dymu, zlokalizowanej w górnej części garażu, od przestrzeni wolnej od dymu (dolnej) [14]. System strumieniowy umożliwia poziome przetłaczanie powietrza wraz z dymem i określany jest mianem wentylacji strumieniowej [3]. W przeciwieństwie do wentylacji kanałowej dym jest tu usuwany z przestrzeni garażu za pomocą co najmniej jednego punktu wyciągowego. Dym przetłaczany jest przez wentylatory strumieniowe od źródła pożaru do punktu wyciągowego, tak aby zadymienie mogło być ograniczone do możliwie najmniejszego obszaru [15]. Uruchomienie wentylatorów strumieniowych zaburza jednak gorącą warstwę dymu zgromadzonego pod stropem, co może niekorzystnie wpływać na warunki ewakuacji. Z tego powodu w większości przypadków należy opóźnić moment zadziałania wentylatorów strumieniowych o odpowiedni czas wynikający z przewidywanego czasu ewakuacji. Opóźnienie to nie dotyczy głównych wentylatorów wyciągowych – je trzeba załączać bezpośrednio po wykryciu pożaru, aby dym i ciepło były jak najszybciej odprowadzane z przestrzeni garażu [16].

Należy pamiętać, że bez względu na wybór systemu „konieczne jest zapewnienie stałego dopływu powietrza zewnętrznego, uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem" [2]. Podczas obliczeń strumienia powietrza wentylacyjnego i doboru konkretnych rozwiązań technicznych wentylacji oddymiającej należy uwzględniać czynniki, takie jak: przewidywana moc pożaru, układ architektoniczny garażu (jego wysokość, powierzchnia, przewidywana liczba instalacji liniowych, konstrukcja stropu, przewidywany układ ewakuacji z obszaru garażu itp.) czy wpływ instalacji tryskaczowej [4]. Aby projektant mógł odpowiednio dobrać i rozmieścić urządzenia sytemu bezprzewodowego, oprócz umiejętności analitycznych musi mieć także duże doświadczenie w zakresie projektowania tego typu systemów, ponadto ostateczne ukształtowanie systemu powinien zweryfikować za pomocą symulacji komputerowych CFD [16].

W Polsce najpowszechniej zananą i stosowaną przez projektantów i rzeczoznawców jest norma brytyjska BS 7346-7:2013 [7]. Standard ten podaje zalecenia i wytyczne dotyczące funkcjonowania systemów usuwania dymu i ciepła z garaży zamkniętych oraz częściowo otwartych. Norma brytyjska zakłada, że projektowany system ma służyć osiągnięciu jednego z trzech celów, którymi są: usuwanie dymu w czasie pożaru i po jego ukończeniu (służą temu systemy kanałowe i bezkanałowe), utworzenie i utrzymanie wolnego od dymu dojścia do źródła pożaru dla ekip ratowniczych (przede wszystkim systemy bezkanałowe) i/lub ochronę dróg ewakuacyjnych w przestrzeni garażu (systemy bezkanałowe lub systemy kontroli dymu i ciepła – tzw. SHEVS). W omawianej normie nie pojawia się wymóg ochrony garaży przez zastosowanie instalacji tryskaczowej, jednak efekt działania tryskaczy brany jest pod uwagę przy zakładaniu parametrów pożaru projektowego. Gdy w garażu jest instalacja gaśnicza wodna, zalecana moc całkowita pożaru projektowego wynosi 4 MW (6 MW dla stanowisk dwupoziomowych), gdy zaś jej brak (w związku z czym należy brać pod uwagę możliwość zapalenia się kolejnego pojazdu) – 8 MW.

Inna norma – belgijska NBN S 21-208-2 jest w Polsce rzadko stosowana ponieważ postawiono w niej bardzo wysokie wymagania dotyczące systemów oddymiania garaży w stosunku do ogólnego poziomu bezpieczeństwa pożarowego narzucanego przez przepisy obowiązujące w Polsce. Norma ta obowiązuje w garażach o powierzchni powyżej 1000 m^2. Zgodnie z tym standardem system wentylacji pożarowej powinien – w razie pożaru – umożliwić użytkownikom garażu bezpieczne jego opuszczenie oraz utrzymać wolny od dymu dostęp w pobliże miejsca pożaru z zewnątrz, od strony drogi publicznej, na odległość nie większą niż 15 m od tego miejsca. W przypadku stosowania systemu wentylacji oddymiającej kanałowej norma ta wymaga spełnienia wielu warunków zależnych od tego, czy w garażu przewidywane jest zastosowanie instalacji tryskaczowej. Konieczna minimalna wysokość garażu oddymianego kanałowo przy zastosowaniu systemów gaśniczych wodnych wynosi 2,8 m, natomiast bez ich zastosowania – 3,8 m. Odpowiednio konieczna wysokość warstwy wolnej od dymu w pierwszym przypadku wynosi 2,5 m, a w drugim – 3,5 m, przy czym zawsze powinna ona utrzymywać się co najmniej 0,3 m pod

 ISSN 1895-8443

najniższym elementem stropu. Tak duże wymagania mają zapewnić, by temperatura pod stropem garażu nie przekraczała 200°C, co umożliwia swobodne przemieszczanie się zarówno ewakuującym się ludziom, jak i ekipom prowadzącym akcję ratowniczo-gaśniczą. Dodatkowo zgodnie z normą garaż należy podzielić na strefy dymowe o maksymalnej długości 60 m i powierzchni 2600 m^2 (dla wentylacji naturalnej 2000 m^2). W garażach niespełniających kryteriów dotyczących wentylacji kanałowej norma wymaga stosowania wentylacji strumieniowej [8, 14]. Jest to słuszna zasada, analizowana i potwierdzania również wielokrotnie w Polsce [16, 17, 18], niestety – z powodu zbyt mało precyzyjnych przepisów – w praktyce często nieprzestrzegana.

Głównym celem stosowania zabezpieczeń przeciwpożarowych jest – jak wiadomo – to, by budynek uzyskał poziom bezpieczeństwa odpowiadający poziomowi wymaganemu przez lokalne przepisy nakazowe [19]. W Polsce potrzeba wyznaczania dla w projektowanych budynków przewidywanego czasu ewakuacji ludzi oraz warunków rozwoju pożaru i jego parametrów na drogach ewakuacyjnych wynika z treści § 270 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (dalej: rozporządzenie) [2]. Za parametry krytyczne bezpieczeństwa życia ludzi i warunków ich ewakuacji na drogach ewakuacyjnych – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra I ich usytuowaniem, (traktowanym obecnie w omawianym zakresie jako wymaganie obowiązujące we wszystkich obiektach budowlanych) [20] – przyjmuje się:

- zadymienie na wysokości mniejszej niż (lub równej) 1,8 m od posadzki ograniczające widzialność krawędzi elementów budynku i znaków ewakuacyjnych luminescencyjnych nie więcej niż do 10 m;
- temperaturę powietrza na wysokości mniejszej niż (lub równiej) 1,8 m od posadki nieprzekraczającą 600°C, a w warstwie podsufitowej na wysokości powyżej 2,5 m od posadzki – 200°C.

Zasadnicze znaczenie ma uwzględnienie rozmieszczenia i odpowiedniej liczby wyjść ewakuacyjnych w garażu, które będą miały wpływ na czas przejścia obliczany jako iloraz drogi od najdalszego miejsca w tym pomieszczeniu do wyjścia ewakuacyjnego i średniej prędkości poruszania się osób [14]. Na wymagany czas bezpiecznej ewakuacji, czyli czas liczony od początku powstania pożaru do momentu, w którym założona liczba osób zdoła się ewakuować w bezpieczne miejsce (poza czasem przemieszczania się ludzi), składa się czas detekcji pożaru, czas alarmowania oraz czas do rozpoczęcia ewakuacji (ang. *pre-movement time*), czyli okres od momentu, w którym zostało przekazane ostrzeżenie o zagrożeniu, do momentu, w którym pierwsza i ostatnia osoba przebywająca w obiekcie rozpoczną ewakuację [21]. Przy projektowaniu konieczne jest zapewnienie wczesnego ostrzegania o pożarze. Wykrycie pożaru i system alarmowy muszą zapewnić ostrzeżenie na tyle wcześnie, aby możliwa była pełna ewakuacja ze strefy zagrożenia, zanim warunki staną się nieakceptowalne [22]. Czas od rozpoczęcia pożaru do jego wykrycia uwarunkowany jest przyjętym systemem detekcji pożaru, a właściwy dobór i rozmieszczenie czujek pożarowych znacząco wpływa na skrócenie tego czasu.

W dalszej części artykułu omówiono kontrowersje wokół zakazu wydłużania przejść ewakuacyjnych w garażach, w których zastosowano wentylację oddymiającą strumieniową [23]. Przeanalizowano także wpływ wysokości garażu na skuteczność działania instalacji wentylacji kanałowej. Ponadto poruszono kwestię ślepych zaułków, a konkretnie odniesiono się do możliwości ewakuacji z garażu tylko w jednym kierunku przy uwzględnieniu najbardziej niekorzystnej lokalizacji pożaru, odcinającej drogę ewakuacji osobom znajdującym się w zaułku.

Wentylacja pożarowa garaży w kontekście obowiązujących przepisów

W maju 2016 r. pojawiła się propozycja nowelizacji wyżej wspomnianego rozporządzenia [2]. Poniżej omówiono zagadnienia dotyczące garaży w kontekście obowiązujących przepisów.

W myśl § 277 ust. 4 rozporządzenia [2] **samoczynne urządzenia oddymiające** należy stosować w garażach zamkniętych dla samochodów osobowych o powierzchni całkowitej przekraczającej 1500 m^2. Jednocześnie, zgodnie z § 270 ust. 1 rozporządzenia, **instalacja wentylacji oddymiającej** „w garażu zamkniętym powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiające bezpieczną ewakuację, oraz powinna mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem". Ponadto w myśl § 278 ust. 2 rozporządzenia, długość przejścia do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego, wynosząca w garażu zamkniętym maksymalnie 40 m, może być powiększona zgodnie z zasadami określonymi w 37 ust. 6 pkt 2 tegoż rozporządzenia, tj. w przypadku stosowania **samoczynnych urządzeń oddymiających** uruchamianych za pomocą systemu wykrywania dymu, o 50%. Co do tego przepisu pojawiały się niekiedy wątpliwości, czy możliwość wydłużenia przejść ewakuacyjnych dotyczy także wentylacji strumieniowej, jeżeli będzie ona włączana dopiero po upływie czasu przewidzianego na ewakuację ludzi z garażu. W projekcie zmian do rozporządzenia, przygotowanym przez Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, w § 237 ust. 6 pkt 2 wprowadzono zmianę. Zapisano tam, że długości przejść mogą zostać powiększone o 50% pod warunkiem zastosowania systemu wentylacji oddymiającej uruchamianego za pomocą systemu wykrywania dymu. Pojęcie **samoczynnych urządzeń oddymiających** zmieniono więc na pojęcie **systemu wentylacji oddymiającej**. W uzasadnieniu podano, że celem zmiany jest doprecyzowanie definicji systemu wentylacji oddymiającej tak, by zablokowana została możliwość wydłużania przejścia ewakuacyjnego przy wykorzystaniu systemu wentylacji strumieniowej, który w czasie ewakuacji osób nie pracuje. Podobną opinię przedstawiono również w uwagach skierowanych do Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej. Odmienną opinię przedstawiło Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Pożarnictwa (SITP) sugerujące (jako poprawkę do § 278), by we wszystkich garażach objętych obowiązkiem, o którym mowa w § 277 ust. 4

rozporządzenia, a także w garażu wymienionym w § 277 ust. 4 pkt 2 rozporządzenia, długość przejść ewakuacyjnych wynosiła 60 m, w pozostałych zaś – 40 m. W uzasadnieniu SITP powołało się na potrzebę ograniczenia dodatkowych kosztów inwestycyjnych, które w garażach mających dodatkowe zabezpieczenie w postaci samoczynnych urządzeń oddymiających, jest całkowicie nieuzasadnione. Należy tu podkreślić, że podczas ewakuacji w systemach strumieniowych pracują nie tylko wentylatory strumieniowe, ale także wentylatory nawiewne i wyciągowe oraz dodatkowe elementy systemu, np. kurtyny dymowe. Są one włączane w tym samym momencie co w systemie z kanałami oddymiającymi. **A zatem nieprawdą jest, że system wentylacji strumieniowej nie pracuje w czasie ewakuacji użytkowników garażu**.

Dodatkowo warto zwrócić uwagę na to, że w proponowanej wersji rozporządzenia pojawiają się trzy niezdefiniowane i dość trudne do rozróżnienia pojęcia: samoczynne urządzenie oddymiające, instalacja wentylacji oddymiającej, system wentylacji oddymiającej. Ich definicji można się doszukać w *Instrukcji ITB* [13]:

1. **Samoczynne urządzenie oddymiające** (§ 237 obecnie i § 277 zarówno obecnie, jak i w projekcie) – zgodnie z wytycznymi projektowania systemów wentylacji pożarowej ITB [13] jest to „wymagane przez rozporządzenie [2] urządzenie, system wentylacji pożarowej, omówione w wytycznych. Systemy te powinny uruchamiać się automatycznie po wykryciu pożaru".
2. **Instalacja wentylacji oddymiającej** (§ 270 zarówno obecnie, jak i w projekcie) – zgodnie z rozporządzeniem „powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiające bezpieczną ewakuację, oraz powinna mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem".
3. **System wentylacji oddymiającej** (§ 237 w projekcie) – zgodnie z wytycznymi projektowania systemów wentylacji pożarowej ITB [13] jest to „system wentylacji pożarowej usuwający dym i gorące gazy pożarowe bezpośrednio spod stropu oddymianego obszaru, zapewniający utrzymanie warstwy dymu w ściśle określonym obszarze ponad głowami osób ewakuujących się".

Jak widać, niezupełnie jednoznaczne i trudne do wychwycenia różnice w pojęciach występujących w przepisach powodują wiele niepotrzebnych problemów z ich prawidłową interpretacją. Ponadto wprowadzone zasady marginalizują powszechnie stosowane w naszym kraju (jak i na świecie) systemy wentylacji strumieniowej, bo zgodnie z tym zasadami nie są one uznawane za samoczynne urządzenia oddymiające dające prawo do wydłużenia przejść ewakuacyjnych o 50%. Dodatkowo nasuwa się pytanie, dlaczego nie zwrócono uwagi na inne, znacznie istotniejsze kwestie, które mogą spowodować utrudnienia podczas ewakuacji ludzi z garaży, takie jak np. ślepe zaułki czy wysokość garażu.

Na podstawie przeglądu wybranych przepisów międzynarodowych można stwierdzić, że Polska jest ewenementem na skalę światową, bo tylko w naszym kraju jest zgoda na wydłużanie przejść ewakuacyjnych w związku ze stosowaniem instalacji oddymiającej. Inne kraje różnicują wymagania w zależności od tego, czy osoba ewakuująca ma wybór kierunku ewakuacji czy nie. W tabeli 1 przedstawiono dopuszczalne długości przejść ewakuacyjnych w wybranych krajach.

Tabela 1. Dopuszczalne długości przejść ewakuacyjnych w garażach na przykładzie wybranych krajów [2, 6, 24–27]
Table 1. Acceptable length on the evacuation routes in car parks in selected countries [2, 6, 24–27]

Długość przejścia/The length of evacuation routes	Polska/Poland	Wielka Brytania/ Great Britain	Szwajcaria/ Switzerland	Szwecja/Sweden	Chiny/China	Zjednoczone Emiraty Arabskie/ United Arab Emirates
1 Kierunek/1 direction	40 m	25 m	20 m	30 m	18 m	15 m
2 Kierunki/ 2 directions		45 m	35 m	45 m	36 m	45
Wydłużanie – tryskacze/ Extending – sprinklers	+50%	–	–	+ 30%	–	+30% dla 2 kierunków/ for 2 directions
Wydłużanie –oddymianie/ Extending – smoke extraction	+50%	–	–	–	–	–

Analiza warunków bezpiecznej ewakuacji ludzi z garaży

Zgodnie z metodologią wyznaczania przewidywanego czasu ewakuacji ludzi, opartą na normie brytyjskiej PD 7974-6:2004 [21], przyjmuje się, że w typowym garażu, wyposażonym w system sygnalizacji pożaru, całkowity czas ewakuacji jest sumą:

1) czasu uruchomienia sygnalizacji pożarowej (wykrycia pożaru) – ~80 s;
2) czasu rozpoczęcia ewakuacji przez pierwszą osobę – 60 s;
3) czasu rozpoczęcia ewakuacji przez ostatnie osoby – 180 ÷ 240 s (w zależności od stopnia znajomości obiektu przez jego użytkowników);
4) czasu dojścia do wyjść ewakuacyjnych – 33 ÷ 50 s (odpowiednio dla przejść o długości 40 m i 60 m i przy prędkości poruszania się 1,2 m/s);
5) czasu przejścia przez drzwi – 0 ÷ 128 s (dla garaży, w których przebywają pojedyncze osoby przyjmuje się 0 s, dla tych w których przebywa wiele osób – wylicza się przewidywany czas przejścia przez drzwi, zakładając, że szerokość wyjść jest nie mniejsza niż 0,6 m/100 os.).

Całkowity czas ewakuacji pierwszych osób z garażu jest zatem sumą składowych 1, 2, 4 i 5 i wynosi od 173 do 318 s, natomiast czas ewakuacji ostatnich osób jest sumą składowych 1, 3 i 4 i wynosi od 293 s do 370 s.

W przedstawionej tu procedurze obliczeniowej pokazano, że długość przejścia ewakuacyjnego ma istotny wpływ tylko na jedną składową całkowitego czasu ewakuacji, a mianowicie na czas dojścia do wyjścia ewakuacyjnego. Wydłużenie przejścia z 40 do 60 m skutkuje zwiększeniem się czasu ewakuacji z 33 do 50 s, czyli o 17 s, a więc jedynie o kilka procent

 ISSN 1895-8443

całkowitego czasu ewakuacji. Nasuwa się zatem pytanie, czy rzeczywiście wydłużenie przejścia ewakuacyjnego jest tak istotne i czy w celu zapewnienia dobrych warunków ewakuacji w garażu nie lepiej byłoby wpływać na inne czynniki [16, 17].

Skuteczność działania wentylacji pożarowej – analizy CFD

Metodyka wykonania symulacji oraz podstawowe dane techniczne programu FDS

Symulacje rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu wykonano za pomocą specjalistycznego oprogramowania Fire Dynamics Simulator (FDS) wersja 6, opracowanego przez National Institute of Standards and Technology – U.S. Department of Commerce.

FDS jest programem umożliwiającym trójwymiarowe symulacje na podstawie technik CFD. Bazuje on na numerycznych rozwiązaniach równań Naviera-Stokesa odpowiednich dla przepływów wywołanych ciągiem powstałym pod wpływem ognia, kładąc szczególny nacisk na transport dymu i ciepła. W czasie swego rozwoju program ukierunkowywany był na rozwiązywanie praktycznych problemów inżynierii ochrony przeciwpożarowej, był też narzędziem do analiz podstaw dynamiki ognia i spalania. Do opisu zjawiska turbulencji w programie FDS zastosowano symulacje metodą wielkich wirów (ang. *large eddy simulation* – LES), które przedstawiają proces turbulentnego mieszania się gazowego paliwa i produktów spalania z powietrzem otaczającym strefę spalania. Są one stosowane w przypadku symulacji większości pożarów i określają szybkość spalania paliwa oraz rozprzestrzeniania się dymu i gorących gazów. Podstawowym założeniem przy stosowaniu metody LES jest to, że większość wirów powstających w procesie mieszania się gazów jest wystarczająco duża, aby wiry te mogły być z zadowalającą dokładnością obliczane za pomocą równań dynamiki płynów. Wszystkie niewielkie ruchy wirowe są obliczane z dużym przybliżeniem lub pomijane.

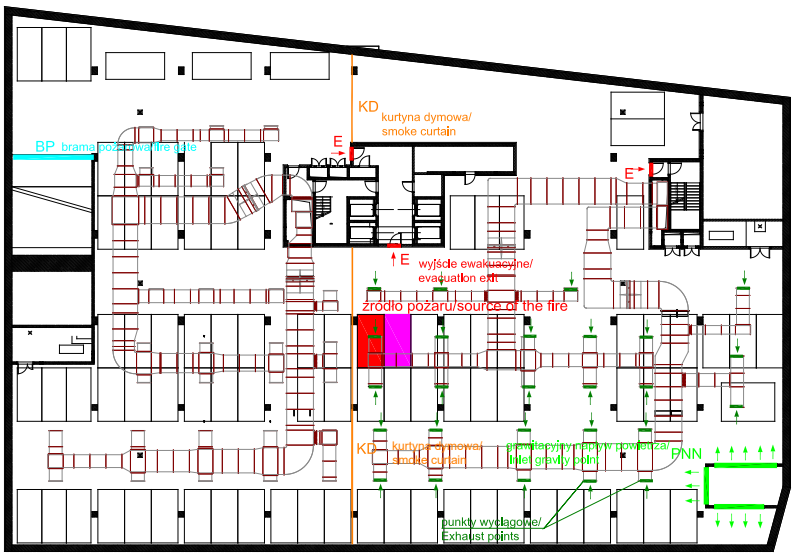
W programie FDS zastosowano: model hydrodynamiczny, model spalania, model promieniowania cieplnego, model przenikania ciepła przez przegrody i model pirolizy, które służą do opisu zjawisk procesowej mechaniki płynów.

Jak wykazały badania w skali rzeczywistej dokładności wyników uzyskiwanych w programie FDS, wartości przyrostów temperatury w warstwie dymu mogą różnić się od rzeczywistych o nie więcej niż 15%, z wyjątkiem warstwy podsufitowej (rozmieszczane są w niej wentylatory strumieniowe), w przypadku której różnice mogą wynosić nie więcej niż 20%. Rzeczywiste spadki widzialności są z kolei zawsze mniejsze od określonych za pomocą programu FDS, nawet do 30%. Tak więc przy ocenie warunków bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie, aby zapewnić odpowiedni margines bezpieczeństwa, wartości przyrostów temperatur uzyskane za pomocą symulacji komputerowych z użyciem programu FDS należy zwiększać o 15%, przy czym w warstwie podsufitowej – o 20%, natomiast uzyskane wartości spadku widzialności można wykorzystywać bez zmian [28, 29, 30].

W analizach przyjęto, że temperatura początkowa wynosi 20°C, gęstość siatki w żadnym kierunku nie przekracza 0,3 m, współczynnik emisji dymu „soot yield" wynosi 0,07, a ciepło spalania jest równe 20000 kJ/kg.

Wentylacja kanałowa czy strumieniowa?

W celu zbadania wpływu wentylatorów strumieniowych na zapewnienie odpowiednich warunków ewakuacji z garażu w czasie pożaru, dokonano serii analiz z wykorzystaniem symulacji CFD. Zgodnie z wymaganiami normy BS 7346-7:2013 [7] przyjęto założenie możliwości wystąpienia pożaru 2 samochodów osobowych, osiągającego moc 8 MW po 15 min od jego rozpoczęcia. Na rycinach 1, 2 przedstawiono schemat analizowanego garażu z instalacją wentylacji oddymiającej, zarówno kanałowej, jak i strumieniowej.

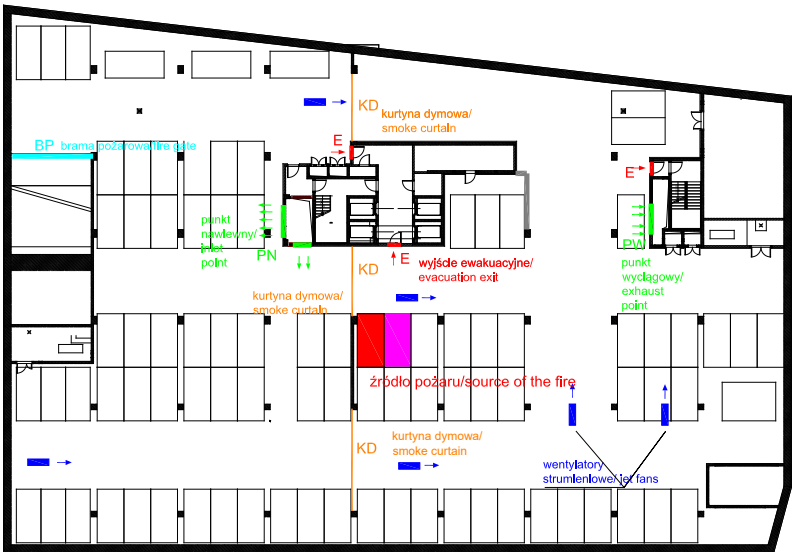


Rycina 1. Schemat garażu i instalacji wentylacji oddymiającej kanałowej

Figure 1. Diagram of the car park and duct fire ventilation system

Źródło: Zasoby własne firmy GRID.

Source: GRID company archives.



Rycina 2. Schemat garażu i instalacji wentylacji oddymiającej strumieniowej

Figure 2. Diagram of the car park and fire impulse ventilation system

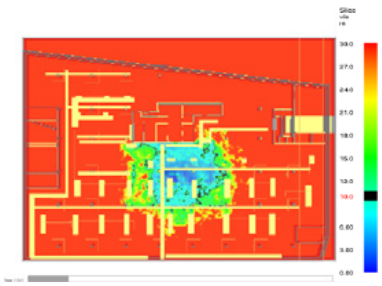
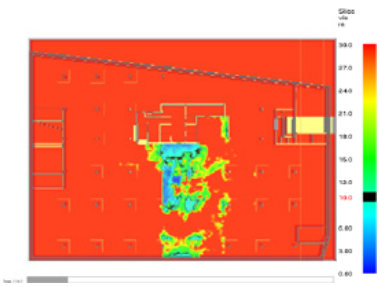
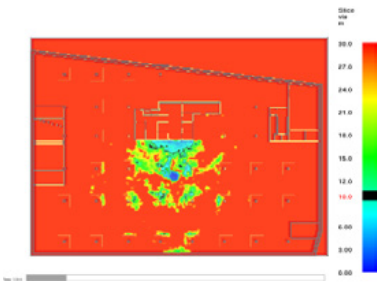
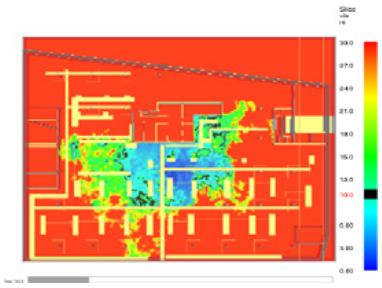
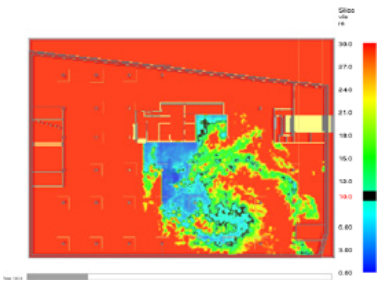
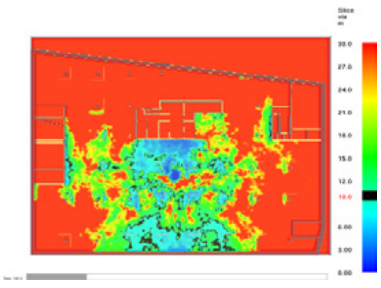
Źródło: Zasoby własne firmy GRID.

Source: GRID company archives.

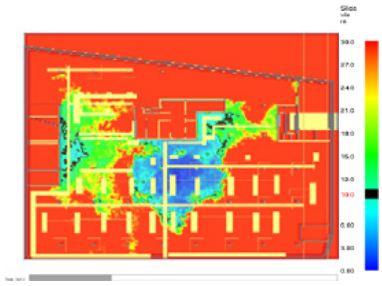
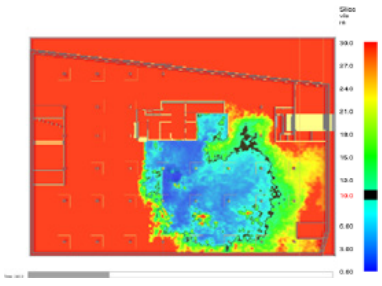
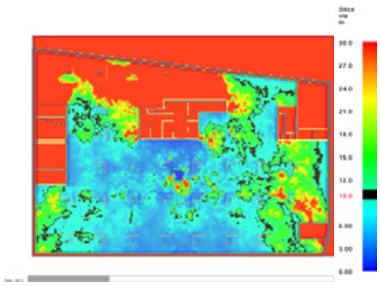
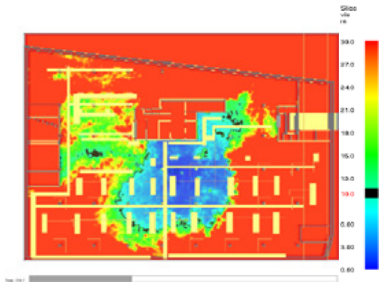
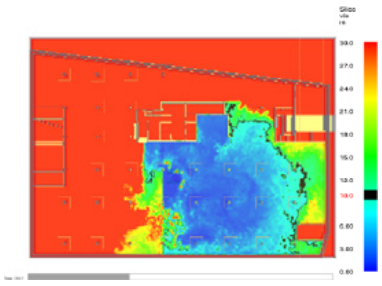
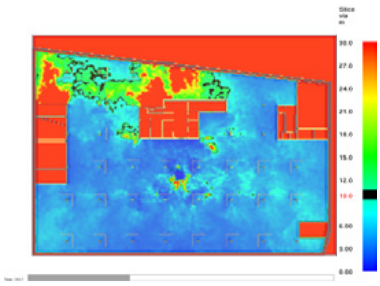
W tabelach 2 i 3 porównano zasięg widzialności oraz rozkład temperatury na wysokości 1,8 m w zależności od zastosowanego systemu wentylacji pożarowej (lub jej braku). Powierzchnia garażu wynosiła 4000 m^2, a jego wysokość – 2,4 m. W pierwszym przypadku w garażu zastosowano wentylację kanałową o wydajności 140 tys. m^3/h, w drugim przypadku – rewersyjny układ wentylacji strumieniowej o wydajności 160 tys. m^3/h. W obydwu przypadkach na środku garażu umieszczono kurtynę dymową do wysokości 2,1 m od posadzki i w ten sposób podzielono go na dwie strefy dymowe/detekcji. Dodatkowo w przypadku wentylacji strumieniowej, na granicy stref dymowych, pomiędzy stanowiskami postojowymi, zastosowano ścianki oddzielające strefy na pełnej wysokości garażu. Pożar zlokalizowano na środku garażu, tuż przy granicy stref dymowych. Obydwa przypadki porównano z sytuacją, w której w analizowanym garażu nie było wentylacji pożarowej. Wyznaczony czas ewakuacji użytkowników garażu wynosi 300 s.

Tabela 2. Zadymienie w garażu po kolejnych sekundach od rozpoczęcia pożaru w zależności od zastosowanego systemu wentylacji pożarowej

Table 2. The smoke in the car park after consecutive seconds from the start of the fire, according to fire ventilation system

Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 140 s)/Duct fire ventilation system (start after 140 s)	Wentylacja pożarowa strumieniowa (uruchomienie wentylatorów głównych i kurtyny po 140 s, a wentylatorów strumieniowych po 300 s)/Fire impulse ventilation system (main ventilators, smoke curtain after 140 s, the jet fans after 300 s)	Brak wentylacji pożarowej/No fire ventilation
120 s			
180 s			

ISSN 1895-8443

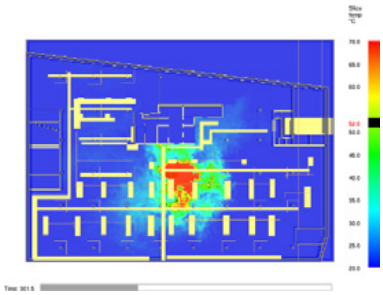
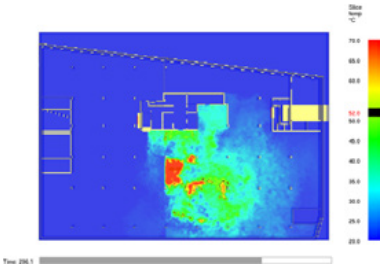
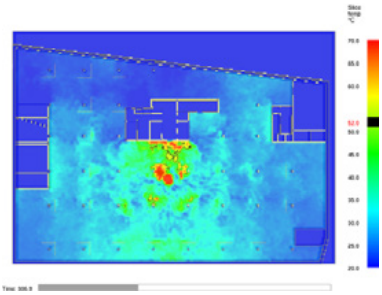
Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 140 s)/Duct fire ventilation system (start after 140 s)	Wentylacja pożarowa strumieniowa (uruchomienie wentylatorów głównych i kurtyny po 140 s, a wentylatorów strumieniowych po 300 s)/Fire impulse ventilation system (main ventilators, smoke curtain after 140 s, the jet fans after 300 s)	Brak wentylacji pożarowej/No fire ventilation
240 s			
300 s			

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 3. Rozkład temperatury w garażu w zależności od systemu wentylacji pożarowej

Table 3. Temperature distribution in the car park, according to fire ventilation system

Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 140 s)/Duct fire ventilation system (start after 140 s)	Wentylacja pożarowa strumieniowa (uruchomienie wentylatorów głównych i kurtyny po 140 s, a wentylatorów strumieniowych po 300 s)/Fire impulse ventilation system (main ventilators, smoke curtain after 140 s, the jet fans after 300 s)	Brak wentylacji pożarowej/No fire ventilation
300 s			

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Na podstawie porównania przedstawionych wyników symulacji widać wyraźnie, że strumieniowy system wentylacji pożarowej, mimo że nie były uruchomione wentylatory strumieniowe, powoduje wyraźną poprawę warunków ewakuacji w garażu w stosunku do warunków, jakie byłyby przy całkowitym braku wentylacji oddymiającej, i zapobiega rozprzestrzenianiu się dymu po całej powierzchni, pozwalając, by zadymiona powierzchnia garażu była tylko nieco większa niż w przypadku systemu kanałowego.

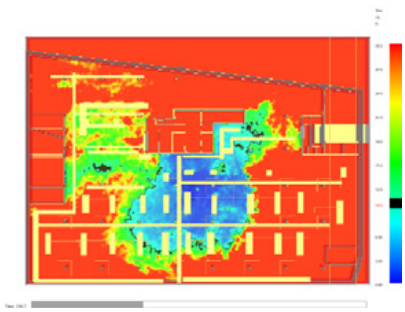
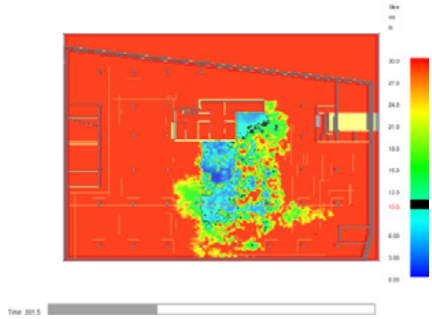
Wysokość garażu

Oczywistym parametrem mającym wpływ na skuteczność działania wentylacji kanałowej jest także wysokość garażu.

W tabeli 4 porównano wyniki symulacji dla garażu opisanego w punkcie 4.1, które przeprowadzono dla tych samych parametrów kanałowej wentylacji oddymiającej (różniąca dotyczy jedynie wysokości garażu, która w pierwszym przypadku wynosi 2,4 m, a w drugim – 3,0 m).

Tabela 4. Zadymienie w garażu w końcowej fazie ewakuacji w zależności od jego wysokości

Table 4. The smoke in the car park in the final phase of evacuation, depending on the height of the car park

Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa Wysokość garażu 2,4 m/Duct ventilation system Height of the car park 2.4 m	Wentylacja pożarowa kanałowa Wysokość garazu 3,0 m/Duct ventilation system Height of the car park 3.0 m
300 s		

Źródło: Opracowanie własne.

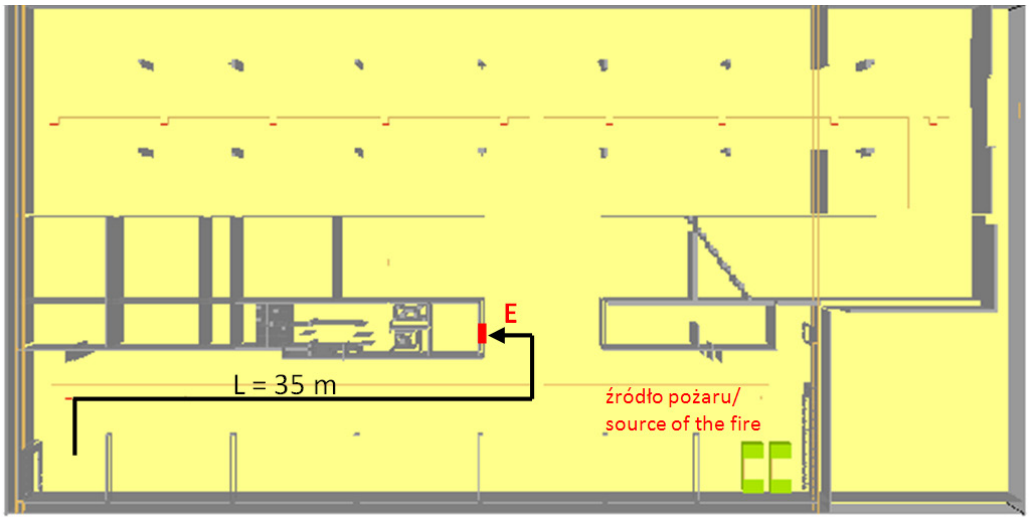
Source: Own elaboration.

Powyższe wyniki obrazują, jak duży wpływ na skuteczność działania instalacji oddymiającej ma wysokość garażu, której zwiększenie o 60 cm (z 2,4 do 3,0 m) zapewniło utrzymanie się dymu w jednej strefie dymowej oraz znacznie ograniczyło rozprzestrzenienie się dymu w analizowanym garażu (w przypadku garażu o wysokości 2,4 m dym rozprzestrzenił się pod kurtyną dymową (objął dwie strefy dymowe).

Czas uruchomienia wentylacji kanałowej i kwestia ślepych zaułków

Drugim z omawianych zagadnień jest porównanie skuteczności działania kanałowej wentylacji pożarowej w zależności od czasu jej uruchomienia. W tabelach 5 i 6 porównano zasięg widzialności i temperatury na wysokości 1,8 m w garażu o powierzchni 2000 m^2 i wysokości 3,4 m, stanowiący jedną strefę dymową. Pożar zlokalizowano w prawym dolnym rogu garażu, w pobliżu jednego z punktów nawiewnych. Wydajność instalacji oddymiającej wynosiła 100 tys. m^3/h. W pierwszym przypadku wentylację kanałową uruchomiono standardowo – po 140 s od rozpoczęcia pożaru (przyjęto 80 s na wykrycie pożaru i 60 s na rozruch systemu). W drugim przypadku zastosowano opóźnienie uruchomienia instalacji do 300 s, kiedy przewiduje się zakończenie ewakuacji.

Przykład ten obrazuje również sytuację ślepych zaułków, z których szczególnie trudno się ewakuować, co w żaden sposób nie jest ujęte w polskich przepisach. Długość przejścia ewakuacyjnego ze ślepego zaułka w omawianym garażu wynosi zaledwie 35 m, co zaznaczono na rycinie 3. Przewidywany czas ewakuacji użytkowników garażu wynosi 240 s.



Rycina 3. Ewakuacja ze ślepego zaułka

Figure 3. Evacuation from the dead end

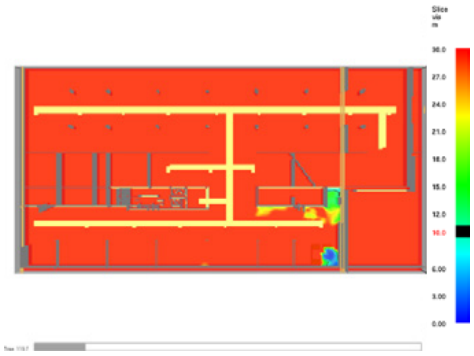
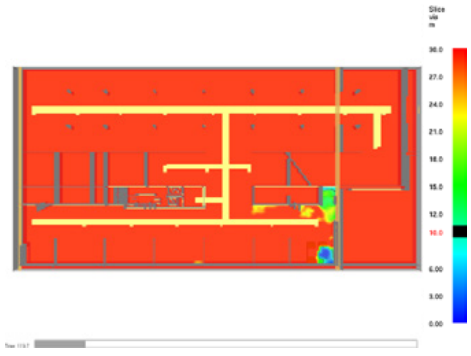
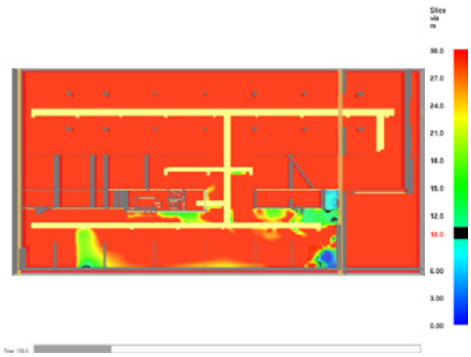
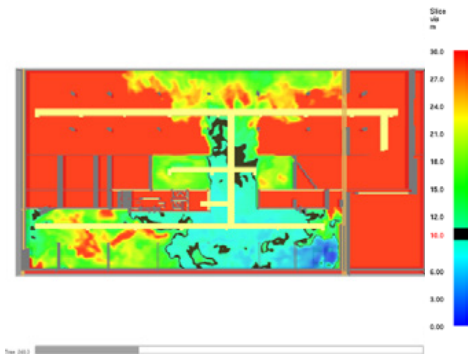
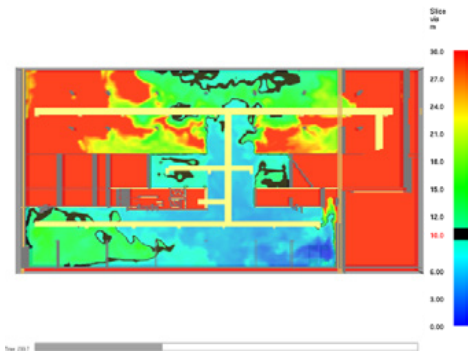
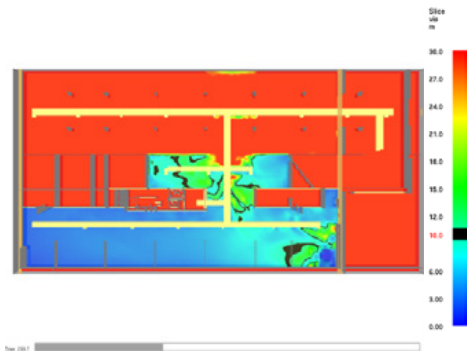
Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Tabela 5. Zadymienie w garażu po kolejnych sekundach od rozpoczęcia pożaru w zależności od czasu uruchomienia kanałowej wentylacji oddymiającej

Table 5. The smoke in the car park after consecutive seconds from the start of the fire, depending on the launch of the duct smoke ventilation system

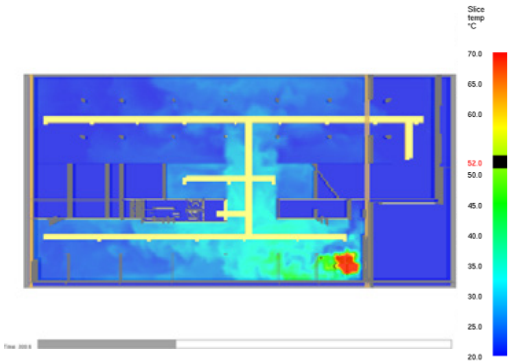
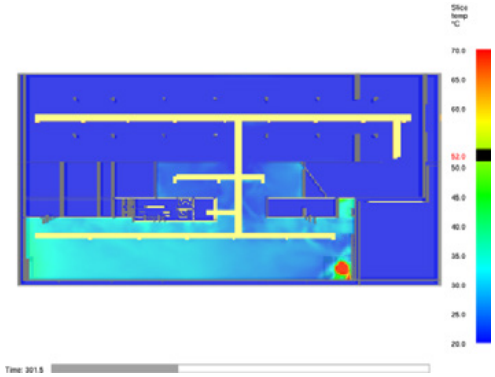
Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 140 s od rozpoczęcia pożaru)/Duct ventilation system (start after 140 s from the start of the fire)	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 300 s od rozpoczęcia pożaru)/Duct ventilation system (start after 300 s from the start of the fire)
120 s		
180 s		
240 s		
300 s		

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 6. Rozkład temperatury w garażu w zależności od czasu uruchomienia kanałowej wentylacji oddymiającej

Table 6. Temperature distribution in the car park, depending on the launch of the duct smoke ventilation system

Czas/ Time	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 140 s od rozpoczęcia pożaru)/Duct ventilation system (start after 140 s from the start of the fire)	Wentylacja pożarowa kanałowa (uruchomienie po 300 s od rozpoczęcia pożaru)/Duct ventilation system (start after 300 s from the start of the fire)
300 s		

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Z porównania przedstawionych wyników symulacji wyraźnie wynika, że opóźnienie uruchomienia instalacji oddymiającej kanałowej spowodowało ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i zmniejszenie się powierzchni zadymionej. Można zatem stwierdzić, że uruchomienie tej wentylacji w czasie trwania ewakuacji spowodowało pogorszenie się warunków ewakuacji. Jak można jednocześnie zauważyć, mimo że przejście ewakuacyjne miało długość zaledwie 35 m, w założonej lokalizacji pożaru w pobliżu wyjścia ewakuacyjnego został odcięty tak duży zadymiony obszar garażu, że ewakuacja z analizowanego zaułka nie była możliwa. Oznacza to, że projektowany system oddymiania nie zapewnił odpowiednich warunków ewakuacji, a przecież zgodnie z obowiązującymi przepisami przejście to mogłoby mieć nawet 60 m.

Podsumowanie

Przedstawiona wyżej analiza pozwala stwierdzić, że:

- długość przejścia ewakuacyjnego (40 m lub 60 m) ma znikomy wpływ na całkowity czas ewakuacji użytkowników garażu i nie jest najistotniejszym elementem zapewnienia bezpiecznej ewakuacji;
- wentylacja pożarowa strumieniowa, nawet przy opóźnieniu uruchomienia wentylatorów strumieniowych, dzięki wentylatorom nawiewnym i wyciągowym oraz innym rozwiązaniom techniczno-organizacyjnym (np. ścianki i kurtyny dymowe na granicy stref detekcji) jest w stanie zapewnić znaczącą poprawę warunków ewakuacji w przewidywanym jej czasie w stosunku do warunków, jakie występowałyby przy całkowitym braku wentylacji pożarowej;
- skuteczność wentylacji pożarowej kanałowej jest bardzo uzależniona od wysokości garażu;
- wentylacja pożarowa kanałowa nie zawsze gwarantuje odpowiednie warunki ewakuacji i możliwość wydłużenia przejść ewakuacyjnych, co jest szczególnie widoczne podczas analizy warunków ewakuacji ze ślepych zaułków, przy czym niekiedy korzystne jest opóźnienie działania wentylatorów wentylacji kanałowej.

Sugeruje się zatem, aby w nowelizowanych przepisach, zamiast dotychczas proponowanych nieuzasadnionych ograniczeń w wydłużaniu przejść ewakuacyjnych przy stosowaniu wentylacji pożarowej strumieniowej, wprowadzono poprawki, np.:

- ujednolicono pojęcia, a wszystkie wyżej wymienione (samoczynne urządzenie odymiające, instalacja wentylacji oddymiającej i system wentylacji oddymiającej) zastąpiono pojęciem wentylacji oddymiającej;
- zróżnicowano długości przejść ewakuacyjnych w zależności od tego, czy występuje jeden kierunek czy dwa kierunki ewakuacji (np. przyjęcie odpowiednio 20 m i 40 m), tak jak to jest w innych państwach;
- zlikwidowano możliwość wydłużania przejść ewakuacyjnych ze względu na stosowanie instalacji wentylacji pożarowej (wzorem innych państw);
- ujednolicono możliwość wykorzystania obydwu systemów wentylacji oddymiającej (kanałowej i strumieniowej) i pozostawiono możliwość ich indywidualnej oceny za pomocą analiz inżynieryjnych i symulacji komputerowych.

Literatura

[1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 r., poz. 1409, z późn. zm.)

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz.690 z późn. zm.)

[3] Mizieliński B., Kubicki G., *Wentylacja pożarowa. Oddymianie*, WNT, Warszawa 2012.

[4] Mizieliński B., Kubicki G., *Kontrolowany przepływ powietrza w bezprzewodowym oddymianiu garaży*, Konferencja Naukowo-Techniczna SGSP, Warszawa 2005.

 ISSN 1895-8443

[5] Brzezińska D., Jędrzejewski R., *Poradnik. Wentylacja pożarowa budynków wysokich i wysokościowych*, Fluid Desk, Szczecin 2003.
[6] The Building Regulations 2000 – Approved Dokument B – Fire safety – version 2006.
[7] BS 7346-7:2013 Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks.
[8] NBN S 21-208-2 Protection incendie dans les batiments. Conception des systems d'evacuation des fumees et de la chaleur (EFC) des parkings interieurs.
[9] NEN 6098:2010 Rookbeheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeer-garages.
[10] Collier P.C.R., Car Parks – Fires Involving Modern Cars and Stacking Systems, BRANZ Study Report 2011.
[11] C/VM2 Verification Method: Framework for fire safety design for New Zealand Building Code Clauses C1-C6 Protection from Fire and A3 Building Importance Levels, Ministry of Business Innovation & Employment, December 2013.
[12] NFPA 88A:2015 Standards for Parking Structures.
[13] Węgrzyński W., Krajewski G., *Systemu wentylacji pożarowej garaży. Projektowanie, ocena, odbiór*, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2015.
[14] Ratajczak D., *Wentylacja pożarowa garaży: nowa norma*, „Ochrona Przeciwpożarowa" 2006, nr 3, s. 36.
[15] Morgan H.P., Vanhove B., DeSmedt J-C., *On the Design of Impulse Ventilation for Smoke Control in Car Parks*, „International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes" 2004, 6(2), s. 53–71.
[16] Brzezińska D., *Możliwości wydłużania przejść ewakuacyjnych w garażach*, „Ochrona Przeciwpożarowa" 2012, nr 2, s. 14–16.
[17] Brzezińska D., *Wentylacja pożarowa obiektów budowlanych*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2015.
[18] Brzezińska D., Ratajczak D., *Wentylacja oddymiająca w garażach*, „Ochrona Przeciwpożarowa" 2010, nr 3, s. 18–23.
[19] Brzezinska D., *Powstanie i rozwój inżynierii bezpieczeństwa pożarowego w Polsce*, BiTP, Vol. 42 Issue 2, 2016, pp. 141–149.
[20] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra I ich usytuowanie (Dz. U. Nr 144, poz. 859)
[21] PD 7974-6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part6: Human Factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (SUB-system 6).
[22] Schifliti R.P., Custer R.L.P., Meacham B.J., *Design of Detection systems*, w: SFPE Handbook of fire protection engineer, Hurley M. (red.), wyd. 5, 2016.
[23] Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej, pismo dot. stosowania strumieniowych instalacji wentylacji oddymiającej w garażach, warszawa, 13 maja 2016 r.
[24] Department of the Environment, Heritage and Local Government, Building Regulation 2006, Technical Guidance Document B, Fire Safety, Switzerland 2006.
[25] Building regulations, Section 5: Safety in case of fire, BFS 2014:3.
[26] Building Department, Code of Practice for Fire Safety in Buildings, Hong Kong 2011.
[27] Ministry of Interior, United Arab Emirates, UAE Fire and Life Safety Code of Practice, 2011.
[28] Fire Dynamics Simulator– Technical Reference Guide, NIST.
[29] Fire Dynamics Simulator – Users Guide, NIST.
[30] Verification & Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications, Volume 7: Fire Dynamics Simulator. US Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear Regulatory Research (RES), May 2007.

DR INŻ. DOROTA BRZEZIŃSKA – jest adiunktem Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. Zajmuje się dydaktyką z zakresu inżynierii pożarowej, systemów wentylacji pożarowej oraz ochrony przeciwpożarowej w budownictwie. Prowadzi również wykłady z zakresu wentylacji pożarowej na studiach podyplomowych Politechniki Warszawskiej oraz Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W 2009 roku ukończyła studium podyplomowe „Modelowanie pożarów wewnętrznych" na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego i Systemów Bezpieczeństwa na Uniwersytecie w Lund, w Szwecji. Jest autorką ponad 100 publikacji technicznych i konferencyjnych, współautorką Poradnika oddymiania budynków wysokich i wysokościowych, wydanego w 2003 r. oraz autorką monografii Wentylacja pożarowa obiektów budowlanych wydanej w 2015 r. Jej badania koncentrują się na ocenie skuteczności działania systemów wentylacji pożarowej i bytowej w różnego typu obiektach budowlanych oraz poszukiwaniu optymalnych rozwiązań technicznych w tym zakresie. Ma duże doświadczenie w projektowaniu systemów wentylacji pożarowej w obiektach rzeczywistych, dla których, jako właściciel firmy GRID, opracowała ponad 250 analiz z wykorzystaniem symulacji CFD. Jest wiceprezesem Polskiego Oddziału Stowarzyszenia Inżynierów Bezpieczeństwa Pożarowego (SFPE) i aktywnym członkiem Polskiego Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa (SITP).

MGR INŻ. RENATA OLLESZ – absolwentka Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. Obecnie zajmuje się modelowaniem numerycznych procesów rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w obiektach budowlanych. Interesuje się zagadnieniami inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Doktorantka na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej.

dr inż. Grzegorz Kubicki[a)], st. kpt mgr inż. Tomasz Kiełbasa[b)*], inż. Jarosław Wiche[c)]

[a)]*Politechnika Warszawska / Warsaw University of Technology*
[b)]*Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute*
[c)]*Smay Sp. z o.o. / Smay LLC*
[*]*Autor korespondencyjny / Corresponding author: t.kielbasa@cnbop.pl*

Systemy oddymiania klatek schodowych – zalety i ograniczenia stosowanych rozwiązań technicznych

Stairwell Smoke Exhaust Ventilation Systems– Advantages and Limits of Applied Technical Solutions

Системы дымоудаления лестничных клеток – преимущества и ограничения используемых технических решений

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie właściwości różnych systemów odprowadzania dymu i ciepła z przestrzeni klatek schodowych.
Wprowadzenie: Oddymianie klatek schodowych stanowi fakultatywne rozwiązanie dopuszczone przez krajowe przepisy jako alternatywa dla doskonalszych, ale droższych systemów różnicowania ciśnienia. W artykule skoncentrowano się głównie na ograniczeniach i poważnych zagrożeniach związanych z nieświadomym zastosowaniem różnych konfiguracji urządzeń służących do oddymiania. Analizie poddano systemy oddymiania grawitacyjnego, oddymiania z wykorzystaniem wentylatorów wyciągowych oraz najnowsze rozwiązania oddymiania pionowych dróg ewakuacji wspomaganych zmiennym nawiewem.
Metodologia: Postawione w artykule tezy wynikają m.in. z wieloletnich doświadczeń eksploatacyjnych. Słuszność przedstawionych założeń udowodniona została na podstawie wyników prowadzonych przy udziale autorów testów obiektowych i pełnowymiarowych prób pożarowych in-situ oraz analiz numerycznych. Podczas realizacji programu badawczego pt. „Bezpieczna ewakuacja" zostały porównane m.in. zasady działania wymienionych wyżej systemów oddymiania klatek schodowych, w różnych warunkach rozwoju pożaru i przy dynamicznie zmieniającym się stanie szczelności klatki schodowej (zmianie położenia drzwi na kondygnacji objętej pożarem i na poziomie wyjścia z budynku oraz po wypadnięciu okien w pomieszczeniu testowym). Przeprowadzone badania były realizowane w obiekcie rzeczywistym, o architekturze reprezentatywnej dla najwyższych budynków klasyfikowanych jako średniowysokie (SW wg [1]). Stanowisko badawcze zostało wyposażone w aparaturę pomiarową oraz urządzenia do monitoringu, sterowania oraz zbierania i archiwizacji danych. Równolegle do badań obiektowych prowadzone były analizy numeryczne oparte o modele walidowane w czasie prób dymowych i testów pożarowych.
Wnioski: Wszystkie przeprowadzone testy wyraźnie wskazują na najwyższą skuteczność systemów oddymiania klatek schodowych wspomaganych nawiewem mechanicznym, przy czym systemy tego typu muszą zostać wyposażone w wentylatory o zmiennym wydatku. Więcej ograniczeń efektywności działania wykazuje oddymianie grawitacyjne. Ograniczenia te dotyczą m.in. wyraźnego spadku efektywności oddymiania przy niskich temperaturach gazów pożarowych (w warunkach nie w pełni rozwiniętego pożaru), przy niekorzystnym układzie różnicy temperatury w przestrzeni klatki schodowej i na zewnątrz budynku oraz podatności systemu na oddziaływanie wiatru. Za niewłaściwe, a nawet niebezpieczne, należy uznać wykorzystanie wentylatorów oddymiających do ukierunkowania przepływu powietrza i dymu przez klatki schodowe. Artykuł może stanowić przydatne źródło informacji dla wszystkich osób uczestniczących w wyborze oraz projektowaniu systemów oddymiania klatek schodowych.
Słowa kluczowe: klatki schodowe, oddymianie grawitacyjne, nawiew mechaniczny, wentylator oddymiający
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 15.11.2016; Zrecenzowany: 27.03.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: G. Kubicki – 55%, T. Kiełbasa – 35%, J. Wiche – 10%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 142–153, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.11;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of this article is to present the characteristics of various stairwell heat and smoke exhaust ventilation systems.
Introduction: Stairwell smoke exhaust ventilation represents a facultative solution approved by Polish law as an alternative to more effective, but expensive pressure reduction systems. The article concentrates on limits and serious threats associated with unaware use of various configurations of smoke

ventilation devices. The analysis involved: natural smoke and heat exhaust ventilation systems, exhaust ventilation systems with powered ventilators (fans) as well as the newest solutions for smoke removal from vertical escape routes with mechanically-aided air supply.
Methodology: All arguments presented in this paper are based on the authors' many years operational experience. Provided information was confirmed by the results of numerical analyses as well as field research and full-size in-situ fire tests carried out in the presence of the authors. Realisation of the research programme "Bezpieczna ewakuacja" (Safe Evacuation) involved a comparison of, i.a., the operation principles of the stairwell smoke ventilation systems in various conditions of fire development and during dynamically changing stairwell leaktightness (by adjustment of doors position on the floor of fire origin and on the bottom floor as well as after a window break in the test room). The tests were carried out in a real building, characterized by the architecture features representative for the tallest buildings in Poland classified as SW (medium-height), according to [1]. The test stand was equipped with measuring, monitor, control, data collection and archive systems. Together with the field research, the authors performed numerical analyses based on models, validated in the course of hot smoke and fire tests.
Conclusions: All performed tests clearly show that stairwell ventilation systems aided by a mechanical air supply work the most efficiently, but they should be equipped with performance-regulated fans. Natural smoke exhaust systems have the most limitations. They include clear loss of efficiency at low temperatures of combustion gases (in the initial phase of fire development), at disadvantageous difference of temperatures between a stairwell and outside area, and system's vulnerability to wind influence. The use of powered mechanical ventilators (fans) for exhaust of air and smoke from the building stairwell ought to be considered inappropriate or even dangerous. Presented paper may constitute a useful source of information for everyone who participates in a choice or design of stairwell smoke ventilation systems.
Keywords: stairwell, natural smoke ventialation, mechanical air supply, smoke exhaust fan
Type of article: original scientific article

Received: 15.11.2016; Reviewed: 27.03.2017; Published: 31.03.2017;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 142–153, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.11;
Percentage contribution: G. Kubicki – 55%, T. Kiełbasa – 35%, J. Wiche – 10%;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является представление характеристик различных систем дымо- и теплоудаления из лестничных клеток.
Введение: Дымоудаление из лестничных клеток – это дополнительное решение, утверждённое государственным законодательством в качестве альтернативы для более совершенных, но дорогих систем дифференциации давления. Авторы статьи сосредоточились, в главной мере, на ограничениях и серьезных угрозах, связанных с бессознательным использованием разных конфигураций оборудования для дымоудаления. Анализу были подвергнуты системы гравитационного дымоудаления, дымоудаления, использующего вытяжные вентиляторы, а также новейшие методы дымоудаления вертикальных путей эвакуации с помощью переменной циркуляции.
Методология: Представленные в статье тезисы возникли благодаря многолетнему эксплуатационному опыту авторов. На основе результатов проведенных при участии авторов тестов in situ и реальномасштабных пожарных испытаний на реальном объекте, а также численных анализов было доказано, что представленные предположения верны. Во время реализации исследовательской программы под названием „Bezpieczna ewakuacja" *(Безопасная эвакуация)* были сопоставлены, в частности, правила работы указанных выше систем дымоудаления из лестничных клеток в различных условиях развития пожара и при динамически изменяющимся состоянии герметичности лестничных клеток (изменении расположения дверей на этаже охваченным пожаром и на уровне выхода из здания, а также после выпадения окон в тестовом помещении). Исследования проводились на реальном объекте, архитектура которого характерна для наивысших зданий, причисленных к категории средневысоких (SW - согласно [1]). Испытательный стенд был оборудован измерительной аппаратурой и устройствами для мониторинга, управления, а также сбора и архивизации данных. Одновременно с исследованиями на объектах проводились численные анализы, основанные на моделях, проверяемых во время дымовых и пожарных исследований.
Выводы: Все проведенные исследования четко указывают на наибольшую эффективность систем с механической циркуляцией, а, в частности, систем дымоудаления с переменной циркуляцией. Больше ограничений эффективности имеет гравитационное дымоудаление. Эти ограничения относятся к четкому падению эффективности дымоудаления при низких температурах пожарных газов (в условиях не вполне развитого пожара), при неблагоприятном различии температур внутри лестничной клетки и вне здания, а также чувствительности системы к воздействию ветра. Недопустимым, и даже опасным, следует считать использование вентиляторов дымоудаления для направления потока воздуха и дыма через лестничные клетки. Данная статья может представлять собой полезный источник информации для всех людей, участвующих в выборе и проектировке систем дымоудаления лестничных клеток.
Ключевые слова: лестничные клетки, гравитационное дымоудаление, механическая циркуляция, вентилятор дымоудаления
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 15.11.2016; Рецензирована: 27.03.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение вклада в создание статьи: G. Kubicki – 55%, T. Kiełbasa – 35%, J. Wiche – 10%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 142–153, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.11;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wstęp

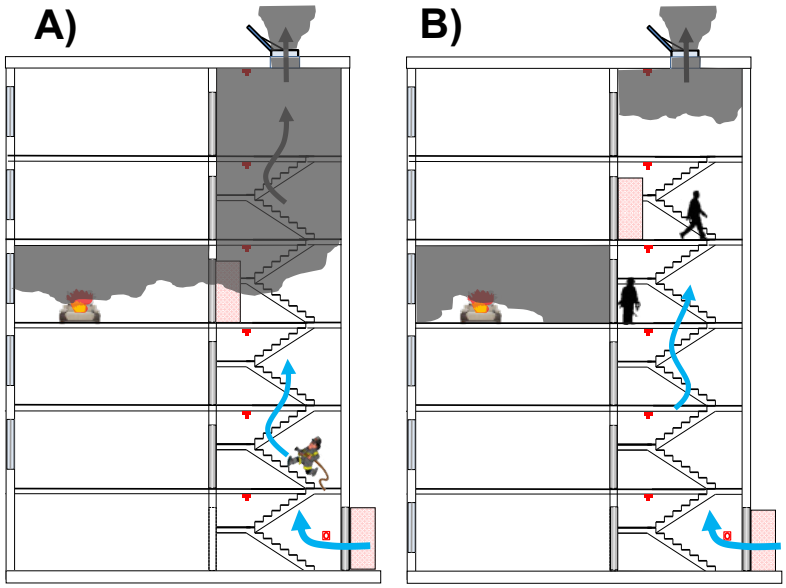
Systemy oddymiania klatek schodowych stanowią jeden z dwóch podstawowych typów instalacji wentylacji pożarowej powszechnie stosowanych na pionowych drogach ewakuacji budynków wielokondygnacyjnych. Obowiązek stosowania urządzeń służących usuwaniu dymu z klatek schodowych (lub urządzeń zapobiegających zadymieniu) dotyczy niskich budynków zaliczanych do kategorii zagrożenia ludzi ZL II, średniowysokich budynków ZL I; ZLII; ZLIII i ZL V [1]. Zastosowanie urządzeń tego

typu dotyczy również budynków mieszkalnych (ZLIV), gdy przekroczona jest długość dojść ewakuacyjnych. Zawarta w przepisach możliwość wyboru rozwiązania technicznego sprawia, że tytułowe systemy są powszechnie stosowaną alternatywą dla skuteczniejszych, ale droższych urządzeń służących zapobieganiu zadymieniu. Względy ekonomiczne nie mogą jednak stanowić jedynego kryterium wyboru rozwiązania technicznego, którego podstawową funkcją jest ochrona ludzkiego życia. Konieczne jest więc zaprojektowanie i wykonanie takiego systemu oddymiania zabezpieczającego przestrzeń klatki schodowej, który będzie zapobiegał utrzymywaniu się na niej dymu uniemożliwiającego bezpieczną ewakuację, utrudniającego działania oraz stwarzającego zagrożenie dla ekip ratowniczych ze względu na ograniczanie widoczności, wysoką toksyczność lub temperaturę. Dokonując odpowiedzialnego wyboru konkretnego rozwiązania technicznego, warto jest więc poznać mocne i słabe strony planowanego systemu. W dalszej części artykułu przedstawione zostały wady i zalety różnych systemów oddymiania klatek schodowych. Zamieszczone w tekście wnioski i spostrzeżenia wynikają z doświadczeń eksploatacyjnych istniejących instalacji, badań obiektowych przeprowadzonych przy udziale autorów, a także spostrzeżeń przekazanych przez przedstawicieli straży pożarnej.

Podstawowe warunki efektywności systemów oddymiania klatek schodowych

Pod pojęciem system oddymiania należy rozumieć zestaw wszystkich podzespołów koniecznych do budowy instalacji służącej oddymianiu klatek schodowych, dobranych pod kątem ich właściwego współdziałania. Oznacza to, że gotowy do działania system obejmować musi nie tylko elementy wykonawcze takie jak klapy dymowe, urządzenia fasadowe, otwory napływu powietrza kompensacyjnego, ale również system automatycznego sterowania, detekcji oraz zasilanie i okablowanie. O efektywności takiego systemu można mówić, gdy jego działanie, co najmniej nie dopuści do opadania dymu poniżej kondygnacji objętej pożarem. System powinien również umożliwić szybkie oczyszczenie przestrzeni klatki schodowej z dymu (Ryc. 1). Spełnienie powyższych celów, niezależnie od zastosowanego rozwiązania technicznego, możliwe będzie, gdy:

– wszystkie elementy wykonawcze systemu działać będą automatycznie i samoczynnie po wykryciu pożaru przez system detekcji lub w wyniku uruchomienia ręcznego przycisku oddymiania (RPO). Dotyczy to zarówno urządzeń służących usuwaniu dymu, jak i urządzeń napływu lub nawiewu powietrza kompensacyjnego.



Rycina 1. Cel działania systemu oddymiania klatek schodowych A) dym nie może opadać poniżej kondygnacji objętej pożarem B) możliwe powinno być szybkie oczyszczenie klatki z dymu (warunkowa ewakuacja)

Figure 1. Aim of operation of stairwell smoke exhaust ventilation system A) smoke should not flow below floor where fire occurred B) there should be possible fast exhaust of smoke from the stairwell (conditional evacuation)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

– elementy systemu zostaną dobrane i zamontowane z uwzględnieniem sposobu wydzielenia klatki schodowej oraz prawdopodobnej lokalizacji pożaru. Ważne jest tu m.in., czy klatka schodowa jest obudowana i oddzielona od potencjalnie zagrożonych pomieszczeń drzwiami przeciwpożarowymi (z samozamykaczami), czy też nie. Organizacja architektury wewnętrznej (sposób oddzielenia różnych przestrzeni funkcjonalnych, konstrukcja i kształt klatki schodowej, długość przyległych do niej korytarzy itd.) decydować będzie o wyborze optymalnego rozwiązania technicznego oddymiania oraz o tym, jaki cel działania możliwy będzie do realizacji.

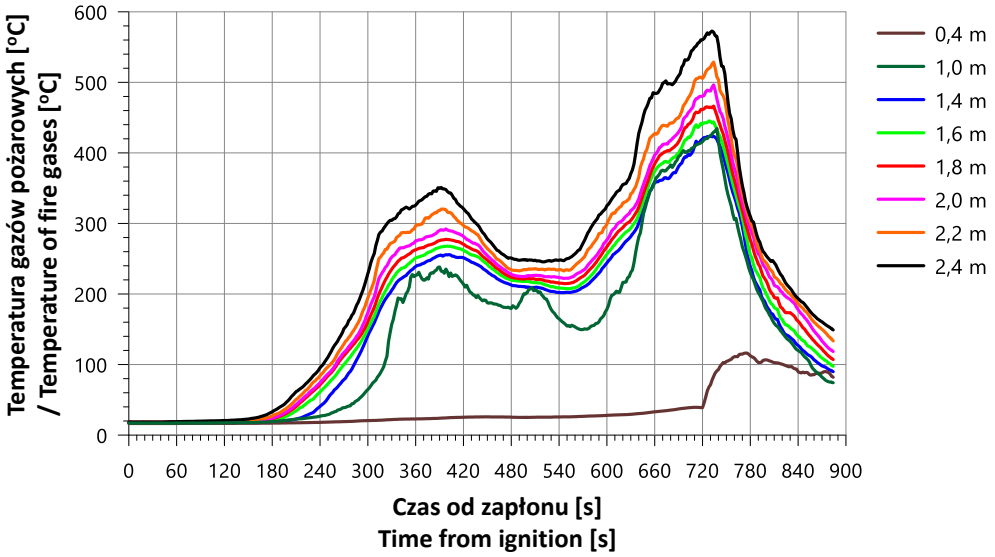
ISSN 1895-8443

– wielkość urządzeń wykonawczych zostanie dobrana zgodnie z wypracowanymi na podstawie badań i eksperymentów procedurami obliczeniowymi, w których oprócz ww. elementów uwzględnione będą np. wielkość chronionej przestrzeni klatki schodowej, prawdopodobne zmiany w poziomie jej szczelności pojawiające się w czasie trwania pożaru itd.

Systemy grawitacyjnego oddymiania klatek schodowych – zalety i ograniczenia

Oddymianie grawitacyjne klatek schodowych powinno odbywać się przez zamontowane w najwyższym punkcie klatki schodowej urządzenie oddymiające: klapę dymową lub ścienne urządzenie oddymiające. Jednocześnie zapewnić należy napływ do przestrzeni klatki schodowej powietrza zewnętrznego przez automatycznie otwierane otwory kompensacyjne zlokalizowane w jej dolnej części. Zestaw urządzeń wchodzących w skład systemu oddymiania grawitacyjnego w połączeniu z prostym sterowaniem powoduje, że instalacje te stanowią najtańsze, a co za tym idzie najczęściej stosowane spośród prezentowanych tu rozwiązanie. Ograniczenie kosztów jest w pełni zrozumiałe z punktu widzenie inwestora, ale czy systemy grawitacyjne gwarantują również wysoką rzeczywistą skuteczność działania? Odpowiedź na to pytanie nie jest już tak oczywista. Omawiane rozwiązanie, oprócz przystępnej ceny, ma jeszcze kilka innych zalet, niestety jednocześnie jego skuteczność może być poważnie ograniczona.

System oddymiania grawitacyjnego może być rozwiązaniem o akceptowalnej skuteczności, jeżeli rozwój pożaru w pomieszczeniu przyległym do klatki odbywać się będzie przy wystarczajacej ilości powietrza (pożar kontrolowany przez wentylację), czyli w sytuacji, gdy przyrost mocy pożaru będzie stały. Towarzysząca temu zjawisku wysoka stratyfikacja termiczna gazów pożarowych sprzyjać będzie efektywności całego sytemu. Próby pożarowe i testy prowadzone w obiekcie rzeczywistym wykazały, że jeżeli pomieszczenie, w którym wybuchł pożar, jest stale połączone z klatką schodową przez otwarte drzwi (np. drzwi otwarte podczas ucieczki z pomieszczenia pozostają w tej pozycji), to ilość powietrza przepływająca do pomieszczenia z klatki schodowej jest wystarczająca do rozwoju pożaru. Skutkiem rozwijającego się pożaru jest stały przyrost temperatury gazów pożarowych. Powstający w takich warunkach dym charakteryzuje się wysoką stratyfikacją termiczną, dzięki czemu właściwie zaprojektowany i wykonany system oddymiania grawitacyjnego będzie działać skutecznie. Konsekwencją rozwoju pożaru w opisanej powyżej sytuacji jest jednak niemal pewne rozgorzenie, czyli samoistny zapłon wszystkich elementów palnych w pomieszczeniu. Temperatura w pomieszczeniu osiągać może 1000°C, co powoduje zapalenie się nawet niepełnych produktów spalania obecnych w gazach pożarowych. Podczas prowadzonych eksperymentów początek tego gwałtownego zjawiska następował ok 14-15 minuty od początku pożaru. Przykładowy przyrost temperatury, towarzyszący rozwojowi pożaru w pomieszczeniu połączonym z klatką schodową otwartymi drzwiami, odnotowany podczas jednej z prób pożarowych, przedstawiony został na Ryc. 2. Chwilowe osłabienie tego zjawiska (pomiędzy 370 i 500 s) związane jest z wypaleniem się pianki oparcia kanapy. Zilustrowany tu test pożarowy został przerwany w 720 s., aby nie dopuścić do wystąpienia zjawiska rozgorzenia.



Rycina 2. Rozkład temperatury w przekroju pomieszczenia testowego odpowiadający rozwijającemu się pożarowi

Figure 2. Temperature distribution in the test room during fire development

Źródło: Opracowanie własne.

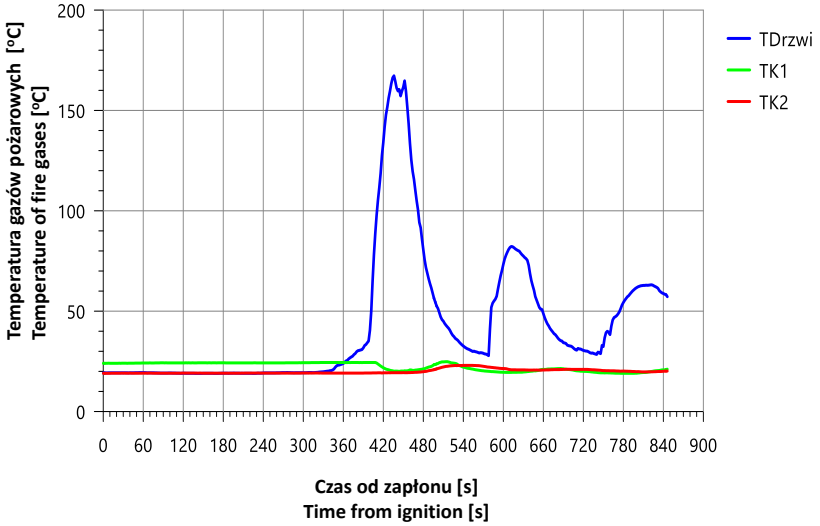
Source: Own elaboration.

Ważną zaletą systemu grawitacyjnego jest jego zdolność do samokompensacji. Wraz z rozwojem pożaru, któremu towarzyszy przyrost ilości dymu oraz temperatury, klapa dymowa lub ścienne urządzenie oddymiające będzie w stanie nadal

skutecznie odprowadzać dym i ciepło z przestrzeni klatki schodowej. Jednocześnie na skutek wyższej wytworzonej wartości ciągu termicznego nastąpi silniejsze zasysanie powietrza uzupełniającego przez otwory kompensacyjne.

Rycina 3. Skutki pożaru swobodnie rozwijającego się w pomieszczenia testowym
Figure 3. Results of fire developing freely in the test room
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Opisane powyżej właściwości wyczerpują jednak zalety systemów oddymiania grawitacyjnego klatek schodowych. Systemy te mogą okazać się całkowicie nieskuteczne dla pożarów, których rozwój ograniczony jest ilością powietrza, pożarów wolno rozwijających się lub w przypadku, kiedy pożar wybuchnie w pomieszczeniach oddalonych od klatki schodowej. Pierwszy przypadek ma miejsce, kiedy pożar rozwija się w pomieszczeniu zamkniętym lub posiadającym niewielkie nieszczelności. Sytuację taką obserwowano m.in. podczas kilku testów pożarowych przeprowadzonych w ramach wymienionego powyżej programu badawczego. W każdym z tych przypadków pożar rozwijał się w pomieszczeniu testowym, do którego powietrze zewnętrzne napływało tylko przez nieszczelności (pomieszczenie charakteryzowało się wysokim stopniem szczelności – zgodnie z PN-EN 12101-6 [2]) oraz przez okresowo otwierane drzwi prowadzące do klatki schodowej. W takich warunkach rozwój pożaru był ograniczony, aż do całkowitego wygaśnięcia płomieni.

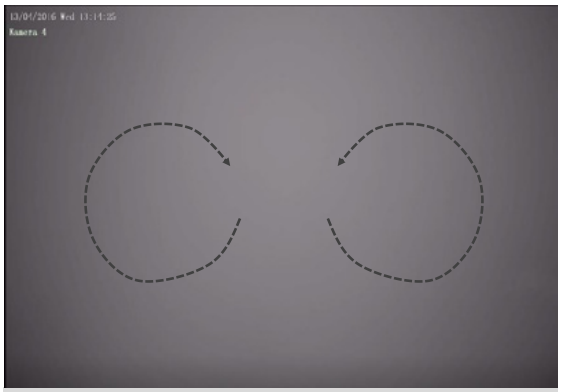


Rycina 4. Temperatura dymu wydostającego się przez okresowo otwierane drzwi na klatkę (TDrzwi) oraz przepływającego przez klapy dymowe 1 i 2 (odpowiednio TK1 i TK2)
Figure 4. Temperatures of smoke flowing through periodically opened doors to stairwell (TDrzwi) and through NSHEVs 1 and 2 (TK1 and TK2 accordingly)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Za każdym razem pomieszczenie testowe wypełniał gęsty dym o wysokim stopniu toksyczności, który po kolejnym otwarciu drzwi przedostawał się do przestrzeni klatki schodowej. Temperatura dymu mieszającego się na klatce schodowej

 ISSN 1895-8443

z zimnym powietrzem bardzo szybko spadała, co powodowało duże wahania skuteczności systemu oddymiania. Mała dynamika procesu powodowała również cyrkulacje dymu na korytarzu łączącym pomieszczenie objęte pożarem z klatką schodową. Oznacza to, że przystępujący do działań ratowniczo-gaśniczych strażacy będą musieli działać w warunkach praktycznie zerowej widoczności. Opisane zjawisko zilustrowane zostało na Ryc. 5.



Rycina 5. Cyrkulacja powietrza i dymu w obrębie korytarza łączącego pomieszczenie testowe z klatką schodową przy otwartych drzwiach na klatkę i działaniu systemu oddymiania grawitacyjnego

Figure 5. Circulation of air and smoke within the corridor space connecting test room with stairwell during open doors condition and operation of natural smoke ventilation system

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Przy niekorzystnych warunkach zewnętrznych, takich jak wpływ wiatru (szczególnie przy fasadowych otworach oddymiających wykonanych, co jest powszechną praktyką niezgodną z założeniami normy EN 12101-2 – szerzej wpływ wiatru na efektywność oddymiania klatki schodowej opisuje M. Król [6]), lub niższej niż zewnętrzna temperaturze powietrza w przestrzeni klatki schodowej, dym może opadać poniżej kondygnacji, na której wybuchł pożar, lub utrzymywać się pomiędzy kilkoma kondygnacjami. Oba przypadki poważnie ograniczają możliwość ewakuacji i utrudniają dostęp do źródła pożaru ekipom ratowniczo-gaśniczym. Zjawisko opadania dymu zaobserwowane podczas testów pożarowych ilustrują Ryc. 6 i 7. Odniesienie do pożaru rzeczywistego jest w tym przypadku uzasadnione, ponieważ średnia temperatura dymu powstającego podczas niedotlenionego pożaru jest bardzo zbliżona do temperatury dymu gorącego wykorzystywanego w czasie testów.

Rycina 6. Efekt cofania się dymu podczas działania systemu grawitacyjnego wyposażonego w okna oddymiające – efekt parcia wiatru na okno oddymiajace

Figure 6. Effect of smoke flowing downward during operation of natural smoke ventilation system equipped with smoke exhaust windows – effect of wind impact on smoke exhaust windows

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Rycina 7. Zjawisko odwróconego przepływu dymu w chłodnej klatce schodowej
Figure 7. Effect of flow of smoke in stairwell at indoor, low temperature
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Systemy oddymiania z wykorzystaniem wentylatorów wyciągowych

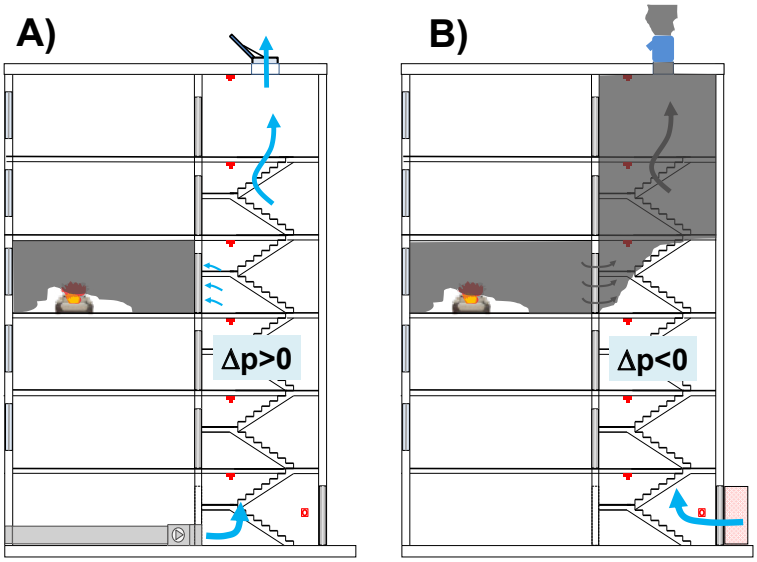
Zdarzają się przypadki, w których klatki schodowe nie mają bezpośredniego połączenia z przestrzenią zewnętrzną (w górnej części oddzielone są od niej poddaszem lub stropodachem) lub wyjście z budynku prowadzi przez korytarz i dwoje lub więcej drzwi. W takiej sytuacji projektanci sięgają po rozwiązania mechanicznie wymuszające przepływ powietrza i dymu w przestrzeni klatki schodowej.

Wykorzystanie wentylatorów oddymiających do usuwania dymu i ciepła z przestrzeni klatki schodowej jest najgorszym z możliwych i bardzo ryzykownym rozwiązaniem. Uzasadnieniem tej tezy są następujące fakty związane z funkcjonowaniem opisanego rozwiązania:

1. Ruch powietrza i dymu w przestrzeni klatki schodowej odbywa się na skutek podciśnienia wytwarzanego przez wentylator. W zależności od wysokości budynku i konstrukcji klatki schodowej (tj. oporów przepływu) wartość tego podciśnienia osiągać może kilkadziesiąt Pa. Jak wykazują doświadczenia obiektowe, będzie to powodować stałe podsysanie przez nieszczelności w stolarce budowlanej dymu z kondygnacji, na której wybuchł pożar, nawet jeżeli zastosowane zostały drzwi pożarowe. Oznacza to, że klatka schodowa powyżej kondygnacji objętej pożarem będzie w sposób ciągły zadymiona (Ryc. 8 B). Z drugiej strony, o ile wydajność zastosowanego wentylatora będzie wystarczająca do usuwania całego dymu, przedostającego się do przestrzeni klatki schodowej (przy czym należy zwrócić uwagę, że nie ma standardu pozwalającego na wyliczenie tej wielkości), to ograniczone zostanie ryzyko zadymienia wyżej położonych pięter. Jednocześnie jednak wyposażona w tego typu instalację klatka schodowa pozostanie zadymiona również po ugaszeniu pożaru, do czasu pełnego oczyszczenia budynku z dymu.
2. Wobec braku wystandaryzowanych zasad prowadzenia obliczeń celem określenia wydajności wentylatora oddymiającego jego dobór opiera się często na większym lub mniejszym „wyczuciu" projektanta. W praktyce oznaczać może to, że wielkość wentylatora będzie niewystraczająca do odprowadzenia całej ilości dymu przedostającego się do przestrzeni klatki schodowej. Należy podkreślić, że w odróżnieniu od systemów grawitacyjnych systemy oddymiania mechanicznego nie są „elastyczne". Oznacza to, że wielkość (wydajność) wentylatora będzie wystarczająca tylko dla określonej wielkości pożaru. Dlatego wydajność instalacji oddymiania mechanicznego i jej skuteczność powinna być potwierdzana w toku analizy CFD. Opis procedury przeprowadzenia takiej analizy dla klatki schodowej przedstawiony został np. w artykule [5].
3. Odporność pożarowa wentylatorów wyciągowych może okazać się niewystarczająca dla ich działania w warunkach pożaru rozwiniętego. Podczas jednego z przeprowadzonych testów pożarowych doszło do zjawiska rozgorzenia w pomieszczeniu testowym. Temperatura dymu wydostającego się na klatkę schodową przekroczyła wówczas 700°C (Ryc. 9). W przypadku pożaru zlokalizowanego w niewielkiej odległości od punktu wyciągowego (do 2-3 kondygnacji) bardzo prawdopodobne zjawisko rozgorzenia spowodowałoby wypływ dymów i gazów pożarowych mogących doprowadzić do uszkodzenia w zasadzie każdego z powszechnie stosowanych wentylatorów oddymiających.
4. Mechaniczne oddymianie utrudnia prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych, a nawet stwarza zagrożenie dla ekip ratowniczych. Działanie wentylatora oddymiającego spowoduje, że strażacy nacierać będą w kierunku przeciwnym do przepływu gazów pożarowych, których temperatura może dochodzić do kilkuset stopni Celsjusza (podczas testów w korzystniejszych warunkach nawiewu mechanicznego przekraczała 700°C). Sytuacja taka zilustrowana została na Ryc. 10B i 11B.
5. Zastosowanie wentylatora oddymiającego spowoduje szybszy przepływ gazów w kierunku opisanym powyżej, a co za tym idzie dochodzić będzie do mieszania

ISSN 1895-8443

się gazów pożarowych z utleniaczem (tlenem) zawartym w powietrzu na klatce schodowej. Przy wysokiej temperaturze gazów pożarowych może to prowadzić do pojawiania się płomieni bezpośrednio nad strażakami. Warunki takie mogą pojawić się również przy zastosowaniu innych rozwiązań, ale w analizowanym przypadku ryzyko ich wystąpienia jest najwyższe. Działaniem zapobiegającym wystąpieniu takiego zagrożenia jest podawanie pulsacyjne rozproszonych prądów wodnych w strefę podsufitową.

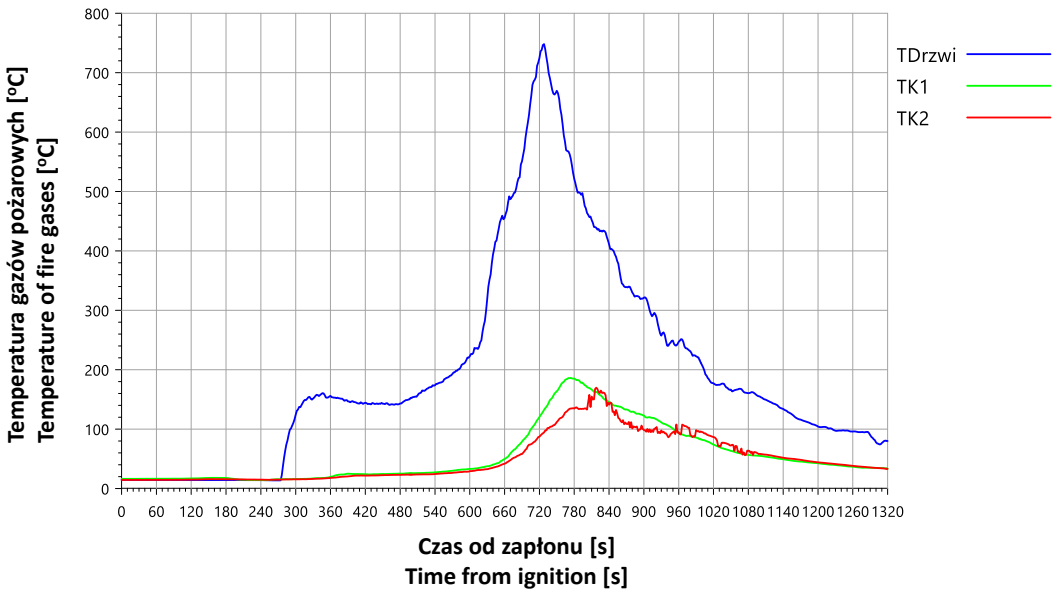


Rycina 8. Efekt działania systemów oddymiania A) z nawiewem mechanicznym i B) wentylatorem oddymiającym, kiedy drzwi na klatkę schodową pozostają zamknięte

Figure 8. Effect of operation of smoke ventilation system A) with mechanical air supply and B) with smoke exhaust powered-fan, when doors leading to the stairwell stay closed

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

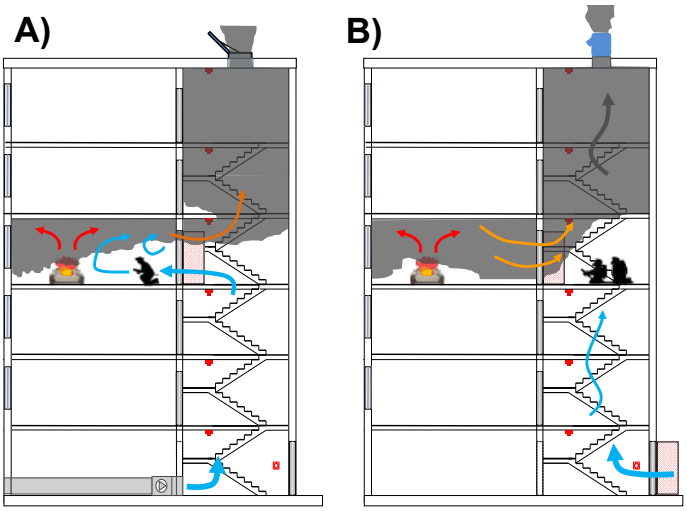


Rycina 9. Rozkład temperatury dymu wypływającego do klatki schodowej przy rozgorzeniu w pomieszczeniu testowym

Figure 9. Temperature distribution of smoke flowing to the stairwell during flashover conditions in a test room

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

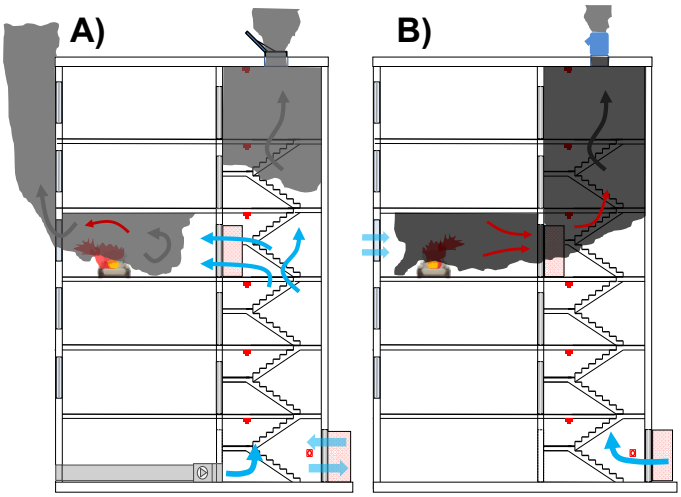


Rycina 10. Efekt działania systemów oddymiania A) z nawiewem mechanicznym i B) wentylatorem oddymiającym, kiedy drzwi na klatkę schodową zostaną otwarte

Figure 10. Effect of operation of smoke ventilation system A) with mechanical air supply and B) with smoke exhaust powered-fan, with doors connecting room to the stairwell opened

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Rycina 11. Efekt działania systemów oddymiania A) z nawiewem mechanicznym i B) wentylatorem oddymiającym, kiedy następuje pękniecie okien, a drzwi na klatkę schodową pozostają otwarte

Figure 11. Effect of operation of smoke ventilation system A) with mechanical air supply and B) with smoke exhaust powered-fan, with window broken in the room under fire and doors to the stairwell opened

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Systemy oddymiania z nawiewem mechanicznym

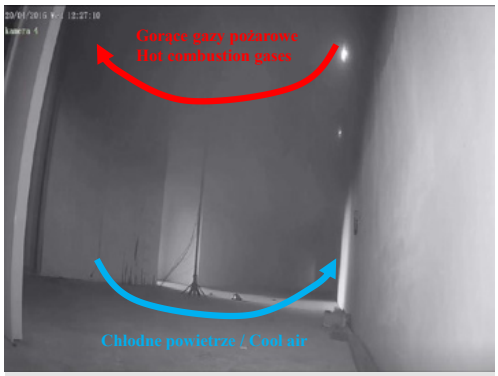
Podstawowa zasada działania systemu oddymiania z nawiewem mechanicznym polega na zastosowaniu wentylatora w funkcji nawiewu powietrza kompensacyjnego. W odróżnieniu od opisanego powyżej oddymiania przez wentylatory wyciągowe, nawiew mechaniczny posiada kilka podstawowych zalet:

– utrzymuje przestrzeń klatki schodowej w nadciśnieniu, co sprzyja doszczelnieniu tej przestrzeni, kiedy drzwi łączące klatkę schodową z kondygnacją objętą pożarem pozostają zamknięte. Umożliwia to warunkową ewakuację osób znajdujących się na kondygnacjach powyżej kondygnacji objętej pożarem. Ewakuacja może być jednak prowadzona jedynie przy zabezpieczeniu przez straż pożarną lub odpowiednio do tego celu przygotowane i wyposażone służby techniczne drzwi łączących

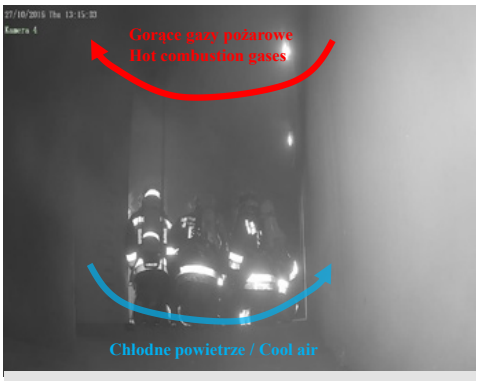
ISSN 1895-8443

przestrzeń klatki schodowej z przestrzenią objętą pożarem (Ryc. 8A).

– zastosowanie nawiewu mechanicznego w znacznym stopniu uniezależnia efektywność systemu od zmiennych warunków temperaturowych oraz wpływu wiatru. Dzięki zastosowaniu nawiewu mechanicznego na potrzeby oddymiania wykorzystywane mogą być również fasadowe urządzenia oddymiające (np. okna oddymiające lub wyrzutnie ścienne).
– otwarcie drzwi w warunkach rozwiniętego pożaru (przed pęknięciem okien) powoduje napływ zimnego powietrza przez dolną część otworu drzwiowego, mieszanie się powietrza i dymu oraz wypływ gorącej mieszaniny górną częścią otworu drzwiowego. Napływ powietrza sprzyja wprawdzie rozwojowi pożaru, ale skutkuje również wystąpieniem silniejszej stratyfikacji temperatury oraz wyraźnym obniżeniem koncentracji dymu w warstwie przypodłogowej. Efekt ten ułatwia strażakom dostęp do źródła pożaru i podjęcie efektywnych działań gaśniczych (Ryc. 12A).



Test pożarowy / Fire test - 20.04.2016



Test pożarowy / Fire test - 27.10.2016

Rycina 12. Przepływ powietrza i dymu na korytarzu łączącym pomieszczenie objęte pożarem przy otwartych drzwiach na klatkę schodową i działaniu nawiewu kompensacyjnego

Figure 12. Flow of air and smoke through open doors on the corridor connecting room of fire origin with the stairwell and with mechanical air supply working

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

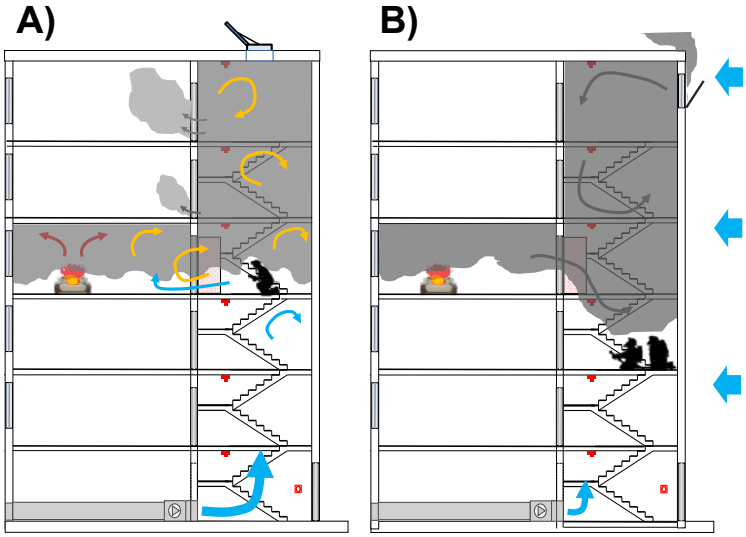
– system oddymiania ze wspomaganiem mechanicznym zachowuje wysoką elastyczność działania podobnie jak instalacje oddymiania grawitacyjnego. Również w tym przypadku, gdy do przestrzeni klatki schodowej przepływa dym o wyższej temperaturze, silniejsza stratyfikacja termiczna zwiększa prędkość jego przepływu przez klatkę, a urządzenia oddymiające są w stanie odebrać większy strumień gazów pożarowych.

Sposób realizacji nawiewu mechanicznego

Bardzo ważnym zagadnieniem, będącym jednym z głównych celów programu badawczego „bezpiecznaewakuacja.pl" [3], było określenie i przetestowanie optymalnego pod kątem skuteczności i niezawodności zestawu urządzeń systemu oddymiania ze wspomaganiem mechanicznym. Analiza zebranych podczas testów i prób pożarowych danych pozwala na scharakteryzowanie tej metody w następujący sposób:

A. Wentylatory stałego wydatku działające w funkcji nawiewu kompensacyjnego nie zawsze pozwalają na efektywną pracę systemu. Może on powodować wzrost nadciśnienia na wyższych kondygnacjach i przesączanie się dymu przez zamknięte drzwi z klatki schodowej. Zbyt mała wydajność jednostki napowietrzającej może z kolei okazać się niewystarczająca dla należytego usuwania dymu z klatki przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych (parcie wiatru, odwrócony ciąg termiczny) lub otwartych drzwiach np. na poziomie wyjścia z budynku (Ryc. 13).
B. Dla optymalnego działania systemu oddymiania **najwłaściwszym rozwiązaniem jest zastosowanie nawiewu o zmiennym wydatku**. Intensywność nawiewu powietrza do przestrzeni klatki schodowej powinna być regulowana w zależności od temperatury dymu napływającego do klatki schodowej i zmieniającego się podczas trwania pożaru poziomu szczelności tej przestrzeni. W toku prowadzonych badań wykazano, że:
   – system jest w stanie zaadaptować się w szerokim zakresie do zmiany wielkości strumienia wypływającego z kondygnacji objętej pożarem na klatkę schodową. Dzięki temu zwiększony strumień objętościowy gazów pożarowych usuwany jest ze stałą efektywnością przez tę instalację. Jednocześnie zachowana jest stała, ustalona prędkość przepływu powietrza w przestrzeni klatki schodowej, ponieważ rosnący ciąg termiczny, przy wyższej temperaturze gazów pożarowych, powoduje wzrost ciśnienia w górnej części klatki schodowej. Jest to sygnał do ograniczenia nawiewu mechanicznego.

– system oddymiania klatki schodowej wspomagany zmiennym nawiewem mechanicznym skutecznie adaptuje się do dynamicznie zmieniających się warunków w chronionej przestrzeni. Kiedy zmienia się położenie drzwi pomiędzy klatką schodową i pomieszczeniem objętym pożarem oraz pomiędzy klatką schodową i wyjściem na zewnętrz budynku (zmiany charakterystyczne przy stopniowej ewakuacji zagrożonej strefy oraz rozpoczęciu działań ratowniczo-gaśniczych), w znacznym stopniu zmieniają się warunki dla działania nawiewu. Utrzymanie stałej prędkości przepływu powietrza w przestrzeni klatki schodowej wymaga płynnego regulowania wydajności wentylatora napowietrzającego. Regulowany strumień nawiewany przez wentylator zapewnia również wymagany przepływ na urządzeniach oddymiających, przy wypływie części wprowadzanego do przestrzeni klatki schodowej powietrza przez drzwi na parterze. Zdarzenie takie jest charakterystyczne dla sytuacji podjęcia działań przez ekipy ratowniczo-gaśnicze, które rozpoczynają rozpoznanie sytuacji pożarowej od wejścia na klatkę schodową. Opis przedstawiony powyżej sporządzony został na podstawie danych z prób pożarowych. Działanie instalacji podczas jednej z wykonanych prób ilustruje Ryc. 14.

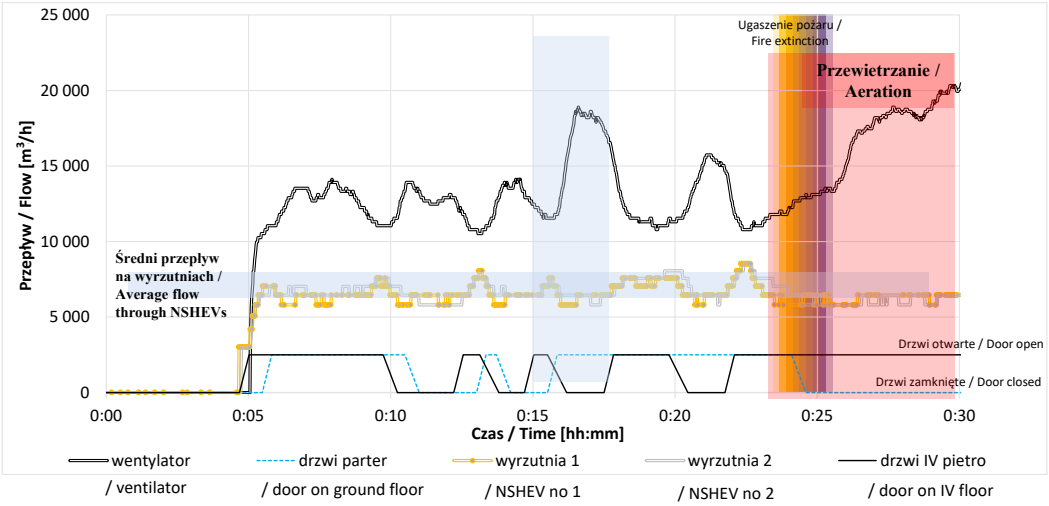


Rycina 13. Możliwe zaburzenia działania systemu oddymiania wspomaganego nawiewem mechanicznym przy A) zbyt dużej i B) zbyt małej intensywności nawiewu

Figure 13. Possible malfunctions of smoke ventilation system with mechanical air supply at A) too high and B) too low flow velocity

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Rycina 14. Przepływ na wentylatorze i wyrzutniach oraz sterowanie drzwiami przy realizacji scenariusza stopniowej ewakuacji i działania straży pożarnej

Figure 14. Flow through ventilator and through wall natural smoke ventilator as well as control of doors position during realization of scenario of phased evacuation and during operation of fire-fighting units

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Podsumowanie

Wybierając rozwiązanie techniczne systemu oddymiania klatki schodowej, należy przede wszystkim zdefiniować cel działania tej instalacji w konkretnym budynku. Jak wynika z powyższego tekstu, nie każde z powszechnie stosowanych rozwiązań w równym stopniu ułatwia ewakuację oraz działanie ekip ratowniczo-gaśniczych. Znajomość opisanych powyżej ograniczeń różnych systemów może ułatwić dokonanie właściwej oceny ryzyka ich zastosowania w budynku i świadomego wyboru rozwiązania technicznego na potrzeby osiągnięcia oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa pożarowego obiektu budowlanego. Przedstawione w powyższym artykule tezy opierają się na wynikach badań obiektowych, które stały się podstawą opracowania nowych wytycznych projektowych CNBOP-PIB [7]. Jest to pierwszy standard, który przedstawia m.in. zasady doboru wielkości elementów wykonawczych systemu oddymiania wspomaganego zmiennym nawiewem.

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2015 r., poz. 1422)

[2] PN-EN 12101-6:2007 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów różnicowania ciśnień – Zestawy urządzeń.

[3] Strona internetowa projektu pt. Bezpieczna ewakuacja, www.bezpiecznaewakuacja.pl [dostęp: 10.02.2017].

[4] Kubicki G., *Oddymianie klatek schodowych – jak zaprojektować i wykonać efektywny system*; Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie, Seminarium Naukowo-Techniczne, Zakopane 6–8 października 2016.

[5] Sztarbała E., Sztarbała G., *Analiza rozwoju pożaru w pomieszczeniu mieszkalnym oraz analiza rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w obrębie dróg ewakuacji budynku średniowysokim – wyniki badań w skali rzeczywistej, obliczeń numerycznych oraz testów z ciepłym dymem*, Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie, Seminarium Naukowo-Techniczne, Zakopane 6–8 października 2016.

[6] Król M., *Analiza wpływu warunków zewnętrznych na skuteczność usuwania dymu z klatek schodowych za pomocą okien oddymiających*, Ochrona przeciwpożarowa w budownictwie, Seminarium Naukowo-Techniczne, Zakopane 6–8 października 2016.

[7] Wytyczne CNBOP-PIB, W-0003:2016 Systemy oddymiania klatek schodowych.

DR INŻ. GRZEGORZ KUBICKI – wykładowca Politechniki Warszawskiej z ponad 18-letnim stażem. Specjalista w dziedzinie wentylacji pożarowej, prowadzący przedmiot „Wentylacja pożarowa". Założyciel i od 11 lat kierownik studiów podyplomowych „Systemy oddymiania budynków – wentylacja pożarowa". Autor lub współautor wielu artykułów i referatów oraz podręcznika akademickiego z dziedziny wentylacji pożarowej Wentylacja Pożarowa. Autor licznych ekspertyz oraz koncepcji technicznych z zakresu bezpieczeństwa pożarowego (m.in. dla portu lotniczego im. F. Chopina w Warszawie, Auli Głównej PW, Warsaw Spire itd). Aktywny członek SITP, członek sekcji wentylacji i klimatyzacji PAN, członek PZITS. Uczestnik i współautor programów badawczo-rozwojowych dotyczących systemów różnicowania ciśnienia, układów adaptacyjnych dla systemów wentylacji pożarowej oraz systemów oddymiania klatek schodowych.

ST. KPT. MGR INŻ. TOMASZ KIEŁBASA – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W CNBOP-PIB od 2004 roku związany z działalnością certyfikacyjną i dopuszczeniową. Prowadził procesy certyfikacji systemów i podzespołów urządzeń gaśniczych i zabezpieczających oraz wykonywał oceny warunków produkcji wyrobów do ochrony ppoż. w zakładach produkcyjnych zlokalizowanych na całym świecie. Od 2010 roku kierownik Jednostki Certyfikującej CNBOP- PIB. Autor lub współautor kilkunastu publikacji (rozdziałów w monografiach, artykułów, standardów, referatów) poświęconych tematyce związanej z ochroną przeciwpożarową. Autor kilkadziesięciu wystąpień podczas szkoleń, warsztatów, seminariów i konferencji o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Członek Komitetu Technicznego PKN nr 180 ds. Bezpieczeństwa Pożarowego Obiektów.

INŻ. JAROSŁAW WICHE – wiceprezes Zarządu, Dyrektor Techniczny SMAY Sp z o.o. Z wykształcenia inżynier mechanik, absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej. Od 2000 roku związany z branżą wentylacyjną jako konstruktor wiodący, autor szeregu produktów związanych z zabezpieczeniami przeciwpożarowymi w budownictwie, znajdujących się w ofercie firmy SMAY. Autor licznych publikacji z zakresu wentylacji pożarowej. Menadżer prowadzący grupę inżynierów, mechaników i automatyków w trzech generacjach zestawu do różnicowania ciśnień oferowanego przez firmę SMAY. Szef projektu „Bezpieczna ewakuacja", realizowanego w obiekcie poligonowym w Sosnowcu.

dr hab. inż. Mariusz Maślak[a)*], prof. PK, mgr inż. Piotr Woźniczka[a)]

[a)]*Politechnika Krakowska / Cracow University of Technology*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: mmaslak@pk.edu.pl*

Wpływ lokalizacji źródła ognia na rozwój pożaru w wielkopowierzchniowym halowym obiekcie handlowym

The Impact of the Fire Source Location on Fire Development in a Large-Space Steel Commercial Building

Влияние расположения источника огня на развитие пожара в торговом павильоне с большой площадью

ABSTRAKT

Cel: Celem prezentowanych rozważań jest pokazanie, że rozwój pożaru w wielkopowierzchniowym obiekcie handlowym może mieć różny przebieg, zależny od tego, w jakiej lokalizacji miała miejsce jego inicjacja. Hale tego typu charakteryzują się zwykle dużą powierzchnią przy stosunkowo małej wysokości, co utrudnia cyrkulację powietrza i odprowadzenie gazów spalinowych. Dodatkowym ograniczeniem tłumiącym swobodny rozwój pożaru jest w tym przypadku mały wskaźnik otworów. Wszystko to sprawia, że pożarem miarodajnym do oceny bezpieczeństwa takich obiektów powinien być raczej pożar zlokalizowany, dla którego nie doszło do rozgorzenia i wyrównania temperatury spalin w całej strefie pożarowej.

Metody: W pracy rozważa się rozwój pożaru lokalnego zainicjowanego w trzech alternatywnych lokalizacjach różniących się położeniem źródła ognia i jego odległością od otworów bramowych wentylujących strefę pożarową. Do numerycznego modelowania pożaru wykorzystano program FDS specyfikujący zmieniające się w czasie przestrzenne mapy temperatury spalin na podstawie uogólnionych równań dynamiki płynów ze zmiennymi termodynamicznymi i aerodynamicznymi.

Wyniki: Prezentowane wyniki, otrzymane w dotychczasowych badaniach, dotyczą przypadku hali handlowej, w której nie zastosowano wymaganych prawem klap dymowych, instalacji tryskaczowych ani żadnych innych środków czynnej ochrony przed ogniem. W dalszych pracach do modelowania planuje się wprowadzać kolejne elementy formalne, pozwalające na rozeznanie wpływu tego typu zabezpieczeń na rozwój pożaru. Uzyskane profile temperatury gazów spalinowych, skojarzone z kolejnymi rozpatrywanymi lokalizacjami pożaru, w celach porównawczych odniesiono do analogicznych wyników otrzymanych po zastosowaniu różnego typu modeli analitycznych zalecanych do stosowania w profesjonalnej literaturze.

Wnioski: Uzyskane rezultaty wydają się potwierdzać konstatację, że modelowanie rozwoju pożaru lokalnego jedynie na podstawie dostępnych modeli analitycznych nie musi prowadzić do wystarczająco wiarygodnych oszacowań prognozowanego bezpieczeństwa zwłaszcza wtedy, gdy rozwój ten zależy od czynników nie branych pod uwagę przy formułowaniu tych modeli. Przykładem tego typu ograniczeń jest sytuacja rozpatrywana w niniejszym artykule, dla której intensywność przewidywanego pożaru zależy od lokalizacji źródła ognia, co w konsekwencji różnicuje realną dostępność tlenu podtrzymującego spalanie.

Słowa kluczowe: hala handlowa, pożar lokalny, rozwój pożaru, warunki wentylacji, temperatura spalin, lokalizacja źródła ognia
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 29.11.2016; Zrecenzowany: 10.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: M. Maślak – 40%, P. Woźniczka – 60%;
Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 154–169, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.12;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The aim of this paper is to show that fire development in a large-space steel commercial building may have a different intensity depending on the location in which the fire originated. Buildings of this type are usually characterised by a large area with a relatively low height, which makes air circulation and fire-gas evacuation difficult. The low value of the opening factor in this case is an additional constraint preventing fire from developing freely. All this makes a localised fire which has not reached a flashover and for which the fire-plume-gas temperature has not become uniform throughout the fire compartment a representative pattern which should be considered to assess the fire safety of such buildings.

Methods: This paper investigates the development of a localised fire which originates in three alternative locations differing in the position of the fire source and in the distance to the gate openings which ventilate the fire compartment. The FDS software is used for numerical fire modelling, specifying

the time-varying spatial maps of the fire-plume-gas temperature on the basis of the equations taken from the fluid dynamics methodology with thermodynamic and aerodynamic variables.
Results: The presented results, obtained hitherto, involve a steel commercial building which has no smoke vents, which are legally required, and sprinkler systems or any other active fire protection solutions. The plan for future works is to include additional formal components for modelling purposes to explore the impact of these safety measures on fire development. The fire-plume-gas temperature profiles associated with the individual fire locations investigated are linked for comparative purposes to the corresponding results yielded by the analytical models recommended by the professional literature.
Conclusions: The obtained results seem to support the assertion that the modelling of a localised fire only on the basis of the existing analytical models does not necessarily lead to sufficiently reliable evaluations of the projected safety, particularly when this development depends on the factors which have not been accounted for in such models. An example of such a situation is the case investigated in this article, when the intensity of the anticipated fire depends on the location of the fire source, which involves varying oxygen availability necessary to sustain combustion.
Keywords: steel commercial building, localised fire, fire development, ventilation conditions, fire-plume-gas temperature, fire-source location
Type of article: original scientific article

Received: 29.11.2016; Reviewed: 10.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: M. Maślak – 40%, P. Woźniczka – 60%;
The article was recognised by the Editorial Committee;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 154–169, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.12;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью дискуссии представляется демонстрация того, что развитие пожара в торговом павильоне с большой площадью может иметь различный сценарий, в зависимости от места расположения очага возгорания. Павильоны этого типа, как правило, характеризуются большой площадью поверхности при относительно малой высоте, что затрудняет циркуляцию воздуха и отвод дымовых газов. Дополнительным демпфирующим ограничением свободного развития пожара являются небольшие вентиляционные отверстия. Все это приводит к тому, что в качестве достоверной оценки пожара, с целью определения уровня безопасности таких объектов, должен выступать, скорее всего, локализированный пожар, в случае которого не дошло бы до распространения и выравнивания температуры продуктов горения по всей зоне пожара.
Методы: В работе рассматривается развитие локального пожара, начатого в трех альтернативных местах различающихся местоположением источников возгорания и расстоянием от вентиляционных отверстий портальных зон пожара. Для численного моделирования была использована программа FDS с указанием изменения во времени пространственной карты температуры продуктов сгорания на основе обобщенных уравнений гидродинамики с термодинамическими и аэродинамическими переменными.
Результаты: Представленные результаты, полученные в предыдущих исследованиях, относятся к случаю павильона, в котором не применяется установленные законом дымовые отверстия, спринклерные системы или любые другие средства активной противопожарной защиты. В дальнейшей работе моделирования планируется ввести дополнительные формальные элементы, позволяющие понять влияние этого вида безопасности на развитие пожара. Полученные профили температуры продуктов сгорания, связанные с последовательными рассматриваемыми местами пожара, для целей сравнения отнесены к соответствующим результатам, полученным при использовании различных типов аналитических моделей, рекомендуемых для использования в профессиональной литературе.
Выводы: Как оказалось, результаты, подтверждают тезис о том, что локальное моделирование развития пожара только на основе имеющихся аналитических моделей не всегда приводит к достаточно надежной оценке проектируемой безопасности, особенно, когда это развитие зависит от факторов, не принимаемых во внимание при разработке этих моделей. Примером таких ограничений является ситуация рассмотренная в этой статье, когда ожидаемая интенсивность пожара зависит от расположения источника огня, который, что в свою очередь, дифференцирует реальную доступностью кислорода, поддерживающего пожар.
Ключевые слова: торговый павильон, локальный пожар, развитие пожара, условия вентиляции, температура продуктов сгорания, расположение источника огня
Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 29.11.2016; Рецензирована: 10.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: M. Maślak – 40%, P. Woźniczka – 60%;
Эту статью наградил Редакционный Совет;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 154–169, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.12;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

W szacowaniu odporności pożarowej ustrojów nośnych wielkopowierzchniowych halowych obiektów handlowych na ogół zakłada się, że miarodajnym do dokonania oceny jest scenariusz realizacji pożaru rozwiniętego, dla którego osiągnięty został punkt rozgorzenia. Oznacza to rozpatrywanie równomiernego rozkładu temperatury gazów spalinowych w całej objętości analizowanej hali, a to nieuchronnie prowadzi do wniosku o stosunkowo szybkim wyczerpaniu nośności podstawowych elementów konstrukcyjnych. Zaletą tego typu podejścia jest prostota. Daje

Introduction

A fully developed-fire scenario reaching the flashover point is usually considered reliable for estimating the fire resistance of the load-carrying structures in a large-space steel commercial building. This means a situation in which the fire-gas temperature is uniformly distributed throughout the entire volume of the building, inevitably leading to the conclusion that the basic structural components lose their load-bearing capacity relatively quickly. The advantage of such an approach is simplicity. As a rule, it also provides reliable estimates of

ono również z reguły bezpieczne oszacowania czasu, przez który w warunkach pożaru badany ustrój nośny może efektywnie przenosić przyłożone do niego obciążenia. Wydaje się jednak, że w wielu praktycznie ważnych przypadkach jest ono nazbyt ostrożne, co oznacza, że powzięte na jego podstawie zalecenia odnoszące się do wymaganego stopnia zabezpieczenia rygli, słupów i stężeń analizowanej hali przed bezpośrednią ekspozycją ogniową nie są do końca merytorycznie uzasadnione. Można zatem zastosować zabezpieczenia znacznie mniej kosztowne, a uzyskany w efekcie ich użycia poziom bezpieczeństwa gwarantowany użytkownikom analizowanego obiektu nadal będzie odpowiednio wysoki. To, czy w rozpatrywanej hali dojdzie do rozgorzenia pożaru, a jeśli tak to po jakim czasie, licząc od jego zainicjowania, zależy od wielu czynników, w tym przede wszystkim od rodzaju i sposobu rozmieszczenia nagromadzonych w niej materiałów palnych oraz od warunków dostępu do tego pożaru tlenu podtrzymującego spalanie. Ryzyko takiego rozgorzenia dla konkretnego obiektu można dość dokładnie oszacować. Wystarczy przeprowadzić w nim odpowiednią inwentaryzację [1]. Często, po jej przeprowadzeniu i uwzględnieniu w dalszej analizie rzeczywistych charakterystyk opisujących intensywność spalania i masę zinwentaryzowanych wcześniej materiałów, okazuje się, że energia uwalniana w prognozowanym pożarze wystarczy jedynie do tego, aby pozostał on przez cały czas trwania na etapie pożaru zlokalizowanego, ograniczonego tylko do części powierzchni użytkowej rozpatrywanej hali. W pracy [2] sugeruje się nawet, aby dla wielkokubaturowych obiektów handlowych o stalowej konstrukcji nośnej, także przy bardzo dużym nagromadzeniu materiałów palnych, przyjmować jako graniczną moc pożaru wartość $Q_{max} = 25\,\mathrm{MW}$. Tego typu ograniczenie prowadzi do konstatacji, że do rozgorzenia pożaru, przy stosunkowo dużej powierzchni strefy pożarowej, będzie dochodziło stosunkowo rzadko, a zatem pożar zlokalizowany w wielu sytuacjach może być traktowany jako pożar miarodajny do wiarygodnego szacowania odporności pożarowej rozpatrywanego obiektu handlowego.

Opis analizowanego modelu

Celem prezentowanej pracy jest ocena wpływu lokalizacji źródła ognia na uzyskaną przy tej lokalizacji po jednej godzinie ekspozycji ogniowej temperaturę gazów spalinowych. Do szczegółowej analizy wybrano typową halę mieszczącą wielkopowierzchniowy obiekt handlowy o wymiarach 135,00 m x 60,00 m w rzucie poziomym i o stałej wysokości równej 6,50 m (ryc. 1 i 2). Dla uproszczenia modelu założono, że w analizowanej hali nie zainstalowano klap oddymiających. Uwzględniono natomiast istniejące, stale otwarte, bramy wejściowe: jedną dużą o wymiarach 10,00 x 4,50 m oraz trzy mniejsze o wymiarach 2,50 m x 2,50 m każda. Lokalizację tych bram pokazano na ryc. 1 i 2. Poszycie hali zamodelowano jako wykonane z typowych płyt warstwowych z grubym na 15 cm rdzeniem z wełny mineralnej. Właściwości materiału izolacyjnego, zależne od wartości oddziałującej na ten materiał temperatury, przyjęto na podstawie pracy [3]. Ustrój nośny hali wykonano ze stali węglowej, dla której relacje pomiędzy temperaturą materiału a specyfikowanym dla niego ciepłem właściwym i przewodnością cieplną

how long the load-carrying structure concerned is able to effectively resist loading in fire conditions. It seems, however, that in many practically useful cases, this approach is too conservative. In other words, any recommendations based on this approach with regard to the required level of protection against the direct fire exposure of the steel building's girts, columns and bracing are not entirely reasonable. Therefore, far less expensive measures can be used in the building concerned to ensure a level of its protection which is still sufficient. Whether a flashover occurs in the building, and if so, how long after fire inception, will depend on a multitude of factors. These include primarily the type and arrangement of the combustive materials inside the building, and the access of oxygen, which would sustain combustion. The risk of a flashover for a specific building can be estimated fairly accurately. This only requires a thorough survey of the building [1]. Once such a survey is completed and followed up by an analysis of the actual characteristics which describe the combustion intensity and weight of the surveyed materials, it often becomes evident that the energy released during the entire duration of the projected fire will be sufficient only for a localised fire confined only to a fraction of the building's internal space. The authors of the paper [2] suggest even that for large-space steel structures, including structures where large amounts of combustible materials are accumulated, the threshold fire size should be assumed at $Q_{max} = 25\,\mathrm{MW}$. By extension, a flashover in a comparatively large fire compartment will occur relatively rarely, so a localised fire can be considered in many cases as conclusive for a reliable estimate of the fire resistance of the commercial building considered.

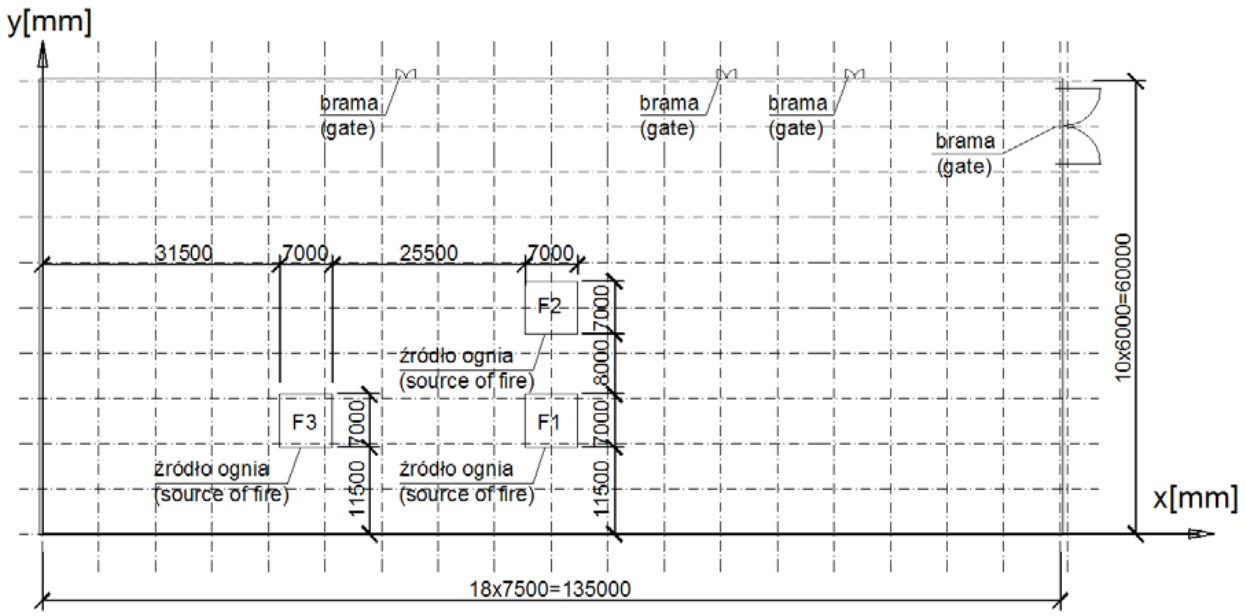
A description of the model

This work aims to evaluate how the location in which fire inception took place affects the temperature of fire gases in this location after one hour of fire exposure. The detailed analysis involved a typical large-space commercial building with the horizontal dimensions of 135.00 m x 60.00 m and a constant height of 6.50 m (Figures 1 and 2). To simplify the model, it was assumed that the building had no roof smoke vents. In this model, the building had permanently opened gates, one large gate 10.00 m x 4.50 m and three smaller gates 2.50 m x 2.50 m each. The locations of these gates are shown in Figures 1 and 2. The roof decking in the model was made of typical sandwich panels with a 15 cm-thick rock-wool core. The properties of the insulation material, depending on the temperature to which it was exposed, were taken from [3]. The load-carrying structure of the building was made of carbon steel, for which the relationship between its temperature and the specific heat, and the thermal conductivity coefficient specified for it, was in line with the recommendations of PN-EN 1993-1-2 [4]. It was also assumed

ISSN 1895-8443

przyjęto zgodnie z rekomendacjami normy PN-EN 1993-1-2 [4]. Założono również, że przed zainicjowaniem pożaru temperatura wewnątrz hali była wyrównana, a jej wartość wynosiła 20°C.

that the temperature inside the building before fire inception was uniform at 20°C.



Rycina 1. Rzut poziomy hali rozpatrywanej w pracy wraz z kolejnymi lokalizacjami źródła ognia oznaczonymi symbolami F1, F2 i F3

Figure 1. The floor plan of the investigated building, including the analysed locations of the fire source denoted by symbols F1, F2 and F3

W pierwszej kolejności rozpatrywano trzy alternatywne lokalizacje źródła ognia, oznaczone na ryc. 1 symbolami odpowiednio F1, F2 i F3. Różnią się one stopniem wycentrowania względem środka hali, a zatem przede wszystkim odległością osi płomienia od ścian zewnętrznych, zarówno na kierunku podłużnym, jak i poprzecznym względem głównej osi symetrii hali. Dla każdej z tych lokalizacji, zgodnie z zaleceniami zawartymi w [2], założono, że moc pożaru wynosi $Q_{\max} = 25\ \mathrm{MW}$, co przy przyjęciu szybkości oddawania ciepła na poziomie $RHR_f = 500\ \mathrm{kW/m^2}$ [4] dało obliczeniowe pole powierzchni pożaru o wartości:

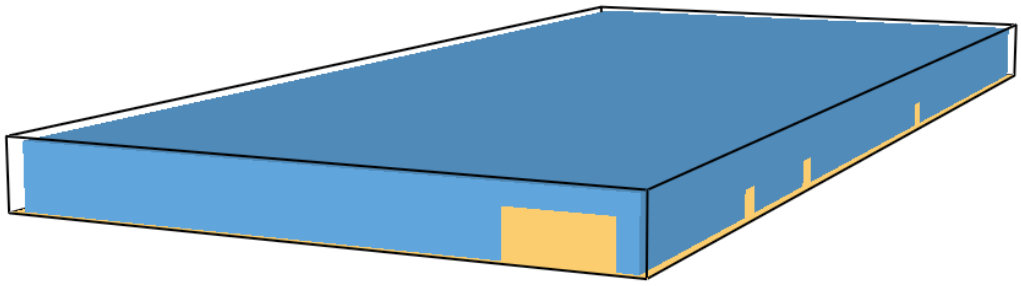
$$A_{fire} = \frac{Q_{\max}}{RHR_f} = \frac{25\ \mathrm{MW}}{500\ \mathrm{kW/m^2}} = 50\ \mathrm{m^2} \qquad (1)$$

Zauważmy, że takie przyjęcie jest bardziej restrykcyjne w stosunku do wytycznych normy PN-EN 1991-1-2 [5], zgodnie z którymi wartość $RHR_f = 500\ \mathrm{kW/m^2}$ specyfikowana jest dla obiektów użyteczności publicznej takich jak biblioteki, kina i teatry, natomiast do stosowania w przypadku centrów handlowych postuluje się wartość o połowę mniejszą, czyli $RHR_f = 250\ \mathrm{kW/m^2}$, co w efekcie przy takiej samej mocy dawałoby powierzchnię $A_{fire} = 100\ \mathrm{m^2}$. Do analizy rozwoju pożaru w każdej z wymienionych wcześniej lokalizacji wykorzystano program Fire Dynamics Simulator (FDS) [6], przy czym koło ograniczające źródło ognia, o powierzchni $A_{fire} = 50\ \mathrm{m^2}$, każdorazowo zamieniano na zastępczy kwadrat o takim samym polu.

The analysis was started by considering three alternative locations of the fire source, denoted by F1, F2 and F3, respectively. They are aligned differently in relation to the centreline of the building, the primary difference being the distance between the flame axis and the perimeter wall, both longitudinally and transversally to the principal axis of the building's symmetry. As recommended in [2], the fire size for each of these locations was assumed at $Q_{\max} = 25\ \mathrm{MW}$. With a heat release rate at $RHR_f = 500\ \mathrm{kW/m^2}$, this resulted in a design fire area of:

$$A_{fire} = \frac{Q_{\max}}{RHR_f} = \frac{25\ \mathrm{MW}}{500\ \mathrm{kW/m^2}} = 50\ \mathrm{m^2} \qquad (1)$$

It is important to note that these assumptions are more conservative than those provided by PN-EN 1991-1-2 [5]. PN-EN 1991-1-2 guidelines specify the value of $RHR_f = 500\ \mathrm{kW/m^2}$ for public buildings such as libraries, cinemas and theatres. However, it is suggested that this value be reduced by half for commercial centres. i.e. to $RHR_f = 250\ \mathrm{kW/m^2}$. Given the same fire size, the resulting fire area would be $A_{fire} = 100\ \mathrm{m^2}$. Fire Dynamics Simulator (FDS) code [6] was used to analyse fire development in all the mentioned locations. In each case, however, the circle which forms the boundary of the fire source, with an area of $A_{fire} = 50\ \mathrm{m^2}$, was replaced by a rectangle with the same area.



Rycina 2. Model rozpatrywanej hali zastosowany w programie FDS

Figure 2. A model of the investigated building as applied in the FDS code

Skład chemiczny płonącego materiału modelowano w sposób uproszczony, z wartościami funkcji odpowiadających za produkcję tlenku węgla i sadzy wynoszącymi odpowiednio: CO_YIELD = 0.063 i SOOT_YIELD = 0.163. Fazę wzrostu pożaru opisano przy tym za pomocą tak zwanego pożaru *t*-kwadrat [5], identyfikującego relację pomiędzy energią cieplną rozpraszaną w pożarze $Q(t)\ [\mathrm{W}]$ i czasem trwania tego pożaru, dla której zachodzi:

$$Q(t)=\begin{cases} 10^6\left(t/t_\alpha\right)^2 & \text{dla} \quad t<t_p \\ Q_{\max} & \text{dla} \quad t\geq t_p \end{cases} \tag{2}$$

Czas $t_p\ [\mathrm{s}]$ jest tu czasem kończącym okres wzrostu pożaru, natomiast parametr $t_\alpha\ [\mathrm{s}]$ czasem odpowiadającym rozproszeniu energii na poziomie 1 MW. Jak widać z zależności (2), po czasie t_p tempo rozpraszania energii cieplnej przestaje narastać i rozpraszanie to zachodzi w sposób jednostajny. Założenie wartości $Q_{\max}=25\ \mathrm{MW}$ oraz $RHR_f=500\ \mathrm{kW/m^2}$ wraz ze skojarzonym z tą wartością czasem $t_\alpha=150\ [\mathrm{s}]$ [5] jednoznacznie wyznacza wartość $t_p=750\ \mathrm{s}=12{,}5\ \mathrm{min}$. Schemat analizowanej hali handlowej zastosowany w modelu FDS pokazano na ryc. 2. Dla każdej rozpatrywanej lokalizacji źródła ognia w tak sformalizowanym modelu umieszczono wirtualne czujniki temperatury, pozwalające na tworzenie map termicznych zarówno na kierunku podłużnym, równoległym do głównej osi hali, jak i na kierunku poprzecznym, prostopadłym do tej osi. Osie poszczególnych linii czujników za każdym razem krzyżują się w miejscu, w którym zadeklarowano położenie danego źródła.

The chemical-composition model of the burning material was simplified, with the functions governing the production of carbon monoxide and soot being at CO_YIELD = 0.063 and SOOT_YIELD = 0.163, respectively. The fire-growth phase was described by the so-called *t*-squared fire [5], which identifies the relationship between the heat energy of $Q(t)\ [\mathrm{W}]$ dissipated during the fire and the duration of this fire, for which the equation is

$$Q(t)=\begin{cases} 10^6\left(t/t_\alpha\right)^2 & \text{dla} \quad t<t_p \\ Q_{\max} & \text{dla} \quad t\geq t_p \end{cases} \tag{2}$$

The time $t_p\ [\mathrm{s}]$ is here the time at which the fire is no longer growing, and the parameter $t_\alpha\ [\mathrm{s}]$ is the time in which 1 MW of energy is dissipated. As we can see from the relationship in (2), after time t_p has passed, the rate of heat energy dissipation is no longer increasing and becomes constant. The values of $Q_{\max}=25\ \mathrm{MW}$ and $RHR_f=500\ \mathrm{kW/m^2}$, assumed together with the time $t_\alpha=150\ [\mathrm{s}]$, related to them [5], give a conclusive result of $t_p=750\ \mathrm{s}=12.5\ \mathrm{min}$. The analysed building as applied in the FDS model is shown in Figure 2. Temperature probes were placed in each investigated location of the fire source in this formalised model to create thermal maps both longitudinally (parallel) and transversely (square to) to the principal axis of the building. In each case, the centrelines of individual probe lines intersect in the indicated locations of the fire sources.

Analiza uzyskanych wyników

Rozkłady temperatury gazów spalinowych w przekrojach poprzecznych analizowanej hali

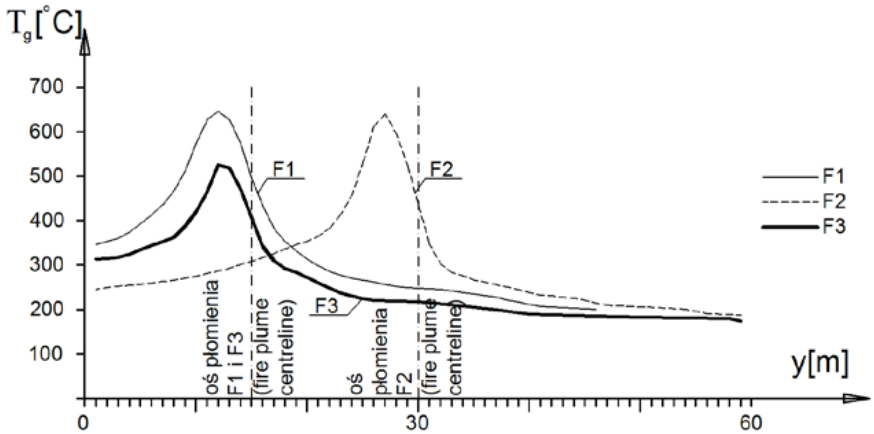
Uzyskane ze szczegółowej analizy po 1 godzinie ekspozycji pożarowej rozkłady temperatury gazów spalinowych specyfikowane dla wybranych przekrojów poprzecznych hali analizowanej w przykładzie zestawiono na ryc. 3 i 4. Zauważmy, że położenie tych przekrojów pokrywa się w przypadku lokalizacji F1 i F2, natomiast przekrój skojarzony z lokalizacją F3 jest cofnięty w głąb hali o 32,50 m względem poprzednich. Przyjmując za początek układu współrzędnych lewy dolny narożnik rzutu poziomego hali pokazanej na ryc. 1 i traktując jako wyróżnik danego przekroju odpowiadającą mu odciętą, przekroje te będą w dalszych rozważaniach oznaczane symbolami, odpowiednio: $F1_\perp(67{,}50)$, $F2_\perp(67{,}50)$ oraz $F3_\perp(35{,}00)$.

The analysis of the results

Plume-gas temperature distributions in the cross-sections of the investigated building

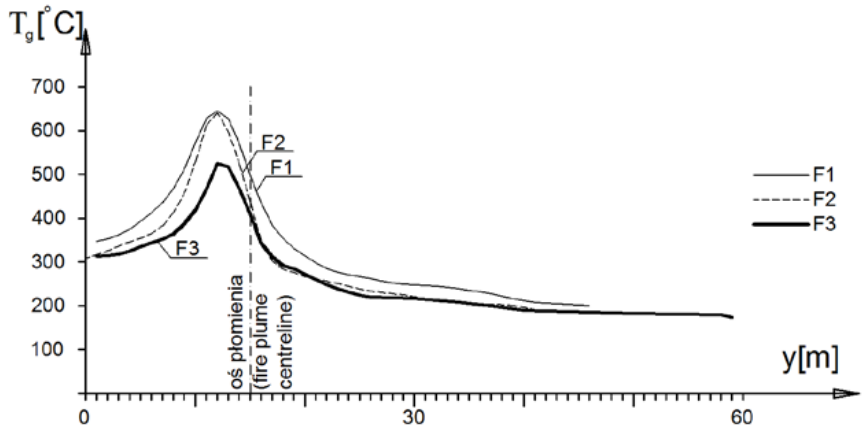
The plume-gas temperature distributions provided by detailed analyses after one-hour fire exposure, specified for selected cross sections of the investigated building, are shown and compared in Figures 3 and 4. Note that the locations of these cross sections are the same for the F1 and F2 locations, whereas the cross section linked to the F3 location is situated further inside the building, 32.50 m away from the other cross sections. With the bottom-left corner of the building's plan view, as shown in Figure 1, taken as the origin of the coordinate system, and with the corresponding x-coordinate of the given cross section considered as the discriminant of this cross section, these cross sections will be denoted below as $F1_\perp(67.50)$, $F2_\perp(67.50)$ and $F3_\perp(35.00)$, respectively.

ISSN 1895-8443



Rycina 3. Rozkłady wartości temperatury gazów spalinowych uzyskane dla różnych lokalizacji źródła ognia w przekrojach poprzecznych rozpatrywanej hali po 1 godzinie ekspozycji pożarowej

Figure 3. The distributions of the fire-plume gas temperature values for various locations of the fire source in the cross sections of the considered building after one-hour fire exposure



Rycina 4. Porównanie kształtu rozkładów temperatury gazów spalinowych pokazanych na rys. 3 po sprowadzeniu osi pożarów kojarzonych z kolejnymi lokalizacjami źródła ognia do jednej wspólnej osi

Figure 4. A comparison of the temperature distributions in the fire plume, depicted in Fig. 3, but with fire source centrelines aligned to the common location on the graph

Porównanie zestawionych wykresów pozwala na stwierdzenie, że maksymalne wartości temperatury spalin określone bezpośrednio ponad źródłem ognia w przypadku lokalizacji F1 i F2 są bardzo podobne, natomiast analogiczna wartość temperatury uzyskana w przypadku lokalizacji F3 jest wyraźnie niższa. Przyczyna tej różnicy zostanie wyjaśniona w dalszej części pracy. Na ryc. 3 dobrze widać również różnicę w ukształtowaniu poszczególnych rozkładów temperatury. Wynika ona z tego, że w przypadku lokalizacji F2 oś pożaru pokrywa się ze środkiem hali (rzędna tej osi ma wartość 30,00 m), natomiast w przypadku lokalizacji F1 i F3 osie te są przesunięte względem podłużnej osi hali o 15,00 m w kierunku ściany zewnętrznej (ich rzędne w obu przypadkach mają wartość 15,00 m). W wyniku tego przesunięcia wartości temperatury uzyskane w pobliżu ściany zewnętrznej przy lokalizacji F2 są znacząco niższe od tych kojarzonych z lokalizacjami F1 i F3. Jest to oczywiste, z uwagi na większą w tym przypadku odległość ściany od źródła ognia. Efekt ten w zasadzie zanika, jeśli tylko dla lokalizacji F2 odpowiednio przesunąć prezentowaną na ryc. 3 oś pożaru tak, aby sprowadzić wszystkie osie do jednej wspólnej osi (ryc. 4). Zwróćmy również uwagę

A comparison of the above graphs leads to the conclusion that the maxima of plume-gas temperatures directly above the fire source are very similar for the F1 and F2 locations, whereas the corresponding temperature for the F3 locations is markedly lower. The cause of this difference will be explained further in this paper. Also, Figure 3 shows clearly the differences between individual temperature distributions. The reason behind these differences is that in the case of the F2 location, the flame axis overlaps with the centre of the building (the ordinate of this centreline is 30.00 m), whereas in the case of the F1 and F3 locations, the centrelines are displaced by 15.00 m relative to the centreline of the building, towards the perimeter wall (their ordinates are 15.00 m in both cases). As a result of this displacement, the temperature values near the external wall in location F2 are substantially lower than those associated with the F1 and F3 locations. This is self-evident, given the greater distance between the wall and the fire source. However, this is no longer the case once the flame axis for the F2 location is shifted to overlap with the centrelines of the other locations (Figure 4). Also note that the temperature distributions

na brak symetrii uzyskanych z analizy rozkładów temperatury względem skojarzonych z nimi osi pożaru. Maksima temperatury gazów spalinowych w każdym z rozpatrywanych przypadków są wyraźnie przesunięte względem tych osi w kierunku ściany bocznej. Takie przesunięcie wynika z braku symetrii w rozmieszczeniu bram hali stanowiących pionowe otwory wentylacyjne.

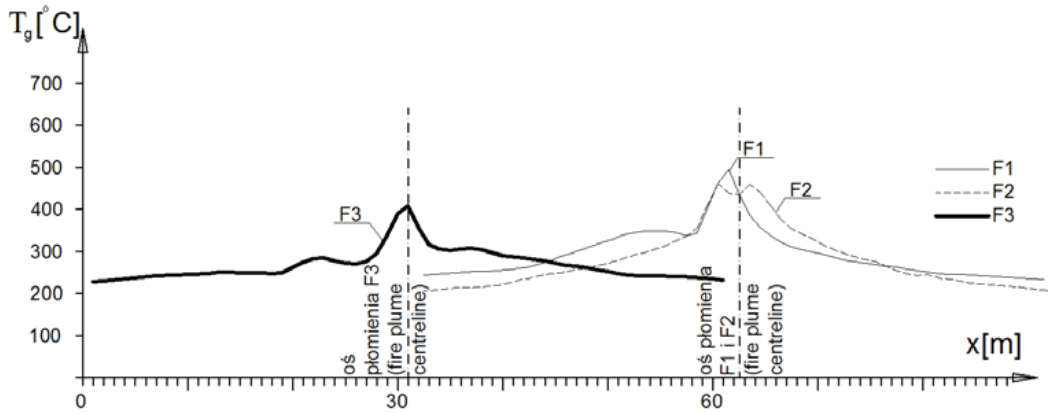
Rozkłady temperatury gazów spalinowych w przekrojach podłużnych analizowanej hali

Analogiczne rozkłady temperatury gazów spalinowych uzyskane po 1 godzinie ekspozycji pożarowej w wybranych przekrojach podłużnych hali, równoległych do głównej osi budynku, zestawiono na ryc. 5 i 6.

are asymmetrical to their corresponding flame axis. In each of the investigated cases, the peak temperatures of the fire-plume gases are clearly displaced, relative to these centre-lines, towards the side wall. This displacement is attributable to the asymmetrical location of the gates (vertical ventilation openings) in the building.

Plume-gas temperature distributions in the longitudinal sections of the investigated building

The corresponding distributions of the plume-gas temperature values after one-hour fire exposure in selected longitudinal sections of the building parallel to the principal axis of that building are shown and compared in Figures 5 and 6.

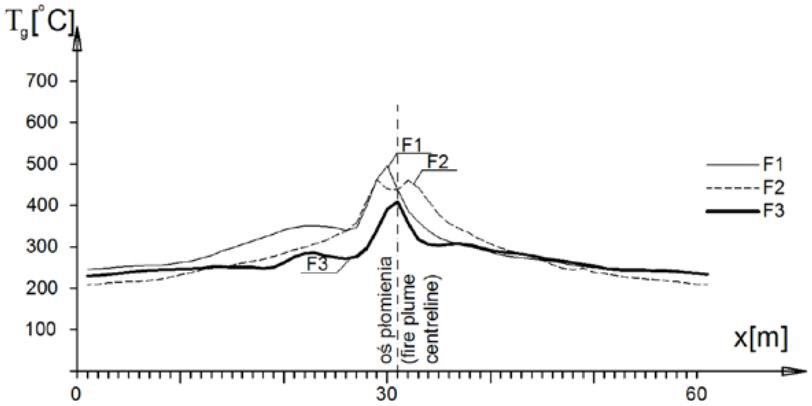


Rycina 5. Rozkłady wartości temperatury gazów spalinowych uzyskane dla różnych lokalizacji źródła ognia w przekrojach podłużnych rozpatrywanej hali po 1 godzinie ekspozycji pożarowej

Figure 5. The distributions of the fire plume gas temperature values for various locations of the fire source in the longitudinal sections of the building after one-hour fire exposure

Tym razem wyróżnia się przekrój podłużny skojarzony z lokalizacją F2 i pokrywający się z główną osią symetrii hali oraz wzajemnie tożsame przekroje skojarzone z lokalizacjami F1 i F3, przesunięte względem poprzedniego o 15,00 m, tak aby w efekcie być usytuowane bliżej ściany zewnętrznej hali.

This case involves a longitudinal section associated with the F2 location and overlapping with the principal axis of the building, and other longitudinal sections associated with the F1 and F3 locations, displaced by 15.00 m relative to the F2 location and thus situated closer to the perimeter wall of the building.



Rycina 6. Porównanie kształtu rozkładów temperatury gazów spalinowych pokazanych na ryc. 5 po sprowadzeniu osi pożarów kojarzonych z kolejnymi lokalizacjami źródła ognia do jednej wspólnej osi

Figure 6. A comparison of the fire-plume gas temperature distributions shown in Fig. 5, but with fire source centrelines aligned to the common location on the graph

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

Traktując rzędną globalnego układu współrzędnych jako wyróżnik każdego z wyróżnionych powyżej przekrojów, w dalszych rozważaniach przypisano im oznaczenia, odpowiednio: $F1_{II}(15{,}00)$, $F2_{II}(30{,}00)$ oraz $F3_{II}(15{,}00)$. Podobnie jak w przypadku prezentowanej wcześniej analizy rozkładów temperatury gazów spalinowych identyfikowanych w przekrojach poprzecznych rozpatrywanej hali teraz także wyraźnie zaznacza się znacząco niższa temperatura gazów spalinowych uzyskana przy lokalizacji źródła ognia oznaczonej symbolem F3. Potwierdza się również wpływ bliskości ściany zewnętrznej, co skutkuje odpowiednio wyższą temperaturą spalin uzyskaną dla lokalizacji F3 w pobliżu tej ściany (ryc. 5). Efekt ten ulega zniwelowaniu, jeśli tylko osie pożarów kojarzone z poszczególnymi lokalizacjami sprowadzi się do jednej wspólnej osi (ryc. 6). Nie ma również symetrii rozkładów temperatury względem odpowiadających im osi pożarów, choć efekt tego braku jest wyraźnie słabszy, niż to zaobserwowano przy analizie przekrojów poprzecznych. W sposób znaczący uwidacznia się on w zasadzie jedynie wtedy, gdy źródło ognia usytuowane jest w pozycji F1. W tej sytuacji maksimum temperatury gazów spalinowych jest odchylone względem osi pożaru do wewnątrz budynku.

Specyfika rozwoju pożaru przy lokalizacji źródła ognia w pobliżu ściany zewnętrznej hali

Prezentując różnice pomiędzy rozwojem pożaru ze źródłem ognia zlokalizowanym w dużej odległości od ściany zewnętrznej (w naszej analizie tego typu pożarowi odpowiada lokalizacja F2) i takim, dla którego źródło ognia znajdowało się w pobliżu tej ściany (jeśli rozważać przekroje poprzeczne hali to pożary tego typu odpowiadają zarówno lokalizacji F1 jak i lokalizacji F3), nie można pominąć analizy map termicznych specyfikowanych dla każdego z porównywanych pożarów. Na ryc. 7 w pozycji środkowej zaprezentowano tego typu mapę uzyskaną po 1 godzinie ekspozycji pożarowej i odniesioną do lokalizacji źródła ognia oznaczonej na ryc. 1 symbolem F2. Oczywiście, mapa ta odpowiada przekrojowi $F2_{\perp}(67{,}50)$. Warstwica temperatury oznaczona kolorem czarnym odpowiada tu temperaturze gazów spalinowych na poziomie 200°C. Powyżej tej warstwicy temperatura spalin jest wyższa, poniżej natomiast niższa od tej wartości. W dalszych rozważaniach warstwica ta będzie traktowana jako umowne rozdzielenie strefy gorących gazów rozwijającej się pod sufitem hali i strefy powietrza nieogrzanego zgromadzonego przy posadzce. Jak łatwo zauważyć, strefa gorących gazów jest tu jeszcze stosunkowo cienka i, co ważniejsze, rozłożona w sposób w miarę równomierny na całej szerokości hali.

Porównanie tej mapy z analogiczną mapą specyfikowaną dla lokalizacji F1 i odniesioną do przekroju $F1_{\perp}(67{,}50)$ umożliwia dostrzeżenie istotnej różnicy. Tę drugą mapę pokazano na ryc. 7 w pozycji górnej. Przy lokalizacji źródła ognia w pozycji F1 otrzymujemy strefę gorących gazów wyraźnie niesymetryczną względem osi pożaru. Jest ona, co oczywiste, zdecydowanie grubsza w strefie przyściennej i w miarę cienka po drugiej stronie osi pożaru, tam gdzie nie ma ograniczenia rozchodzenia się spalin. Taki rozkład temperatury spalin niewątpliwie prowadzi do szybszego wypełnienia gorącymi gazami całej objętości hali w jej strefie przyściennej i równocześnie do wolniejszego ogrzania pozostałej części budynku. Przy lokalizacji źródła ognia w pozycji F1 w naszej analizie nie odnotowano jednak istotnej różnicy w stosunku do pożaru z lokalizacją tego źródła w pozycji F2, jeśli porównywać

With the ordinates of the global coordinate system considered as the discriminants of each the above longitudinal sections, these sections are denoted below as $F1_{II}(15.00)$, $F2_{II}(30.00)$ and $F3_{II}(15.00)$, respectively. As in the case of the above-discussed distributions of fire-plume gas temperature values identified in building cross sections, it is evident here that the temperature is lower in fire-source locations denoted as F3. The perimeter-wall proximity effect occurs as well, resulting in a higher fire-plume gas temperature for the F3 locations near the perimeter wall (Figure 5). Again, this effect disappears once the flame axes associated with the individual locations are aligned to an overlapping location (Figure 6). Also, the temperature distributions are asymmetrical to their corresponding flame axes, although the effect of this asymmetry is substantially weaker than in the cases observed in the cross sections. It is only when the fire source is in the F1 location that this effect becomes prominent. In the case at hand, then, the peak fire-plume gas temperature is diverted from the flame axis inwards into the building.

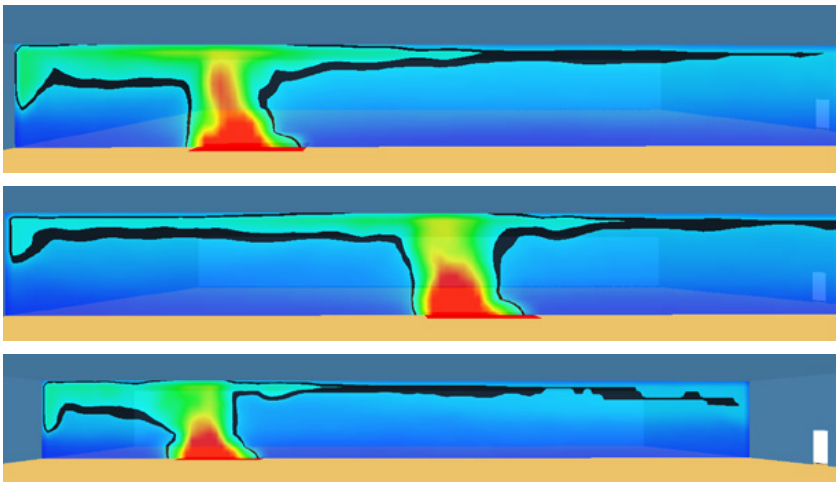
Fire development with the fire source located close to the perimeter wall of the building

In order to demonstrate differences between fire development with the fire source located away from the perimeter wall (represented here by the F2 location) and fire development with the fire source located close to the perimeter wall (the F1 and F3 locations when the cross sections of the building are considered), it is essential to analyse the thermal maps specified for each of the fires under comparison. The item in the middle of Figure 7 presents such a map after one-hour fire exposure for the fire source location denoted in Figure 1 as F2. This map corresponds to cross section $F2_{\perp}(67.50)$. The temperature contour line marked in black corresponds here to a plume-gas temperature of 200°C. Fire-gas temperature values are higher above this line and lower below it. The discussion below will consider this contour line as the arbitrary boundary between the hot-gas layer under the ceiling and the cooler air layer near the floor. It can be readily seen that the hot-gas layer here is still relatively thin and, more importantly, extended fairly uniformly across the entire width of the building.

A comparison of this map with the corresponding map for the F1 location for the cross section $F1_{\perp}(67.50)$ reveals a significant difference. The latter map is shown in Figure 7 (the map on top). When the fire source is located in the F1 location, the hot-gas layer is clearly asymmetrical to the flame axis. This layer is, naturally, much thicker near the perimeter wall and fairly thin on the other side of the flame axis, where the fire gases can dissipate freely. Such a distribution of flue-gas temperature values inevitably causes the entire volume of the perimeter-wall zone of the building to be filled with hot gases faster, while the rest of the building is getting hotter at a slower rate. No significant differences were found, however, between the F1 and F2 locations of the fire source when compared in terms of their maximum plume-gas temperature values at the flame axis. Also, note that both maps show a flame which is oriented to the interior of the building, thus validating the previously made observations

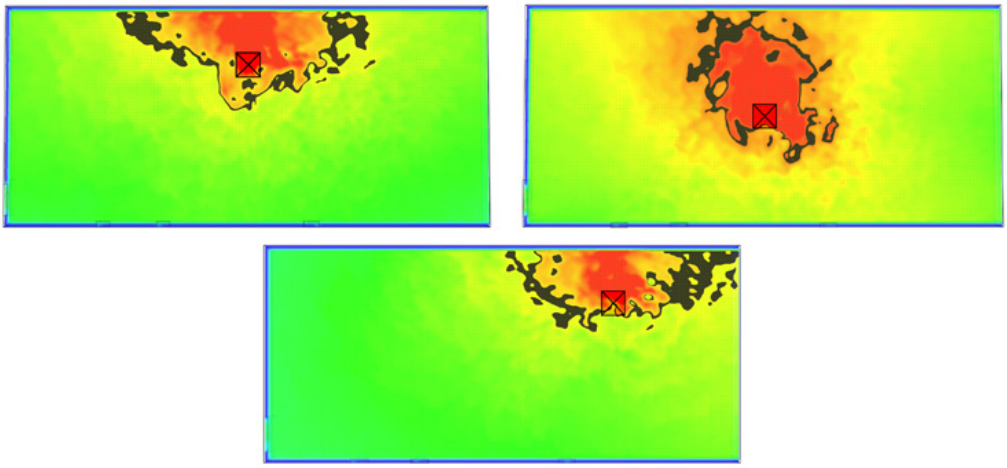
maksymalną temperaturę spalin uzyskaną w osi pożaru. Zauważmy jeszcze, że na obu mapach widzimy płomień pożaru odchylony do wewnątrz hali, co potwierdza wcześniejsze obserwacje braku symetrii w rozkładach temperatury spalin względem odniesionych do tych rozkładów osi pożaru. Różnice w stopniu rozwoju pożaru kojarzonego z kolejnymi lokalizacjami źródła ognia dobrze obrazują również mapy rozkładu temperatury gazów spalinowych specyfikowane w przekroju poziomym hali na wysokości 6.00 m powyżej poziomu posadzki. Pokazano je na ryc. 8. Położenie źródła ognia dla każdej rozpatrywanej lokalizacji oznaczono tu kwadratem centrowanym przekątnymi natomiast znakowana na czarno warstwica odpowiada tym razem temperaturze 250°C.

about the asymmetry in the distributions of the plume-gas temperature values relative to the corresponding flame axes. The differences in how the fire develops in individual fire-source locations are also evident from the plume-gas temperature distribution maps in the horizontal projection of the building at a height of 6.00 m above floor level. These are shown in Figure 8. The fire-source of each investigated location is marked here by a square with diagonals, and the contour line marked in black corresponds to a temperature of 250°C.



Rycina 7. Mapy termiczne uzyskane po 1 godzinie ekspozycji pożarowej w przekrojach poprzecznych rozpatrywanej hali, w tym: u góry – dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F1, w środku – dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F2, na dole – dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F3. Warstwica oznaczona kolorem czarnym odpowiada temperaturze gazów spalinowych na poziomie 200°C

Figure 7. Thermal maps after one-hour fire exposure in the considered cross sections of the building; the map on the top – for the F1 location of the fire source, in the middle – for the F2 location of the fire source, at the bottom – for the F3 location of the fire source. The contour line in black corresponds to a plume-gas temperature of 200°C



Rycina 8. Rozkłady temperatury gazów spalinowych uzyskane po 1 godzinie ekspozycji pożarowej w przekroju poziomym rozpatrywanej hali, na wysokości 6,00 m powyżej poziomu posadzki, w tym: u góry dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F1, w środku dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F2, na dole dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F3. Warstwica oznaczona kolorem czarnym odpowiada temperaturze gazów spalinowych na poziomie 250°C

Figure 8. Plume-gas temperature distributions after one-hour fire exposure in the horizontal projection of the building, located 6.00 m above the floor level: the top one is for the F1 location of the fire source, the middle one is for the F2 location of the fire source and the one at the bottom is for the F3 location of the fire source. The contour line in black corresponds to a plume-gas temperature of 250°C

ISSN 1895-8443

Już pobieżna analiza tak sformatowanych map pozwala na potwierdzenie lokalnego oddziaływania każdego z rozpatrywanych pożarów. Pomimo początkowego założenia bardzo dużej mocy pożaru, w żadnym z analizowanych przypadków intensywność rozpraszania energii po jednej godzinie ekspozycji ogniowej nie okazała się na tyle duża, aby osiągnięty został punkt rozgorzenia i nastąpiło wyrównanie temperatury gazów spalinowych w całej objętości strefy pożarowej. Dobrze widać również odchylenie płomienia od osi pionowej wskazującej na położenie źródła ognia. Jak wspomniano wcześniej, jest ono skutkiem niesymetrycznego rozmieszczenia otworów bram wentylujących strefę pożarową. Trzeba również zwrócić uwagę na fakt znacznego rozszerzania się zasięgu oddziaływania gorących gazów spalinowych w bezpośredniej bliskości ściany hali. Efekt tego typu, jakkolwiek niezmiernie istotny przy szacowaniu odporności ustroju nośnego hali na zagrażającą mu ekspozycję ogniową, uwidacznia się jedynie wtedy, gdy rozwój pożaru modelowany jest za pomocą programu numerycznego opartego na tak zwanej analogii hydrodynamicznej (przykładem takiego programu jest zastosowany w niniejszej analizie program FDS). Nie da się go zaobserwować, jeżeli w badaniach wykorzysta się klasyczne modele strefowe, a tym bardziej oparte na tych modelach rekomendowane w profesjonalnej literaturze modele analityczne, co pokazano w dalszej części pracy.

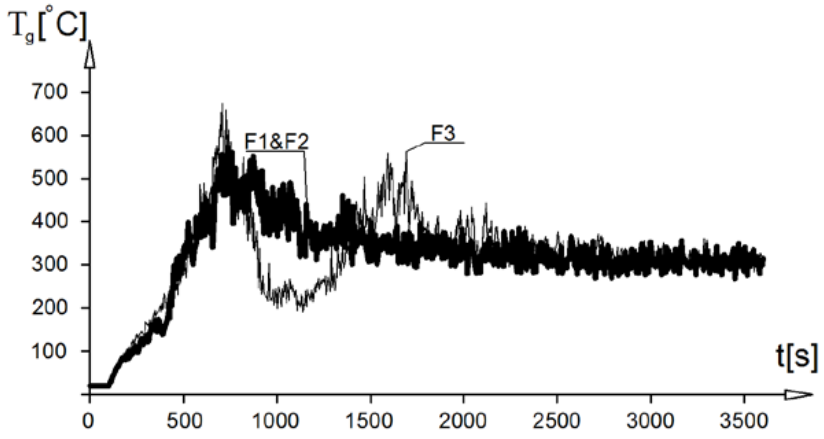
Even a cursory investigation of the maps in this format proves that each of the investigated fires is localised. Despite the large fire size that was assumed initially, in none of the investigated cases was the rate of heat-energy dissipation sufficient after one-hour fire exposure to result in a flashover and evenly distributed gas temperatures throughout the fire compartment. It is also evident that the flame diverts from the vertical axis indicating the fire-source location. As mentioned earlier, this is the result of the asymmetrical location of the gate openings which ventilate the fire compartment. It is also important to note that the hot gases expand their range substantially in the immediate proximity of the building's perimeter wall. This effect is an extremely important factor in estimating the fire resistance of the building's load-bearing structure, but it cannot be seen unless the fire development is modelled using a numerical program based on the hydrodynamic-analogy (an example of such a program is FDS, used in this paper). As shown below, it cannot be observed with the use of classic zone models, including especially the analytical models recommended in the literature which rely on these zone models.

Kwestia tłumienia pożaru zainicjowanego w lokalizacji F3

Porównajmy teraz opisane powyżej mapy z mapą wyspecyfikowaną dla lokalizacji źródła ognia w pozycji F3 i odpowiadającego tej lokalizacji przekroju $F3_{\perp}(35{,}00)$. Mapę tę pokazano na ryc. 7 w pozycji dolnej. Tym razem strefa gorących gazów pod sufitem po prawej stronie osi pożaru jest słabo uwidoczniona, a wysokość i temperatura płomienia wyraźnie niższe niż poprzednio. Pożar zainicjowany w tej lokalizacji jest zatem tłumiony przez ograniczoną dostępność tlenu podtrzymującego spalanie. Aby tego dowieść na ryc. 9 pokazano, jak dla poszczególnych lokalizacji źródła ognia w czasie trwania pożaru zmieniała się temperatura spalin mierzona w osi pożaru na wysokości 5 m, licząc od poziomu hali.

Suppressing a fire originating in the F3 location

Now let us compare the maps described above with the map specified for the F3 location of the fire source and the corresponding location of the cross section $F3_{\perp}(35.00)$. This map is shown in Figure 7 (the map at the bottom). In this case, the hot-gas layer under the ceiling on the right side of the flame axis is indistinct, and the flame height and temperature are substantially lower. The fire originating in this location is, then, suppressed by the limited access to oxygen, which sustains combustion. To prove this, Figure 9 shows how the plume-gas temperature – measured at a flame axis at a height of 5 m from the building floor level – changed for individual fire-source locations during the fire.



Rycina 9. Przebieg zmian temperatury gazów spalinowych w czasie pożaru mierzonej w osi tego pożaru przy różnych lokalizacjach źródła ognia (odpowiednio F1, F2 i F3)

Figure 9. The temporal evolution of the plume-gas temperature during the fire, measured along the fire axis for various fire-source locations (F1, F2 and F3, respectively)

Przebieg tych zmian odniesiony do lokalizacji F3 zdecydowanie odbiega od przebiegów specyficznych dla lokalizacji F1 i F2. W pierwszej fazie pożaru temperatura wyznaczona dla każdej z rozważanych lokalizacji źródła ognia narasta w podobnym tempie i osiąga zbliżone wartości. Po osiągnięciu wartości maksymalnej dla każdego z analizowanych przypadków temperatura spalin ulega obniżeniu, co wynika z ograniczonej możliwości wymiany gazów z otoczeniem. Intensywność tłumienia dla pożaru odpowiadającego lokalizacji F3 jest jednak zdecydowanie większa niż w przypadku pozostałych pożarów. W odróżnieniu od nich pożar ten przebiega niejako cyklicznie, zaznaczając kolejne etapy tłumienia i odradzania się płomienia. Zwróćmy uwagę, że lokalizacja F3 została umiejscowiona w głębi hali, w pobliżu jej naroża i w dużej odległości od bram stanowiących otwory wentylujące. Bliskie sąsiedztwo z trzech stron ze ścianami zewnętrznymi, a także stosunkowo niska wysokość hali w znacznym stopniu utrudnia cyrkulację powietrza. Pożar rozwijający się w tym miejscu będzie zatem niewątpliwie tak zwanym pożarem kontrolowanym wentylacją. Co ciekawe, na tej wysokości po 1 godzinie ekspozycji ogniowej we wszystkich analizowanych pożarach ustaliła się mniej więcej taka sama temperatura spalin.

For the F3 location, this evolution is clearly different from for the F1 and F2 locations. In the first stage of the fire, the temperature determined for each of the investigated fire-source locations is rising at similar rates and achieves similar values. Once maximum temperatures are reached, the plume-gas temperature decreases in each of the cases, due to the reduced exchange of gases with the environment. However, the fire-suppression intensity corresponding to the F3 location is much higher than for the fire in other locations. Unlike the fire in the F1 and F2 locations, this fire has a somewhat-cyclical dynamic in that individual flame suppression and re-emergence stages can be identified. Note that the F3 location is deep inside the building near its corner and far away from the gates, which serve as ventilation openings. Air circulation is substantially restricted by the proximity of the perimeter walls on three sides, and also by the relatively low height of the building. So the fire developing in this location will certainly be a ventilation-controlled fire. What is interesting is that after one-hour exposure at this height, more or less the same plume-gas temperature values were found for all investigated fires.

Porównanie z wynikami uzyskanymi po zastosowaniu klasycznych modeli analitycznych

Analityczne modele pożaru zlokalizowanego rozpatrywane w pracy

Kolejnym zadaniem podjętym przez autorów niniejszego opracowania było odniesienie rezultatów uzyskanych na podstawie zaprezentowanego powyżej modelowania numerycznego do analogicznych wyników, które przy tych samych założeniach wstępnych otrzymano by dzięki zastosowaniu dostępnych w literaturze modeli analitycznych. Do porównania wybrano następujące modele:

- **Model A1** – opisany w pracy [2] – Sformułowano w nim zależności pozwalające na wyznaczenie wysokości płomienia $L_f\ [\mathrm{m}]$ i temperatury płomienia $T_m\ (\mathrm{z})\ [^\circ\mathrm{C}]$ określonej na wysokości $z\ [\mathrm{m}]$, licząc od poziomu hali. Mają one postać:

$$L_f = 0{,}235 Q_{\max}{}^{0{,}4} - 1{,}02D \tag{3}$$

$$T_m(z) = T_a + 119{,}5 Q_{\max}{}^{2/3} (z + z_0)^{-5/3} \tag{4}$$

gdzie $D\ [\mathrm{m}]$ jest średnicą pożaru, $T_a\ [^\circ\mathrm{C}]$ – temperaturą otoczenia w chwili zainicjowania pożaru, natomiast $z_0\ [\mathrm{m}]$ określa położenie tak zwanej wirtualnej osi pożaru, takie, że zachodzi:

$$z_0 = 0{,}25 Q_{\max}{}^{0{,}4} \tag{5}$$

W modelu tym temperaturę gazów spalinowych $T_g\ (z,r)\ [^\circ\mathrm{C}]$ wyznaczoną na wysokości $z\ [\mathrm{m}]$ względem poziomu hali i w poziomej odległości $r\ [\mathrm{m}]$ od źródła ognia wylicza się z zależności:

$$T_g(z,r) = T_a + 119{,}15 f(z,r) Q_c^{2/3} (0{,}86H + z_0)^{-5/3} \tag{6}$$

w której:

Comparisons with the results provided by classic analytical models

The analytical localised-fire models investigated

Another objective for the authors of this paper was to compare the results provided by the numerical modelling with the corresponding results which would have been obtained under the same assumptions using the existing analytical models. The following models were selected for comparison purposes:

- **Model A1** – described in [2] – it identifies the relationships based on which flame height, $L_f\ [\mathrm{m}]$ and flame temperature $T_m\ (\mathrm{z})\ [^\circ\mathrm{C}]$ for height $z\ [\mathrm{m}]$, measured from the building's floor level, can be determined. These relationships are as follows

$$L_f = 0.235 Q_{\max}{}^{0.4} - 1.02D \tag{3}$$

$$T_m(z) = T_a + 119.5 Q_{\max}{}^{2/3} (z + z_0)^{5/3} \tag{4}$$

where $D\ [\mathrm{m}]$ is the flame diameter, $T_a\ [^\circ\mathrm{C}]$ is the ambient temperature at the time of the fire inception, and $z_0\ [\mathrm{m}]$ defines the location of the so-called virtual flame axis, such that

$$z_0 = 0.25 Q_{\max}{}^{0.4} \tag{5}$$

In this model, the plume-gas temperature $T_g\ (z,r)\ [^\circ\mathrm{C}]$, determined at the height $z\ [\mathrm{m}]$ relative to the building's floor level, and at a horizontal distance of $r\ [\mathrm{m}]$ from the fire source, is calculated using the relationship

$$T_g(z,r) = T_a + 119.15 f(z,r) Q_c^{2/3} (0.86H + z_0)^{-5/3} \tag{6}$$

in which

ISSN 1895-8443

$$f(z,r)=\left|\begin{array}{ll}\exp[\frac{-(r-0,5D)^{1,6}}{(0,5D)^{1,6}}-\frac{0,693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{dla} \quad r>0,5D \\ \exp[-\frac{0,693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{dla} \quad r\le 0,5D\end{array}\right. \tag{7}$$

Wielkość $H\left[\mathrm{m}\right]$ oznacza tu wysokość analizowanej strefy pożarowej natomiast $Q_c\left[\mathrm{kW}\right]$ – część konwekcyjną mocy pożaru, przyjmowaną w uproszczeniu jako równą $Q_c=0,8Q_{\max}$.

– **Model A2** – opisany również w pracy [2] – Model ten stanowi rozwinięcie modelu A1. Uzupełniono go o współczynniki korygujące γ_s, γ_t i γ_a uwzględniające powierzchnię rozpatrywanej strefy pożarowej $A_{tot}\left[\mathrm{m}^2\right]$ i czas trwania pożaru $t\left[\mathrm{s}\right]$, takie że:

$$\gamma_s=1+Q_c^{0,2}\exp(-0,1A_{tot}^{0,5}/H^{0,3}) \tag{8}$$

$$\gamma_t=1-0,8\exp(-\mu t)-0,2\exp(-0,1\mu t) \tag{9}$$

$$\gamma_a=1-\exp(-0,0012t\sqrt{H/A_{tot}}) \tag{10}$$

Wielkość μ jest w tym modelu parametrem zależnym od intensywności pożaru oraz od rozmiaru analizowanej strefy pożarowej. Po zastosowaniu wskazanych powyżej współczynników formuły (4) i (5) specyfikowane dla temperatury gazów spalinowych w strefie przysufitowej przyjmują postać odpowiednio:

$$T_g(z,r,t)=T_{jet}=$$
$$=T_a+119,15\gamma_s\gamma_t[\gamma_a+(1-\gamma_a)g(z,r)]Q_c^{2/3}(0,86H+0,25Q_c^{2/5})^{-5/3} \tag{11}$$

$$g(z,r)=\left|\begin{array}{ll}\exp[-(r-0,5D)^{1,6}/(0,5D)^{1,6}-\frac{0,693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{dla} \quad r>0,5D \\ \exp[-0,693(r/(z+z_0))^2] & \text{dla} \quad r\le 0,5D\end{array}\right. \tag{12}$$

– **Model B** – szczegółowo opisany w pracy [7] – Jest to tak zwany model Alperta [8], w którym wysokość płomienia wyznaczana jest z zależności:

$$L_f=-1,02D+0,083Q_{\max}{}^{0,4} \tag{13}$$

natomiast rozkład temperatury $T_{jet}\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ gazów spalinowych w strefie przysufitowej określa się na podstawie formuł:

$$T_{jet}=\left|\begin{array}{ll}16,9\frac{Q_{\max}^{2/3}}{H^{5/3}} & \text{dla} \quad r/H\le 0,18 \\ 5,38\frac{Q_{\max}^{2/3}}{(r/H)^{2/3}H^{5/3}} & \text{dla} \quad r/H>0,18\end{array}\right. \tag{14}$$

Oznaczenia są analogiczne jak w modelu A1.

– **Model C** – opisany w pracy [9] – Wartość temperatury gazów spalinowych $T(x,z,t)\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ określona w punkcie o współrzędnych przestrzennych, poziomej x i pionowej z, i osiągana po czasie t trwania ekspozycji pożarowej wyliczana jest z zależności:

$$T(x,r,t)=T_a+T_m(1-0,8e^{-\beta t}-0,2e^{-0,1\beta t})[\eta+(1-\eta)e^{-\frac{x-0,5D}{\mu}}] \tag{15}$$

w której wielkość $T_m\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ jest stabelaryzowaną wartością temperatury wyznaczanej w osi płomienia, natomiast β, η i μ są parametrami o wartościach ustalanych empirycznie.

$$f(z,r)=\left|\begin{array}{ll}\exp[\frac{-(r-0.5D)^{1.6}}{(0.5D)^{1.6}}-\frac{0,693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{for} \quad r>0.5D \\ \exp[-\frac{0.693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{for} \quad r\le 0.5D\end{array}\right. \tag{7}$$

The value of $H\left[\mathrm{m}\right]$ here is the height of the investigated fire compartment, and $Q_c\left[\mathrm{kW}\right]$ is the convective component of the heat release rate, assumed roughly at $Q_c=0.8Q_{\max}$.

– **Model A2** – also described in [2] – this model is an extension of Model A1. It was supplemented with adjustment factors γ_s, γ_t and γ_a, which account for the area of the investigated fire compartment $A_{tot}\left[\mathrm{m}^2\right]$ and fire duration $t\left[\mathrm{s}\right]$, such that

$$\gamma_s=1+Q_c^{0.2}\exp(-0.1A_{tot}^{0.5}/H^{0.3}) \tag{8}$$

$$\gamma_t=1-0.8\exp(-\mu t)-0.2\exp(-0.1\mu t) \tag{9}$$

$$\gamma_a=1-\exp(-0.0012t\sqrt{H/A_{tot}}) \tag{10}$$

The value of μ in this model is a parameter which depends on the fire intensity and the size of the investigated fire compartment. Once the factors described above are applied, the formulas (4) and (5) for the plume-gas temperature in the ceiling area are, respectively

$$T_g(z,r,t)=T_{jet}=$$
$$=T_a+119.15\gamma_s\gamma_t[\gamma_a+(1-\gamma_a)g(z,r)]Q_c^{2/3}(0.86H+0.25Q_c^{2/5})^{-5/3} \tag{11}$$

$$g(z,r)=\left|\begin{array}{ll}\exp[-(r-0.5D)^{1.6}/(0.5D)^{1.6}-\frac{0.693z_0^2}{(z+z_0)^2}] & \text{dla} \quad r>0.5D \\ \exp[-0.693(r/(z+z_0))^2] & \text{dla} \quad r\le 0.5D\end{array}\right. \tag{12}$$

– **Model B** – described in detail [7] – is the so-called Apert's model [8], in which the flame height is determined using the relationship

$$L_f=-1.02D+0.083Q_{\max}{}^{0.4} \tag{13}$$

and the plume-gas temperature distribution $T_{jet}\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ in the ceiling area is determined using the formulas

$$T_{jet}=\left|\begin{array}{ll}16.9\frac{Q_{\max}^{2/3}}{H^{5/3}} & \text{dla} \quad r/H\le 0.18 \\ 5.38\frac{Q_{\max}^{2/3}}{(r/H)^{2/3}H^{5/3}} & \text{dla} \quad r/H>0.18\end{array}\right. \tag{14}$$

The symbols used here are the same as in Model A1.

– **Model C** – described in [9] – the plume-gas temperature $T(x,z,t)\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ determined at a point with horizontal and vertical coordinates of x and z, respectively, and achieved after time t of fire exposure, is calculated using the relationship

$$T(x,r,t)=T_a+T_m(1-0.8e^{-\beta t}-0.2e^{-0.1\beta t})[\eta+(1-\eta)e^{-\frac{x-0.5D}{\mu}}] \tag{15}$$

where $T_m\left[^\circ\mathrm{C}\right]$ is the tabulated temperature value determined at the flame axis, and β, η and μ are empirically determined values.

– **Model D** – opisany w pracy [10] – Jest rozwinięciem dobrze znanego modelu specyfikującego tak zwany pożar BFD [11]. Rozkład temperatury gazów spalinowych $T_g(t)$ $\left[{}^{\circ}\mathrm{C}\right]$ ustalony po czasie t trwania ekspozycji pożarowej opisany jest w tym przypadku następującymi formułami:

$$T(t) \left| \begin{array}{ll} T_a + T_m e^{-(\ln t - \ln t\ )/} & \text{dla} \quad t \le t_d \\ T_a + T_m e^{-(\ln t - \ln t\ )/} & \text{dla} \quad t > t_d \end{array} \right. \tag{16}$$

gdzie czas t_d $\left[\mathrm{sec}\right]$ odpowiada początkowi fazy stygnięcia pożaru skojarzonemu z chwilą wypalenia się 80% potencjalnego paliwa zgromadzonego w rozpatrywanej strefie pożarowej, natomiast parametry ω_1 i ω_2 są współczynnikami kształtu. Maksymalną wartość temperatury T_g wyznacza zależność:

$$T_g^{\max} = (\frac{Q_{\max}}{50} + 80) - (\frac{4Q_{\max}}{10000} + 3)H + \frac{100 \cdot (52Q_{\max}/1000 + 598)}{A_{tot}} \tag{17}$$

natomiast temperaturę T_{jet} określoną bezpośrednio pod sufitem wyznacza się ze wzoru:

$$T_{jet} = T_g^{\max} k_{zm} \tag{18}$$

w którym wielkość k_{zm} jest tak zwanym współczynnikiem lokalizacji obliczanym z formuły:

$$k_{zm} = \left| \begin{array}{ll} \eta + (1-\eta)e^{(D/2-x)/7} & \text{dla} \quad x \ge 0{,}5D \\ 1 & \text{dla} \quad x < 0{,}5D \end{array} \right. \tag{19}$$

gdzie η jest parametrem o wartości kalibrowanej empirycznie.

– **Model E** – opisany w normie PN-EN 1991-1-2 [5] i uzupełniony w pracach [12] i [13] – Stanowi rozwinięcia klasycznego podejścia normowego, w którym wysokość płomienia w pożarze zlokalizowanym wyznacza się z zależności:

$$L_f = -1{,}02D + 0{,}0148Q_{\max}{}^{0,4} \tag{20}$$

natomiast temperaturę $T_m(z)$ liczoną wzdłuż osi płomienia w zależności od wysokości z nad źródłem ognia ze wzoru:

$$T_m(z) = \min(20 + 0{,}25Q_c{}^{2/3}(z - z_0)^{-5/3};\ 900) \tag{21}$$

przy czym:

$$z_0 = -1{,}02D + 0{,}00524Q_{\max}{}^{0,4} \tag{22}$$

Specyfikację tę, stosowaną dla sytuacji, w której płomień nie sięga sufitu, uzupełniono w [13], podając zależność zaproponowaną w [12] do wyznaczania temperatury T_{jet} $\left[{}^{\circ}\mathrm{C}\right]$ określanej dla gazów spalinowych w strefie zlokalizowanej bezpośrednio pod sufitem. Ma ona postać:

$$T_{jet} = T_g \left\{ 1{,}92(\frac{r}{b})^{-1} - \exp[1{,}61(1 - \frac{r}{b})] \right\} \quad \text{dla} \quad 1 \le r \le 40\,m \tag{23}$$

w której symbolem b $\left[\mathrm{m}\right]$ oznaczono promień kolumny gorących gazów spalinowych mierzony w poziomie sufitu.

Wnioski wynikające z porównania

Dla każdego z wymienionych powyżej modeli analitycznych, przy zachowaniu założeń przyjętych w pierwszej części niniejszej

– **Model D** – described in [10] – this model is an extension of a well-known model involving the BFD curve [11]. The plume-gas temperature distribution $T_g(t)$ $\left[{}^{\circ}\mathrm{C}\right]$, determined after t of fire exposure is described in this case using the formulas

$$T_g(t) = \left| \begin{array}{ll} T_a + T_m e^{-(\ln t - \ln t_d)/\omega_1} & \text{dla} \quad t \le t_d \\ T_a + T_m e^{-(\ln t - \ln t_d)/\omega_2} & \text{dla} \quad t > t_d \end{array} \right. \tag{16}$$

where the time t_d $\left[\mathrm{sec}\right]$ corresponds to the time at which the fire starts to decay, defined as the time at which 80 percent of the fuel accumulated in the fire compartment has burnt out, and parameters ω_1 and ω_2 are stress concentration factors. The maximum temperature of T_g is determined by the relationship:

$$T_g^{\max} = (\frac{Q_{\max}}{50} + 80) - (\frac{4Q_{\max}}{10000} + 3)H + \frac{100 \cdot (52Q_{\max}/1000 + 598)}{A_{tot}} \tag{17}$$

and the temperature T_{jet} directly under the ceiling is determined using the formula

$$T_{jet} = T_g^{\max} k_{zm} \tag{18}$$

in which k_{zm} is the so-called localisation factor calculated using the formula

$$k_{zm} = \left| \begin{array}{ll} \eta + (1-\eta)e^{(D/2-x)/7} & \text{dla} \quad x \ge 0.5D \\ 1 & \text{dla} \quad x < 0.5D \end{array} \right. \tag{19}$$

where η is an empirically calibrated parameter.

– **Model E** – described in the PN-EN 1991-1-2 standard [5] and revised by [12] and [13] – this model is an extension of the classic approach used in standards, in which the flame height in a localised fire is determined using the relationship:

$$L_f = -1.02D + 0.0148Q_{\max}{}^{0.4} \tag{20}$$

and the temperature $T_m(z)$, measured at the flame axis, depending on the height z above the fire source, is calculated using the formula

$$T_m(z) = \min(20 + 0.25Q_c{}^{2/3}(z - z_0)^{-5/3};\ 900) \tag{21}$$

with

$$z_0 = -1.02D + 0.00524Q_{\max}{}^{0.4} \tag{22}$$

This specification, applied when the flame does not reach the ceiling, is revised by [13], in which the relationship proposed in [12] is employed to determine the temperature T_{jet} $\left[{}^{\circ}\mathrm{C}\right]$ for plume gases directly under the ceiling. The relationship is

$$T_{jet} = T_g \left\{ 1.92(\frac{r}{b})^{-1} - \exp[1.61(1 - \frac{r}{b})] \right\} \quad \text{dla} \quad 1 \le r \le 40\,m \tag{23}$$

in which b $\left[\mathrm{m}\right]$ denotes the radius of the hot-gas plume measured at the ceiling level.

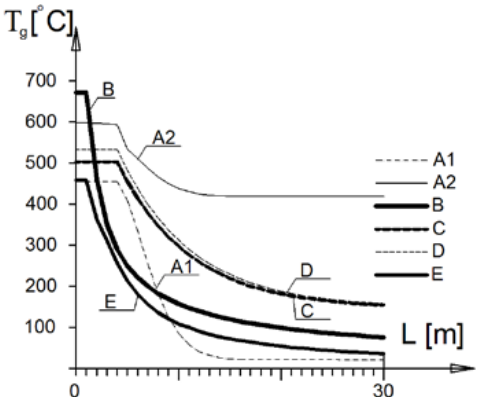
Conclusions resulting from the comparison

Plume-gas temperature distributions after one-hour exposure were determined for each of the above-mentioned

ISSN 1895-8443

pracy, wyznaczono rozkład temperatury gazów spalinowych uzyskanej po 1 godzinie ekspozycji pożarowej. W celach porównawczych wszystkie te rozkłady zestawiono razem na ryc. 10. Ponieważ w tego typu modelach nie bierze się pod uwagę różnic w lokalizacji źródła ognia względem ścian hali, uzyskane wyniki mogą być odnoszone w równym stopniu do każdego z rozkładów temperatury otrzymanych wcześniej przez autorów po zastosowaniu analizy numerycznej. Trzeba również zwrócić uwagę na fakt, że rozkłady temperatury spalin uzyskane z modeli analitycznych są zawsze osiowo symetryczne względem osi pożaru. Z tego względu na ryc. 10 do pełnej reprezentacji tych rozkładów wystarczy przedstawienie jedynie pojedynczej połowy wykresów specyfikowanych na poprzednich rycinach z uwzględnieniem całej długości lub szerokości hali.

analytical models within the framework of the assumptions made in the first part of this paper. All these distributions are shown together in Figure 10 for comparison. Since these types of models do not factor in the differences in the fire-source location relative to the building's walls, the results are equally comparable with each of the temperature distributions obtained earlier in the numerical approach. Also, note that the plume-gas-temperature distributions yielded by analytical models are always axially symmetrical to the flame axis. Hence, to achieve a full representation of these distributions in Figure 10, it is sufficient to illustrate only one half of the charts specified in previous Figures and include the entire length or width of the building.



Rycina 10. Zestawienie rozkładów temperatury spalin specyfikowanych w przekrojach poprzecznych hali rozpatrywanej w pracy, uzyskanych w wyniku zastosowania wskazanych w tekście modeli analitycznych

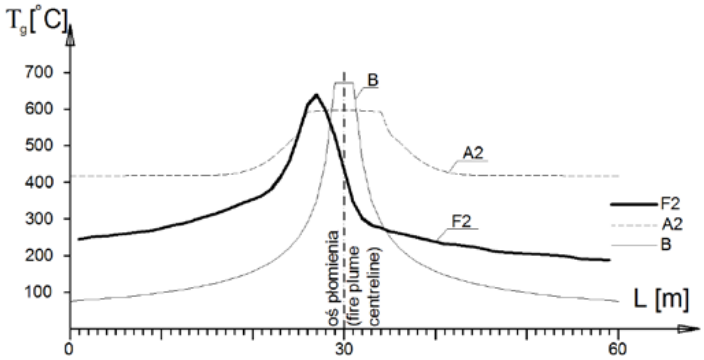
Figure 10. A comparison of plume-gas temperature distributions specified for the cross sections of the building investigated in this paper, according to the analytical models presented above

Komentując wyniki przedstawione na ryc. 10, należy podkreślić fakt dużego zróżnicowania uzyskanych wartości temperatury spalin. Wartości maksymalne tej temperatury specyfikowane w osi pożaru i kojarzone z zastosowaniem poszczególnych modeli analitycznych różnią się między sobą, przy czym różnica ta dochodzi w skrajnych przypadkach nawet do 215°C. Uogólniając, uzyskane rozkłady pod względem kształtu można zaszeregować do dwóch podstawowych kategorii. W pierwszej kategorii mieszczą się te, dla których prognozowana jest stosunkowo wysoka temperatura spalin nie tylko w bezpośredniej bliskości osi pożaru, ale również w znacznej odległości od tej osi. Z ryc. 10 wynika, że do tej kategorii trzeba zaliczyć co najmniej pożary modelowane przy zastosowaniu modeli A2, C i D. Zastosowanie modeli B i E prowadzi jednak do przeciwnego wniosku, który klasyfikuje te pożary w drugiej z wyszczególnionych kategorii. Tym razem wysoka temperatura spalin osiągana jest w zasadzie głównie w pobliżu osi pożaru. Zwiększanie odległości od tej osi wiąże się w tych modelach z szybkim obniżaniem się tej temperatury. Model A1 wydaje się w tej kategoryzacji modelem pośrednim. W przeprowadzonej przez nas analizie numerycznej, zarówno dla lokalizacji źródła ognia w położeniu F2, jak i dla tej kojarzonej z lokalizacją F1, uzyskaliśmy maksymalne wartości temperatury spalin przewyższające poziom 645°C. Zauważmy, że wyższa temperatura spalin prognozowana była analitycznie jedynie w przypadku zastosowania modelu oznaczonego przez nas wcześniej symbolem B. Wydaje się jednak, że ze względu na prognozowany kształt rozkładu tej

When discussing the results shown in Figure 10, it is important to note that the plume-gas temperature values found are highly varied. There are differences between the maximum plume-gas temperature values specified at the flame axis and associated with individual analytical models – these can be as high as 215°C. Generally, the distributions obtained can be divided into two categories, depending on their shape. The first category includes distributions for which relatively high plume-gas temperature values are projected not only in the immediate proximity of the flame axis but also from a substantial distance from this axis. In Figure 10 it is demonstrated that this category should encompass at least the fires based on models A2, C and D. The opposite conclusion is drawn when models B and E are applied, thus placing them in the second category. In this case, high plume-gas temperature values are reached mainly near the flame axis. The growing distance from the flame axis in these models involves a rapid decrease in the plume-gas temperature. Model A1 seems to be an intermediate model between the two categories. Our numerical analysis yielded maximum plume-gas temperature values for both the F2 and F1 fire-source locations in excess of 645°C. Note that in the analytical models a higher temperature was projected only for Model B. It seems, however, that Model A2 gave a better approximation of our results given the projected distribution shape of this temperature. For a comparison, see Figure 11. However, we have come to a more general conclusion, which we believe is more instructive. What

temperatury lepsze przybliżenie naszych wyników dało zastosowanie modelu analitycznego oznaczonego symbolem A2. Odpowiednie zestawienie i porównanie pokazano na ryc. 11. W naszej ocenie bardziej pouczająca jest tu jednak nieco ogólniejsza konstatacja. Okazało się bowiem, że modele analityczne rekomendowane do stosowania w profesjonalnej literaturze w wielu przypadkach były modelami zaniżającymi możliwą do osiągnięcia temperaturę spalin, a zatem prowadzącymi do nazbyt optymistycznego prognozowania tempa rozwoju pożaru, który przy założonej geometrii hali potencjalnie jej zagraża.

we found was that the possible plume-gas temperature values yielded by the analytical models recommended in the professional literature were in many instances underestimated, thus leading to overly optimistic projections of the development rate of the fire, which posed a potential threat to the building, given its assumed geometry.



Rycina 11. Porównanie rozkładu temperatury gazów spalinowych uzyskanego w przekroju poprzecznym hali rozpatrywanej w pracy przy zastosowaniu modelowania numerycznego i lokalizacji źródła ognia w pozycji F2 z analogicznymi rozkładami wyznaczonymi na podstawie analitycznych modeli obliczeniowych oznaczonych w tekście symbolami A2 i B

Figure 11. A comparison of plume-gas temperature distribution in the cross section of the investigated building using numerical modelling for the F2 fire-source location with corresponding distributions obtained for analytical models A2 and B

Uwagi końcowe

W przeprowadzonej powyżej analizie staraliśmy się wykazać, że sposób i tempo rozwoju pożaru zlokalizowanego zainicjowanego w wielkopowierzchniowej hali handlowej w dużym stopniu zależy od lokalizacji źródła ognia. Zmiana tej lokalizacji istotnie zmienia bowiem warunki cyrkulacji gazów spalinowych. Różnice w rozwoju pożaru potęgują się przy tym, jeżeli źródło ognia zlokalizowane jest w trudno dostępnym rejonie hali, odległym od otworów wentylacyjnych, gdy rozpatrywany pożar jest coraz silniej determinowany przez warunki wentylacji obiektu. Te wnioski nie dotyczą jedynie obiektów handlowych, ale także wszelkiego typu stref pożarowych o bardzo dużym rozmiarze w rzucie poziomym, a przy tym stosunkowo niskich i relatywnie słabo wentylowanych. Są aktualne wszędzie tam, gdzie prawdopodobieństwo rozgorzenia pożaru i osiągnięcia przez niego fazy pożaru rozwiniętego jest znikome, a zatem pożar zlokalizowany staje się pożarem miarodajnym do oszacowania realnego poziomu bezpieczeństwa budynku i jego użytkowników. Wydają się one na pierwszy rzut oka dość oczywiste, niemniej jednak, w ocenie autorów niniejszego opracowania, upewniają potencjalnego czytelnika we wnioskowaniu o naglącej potrzebie dopracowania istniejących już i rekomendowanych do stosowania w profesjonalnej literaturze analitycznych modeli pożaru. Jak dotąd modele tego typu, pomimo wciąż rosnącego stopnia ich złożoności, nie odzwierciedlają jeszcze w zadowalającym stopniu faktycznych warunków determinujących rozwój pożaru, a zatem nie opisują tego rozwoju wystarczająco precyzyjnie. W rozważaniach analitycznych nie uwzględnia się wciąż jeszcze wielu

Concluding remarks

Our analysis attempted to demonstrate that the location of the fire source largely determines how and at what rate a localised fire can develop in a large-space steel commercial building. It is evident that different locations involve substantially different conditions in which fire plume-gases circulate. These differences become even greater if the fire source is located in hard-to-reach areas of the building, away from ventilation openings, when the ventilation in the building has an increasing influence on the investigated fire. These conclusions are true not only for commercial buildings but also for all types of fire compartments with large horizontal dimensions, comparatively small heights and relatively poor ventilation. They are always relevant when the probability of a flashover and a fully developed fire is negligible. This makes a localised fire a conclusive basis for estimating the actual safety of the building and its users. As obvious as these conclusions might seem, we believe that they make a strong case that there is an urgent need to refine the existing analytical fire models recommended in the literature on the subject. Despite their ever-growing sophistication, these models fail to accurately reflect the actual conditions underlying fire development, and as such fail to describe fire development with sufficient accuracy. Analytical approaches continue to overlook many factors, such as whether the projected fire will be controlled by ventilation conditions or by the fuel supply accumulated in the fire compartment. Analytically projected localised fires are still axially

ISSN 1895-8443

czynników, choćby tego, czy prognozowany pożar będzie kontrolowany warunkami wentylacji, czy też podażą paliwa zgromadzonego w strefie pożarowej. Pożary zlokalizowane prognozowane analitycznie to nadal jedynie pożary osiowo symetryczne, modelowane lokalnie bez uwzględnienia rzeczywistych warunków brzegowych, których kształt nie zależy od geometrii otoczenia.

symmetrical fires, modelled locally without factoring in the boundary conditions, whose shape is independent of the geometry of the environment.

Literatura/Literature

[1] Maślak M., *Miarodajna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej – wartość nominalna z pojedynczej inwentaryzacji czy raczej statystycznie uzasadniona wartość charakterystyczna*, BiTP Vol. 44 Issue 4, 2016, pp. 119–128, DOI: 10.12845/bitp.44.4.2016.9.

[2] Fan Shen-Gang, Shu Gan-Ping, She Guang-Jun, Richard Liew J.Y., *Computational Method and Numerical Simulation of Temperature Field for Large-Space Steel Structures in Fire*, "Advanced Steel Construction" 2014, 2, 151–178, http://dx.doi.org/10.18057/ijasc.2014.10.2.3.

[3] Wang Y., Burgess I., Wald F., Gillie M., *Performance-Based Fire Engineering of Structures*, CRC Press, London 2014, 394, http://dx.doi.org/10.1201/b12076.

[4] PN-EN 1993-1-2: Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1–2: Reguły ogólne – Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.

[5] PN-EN 1991-1-2: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1–2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływanaia na konstrukcje w warunkach pożaru.

[6] McGrattan K.B., McDermott R., Weinschenk C., Overholt K., Hostikka S., Floyd J., *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide*, NIST Special Publication 1018, Gaithersburg, Maryland, USA 2013, 173, http://dx.doi.org/10.6028/nist.sp.1018e6.

[7] Zhang Guo-Wei, Zhu Guo-Qing, Huang Li-Li, *Temperature Development in Steel Members Exposed to Localized Fire in Large Enclosure*, "Safety Science", 2014, 62, 319–325, http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.09.006.

[8] Alpert R.L., *Turbulent Ceiling-Jet Induced by Large-Scale Fires*, „Combustion Science and Technology" 1975, 11, 197–213, http://dx.doi.org/10.1080/00102207508946699.

[9] Li Guo-Qiang, Wang Peijun, *Advanced Analysis and Design for Fire Safety of Steel Structures*, Springer, Heidelberg 2013, 357, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34393-3_11.

[10] Yu Zhi-Chao, Zhu Guo-Qing, Zhang Guo-Wei, Tiang Cheng-Fei, *Study of Shape Coefficient in BFD Model*, "Procedia Engineering" 2016, 135, 622–630, http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.128.

[11] Barnett C.R., *BFD Curve – a New Empirical Model for Fire Compartment Temperatures*, „Fire Safety Journal" 2002, 37, 437–463, http://dx.doi.org/10.1016/s0379-7112(02)00006-1.

[12] Heskestad G., Hamada T., *Ceiling Jets of Strong Fire Plumes*, „Fire Safety Journal", 1993, 21, 69–82, http://dx.doi.org/10.1016/0379-7112(93)90005-b.

[13] Zhang Chao, Li Guo-Qiang, *Fire Dynamic Simulation on Thermal Actions in Localized Fires in Large Enclosure*, "Advanced Steel Construction" 2012, 2, 124–136. http://dx.doi.org/10.18057/ijasc.2012.8.2.2.

DR HAB. INŻ. MARIUSZ MAŚLAK, PROF. PK – profesor nadzwyczajny w Katedrze Konstrukcji Metalowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Zajmuje się kształtowaniem, utrzymaniem i weryfikacją stanu bezpieczeństwa różnego typu stalowych ustrojów nośnych ze szczególnym uwzględnieniem zachowania się tego typu konstrukcji w warunkach ekspozycji ogniowej. Członek International Association for Fire Safety Science (**IAFSS**). Z ramienia Polski członek Technical Committee 3 (**TC3**): "Fire Safety" przy European Convention for Constructional Steelwork (**ECCS**), a także członek Komitetu Technicznego **CEN TC 250/SC3**: „Evolution Group Eurocode 3, Part 1-2". W latach 2010-2014 członek Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego **COST TU0904** „Integrated Fire Engineering and Response". Od roku 2014 członek Komitetu Zarządzającego Międzynarodowego Projektu Badawczego **COST TU1402** „Quantifying the Value of Structural Health Monitoring. Kierownik grantu badawczego własnego **N N506 243938** „Miary bezpieczeństwa i ich wzajemne relacje w wyjątkowej sytuacji projektowej pożaru rozwiniętego" (również w latach 2010–2014).

MGR INŻ. PIOTR WOŹNICZKA – uprawniony projektant budowlany. Wykładowca w Katedrze Konstrukcji Metalowych na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Student studiów doktoranckich. Obecnie pracuje nad rozprawą doktorską „Strategie bezpieczeństwa pożarowego wybranych szkieletów stalowych hal wielkogabarytowych".

MARIUSZ MAŚLAK, D.Sc.Eng., CUT Prof. – Associate Professor at the Department of Metal Structures of the Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. His focus areas are the development, maintenance and verification of the safety of various types of steel load bearing structures, including in particular the behaviour of such structures when exposed to fire. A member of the International Association for Fire Safety Science (**IAFSS**). A member of the Technical Committee 3 (**TC3**): "Fire Safety" of the European Convention for Constructional Steelwork (**ECCS**) representing Poland, and also a member of the Technical Committee **CEN TC 250/SC3**: "Evolution Group Eurocode 3, Part 1-2". Between 2010 and 2014 he was a member of the Management Committee of the International Research Project **COST TU0904** "Integrated Fire Engineering and Response". A member of the Management Committee of the International Research Project **COST TU1402** "Quantifying the Value of Structural Health Monitoring". A head of the project **N N506 243938** funded by the Polish Ministry of Science and Higher Education called "Measures for safety and their interrelations in the accidental design situation of a fully developed fire" (including between 2010 and 2014).

PIOTR WOŹNICZKA, M.Sc.Eng. – licensed construction designer. A lecturer at the Department of Metal Structures of the Faculty of Civil Engineering, the Cracow University of Technology. A PhD student. He is currently working on a doctoral dissertation on "Fire safety strategies for selected frame structures of large-space steel halls".

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

mgr inż. Michał Chmiel[a)*], mgr inż. Ewa Sobór[a)], mgr Marta Iwańska[a)]

[a)]*Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego*
Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: mchmiel@cnbop.pl*

System wsparcia jednostek ochrony przeciwpożarowej – potrzeby, potencjał, kierunki zmian w zakresie wymagań użytkowych dla pojazdów pożarniczych

Support System for Fire Protection Units – Needs, Potential, Changes in Terms of User Requirements for Firefighting Vehicles

Система поддержки подразделений противопожарной защиты – потребности, потенциал, тенденции в области функциональных требований к пожарным автомобилям

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest zaprezentowanie funkcjonującego już programu edukacyjnego dla przedstawicieli Państwowej Straży Pożarnej (PSP) oraz Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP) pod nazwą *System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów oraz rozwiązań stosowanych w ochronie przeciwpożarowej* (dalej: system wsparcia odbiorów i testowania wyrobów) w kontekście jego przydatności i spełnienia wyznaczonego celu. Program ten jest administrowany przez Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB). W artykule opisano zagadnienia poruszane na zorganizowanych dotychczas szkoleniach. Ponadto szczegółowo przeanalizowano wyniki ankiet przeprowadzonych wśród uczestników kolejnych edycji szkoleń oraz zaprezentowano propozycje zmian do wymagań techniczno-użytkowych dla pojazdów pożarniczych.

Wprowadzenie: W zakresie stosowania wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego zgłaszane są określone potrzeby, formułowane zarówno przez jednostki ochrony przeciwpożarowej (JOP), jak i przez producentów oraz dostawców tych wyrobów. Właściwa trwałość, ergonomia, niezawodność i wysoka jakość wyrobów, jak również umiejętność oceny ich zgodności z wydanymi dokumentami dopuszczającymi mają podstawowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa i prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Odpowiedzią na potrzeby jest opracowany, wdrożony i doskonalony system wsparcia odbiorów i testowania wyrobów, w ramach którego możliwa jest bezpośrednia wymiana informacji będących przyczynkiem do opracowania propozycji zmian do obowiązujących wymagań techniczno-użytkowych dla pojazdów pożarniczych.

Metodologia: W pracy zaprezentowano elementy programu edukacyjnego. Na podstawie harmonogramów szkoleń omówiono zagadnienia poruszane podczas kolejnych ich edycji oraz przeanalizowano wyniki ankiet wypełnionych przez uczestników szkoleń. Wzięto przy tym pod uwagę doświadczenia osób szkolonych i ich opinie na temat pojazdów wykorzystywanych przez PSP i OSP podczas akcji ratowniczych. Pomimo zastosowania metody umożliwiającej ilościowe określenie stawianego celu badań uczestnicy badań wyrazili swoje sugestie i opinie również w formie opisowej, która pozwalała na sformułowanie wniosków i zaproponowanie kierunków zmian w omawianym zakresie.

Wnioski:

- System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów jest rozwiązaniem, które – dzięki szkoleniom w formie stacjonarnej oraz kształceniu na odległość – oferuje kompleksowe podejście do potrzeb zgłaszanych przez przedstawicieli JOP zajmujących się zakupem sprzętu ratowniczo-gaśniczego, logistyką i kwatermistrzostwem.
- System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów umożliwia wymianę doświadczeń pomiędzy osobami prowadzącymi proces dopuszczenia a użytkownikiem końcowym, co owocuje zmianą wymagań dotyczących sprzętu wykorzystywanego przez JOP, a w konsekwencji – poprawą bezpieczeństwa publicznego.
- Wymagania techniczno-użytkowe, w zależności od zakresu ich stosowania, powinno się uszczegółowić, uzupełnić bądź zmienić.

Słowa kluczowe: system wsparcia, edukacja, ochrona przeciwpożarowa, szkolenia, wymagania techniczno-użytkowe (WTU)
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 18.01.2017; Zrecenzowany: 22.02.2017; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu: M. Chmiel – 40%, E. Sobór – 30%, M. Iwańska – 30%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 170–190, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.13;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The purpose of this article is to present an already operative educational programme designed for State Fire Services' (PSP) and Volunteer Fire Services' (OSP) firefighters, namely „System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów i rozwiązań stosowanych w ochronie przeciwpożarowej" ("A support system for quality acceptance and testing of products and solutions applied in fire protection"), in its usefulness and functionality context. The programme is administered by the Józef Tuliszkowski Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB). The courses run so far are

described and survey results presented. Furthermore, the results of surveys conducted among participants in these courses are analysed in detail and changes are proposed to firefighting pumps, firefighting fixtures, and technical and user requirements for fittings and hydrants on firefighting vehicles.
Introduction: The State Fire Service, and producers and suppliers, are continually defining their needs in the field of products used to ensure public safety and the protection of health and life and property. The durability, ergonomics, reliability and high quality of these products, and also properly conducted conformity-assessment processes, are crucial for fire safety and for the effectiveness of fire and rescue operations."*Support system*" addresses all these needs. This programme can be used to exchange information and experience, thus resulting in amended mandatory requirements. Due to the use of this type of study, it was possible to determine the accuracy, effectiveness and scientific value of the presented material. Despite the use of a method to quantify the objectives of the study, participants also expressed their opinions and suggestions in a narrative form, which makes it possible to draw conclusions and set directions of change in the field in question.
Methods: The authors presented items in the educational programme managed by the Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB). The training programmes were discussed. Survey results, firefighters' experiences and opinions in the field of fire-fighting vehicles were analysed. The factors taken into consideration included the experiences of the trainees and their opinions on the vehicles used by the State Fire Service and the Volunteer Fire Service during rescue operations. Due to the use of this type of study, it was possible to determine the accuracy, effectiveness and scientific value of the presented material. Despite the use of a method to quantify the objectives of the study, participants also expressed their opinions and suggestions in a narrative form, which makes it possible to draw conclusions and set directions of change in the field in question.
Conclusions:
– The product commissioning and testing system is a solution which, thanks to stationary and remote training, affords a comprehensive approach to the needs reported by representatives of the Volunteer Fire Service Units dealing with the procurement of rescue and extinguishing equipment, logistics and supplies.
– The system can be used to exchange experiences between certification specialists and end-users, thus resulting in changes to the requirements related to the equipment used by the Volunteer Fire Service and, consequently, improved public safety.
– Depending on the scope of their use, the technical/functional requirements should be specified with more detail, or amended.
Keywords: support system, education, fire safety, training, technical and operational requirements (WTU)
Type of article: review article

Received: 18.01.2017; Reviewed: 22.02.2017; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: M. Chmiel – 40%, E. Sobór – 30%, M. Iwańska – 30%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 170–190, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.13
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является представление уже функционирующей образовательной программы для представителей Государственной противопожарной службы (PSP) и Добровольческой пожарной бригады (OSP) под названием *Система поддержки отбора и тестирования продуктов и решений в области противопожарной защиты* (далее: система поддержки отбора и тестирования продуктов) в контексте ее целесообразности и реализации поставленной цели. Эта программа находится в ведении Научно-Исследовательского Центра Противопожарной Охраны им. Юзефа Тулишковского - Государственного Исследовательского Института (CNBOP-PIB). В статье рассматриваются вопросы, которые обсуждались в ходе проводимых в последнее время обучений. Кроме того, детально анализируются результаты исследований, проведенных среди участников следующих курсов обучений, и представлены предложения по изменениям технических и эксплуатационных требований к пожарным автомобилям.
Введение: В области применения продуктов, предназначенных для обеспечения общественной безопасности, сообщалось о конкретных потребностях, сформулированных как подразделениями противопожарной защиты (JOP), так и производителями и поставщиками этих продуктов. Соответствующая долговечность, эргономичность, надежность и высокое качество продукции, а также умение составления оценки ее соответствия с оформленными документами, разрешениями, является важным вопросом для обеспечения безопасности и проведения аварийно-спасательных и противопожарных действий. Ответом на потребности является разработанная, внедренная и совершенная система поддержки, отбора и тестирования продукции, которая позволяет непосредственно обмениваться информацией, являющейся прямым вкладом в разработку предложений по внесению изменений в существующие технические и эксплуатационные требования к пожарным автомобилям.
Методика: В статье представлены элементы образовательной программы. На основе программы обучения обсуждались вопросы, поднятые в ходе последующих наборов на курсы тренингов, и проанализированы результаты анкет, заполненных учащимися. При этом был принят во внимание опыт обучаемых и их мнения о транспортных средствах, используемых в PSP и OSP во время проведения спасательных действий. Несмотря на использование метода для количественного определения цели тестирования, участники исследования высказали свои мнения и предложения в повествовательной форме, что позволило сформулировать выводы и предложить направления изменений в этой области.
Выводы:
– Система поддержки тестирования и отбора продуктов является решением, которое, через обучение в форме стационарной и дистанционной, предлагает комплексный подход к удовлетворению потребностей, выделенных представителями JOP, связанный с приобретением спасательного и противопожарного оборудования, материально-технического обеспечения и квартирмейстера.
– Система поддержки тестирования и отбора продуктов позволяет осуществлять обмен опытом между теми, кто участвует в процессе приема и конечными пользователями, что приводит к изменениям требований, связанных с аппаратными средствами, используемыми в JOP, а, следовательно - к улучшению общественной безопасности.
– Технические и эксплуатационные требования, в зависимости от сферы их применения, следует уточнить, дополнить или изменить.
Ключевые слова: система поддержки, образование, противопожарная охрана, обучение, технические и эксплуатационные требования (WTU)
Вид статьи: обзорная статья

Принята: 18.01.2017; Рецензирована: 22.02.2017; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: M. Chmiel – 40%, E. Sobór – 30%, M. Iwańska – 30%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 170–190, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.13;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Sytuacje zagrażające życiu, z którymi nieraz stajemy twarzą w twarz, wymagają od służb ratowniczych prowadzenia akcji mających na celu ratowanie życia, zdrowia oraz mienia poszkodowanych, a co za tym idzie – posiadania sprzętu spełniającego określone parametry gwarantujące jego trwałość, ergonomię, niezawodność i szeroko rozumianą wysoką jakość. Wyposażenie i sprzęt, które wspierają prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych, a wykorzystywane są przez jednostki ochrony przeciwpożarowej, powinny zapewniać wysoką skuteczność tych działań, co przekłada się na ochronę zdrowia i życia zarówno osób ratowanych, jak i ratowników.

Idea systemu dopuszczeń, wsparcia odbiorów i zakupu pojazdów

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. [1] oraz rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. (dalej: rozporządzenie) [2] wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia, życia i mienia, wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy muszą być poddane procesowi dopuszczenia do użytkowania prowadzonemu przez jednostkę dopuszczającą[1] [3]. Głównym celem certyfikacji (w tym przypadku: procesu dopuszczenia) jest zapewnienie wszystkich zainteresowanych stron, w tym przede wszystkim użytkowników końcowych, że certyfikowany wyrób spełnia określone wymagania. [4] Jednakże mimo że wyrób pozytywnie przejdzie proces dopuszczenia (czyli spełni określone wymagania), dopiero użytkownik końcowy (w tym przypadku: strażacy JOP) może ocenić funkcjonalność i jakość danego wyrobu po jego zastosowaniu podczas działań ratowniczych.

Jednostki ochrony przeciwpożarowej jasno definiują swoje potrzeby w zakresie zakupu sprzętu i wyposażenia. CNBOP-PIB otrzymuje zgłoszenia m.in. od użytkowników końcowych sprzętu (strażaków) o potrzebie przeprowadzenia szkoleń doskonalących dotyczących systemu dopuszczeń (zagadnień formalnoprawnych i praktycznych) oraz sygnały o różnych interpretacjach wymagań formułowanych w przepisach dopuszczeniowych w relacji między dostawcą a użytkownikiem/odbiorcą sprzętu. Odpowiedzią na te potrzeby jest wsparcie procedur odbiorowych sprzętu przez system prowadzenia odbiorów i testowania wyrobów. Opracowany i wdrożony przez pracowników CNBOP-PIB i Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej (KG PSP) program edukacyjny jest oparty na szkoleniach, doskonaleniu zawodowym i dobrowolnej certyfikacji personelu PSP odpowiedzialnego za zakup pojazdów ratowniczo-gaśniczych, logistykę i kwatermistrzostwo. Program ten obejmuje również zagadnienia z zakresu odbioru i testowania wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego, ochronie zdrowia, życia i mienia, wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do prowadzenia działań ratowniczych. Ponadto rzeczony program jest narzędziem służącym upowszechnianiu wiedzy z zakresu certyfikacji i dopuszczeń sprzętu oraz wyposażenia jednostek ochrony przeciwpożarowej. Umożliwia on poznanie podstaw prawnych systemu dopuszczeń i krajowej oceny zgodności, wymagań techniczno-użytkowych, ale przede wszystkim jest doskonałą płaszczyzną wymiany poglądów i doświadczeń teoretyków i praktyków, z których pierwsi zajmują się opracowywaniem wymagań, badaniami i procesem dopuszczenia sprzętu do użytkowania, drudzy zaś wykorzystują ten sprzęt do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych [5].

Ponadto użytkownik końcowy (JOP) identyfikuje potrzebę opracowania i wdrożenia szczegółowych procedur postępowania podczas sprawdzenia zgodności odbieranego wyrobu z wymaganiami techniczno-użytkowymi. Poprawnie przeprowadzony odbiór techniczno-jakościowy gotowego wyrobu powinien umożliwić weryfikację zgodności wykonania sprzętu z wymaganiami zawartymi w specyfikacji warunków zamawiającego (tzw. Specyfikacja Indywidualnych Warunków Zamówienia (SIWZ)), wykrycie błędów montażowych i niesprawności działania poszczególnych zespołów i mechanizmów. Procedury odbiorowe trzeba tak opracować, aby pozwalały na samodzielne dokonywanie odbioru przez odbierających (strażaków). Należy szczególne podkreślić to, że prawidłowe dokonanie odbioru techniczno-jakościowego jest jednym z podstawowych warunków, których spełnienie zapewnia bezpieczeństwo ratownikom oraz skuteczność prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych.

Procedury odbiorów opracowane w ramach omawianego systemu wykorzystują doświadczenie zarówno pracowników CNBOP-PIB (zdobyte podczas prowadzenia badań kwalifikacyjnych i uczestniczenia w odbiorach pojazdów), jak i pracowników Biura Logistyki KG PSP [6]. Należy przy tym zauważyć, że niemal przez trzy lata można było zgłaszać uwagi do aktualnych wymagań dotyczących wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia, życia i mienia, a także wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy, określonych w rozporządzeniu [2]. Na potrzeby sprawnego i bieżącego zbierania uwag od zainteresowanych podmiotów (użytkowników końcowych, producentów oraz dostawców sprzętu i wyposażenia JOP) stworzono i wdrożono aplikację internetową, która działała na stronie internetowej KG PSP [7].

System wsparcia[2] odbioru i testowania wyrobów jest swoistym narzędziem dobrowolnej certyfikacji personelu. System ten jest wsparciem dla obowiązującego systemu dopuszczeń

[1] Jednostka badawczo-rozwojowa PSP wskazana przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych, upoważniona do wydawania, zmiany, kontroli i cofania dopuszczenia.

[2] Definicja ma charakter umowny i branżowy, niemający podłoża naukowego. Podsystemy (moduł szkoleniowy, moduł dobrowolnej certyfikacji personelu, moduł e-learning, testowanie wyrobów innowacyjnych) mogą funkcjonować i być realizowane niezależnie. Definicja obrazuje wyłącznie możliwość połączenia wszystkich modułów dających możliwie najszerszy sposób pozyskiwania wiedzy teoretycznej i praktycznej.

ISSN 1895-8443

w zakresie edukacji na rzecz bezpieczeństwa. Jest on przeznaczony dla funkcjonariuszy PSP zajmujących się zakupem pojazdów ratowniczo-gaśniczych, logistyką i kwatermistrzostwem. Stanowi połączenie szkoleń stacjonarnych, wyjazdowych i e-learningowych (miniportal) oraz certyfikacji personelu i doskonalenia zawodowego (ryc. 1).

Rycina 1. Główne elementy systemu wsparcia odbioru i testowania wyrobów
Figure 1. Main assumptions of the support system
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Celem wdrożenia modułu jest upowszechnianie wiedzy z zakresu dopuszczeń oraz certyfikacji sprzętu i wyposażenia JOP oraz ich odbiorów wśród możliwie najszerszego grona przedstawicieli Komend Powiatowych (KP) i Komend Wojewódzkich (KW) PSP zajmujących się logistyką i zaopatrzeniem. Miniportal to elektroniczne narzędzie wykorzystywane do upowszechniania tej wiedzy. Jest on źródłem aktualnych informacji, pozwala tym samym weryfikować i/lub aktualizować posiadaną wiedzę, komunikować się z innymi jego użytkownikami oraz korzystać z e-learningu (kursów wraz z testami sprawdzającymi (ryc. 2).

Rycina 2. Główne elementy w podsystemie wsparcia odbiorów prezentowane w ramach aplikacji internetowej CNBOP-PIB – miniportal
Figure 2. Main assumptions of the support system presented in the web application – miniportal
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Miniportal ma kilka zakładek. Zakładka E-LEARNING zawiera cyklicznie aktualizowane materiały do samodzielnego kształcenia (tzw. kursy tematyczne), testy z pytaniami sprawdzającymi do każdej partii materiału, składające się na egzamin przeprowadzany na stacjonarnych szkoleniach doskonalących. W zakładce AKTUALNOŚCI można znaleźć aktualne informacje z zakresu systemu dopuszczeń, m.in. dotyczące zmian wymagań certyfikacyjnych, norm, przepisów oraz nowych inicjatyw, szkoleń i publikacji CNBOP-PIB (ryc. 3).

Rycina 3. Platforma edukacyjna: edu.cnbop.pl
Figure 3. Platform edu.cnbop.pl
Źródło: Strona internetowa: edu.cnbop.pl.
Source: Website: edu.cnbop.pl.

W zakładce FAQ mamy zbiór najczęściej zadawanych pytań wraz z udzielonymi na nie odpowiedziami. Zakładka PODRĘCZNIK zawiera opis wszystkich aspektów systemu prowadzenia odbiorów (proces dopuszczenia, wymagania, przepisy prawne) i systematyzuje procedurę odbioru sprzętu. Podręcznik, opracowany przez pracowników CNBOP-PIB (ryc. 4), jest dostępny – w formacie pdf – do pobrania ze strony www.cnbop.pl (podręcznika ma też wersję papierową).

Rycina 4. Okładka publikacji zwartej zatytułowanej *System dopuszczeń i odbiorów techniczno-jakościowych sprzętu wykorzystywanego w jednostkach Państwowej Straży Pożarnej*
Figure 4. Front cover of the publication entitled *System dopuszczeń i odbiorów techniczno-jakościowych sprzętu wykorzystywanego w jednostkach Państwowej Straży Pożarnej*
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.
Source: CNBOP-PIB resources.

 ISSN 1895-8443

Odbiór techniczno-jakościowy sprzętu ma zasadnicze znaczenie w procesie realizacji zakupów przez JOP. Prawidłowe dokonanie takiego odbioru wymaga wiedzy specjalistycznej oraz znajomości uwarunkowań formalnoprawnych. System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów ma zapewnić dostęp do tej wiedzy i do informacji z tego zakresu. Jak pokazuje dotychczasowe doświadczenie, działania podjęte w ramach omawianego systemu wsparcia odbiorów i testowania wyrobów, tj. permanentne doskonalenie zawodowe i szkolenie (co wpływa na zwiększenie się świadomości użytkowników końcowych), przyczyniają się do wzrostu wykrywalności błędów występujących w sprzęcie albo niezgodności danego sprzętu z wydanym dla niego świadectwem dopuszczenia zawierającym jego dane techniczne. Innymi słowy. zmniejsza się ryzyko zakupu i odbioru sprzętu niespełniającego wymagań prawnych i techniczno-użytkowych, a w konsekwencji – zagrażającego zarówno ratownikom, jak i ratowanym.

To, jak duże znaczenie ma odbiór techniczno-jakościowy przez użytkownika końcowego, widać szczególnie w kontekście wniosków z kontroli świadectw dopuszczenia prowadzonej przez jednostkę dopuszczającą, tj. CNBOP-PIB. Należy zauważyć, że właściciele świadectw niechętnie poddają się kontroli dopuszczenia, co przejawia się m.in. celowym opóźnianiem przeprowadzenia kontroli bądź jej unikaniem przez nieudostępnianie próbek do badań kontrolnych czy nieinformowaniem o niedostępności próbek. W większości przypadków kontrola dopuszczonych wyrobów wykazuje niezgodności techniczne lub formalne i stwierdza zmiany w wyrobie wprowadzone bez zgody i weryfikacji jednostki dopuszczającej.

Przykładowe najczęściej wykazywane niezgodności wykrywane podczas kontroli w poszczególnych grupach sprzętu zaprezentowano na rycinie 5).

Wszystkie wyżej wymienione niezgodności bezpośrednio bądź pośrednio negatywnie wpływają na trwałość, ergonomię, niezawodność i/lub funkcjonalność sprzętu, co wprost przekłada się na zagrożenie ogólnego bezpieczeństwa użytkowania tego sprzętu przez JOP.

Rycina 5. Najczęściej wykazywane niezgodności wykrywane podczas badań kontrolnych prowadzonych przez CNBOP-PIB

Figure 5. The most common nonconformities observed during control tests performed by CNBOP-PIB

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Niezależnie od tego należy zauważyć, że: przygotowanie, wdrożenie i doskonalenie programu szkoleniowego w zakresie prowadzenia odbioru sprzętu jednostek PSP; udział w przygotowaniu materiałów szkoleniowych na potrzeby platformy e-learningowej; prowadzenie prac, konsultacji i uzgodnień, w tym publikowanie informacji; przygotowywanie standardów i komunikatów dotyczących zapewnienia niezawodności sprzętu i jego właściwego wykorzystania, są szczególnie ważnymi zadaniami realizowanymi przez CNBOP-PIB na rzecz KG PSP.

Szkolenia prowadzone w ramach systemu wsparcia

W ramach podsystemu wsparcia odbiorów CNBOP-PIB prowadzi m.in. szkolenia stacjonarne. Ich celem jest upowszechnianie wiedzy praktycznej i teoretycznej z zakresu dopuszczeń oraz certyfikacji sprzętu i wyposażenia JOP. Szkolenia te pozwalają ponadto na wymianę poglądów i doświadczeń między prowadzącymi zajęcia przedstawicielami CNBOP-PIB a uczestniczącymi w tychże zajęciach przedstawicielami KW PSP i jednostek im podległych oraz szkół PSP. Najczęściej poruszane tematy dotyczą podstaw prawnych, wymagań techniczno-użytkowych, funkcjonowania krajowego systemu dopuszczeń oraz certyfikacji wyrobów budowlanych stosowanych w ochronie przeciwpożarowej. Cykl szkoleń obejmuje również dyskusję na temat zawartości SIWZ-ów przygotowywanych na potrzeby postępowań przetargowych dla wyrobów objętych obowiązkiem uzyskania świadectwa dopuszczenia, a także na temat samej organizacji postępowań przetargowych dotyczących sprzętu i wyposażenia JOP.

Dotychczas w ramach systemu wsparcia odbiorów i testowania wyrobów w CNBOP-PIB odbyło się siedem edycji szkolenia zatytułowanego *System wsparcia i prowadzenia odbiorów sprzętu i wyposażenia wprowadzanego na wyposażenie jednostek ratowniczo-gaśniczych – ćwiczenia praktyczne*, a przeznaczonego dla przedstawicieli PSP i OSP. W szkoleniach prowadzonych się w latach 2013 – 2016 r. uczestniczyło blisko 1500 osób. Zagadnienia poruszane na szkoleniach przedstawiono w programie szkoleń (ryc. 6).

W zależności od liczby osób uczestniczących w poszczególnych edycjach szkolenia tworzono od dwóch do pięciu zespołów ćwiczących przy sprzęcie pożarniczym. Zadaniem zespołu było przeprowadzenie badań odbiorczych i wypełnienie, przygotowanego wcześniej przez zespół CNBOP-PIB, protokołu odbioru w określonym czasie (od 5–7 min w przypadku: aparatów powietrznych, masek, sygnalizatorów bezruchu, prądownic wodnych i wodno-pianowych, łączników, nasad, pokryw nasad, przełączników, aż do 45 min w przypadku pojazdów pożarniczych). Na każdym etapie szkolenia omawiano wyniki pracy ćwiczących zespołów.

Program szkoleń / Training programme

- Pojazdy ratowniczo-gaśnicze. Autopompy i układy wodno-pianowe / Rescue and firefighting vehicles. Pumps and water-foam systems built in a vehicle
- Motopompy do wody czystej i zanieczyszczonej / Pumps for clean and polluted water
- Aparaty powietrzne butlowe, maski, sygnalizatory bezruchu / Self-contained open circuit breathing apparatus, non-motion alarm devices
- Odzież ochronna, ubrania chroniące przed czynnikami chemicznymi, ubrania chroniące przed promieniowaniem cieplnym / Protective clothing against chemical agents and fire
- Hydrauliczne narzędzia ratownicze / Hydraulic rescue tools
- Uzbrojenie osobiste, hełmy, kominiarki, ubrania specjalne, rękawice, obuwie / Firefighter's personal protective equipment, helmets, balaclava helmets, protective clothing, gloves and footwear
- Sprzęt ratowniczy związany z pracą na wysokości, drabiny przenośne, pasy strażackie, skokochrony, linki strażackie ratownicze, zatrzaśniki (łączniki) / Firefighting rescue equipment, portable ladders, firefighter's belt, rescue cushions, firefighting rescue lines, snaphooks
- Narzędzia pomocnicze, poduszki i korki pneumatyczne, toporek strażacki, zbiorniki przenośne / Rescue tools, lifting pneumatic bags and pneumatic caps for sealings, fire axes, portable water tanks
- Węże tłoczne, hydrantowe i ssawne. Smoki ssawne i rozdzielcze / Delivery, semi-rigid (for internal hydrants), suction fire hoses. Triple head distributors, suction strainers
- Prądownice wodne i wodno-pianowe oraz prądownice i wytwornice pianowe / Branchpipes, foam–forming nozzles (hand-held branchpipes), foam generators
- Łączniki, nasady, pokrywy nasad, przełączniki / Couplings for fire hoses, nozzles and blank couplings, hose adapters

Rycina 6. Przykładowy program szkolenia zatytułowanego *System wsparcia i prowadzenia odbiorów sprzętu i wyposażenia wprowadzanego na wyposażenie jednostek ratowniczo-gaśniczych PSP – ćwiczenia praktyczne* prowadzonego w 2015 r.

Figure 6. Exemplary training programme for course performed in 2015 untitled *System wsparcia i prowadzenia odbiorów sprzętu i wyposażenia wprowadzanego na wyposażenie jednostek ratowniczo-gaśniczych PSP* – practice excercises

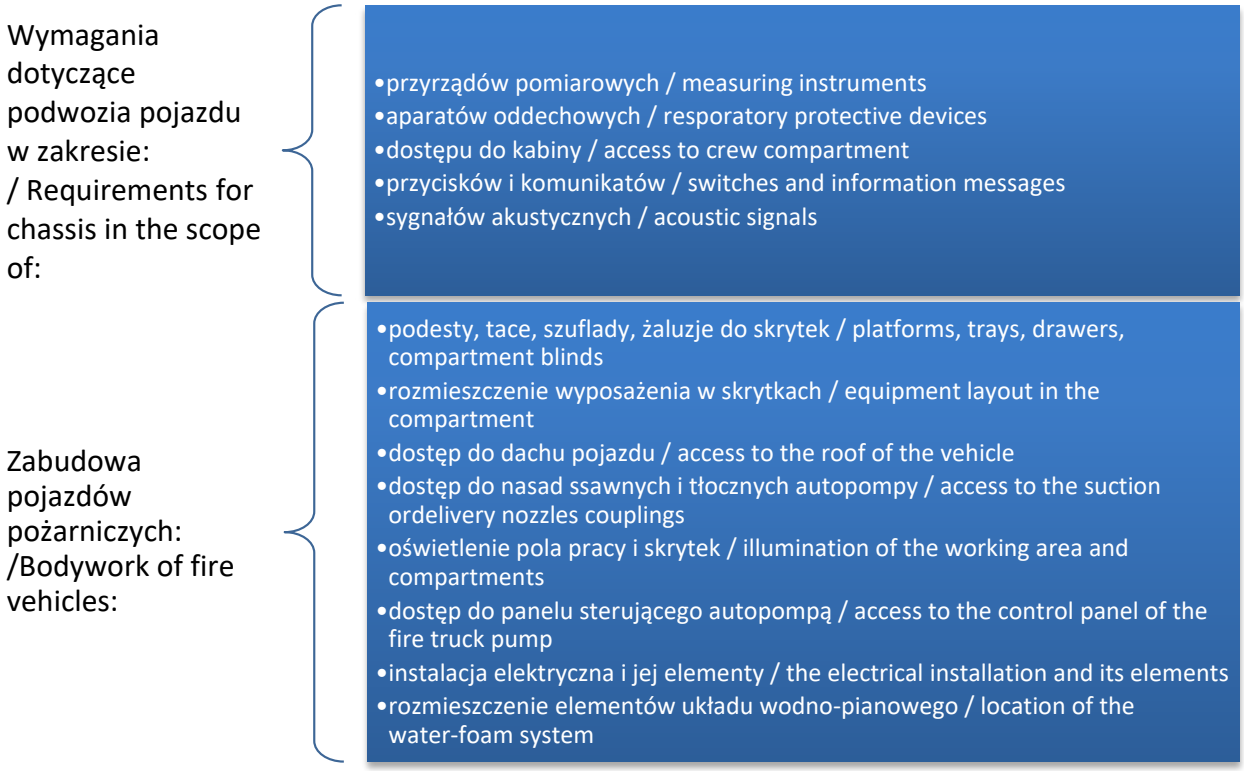
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

Source: CNBOP-PIB resources.

ISSN 1895-8443

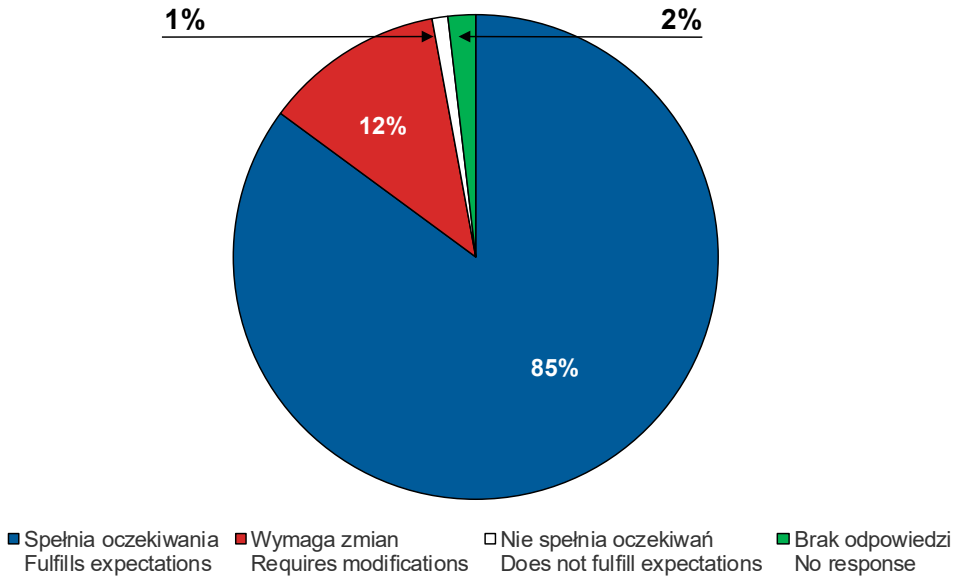
Potencjał i potrzeby JOP

Podczas szkoleń dla przedstawicieli PSP i OSP przeprowadzono dobrowolną ankietę, w której uczestniczyło blisko 200 osób. Ankieta składała się z 25 pytań dotyczących wykonania średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych. Wybór tego typu pojazdu wynikał z tego, że są one najczęściej dysponowane i wykorzystywane do działań zarówno przez strażaków PSP, jak i strażaków innych jednostek ochrony przeciwpożarowej. Zagadnienia poddane ocenie przedstawiono na rycinie 7.



Rycina 7. Tematy uwzględnione w ankietach przeprowadzonych podczas szkoleń
Figure 7. The main topics of surveys performed during trainings
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.
Source: CNBOP-PIB resources.

Respondentów poproszono o udzielenie odpowiedzi na zestawy pytań. W pierwszym zestawie pytano, czy rozmieszczenie przyrządów pomiarowych w kabinie było odpowiednie (ryc. 8), czy przyrządy pomiarowe oślepiały/przeszkadzały podczas działań ratowniczych lub podczas prowadzenia pojazdu (ryc. 9) oraz czy rozmieszczenie tych przyrządów było komfortowe i czytelne (ryc. 10). W przypadku pierwszego pytania (ryc. 8) 85% respondentów potwierdziło, że przyrządy pomiarowe spełniały ich oczekiwania, 90% ankietowanych uważało, że przyrządy te nie przeszkadzały w działaniach ratowniczych, a 87% pytanych stwierdziło, że rozmieszczenie przyrządów spełniało oczekiwania (ryc. 10). Według 12% respondentów przyrządy pomiarowe wymagają zmian, według 7% ankietowanych zmiany są konieczne, gdyż przyrządy pomiarowe przeszkadzały w działaniach ratowniczych, a według 9% badanych należy zmienić rozmieszczenie przyrządów. Zgodnie z opinią 1% respondentów rozmieszczenie przyrządów pomiarowych nie spełniało oczekiwań użytkowników, zgodnie z opinią 2% ankietowanych jasność podświetlenia przyrządów nie spełniała ich oczekiwań, gdyż oślepiały/przeszkadzały podczas prowadzonych działań ratowniczych, a zgodnie z opinią 3% badanych obecne rozmieszczenie przyrządów pomiarowych i przełączników nie spełnia ich oczekiwań – nie jest komfortowe i czytelne.

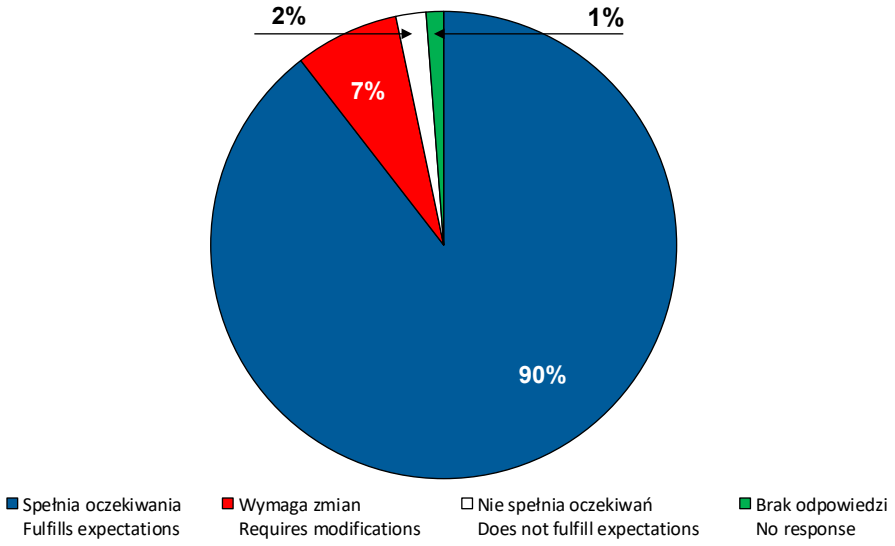


Rycina 8. Czy rozmieszczenie przyrządów pomiarowych w kabinie jest odpowiednie?

Figure 8. Are measuring instruments properly located in the cabin?

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



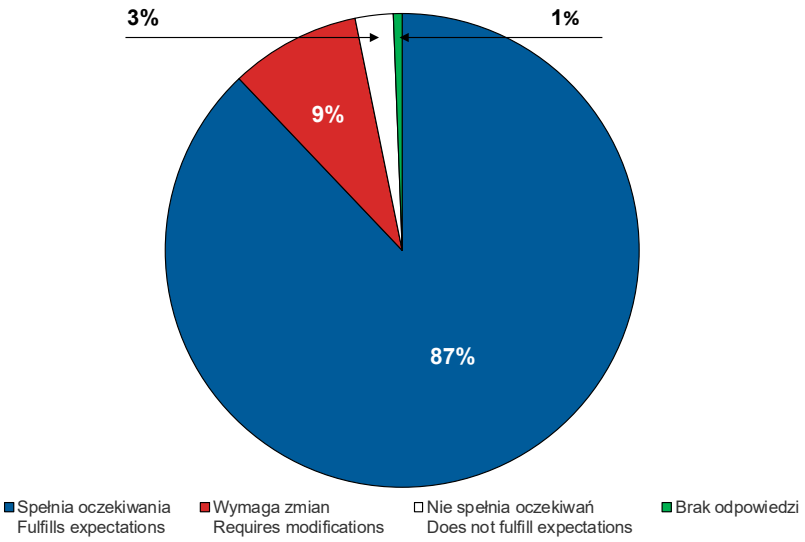
Rycina 9. Czy jasność podświetlenia przyrządów pomiarowych oślepia/przeszkadza podczas działań ratowniczych lub podczas prowadzenia pojazdu?

Figure 9. Does the brightness of the measuring instruments blind / interfere with the rescue operations or while driving?

Źródło: Opracowanie własne.

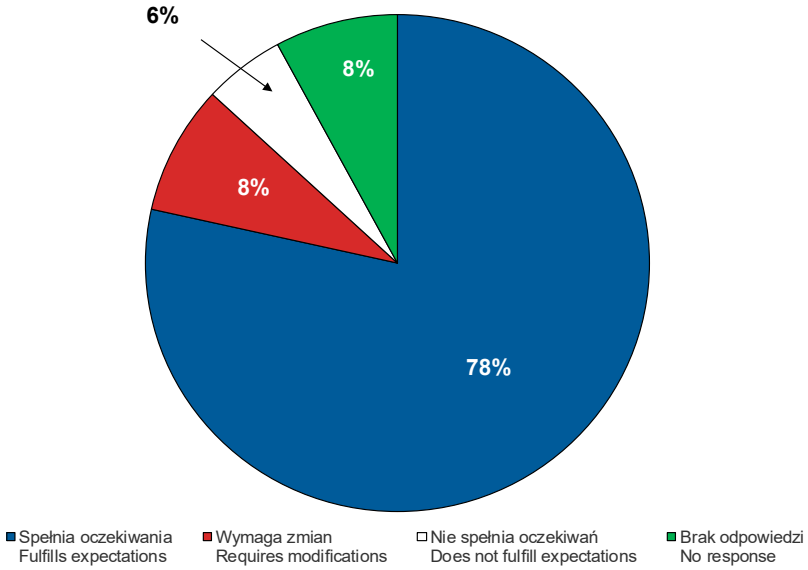
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443

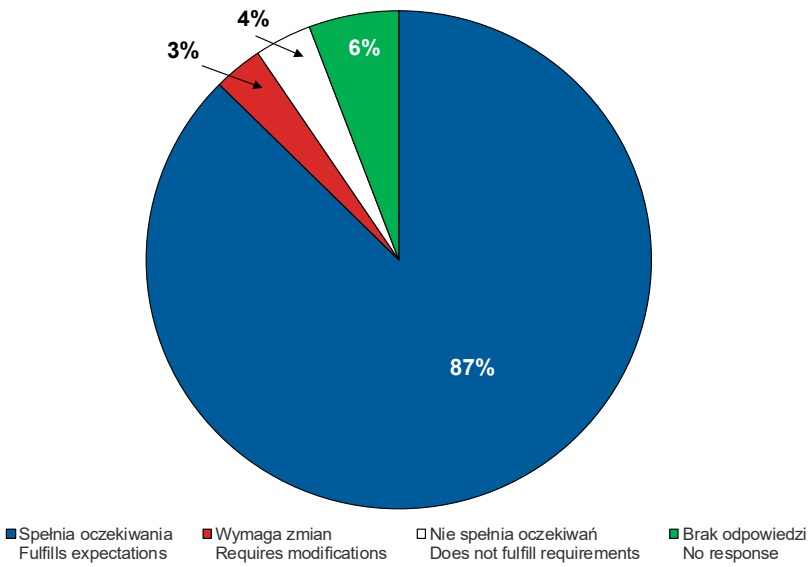


Rycina 10. Czy rozmieszczenie przyrządów pomiarowych i przełączników w kabinie jest komfortowe i czytelne?
Figure 10. Is the distribution of measuring instruments and switches in the cabin comfortable and legible?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Pytania z drugiego zestawu dotyczyły aparatów oddechowych. Ankietowanych pytano o to, czy aparaty oddechowe zamontowane w kabinie są łatwo dostępne (ryc. 11), oraz czy uchwyty tych aparatów zapewniały stabilne zamocowanie podczas ruchu pojazdu (ryc. 12). Wśród respondentów 78% uważało, że montaż aparatów spełniał ich oczekiwania, a 87% potwierdziło, że uchwyty zapewniały stabilne zamocowanie. Natomiast 8% respondentów wprowadziłoby zmiany w sposobie montowania aparatów pod kątem ich dostępności, a ponad 3% ankietowanych chciałoby wprowadzenia zmian w uchwytach aparatów, tak aby uchwyty te zapewniały stabilne zamocowanie podczas ruchu. Według 6% badanych dostępność aparatów zamontowanych w kabinie nie spełniała ich oczekiwań, a według ponad 4% respondentów również uchwyty tych aparatów nie spełniały oczekiwań, gdyż nie były stabilnie zamocowane.

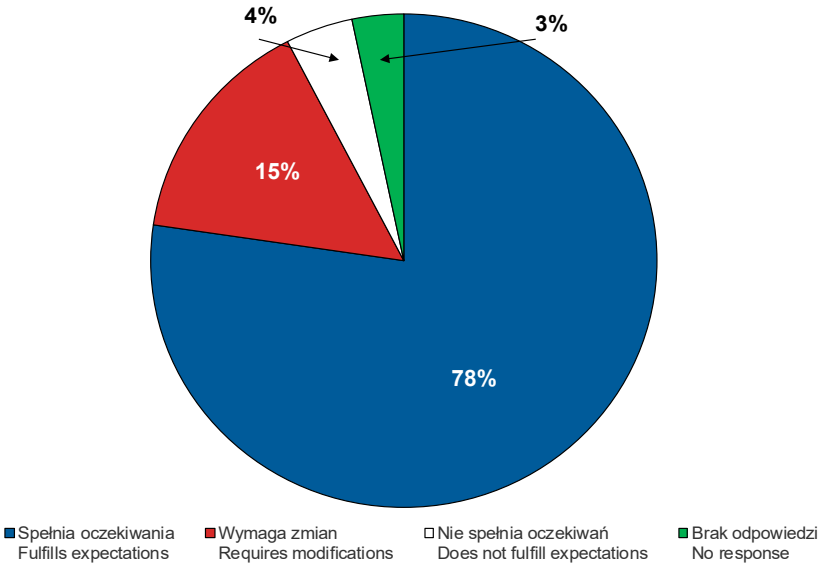


Rycina 11. Czy aparaty oddechowe zamontowane w kabinie są łatwo dostępne?
Figure 11. Is there easy access to breathing apparatus installed in the cabin?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



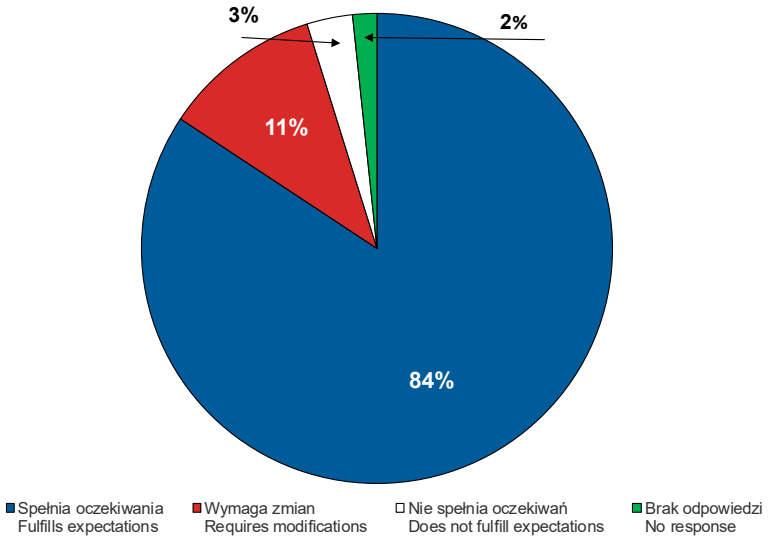
Rycina 12. Czy uchwyty aparatów oddechowych zapewniają stabilne zamocowanie podczas ruchu pojazdu?
Figure 12. Do handles of the breathing apparatus provide stable mounting when the vehicle is moving?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W trzecim zestawie pytania dotyczyły oznakowania przycisków (ryc. 13) i czytelności komunikatów informacyjnych (ryc. 14). Według 78% respondentów oznakowanie przycisków wykonane było w sposób trwały i spełniało ich oczekiwania. Według 84% ankietowanych komunikaty informacyjne były czytelne i spełniały ich oczekiwania. Wśród badanych 15% zgłosiło potrzebę zmian w zakresie trwałości oznakowania przepisów, a 11% opowiedziało się za wprowadzeniem zmian w komunikatach informacyjnych, które nie były one w pełni dla nich czytelne. Trwałość oznakowania przycisków nie satysfakcjonowała ponad 4% respondentów, natomiast czytelność komunikatów informacyjnych nie zadowalała 3% uczestników ankiety.



Rycina 13. Czy oznakowanie przycisków jest wykonane w sposób trwały?
Fig. 13. Is button labelling done in a permanent manner?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443



Rycina 14. Czy komunikaty informacyjne są czytelne?

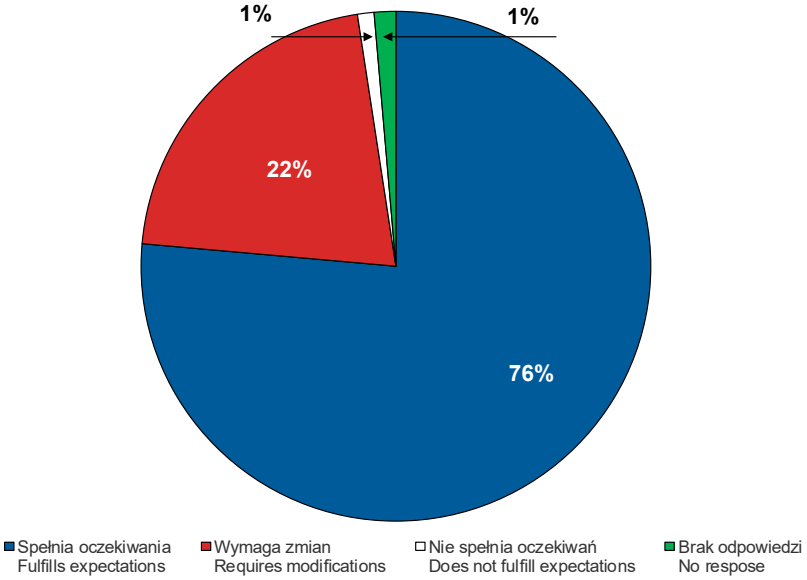
Figure 14. Are information messages legible?

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Ponadto respondentów poproszono o to, aby wyrazili swoją opinię na temat uciążliwości sygnałów akustycznych transmitowanych w kabinie pojazdu ratowniczego. Według 78% ankietowanych sygnały akustyczne spełniały ich oczekiwania i nie były szczególnie uciążliwe, natomiast 18% pytanych wprowadziłoby zmiany w sygnałach akustycznych pod kątem ich uciążliwości. Dla 2% badanych sygnały były uciążliwe i nie spełniały oczekiwań użytkowników pojazdów.

W czwartym zestawie pytania dotyczyły skrytek na sprzęt. Respondentów pytano o to, czy rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach umożliwia łatwy dostęp do tego wyposażenia (ryc. 15) oraz czy skrytki i mocowania zapewniają bezpieczne przewożenie sprzętu, który jest niezbędny podczas akcji ratowniczo-gaśniczych (ryc. 16). Jak wynika z zebranych danych, 76% ankietowanych uważało, że rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach ułatwiało dostęp do tego wyposażenia, a 81% badanych było przekonanych o tym, że skrytki i mocowania zapewniają bezpieczne przewożenie sprzętu. Jednakże 22% respondentów było zdania, że rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach należy zmienić, a 14% uważało, że mocowanie i skrytki sprzętowe nie do końca pozwalały na bezpieczne przewożenie sprzętu i wymagają zmian. Jedynie według 1% respondentów rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach nie spełniało ich oczekiwań. Tyle samo respondentów przyznało, że skrzynki i mocowania nie spełniały ich oczekiwań dotyczących bezpiecznego przewożenia sprzętu.



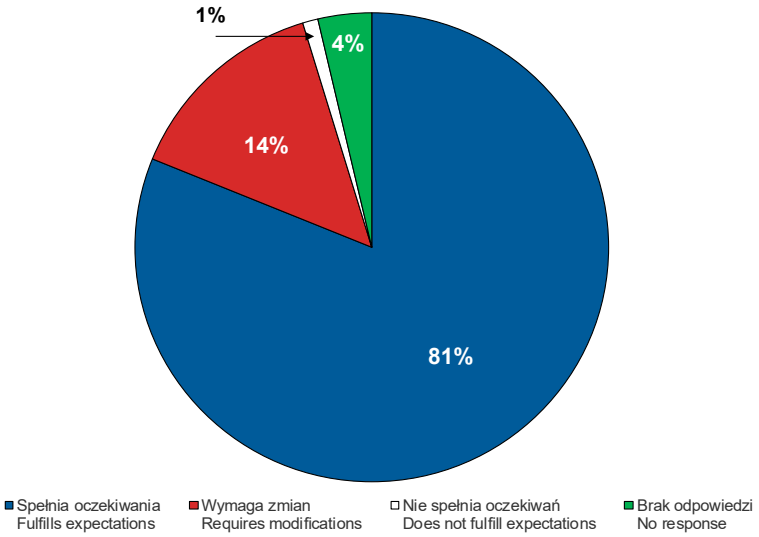
Rycina 15. Czy rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach umożliwia łatwy dostęp do tego wyposażenia?

Figure 15. Does equipment layout in the compartment allow easy access?

Źródło: Opracowanie własne.

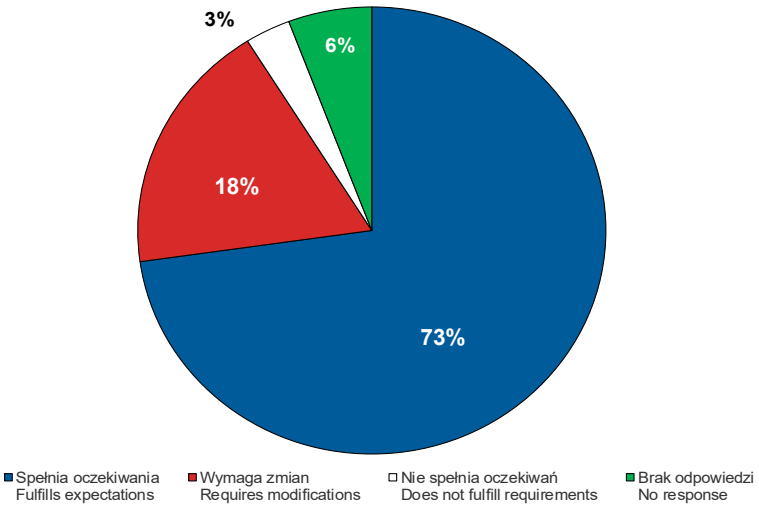
Source: Own elaboration.

Ponadto niektórzy respondenci uważali, że „w kabinach przeznaczonych na drobny sprzęt i przedmioty osobiste strażaków powinno być więcej dodatkowych skrytek i schowków" oraz że należy „zastosować regulowane skrytki".



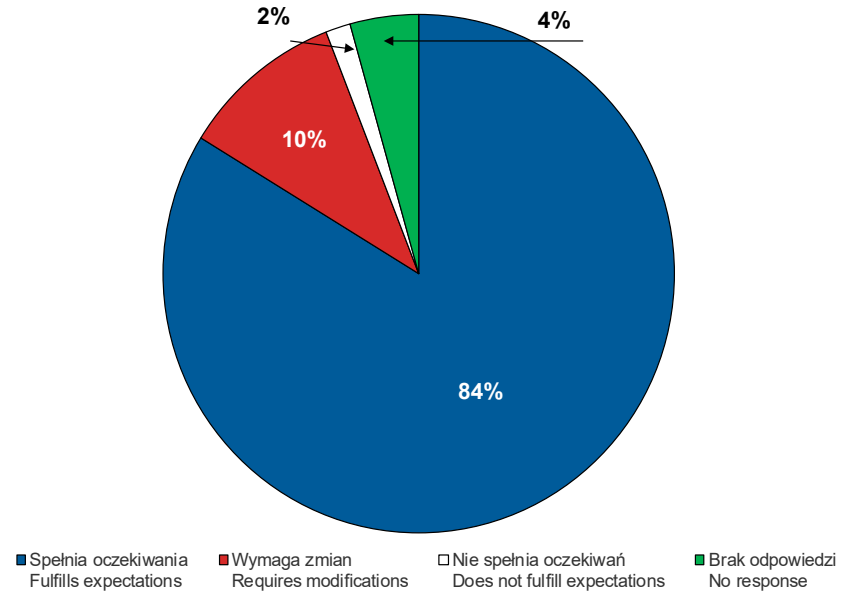
Rycina 16. Czy skrytki sprzętowe i mocowania zapewniają bezpieczne przewożenie sprzętu niezbędnego do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej?
Figure 16. Do equipment compartments and mounting methods provide safe transport of equipment, which is necessary to carry out rescue and firefighting operations?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W piątym zestawie respondentów poproszono o odpowiedzi na pytania dotyczące podestów, tacy, szuflad i żaluzji do skrytek. Pytano ich o to, czy elementy te działały płynnie, bez zacięć (ryc. 17); czy zapewniały bezpieczeństwo podczas wyjmowania wyposażenia z pojazdów podczas akcji ratowniczo-gaśniczych (ryc. 18) oraz czy umożliwiały stabilny dostęp do wyposażenia pojazdu (ryc. 19). Wśród respondentów 73% uważało, że działanie podestów, tac, szuflad i żaluzji do skrytek spełniało oczekiwań, 84% było zdania, że podesty zapewniały bezpieczeństwo podczas wyjmowania wyposażenia, a 82% twierdziło, że podesty umożliwiają stabilny dostęp do wyposażenia pojazdu. Według 18% uczestników ankiety podesty, tace, szuflady i żaluzje do skrytek wymagają zmian, według 10% respondentów podesty należy zmienić, gdyż nie w pełni zapewniały bezpieczeństwo podczas wyjmowania wyposażenia, a według 9% ankietowanych podesty trzeba zmodyfikować, ponieważ nie w pełni umożliwiały stabilny dostęp do wyposażenia. Ponadto spośród respondentów 3% twierdziło, że podesty, tace, szuflady i żaluzje do skrytek nie spełniały ich oczekiwań, a 2% uważało, że elementy te nie zapewniały bezpieczeństwa podczas rozładowywania wyposażania. Według 1% ankietowanych podesty, tace, szuflady i żaluzje do skrytek nie umożliwiały stabilnego dostępu do wyposażenia znajdującego się w pojeździe.

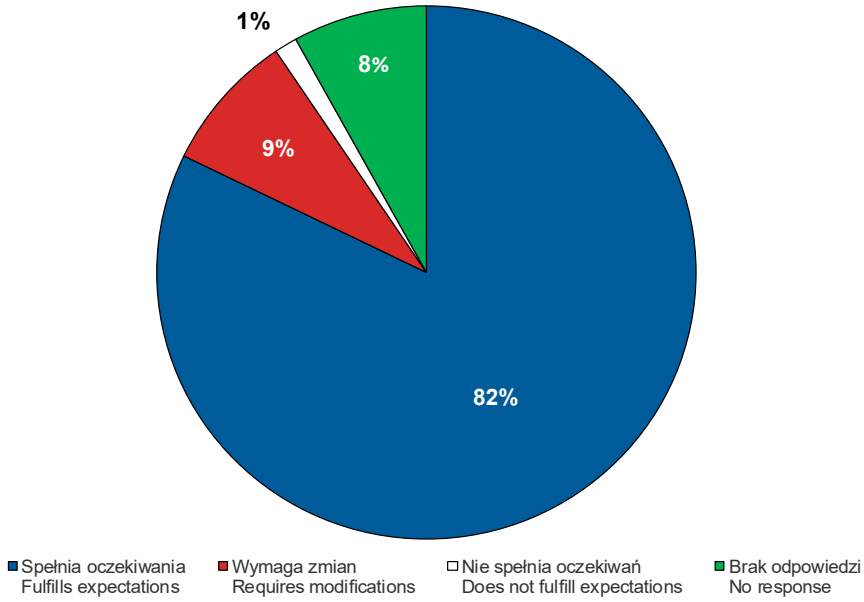


Rycina 17. Czy podesty, tace, szuflady i żaluzje do skrytek działają płynnie / bez zacięć?
Figure 17. Do platforms, trays, drawers, compartment blinds operate smoothly / without jamming?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

ISSN 1895-8443



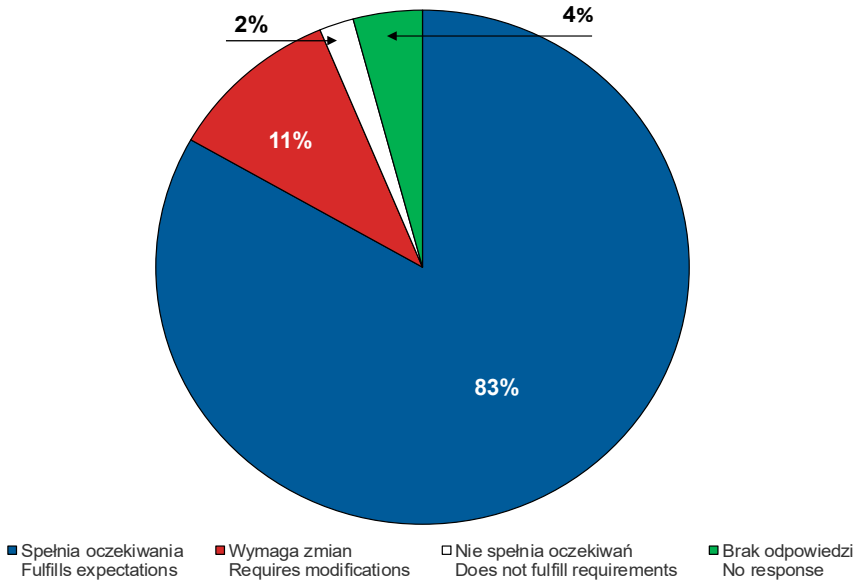
Rycina 18. Czy podesty zapewniają bezpieczeństwo podczas wyjmowania wyposażenia z pojazdów?
Figure 18. Do platforms provide safety when equipment is removed from the vehicles?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 19. Czy podesty umożliwiają stabilny dostęp do wyposażenia pojazdu?
Figure 19. Do platforms provide stable access to the equipment in the vehicle?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Pytania z szóstego zestawu dotyczyły oświetlenia. Ankietowanych pytano o to, czy oświetlenie pola pracy wokół pojazdu zapewnia bezpieczną i komfortową pracę (ryc. 20) oraz czy oświetlenie skrytek zapewnia bezpieczną i komfortową pracę (ryc. 21). Na pierwsze pytanie twierdząco odpowiedziało 83% respondentów, a na drugie – 81% respondentów. Wśród ankietowanych 11% było zdania, że oświetlenie pola wymagało zmian, a 12% uważało, że oświetlenie skrytek wymagało zmian pod kątem zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu pracy. Oświetlenie pola pracy wokół pojazdu nie spełniało oczekiwań 2% badanych, a oświetlenie skrytek – 3% badanych.

Ponadto niektórzy respondenci twierdzili, że radiostacja oraz urządzenia sterujące sygnałami dźwiękowymi i świetlnymi powinny być zamontowane bliżej dowódcy, co umożliwiłoby lepszy dostęp do operowania nimi.

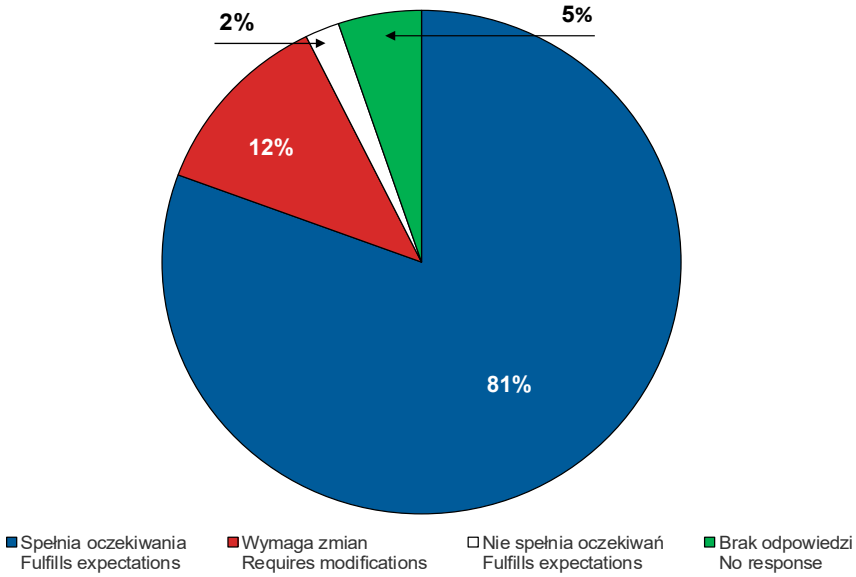


Rycina 20. Czy oświetlenie pola pracy wokół pojazdu zapewnia bezpieczną i komfortową pracę?

Figure 20. Does illumination of the working area around the vehicle provide a safe and comfortable working environment?

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Rycina 21. Czy oświetlenie skrytek zapewnia bezpieczną i komfortową pracę?

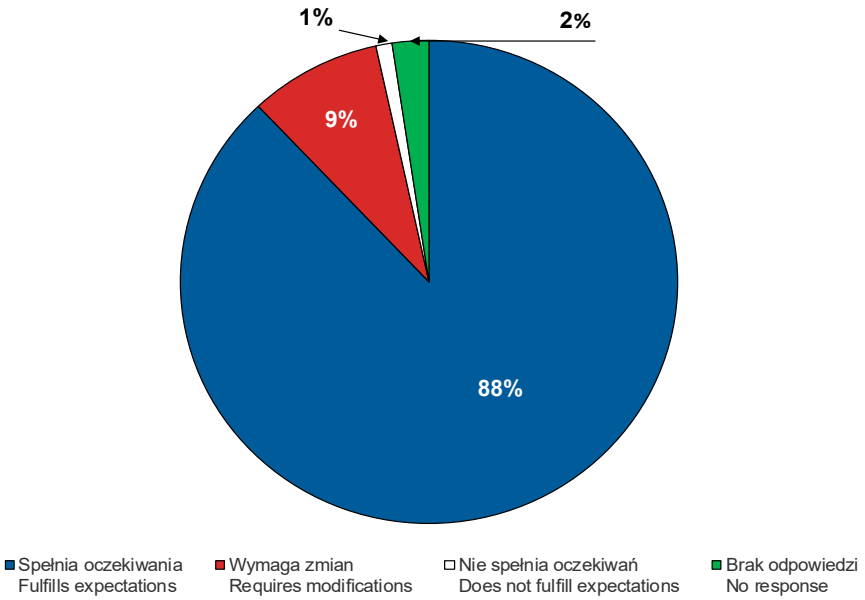
Figure 21. Does illumination of the compartments provide safe and comfortable working environment?

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

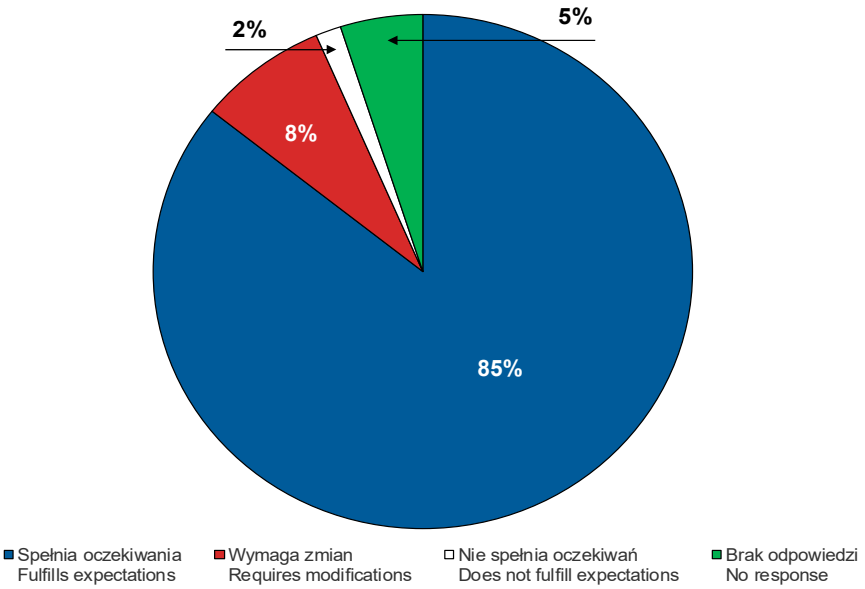
Kolejny zestaw składał się z pytań dotyczących dostępu do dachu pojazdu. Respondentów zapytano o to, czy dostęp ten był łatwy i bezpieczny (ryc. 22). Spośród ankietowanych 88% odpowiedziało twierdząco na to pytanie, 9% uważało, że należy wprowadzić pewne zmiany w sposobie dostępu do dachu. Według 1% respondentów dostęp do dachu nie był łatwy i bezpieczny.

ISSN 1895-8443

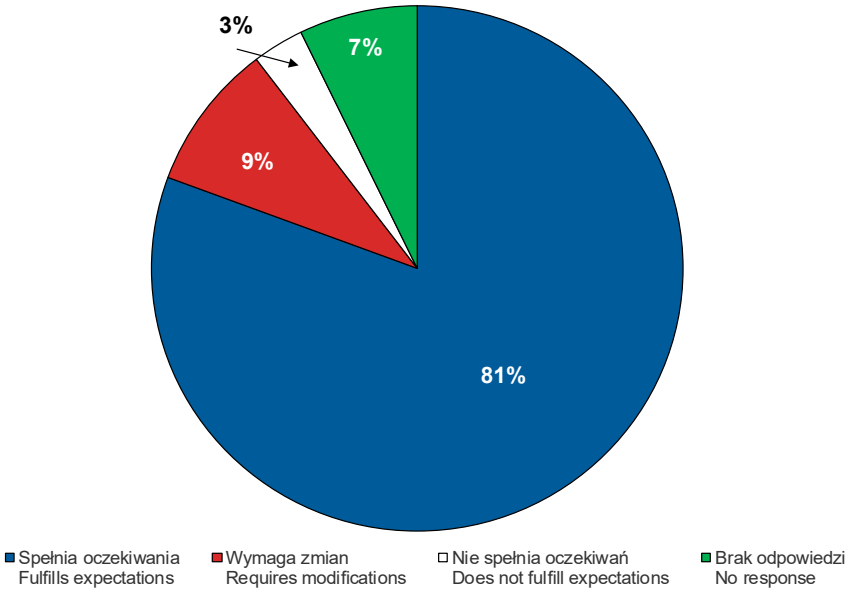


Rycina 22. Czy możliwy jest łatwy oraz bezpieczny dostęp do dachu pojazdu?
Figure 22. Is access to the roof of the vehicle easy and safe?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Uczestników ankiety zapytano również o to, czy panel sterujący autopompą jest łatwo dostępny, widoczny i umożliwia komfortową obsługę (ryc. 23) oraz czy elementy układu wodno-pianowego są wykonane w sposób umożliwiający łatwy dostęp do każdego elementu (np. do dozownika, działka wodno-pianowego) (ryc. 24). Wśród respondentów 85% uważało, że panel był łatwo dostępny, widoczny i umożliwiał komfortową obsługę (a więc spełniał ich oczekiwania), 8% było zdania, że w tym zakresie konieczne są zmiany, a 2% zadeklarowało, że panel sterujący autopompą nie spełniał oczekiwań. Ponadto spośród ankietowanych 81% twierdziło, że rozmieszczenie elementów układu wodno-pianowego było wykonane w sposób umożliwiający łatwy dostęp do każdego elementu, 9% – że rozmieszczenie to wymaga zmian, a 3% – że nie spełniało ich oczekiwań.



Rycina 23. Czy panel sterujący autopompą jest łatwo dostępny, widoczny i umożliwia komfortową obsługę?
Figure 23. Is the control panel of the fire truck pump easily accessible, visible and allowing comfortable operation?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



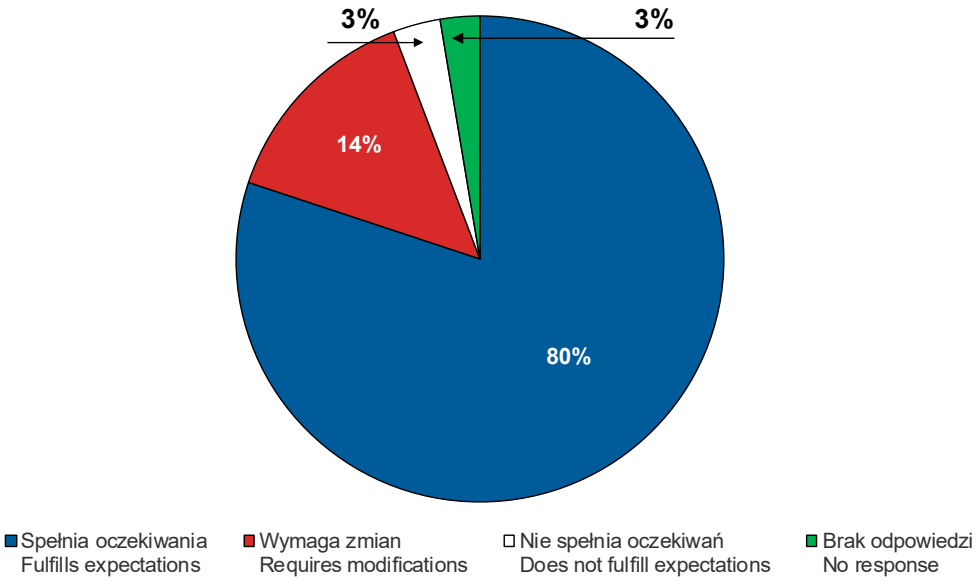
Rycina 24. Czy elementy układu wodno-pianowego są wykonane w sposób umożliwiający łatwy dostęp do każdego elementu (np. do dozownika, działka wodno-pianowego)?

Figure 24. Is the layout of the water-foam system made in a way that allows easy access to each element (e.g. the dispenser, water and foam cannon)?

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Respondentów zapytano też o instalację elektryczną i jej elementy znajdujące się w pojazdach pożarniczych (ryc. 25). Wśród uczestników ankiety 80% było zdania, że instalacja elektryczna i jej elementy spełniały ich oczekiwania, 14% wprowadziłoby zmiany, natomiast 3% nie było zadowolonych z jej wykonania.



Rycina 25. Czy instalacja elektryczna i jej elementy wykonane są bezpiecznie i estetyczne?

Figure 25. Is the electrical installation and its components made in a safe and aesthetic manner?

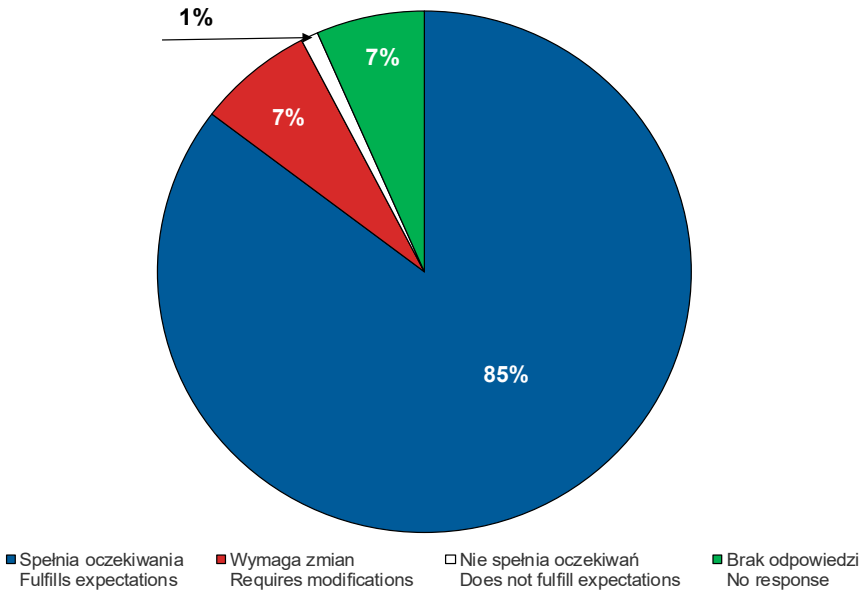
Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

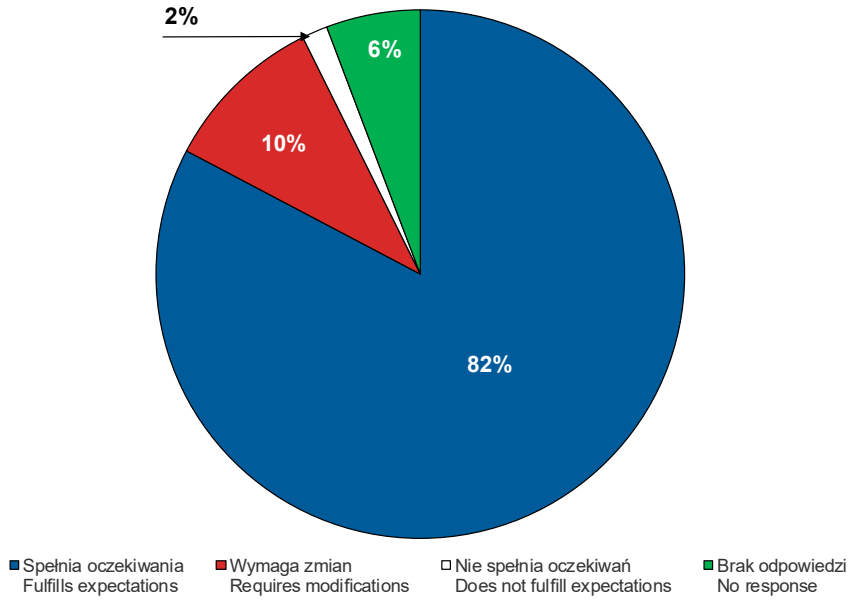
Pytania z ostatniego zestawu dotyczyły samych pojazdów. Respondentów zapytano o to, czy pojazdy będące na stanie ich jednostki pozwalają na skuteczną walkę z pożarami (ryc. 26) oraz czy umożliwiają walkę z innymi klęskami żywiołowymi (ryc. 27). Według 85% ankietowanych pojazdy, które są w ich posiadaniu, spełniały ich oczekiwania, zdaniem 7% pytanych pojazdy te wymagały zmiany, a według 1% badanych nie spełniały one ich oczekiwań. Ponadto wśród ankietowanych 82%

 ISSN 1895-8443

przyznawało, że posiadane przez nich pojazdy umożliwiały skuteczną walkę z innymi klęskami żywiołowymi, 10% było zdania, że pojazdy te wymagały zmian, a 2% – że nie spełniały ich oczekiwań co do możliwości walki z klęskami żywiołowymi.



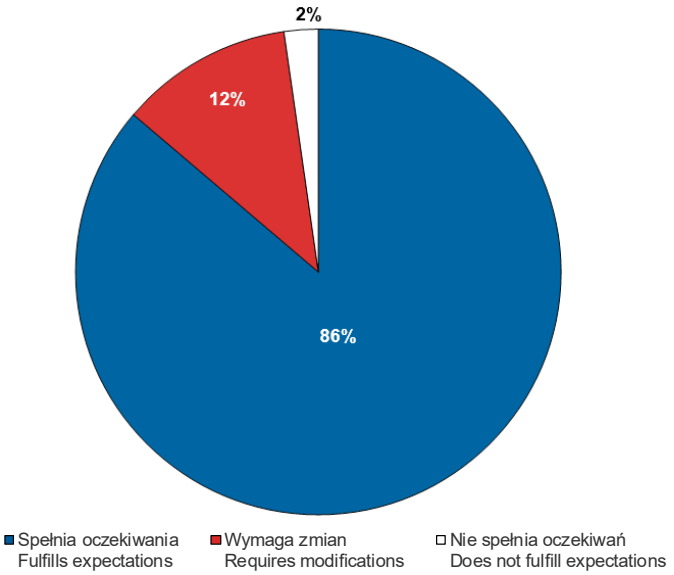
Rycina 26. Czy pojazdy będące na stanie Państwa jednostki umożliwiają skuteczną walkę z pożarami?
Figure 26. Are vehicles which are the property of your unit enable effective firefighting?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Rycina 27. Czy pojazdy będące na stanie Państwa jednostki umożliwiają skuteczną walkę z innymi klęskami żywiołowymi?
Figure 27. Are vehicles which are the property of your unit enable effective fighting against other natural disasters?
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Po przeanalizowaniu wszystkich ankiet (ryc. 28) można stwierdzić, że 86% użytkowników pojazdów pożarniczych było z nich zadowolonych (spełniały one ich oczekiwania), 12% było zdania, że pojazdy wymagają zmian, a 2% wyraziło swoje niezadowolenie z ich funkcjonowania (nie spełniały one ich oczekiwań). Ponadto niektórzy respondenci byli zdania, że „ceny pojazdów są zbyt wysokie" i że „należy sprawdzić komfort jazdy w normalnych warunkach", tzn. podczas dojazdu ratowników na miejsce akcji. Ankietowani wskazali też, że należy wprowadzić zmianę w przepisach dotyczących normy czystości spalin,

polegającą na ograniczeniu tej normy dla pojazdów specjalnych. Dla pojazdów straży pożarnej powinno być przyzwolenie na odstępstwo od normy Euro 6 ze względu na zbyt częste awarie układu zasilania i układu wydechowego silnika.



Rycina 28. Poziom zadowolenia z wykonania pojazdów pożarniczych
Figure 28. Satisfaction level of the performance of fire vehicles
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Przeprowadzanie ankiet podczas szkoleń stanowi element realizacji przyjętego założenia prac nad nowelizacją wymagań techniczno-użytkowych dla wyrobów zawartych w załączniku do rozporządzenia [7]. Zgodnie z nim wymagania te powinny odzwierciedlać wciąż zmieniające się potrzeby JOP przy jednoczesnym zapewnieniu, że potrzeby te zostaną zdefiniowane przede wszystkim przez samych użytkowników [7].

Wnioski z ankiet i zalecane kierunki zmian

Analiza wyników ankiet pozwala – w zakresie oceny podwozi i zabudowy pojazdów pożarniczych – stwierdzić, że:

- rozmieszczenie przyrządów pomiarowych w kabinie jest odpowiednie, tj. komfortowe i czytelne, a jasność podświetlenia przyrządów pomiarowych nie oślepia/przeszkadza podczas działań ratowniczych ani podczas prowadzenia pojazdu;
- aparaty oddechowe zamontowane w kabinie są łatwo dostępne, a ich uchwyty zapewniają stabilne zamocowanie podczas ruchu pojazdu;
- skrytki sprzętowe i mocowania zapewniają bezpieczne przewożenie sprzętu niezbędnego do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej;
- oznakowanie przycisków jest trwałe, a komunikaty informacyjne są czytelne;
- rozmieszczenie wyposażenia w skrytkach zasadniczo umożliwia łatwy dostęp do tego wyposażenia, jednakże 21% ankietowanych stwierdziło potrzebę wprowadzenia zmian w tym obszarze.

W zakresie oceny zabudowy pojazdów pożarniczych analiza wyników ankiet pozwala stwierdzić, że:

- podesty, tace, szuflady i żaluzje do skrytek działają płynnie/bez zacięć; podesty zapewniają bezpieczeństwo podczas wyjmowania wyposażenia z pojazdów i umożliwiają stabilny dostęp do tego wyposażenia;
- oświetlenie pola pracy wokół pojazdu i oświetlenie skrytek zapewnia bezpieczną i komfortową pracę;
- możliwy jest łatwy oraz bezpieczny dostęp do dachu pojazdu;
- panel sterujący autopompą jest łatwo dostępny, widoczny i umożliwia komfortową obsługę;
- elementy układu wodno-pianowego są wykonane w sposób umożliwiający łatwy dostęp do każdego elementu (np. do dozownika, działka wodno-pianowego);
- instalacja elektryczna i jej elementy wykonane są bezpiecznie i estetyczne;
- pojazdy będące w użytkowaniu poszczególnych jednostek umożliwiają skuteczną walkę z pożarami;
- pojazdy będące w użytkowaniu poszczególnych jednostek umożliwiają skuteczną walkę z innymi klęskami żywiołowymi.

Wyniki ankiet tylko pozornie są zadowalające. Nie można bowiem nie zauważyć, że na każde zadane pytanie:

- od 1 do 5% ankietowanych zaznaczyło odpowiedź „Nie spełnia oczekiwań”;
- od 3 do 18% respondentów odpowiedziało, że konieczne są zmiany w danym zakresie;

ISSN 1895-8443

– od 1 do 8% badanych odpowiedziało zaś, że kwestia, o którą są pytani, nie spełnia oczekiwań.

Ankietowani strażacy zgłosili również uwagi dotyczące:

– dostępu do radiostacji i urządzeń sterujących sygnałami dźwiękowymi i świetlnymi,
– liczby skrytek i schowków oraz możliwości ich regulacji,
– ergonomii pojazdów pożarniczych,
– awaryjności układu zasilania i układu wydechowego,
– ceny rynkowej pojazdów.

Ankietowani zwrócili też uwagę na to, że zestawy narzędzi hydraulicznych i zestawy narzędzi pneumatycznych są zbyt ciężkie, a ponadto że występują problemy z ich kompatybilnością. Problemy te obecnie wynikają również z obowiązujących wymagań i trendów [8].

Reasumując, trzeba podkreślić, że większość krytycznych ocen pojazdów ratowniczo-gaśniczych często wynikała z wieloletniego użytkowania tychże pojazdów. Obecnie tak długi okres użytkowania nie jest zgodny z aktualnymi wymaganiami. Ponadto wieloletnie wykorzystywanie pojazdów może prowadzić do wystąpienia większego ryzyka niepowodzenia akcji ratowniczej.

Głównym celem przeprowadzonych ankiet było zdobycie wiedzy na temat stanu technicznego i zdolności operacyjnej pojazdów ratowniczo-gaśniczych wykorzystywanych w JOP. Przedstawione wyniki pozwoliły potwierdzić postawioną hipotezę, że dla pojazdów znajdujących się w poszczególnych jednostkach nie ma jednolitych standardów wyposażenia w zakresie jego rozmieszczenia i ergonomii pracy.

Na podstawie badań i szkoleń prowadzonych w ramach omawianego systemu dla pojazdów ratowniczo-gaśniczych można wskazać zalecane kierunki zmian w wymaganiach techniczno-użytkowych zawartych w rozporządzeniu [2]. I tak konieczne jest:

– weryfikowanie podczas procesu dopuszczenia niezawodności pojazdu w trakcie pracy w skrajnie niskich i wysokich temperaturach;
– ograniczenie dostępu do elementów gorących w pojazdach;
– umożliwienie bardziej ergonomicznego dostępu do kolektorów tłocznych i ssawnych w układzie wodno-pianowym pojazdu;
– wprowadzenie minimalnych wymagań dotyczących zabezpieczenia instalacji elektrycznej;
– wprowadzenie wymagań dotyczących kompletacji dodatkowego wyposażenia sprzętu (instrukcje, odpowiednie nasady, specjalne narzędzia i klucze) oraz zapewnienie informacji dotyczących jego użytkowania;
– uszczegółowienie wymagań dotyczących układu wydechowego i wykończenia elementów wystających;
– zwiększenie wymagań dotyczących poziomu hałasu w kabinie;
– weryfikowanie odporności elementów zabudowy na korozję;
– wprowadzenie wymagań dotyczących maksymalnej nośności podestów;
– ujednolicenie wzoru piktogramów, np. w kabinie kierowcy;
– zwiększenie wymagań dotyczących średniej masy strażaka przy obliczeniu maksymalnej masy rzeczywistej;
– dokonanie zmiany klasyfikacji autopomp;
– wprowadzenie wymagań dotyczących wyposażenia niezamontowanego na stałe.

Podsumowanie

Kompleksowy system wsparcia odbiorów i testowania wyrobów jest rozwiązaniem, które oferuje całościowe podejście do potrzeb zgłaszanych przez przedstawicieli JOP. Połączenie szkoleń w formie stacjonarnej oraz kształcenia na odległość przynosi efekty w postaci coraz większej liczby funkcjonariuszy PSP i OSP posiadających najbardziej aktualną wiedzę praktyczną i teoretyczną z zakresu dopuszczeń oraz certyfikacji sprzętu i wyposażenia JOP. Wiedza ta przedkłada się wprost na jakość odbiorów techniczno-jakościowych pojazdów pożarniczych (większa umiejętność weryfikacji zgodności wykonania sprzętu z wymaganiami (specyfikacją zamawiającego) oraz wykrycia błędów montażowych i niesprawności w działaniu poszczególnych zespołów i mechanizmów. Wówczas użytkownik końcowy – strażak – może wyegzekwować od producenta/dostawcy usunięcie stwierdzonych niezgodności/błędów i dostarczenie sprzętu zgodnego z wymaganiami.

System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów umożliwia wymianę doświadczeń (szkolenia stacjonarne, ankiety, rozmowy) w zakresie sprzętu badanego i dopuszczonego, a następnie wykorzystywanego przez JOP. Dzięki kompilacji wiedzy naukowej i eksperckiej możliwa jest wymiana informacji na temat trwałości, funkcjonalności, ergonomii i/lub niezawodności sprzętu. Bezpośrednia wymania informacji i doświadczeń pozwala również na opracowanie propozycji nowych wymagań dla sprzętu straży, co wprost przekłada się na powodzenie podejmowanych działań ratowniczo-gaśniczych, a tym samym – na bezpieczeństwo publiczne.

Przedstawione w niniejszym artykule badania ankietowe przeprowadzane w ramach systemu wsparcia odbiorów i testowania wyrobów, a także wnioski z nich płynące wskazują, że zawarte w rozporządzeniu [2] wymagania dotyczące części pojazdów (zwłaszcza tych ratowniczo-gaśniczych służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia, życia i mienia) wprowadzanych do użytkowania w JOP i wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wymagania dotyczące wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy są w obszarze wybranych właściwości użytkowych nieadekwatne do zgłaszanych potrzeb i aktualnie występujących zagrożeń. W zależności od zakresu stosowania tych wymagań powinno się je uszczegółowić, uzupełnić bądź zmienić.

Literatura

[1] 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. Nr 143, poz. 1002).

[2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie 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. Nr 85, poz. 553).

[3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 września 2010 r. w sprawie nadania Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. Nr 181, poz. 1219).

[4] Kiełbasa T. (red.), Iwańska M., Ołdak M., Wojtasiak B., Standard CNBOP-PIB Ochrona Przeciwpożarowa – Wprowadzenie do obrotu i użytkowania urządzeń przeciwpożarowych, CNBOP-PIB, Józefów 2015.

[5] Zboina J., Chmiel M., Kędzierska M., Gołaszewska M., *System wsparcia odbiorów i testowania wyrobów oraz rozwiązań na rzecz ochrony przeciwpożarowej,* BiTP Vol. 37 Issue 1, 2015, pp. 159–169.

[6] Czerwienko D., Roguski J. (red.), *System dopuszczeń i odbiorów techniczno-jakościowych sprzętu wykorzystywanego w jednostkach państwowej straży pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2013.

[7] Zboina J., *Prawo na rzecz bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej – system monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia*, BiTP Vol. 25 Issue 1, 2012, pp. 79–84.

[8] Klimovtsov V., *Trebovaniya normativnykh dokumentov k gidravlicheskomu avariyno-spasatel'nomu instrumentu*, „Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija" 2009, 4.

MGR INŻ. MICHAŁ CHMIEL – absolwent studiów na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Od 2007 r. pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB. Aktualnie na stanowisku zastępcy kierownika. Doktorant na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia Akademii Sztuki Wojennej. Temat rozprawy doktorskiej związany z zabezpieczeniem logistycznym strażaków jednostek ochrony przeciwpożarowej podczas długotrwałych akcji ratowniczych. Autor i współautor kilkunastu publikacji z zakresu systemu dopuszczeń, wymagań dla sprzętu i wyposażenia, bezpieczeństwa pożarowego.

MGR INŻ. EWA SOBÓR – absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (2001-2007). Od 2005 r. pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB, aktualnie na stanowisku zastępcy kierownika. Współautorka kilkunastu publikacji (książek, monografii, artykułów branżowych) z zakresu oceny zgodności, bezpieczeństwa powszechnego, ochrony przeciwpożarowej i zarządzania kryzysowego.

MGR MARTA IWAŃSKA – absolwentka Collegium Civitas w Warszawie na Wydziale Socjologii, kierunek zarządzanie organizacjami pozarządowymi. Specjalista ds. normalizacji Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB.

ISSN 1895-8443

BiTP

BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA
SAFETY & FIRE TECHNIQUE

МЫ ПРИГЛАШАЕМ ВАС К СОТРУДНИЧЕСТВУ

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

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

Журнал индексирован в международных базах научных исследований

Реклама статей на интернет-порталах для учёных

Бесплатная публикация в открытом доступе

Журнал в перечне польского Министерства Науки и Высшего Образования

dr inż. Aneta Duda[a)], prof. dr hab. inż. Klaudiusz Lenik[a)*]

[a)]*Politechnika Lubelska / Lublin University of Technology*
**Autor korespondencyjny / Corresponding author: k.lenik@pollub.pl*

Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku zbrojarz-betoniarz w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby na potrzeby budownictwa – studium przypadku

Risk Assessment at the Workplace of Steel Fixer – Concrete Placer in Companies Producing Goods for the Construction Industry – Case Study

Оценка риска на рабочем месте арматурщика-бетонщика на предприятиях, выпускающих продукцию для строительной отрасли – анализ случая

ABSTRAKT

Cel: Omówienie wybranej problematyki oceny ryzyka zawodowego w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby na potrzeby budownictwa na podstawie studium przypadku stanowiska zbrojarz-betoniarz i produkcji budowlanych zbrojonych elementów konstrukcyjnych.
Wprowadzenie: W literaturze specjalistycznej można znaleźć wiele różnych metod wykorzystywanych w ocenie ryzyka zawodowego. Nie ma jednak jednej uniwersalnej metody przeznaczonej dla różnych stanowisk w przedsiębiorstwach budowlanych. Rozpoznawanie rzeczywistych zagrożeń występujących w zakresie prac zbrojarza-betoniarza wiąże się z konkretnymi warunkami i technologią działań wykonywanych na tym stanowisku. Narzędziem służącym do określenia prac w kierunku poprawy warunków bhp jest prawidłowo przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego.
Metodologia: Opracowanie arkusza oceny, analiza, wnioskowanie.
Wnioski: Wyniki przeprowadzonych analiz wyraźnie wskazują, że w ocenach ryzyka zawodowego powszechnie uwzględniane najczęstsze źródła zagrożeń związane są z zagadnieniami: elektrycznymi, ergonomicznymi i uszkodzeń od niebezpiecznych elementów mechanicznych. Natomiast w większości brakuje uwzględniania w tych analizach źródeł związanych z własnościami materiałów i technologią wykonywanych prac takich jak: odkształcenia plastyczne i zjawiska sprężynowania prętów metalowych, czy wpływ temperatury i sposobu łączenia na wytrzymałość i trwałość połączeń spawanych lub zgrzewanych. Kierunki podstawowych działań w celu poprawy bezpieczeństwa dla omawianych stanowisk pracy zbrojarz-betoniarz powinny być związane z indywidualną oceną stosowanych metod i technologii oraz warunków pracy w danym zakładzie. Ich wytyczenie jest możliwe w oparciu o prawidłowo przeprowadzoną ocenę ryzyka zawodowego, uwzględniającą określenie poziomu ryzyka oraz porównanie go z poziomem dopuszczalnym. W przeprowadzeniu takiej analizy ważne jest, aby uwzględniać zjawiska występujące w procesach technologicznych oraz związane z własnościami fizycznymi i zachowaniem się materiałów w trakcie wykonywania elementów konstrukcyjnych.
Słowa kluczowe: ocena ryzyka zawodowego, wytwarzanie, wyroby na potrzeby budownictwa
Typ artykułu: studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych

Przyjęty: 16.05.2016; Zrecenzowany: 30.11.2016; Opublikowany: 31.03.2017;
Procentowy wkład merytoryczny: A. Duda – 40%; K. Lenik – 60%;
Proszę cytować: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 192–203, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.14;
Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

ABSTRACT

Aim: The discussion of selected issues of occupational risk assessment in companies producing goods for the construction industry. The study especially concerns the job of a steel fixer / concrete placer and the construction of reinforced concrete elements.
Introduction: In specialized literature there are numerous methods which are helpful in conducting the process of occupational risk assessment. However, there is no universal method for different jobs in construction companies. Identification of real hazards occurring in the course of work done by a steel fixer /concrete placer is connected with the actual conditions and technology of that job. A properly conducted occupational risk assessment is a tool for determining the methods of improving the OHS conditions.
Methodology: Elaboration of an evaluation sheet, analysis, reasoning.
Conclusions: The results of the performed analyses clearly indicate that typical occupation risk assessments most often account for the possible sources of hazards related with electricity, ergonomics, and damages caused by hazardous mechanical elements. On the other hand, the sources connected with the material properties and the technology of work are usually not accounted for. These include, for instance: plastic deformation and the phenomenon of rebar spring-back, or the impact of temperature and connection type on the resilience and durability of welded joints. The basic

possibilities of improving occupational safety of the job of a steel fixer / a concrete placer should be connected with an individual assessment of the applied methods and technologies, as well as the conditions in a given workplace. A correctly performed occupational risk assessment determines the possible actions to be taken in order to achieve the hazard level that is considered as acceptable. In order to conduct such analysis, it is important to include the phenomena occurring in technological processes, which are connected with the physical properties and behaviour of materials during the production of construction elements.
Keywords: occupational risk assessment, production, goods for the construction industry
Type of article: case study – analysis of actual events

Received: 16.05.2016; Reviewed: 30.11.2016; Published: 31.03.2017;
Percentage contribution: A. Duda – 40%; K. Lenik – 60%;
Please cite as: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 192–203, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.14;
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

АННОТАЦИЯ

Цель: Обсуждение выбранной проблематики оценки профессионального риска на предприятиях, производящих строительную продукцию. В частности, рассмотрение конкретного случая для рабочего места арматурщика-бетонщика и выполнения работ по изготовлению армированных строительных элементов.
Введение: В специальной литературе можно найти множество различных методов, полезных при проведении процесса оценки профессионального риска. Нет, однако, одного универсального метода, предназначенного для различных рабочих мест на строительных предприятиях. Идентификация реальных угроз для арматурщика-бетонщика связана с конкретными условиями и технологиями деятельности, выполняемые на данном рабочем месте. Инструментом, используемым для улучшения безопасности труда, является должным образом проведенная оценка профессионального риска.
Методология: разработка листа оценки, анализ, логический вывод.
Выводы: Результаты проведенных анализов ясно показывают, что чаще всего в оценках профессионального риска учитываются источники угроз, связанные с электричеством, эргономикой и повреждениями от опасных механических компонентов. Тем не менее, в основном в большинстве проведённых анализов уделено мало внимания источникам, описывающим свойства материалов и технологию работы, например, таких как: пластическая деформация, явление отскакивания металлических стержней или влияние температуры и способов проведения сварных соединений на их прочность и долговечность.
Направления основных мер по улучшению ситуации в области безопасности труда на этих рабочих местах должны быть связаны с индивидуальной оценкой используемых методов и технологий, а также условий работы в данной компании. Правильная оценка риска при определенном для неё уровне угрозы позволяет разработать рекомендации для основных действий на основе её сравнения с уровнем, который считается приемлемым. Для проведения данного анализа важно учитывать явления, проявляющиеся в технологических процессах, а также связанные с физическими свойствами и поведением материалов при изготовлении компонентов конструкции.
Ключевые слова: оценка профессионального риска, производство, изделия на потребности строительства
Вид статьи: исследование случая - анализ реальных событий

Принята: 16.05.2016; Рецензирована: 30.11.2016; Опубликована: 31.03.2017;
Процентное соотношение участия в подготовке статьи: A. Duda – 40%; K. Lenik – 60%;
Просим ссылаться на статью следующим образом: BiTP Vol. 45 Issue 1, 2017, pp. 192–203, doi: 10.12845/bitp.45.1.2017.14;
Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Wprowadzenie

Zakres działania służb bhp w zakładzie pracy jest ściśle oparty na rozporządzeniu Rady Ministrów wydanym w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy. Do ich kompetencji należą kwestie związane z ustalaniem okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy oraz opracowanie wniosków i środków zapobiegających ich występowaniu. Jednym z czynników wpływających na poprawę bezpieczeństwa w przedsiębiorstwach jest wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych oraz wymiana przestarzałych maszyn i urządzeń. Automatyzacja procesów technologicznych umożliwia zmniejszenie uciążliwości pracy, szkodliwości zawodowych oraz prowadzi do oddzielenia człowieka od stref niebezpiecznych. Prowadzone w ten sposób działania wymagają nowych opracowań i ponownych ocen ryzyka pracy zawodowej w zmiennych warunkach pracy.

Wybór odpowiedniej metody oceny ryzyka zawodowego zależy od celu badań, stopnia szczegółowości i charakteru otrzymanych wyników. Nie można stosować jednej uniwersalnej metody ze względu na różne specyfikacje poszczególnych dziedzin gospodarki, rodzajów działalności, a także dużą różnorodność pracy i stanowisk. Metody używane do oceny ryzyka zawodowego różnią się między sobą sposobem postępowania w trakcie zbierania informacji o zagrożeniach występujących na stanowisku pracy, zasobem informacji, które są niezbędne do przeprowadzenia oceny, zakresem stosowania, a także kryteriami stosowanymi podczas realizacji oceny.

Pracodawca, dokonując wyboru metody oceny ryzyka zawodowego, musi sprawdzić, czy dana metoda jest odpowiednia dla ocenianego stanowiska pracy, a ponadto: czy członkowie wchodzący w skład komisji oceniającej ryzyko zawodowe posiadają odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie, czy dostępne są niezbędne informacje potrzebne do przeprowadzenia oceny

oraz czy zapewniono terminy i odpowiednie środki do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego.

Narzędziem służącym do określenia działań w kierunku poprawy warunków bhp jest prawidłowo przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy.

Specyfika oceny ryzyka zawodowego w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby z betonu

Zakres występującego ryzyka dzieli się zwykle na kilka poziomów, z których każdy należy opisać w jednoznaczny sposób. W trakcie przeprowadzania oceny ryzyka zawodowego przygotowuje się kartę oceny ryzyka dla danego stanowiska. W karcie tej wymieniane jest zagrożenie – niebezpieczny, szkodliwy lub uciążliwy czynnik środowiska pracy. W celu uściślenia tego czynnika można podać także zdarzenie związane z jego występowaniem, ale nie jest to konieczne, gdyż w tabeli dokumentującej ocenę ryzyka w praktyce jest on tylko wymieniany. W dalszej kolejności w karcie podaje się m.in. możliwe źródła i skutki zagrożenia. Ryzyko zawodowe określa się zazwyczaj poprzez dwa najważniejsze elementy:

1) stopień prawdopodobieństwa wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia (oznaczane przez „P"),
2) ciężkość przewidywanych następstw tego niebezpiecznego zdarzenia (oznaczane przez „C").

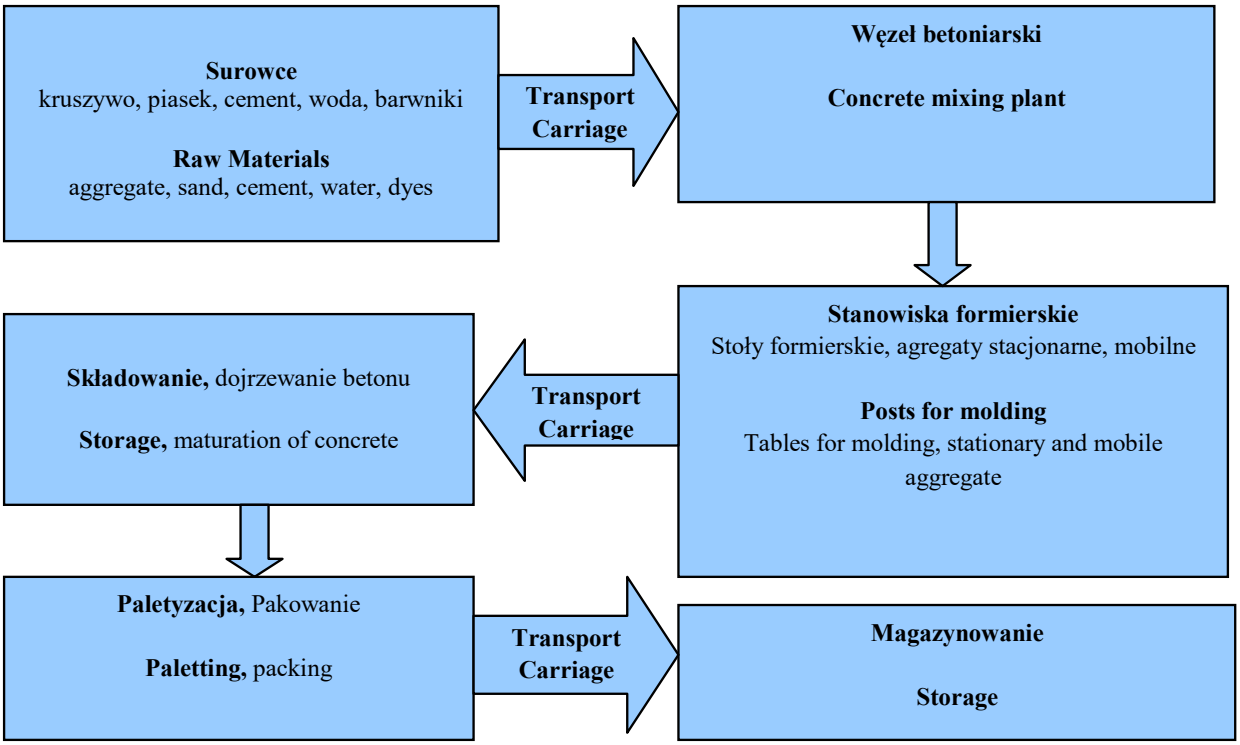
Ryzyko zawodowe (R) stanowi więc funkcję powyższych dwóch elementów: R = f(P, C).

Ocena ryzyka zawodowego obejmuje wyznaczenie poziomu ryzyka i porównanie go z poziomem uznanym za dopuszczalny. Wartość tego wskaźnika decyduje o poziomie ryzyka i jednocześnie o koniecznych środkach zaradczych [1].

Proces produkcyjny wyrobów z betonu

Masa betonowa do produkcji prefabrykatów przygotowywana jest według ściśle określonej receptury. Prefabrykaty żelbetowe wykonywane są poprzez zasypywanie masy betonowej do odpowiednich form stalowych, w których umieszczone jest zbrojenie konstrukcyjne. Następnie przeprowadzany jest proces wibrowania.

Po zakończeniu wibrowania następuje rozformowanie prefabrykatów, które następnie są transportowane na plac składowo-magazynowy, gdzie są odpowiednio pielęgnowane do czasu uzyskania wymaganej wytrzymałości. Uproszczony schemat procesu produkcji przedstawia rycina 1.



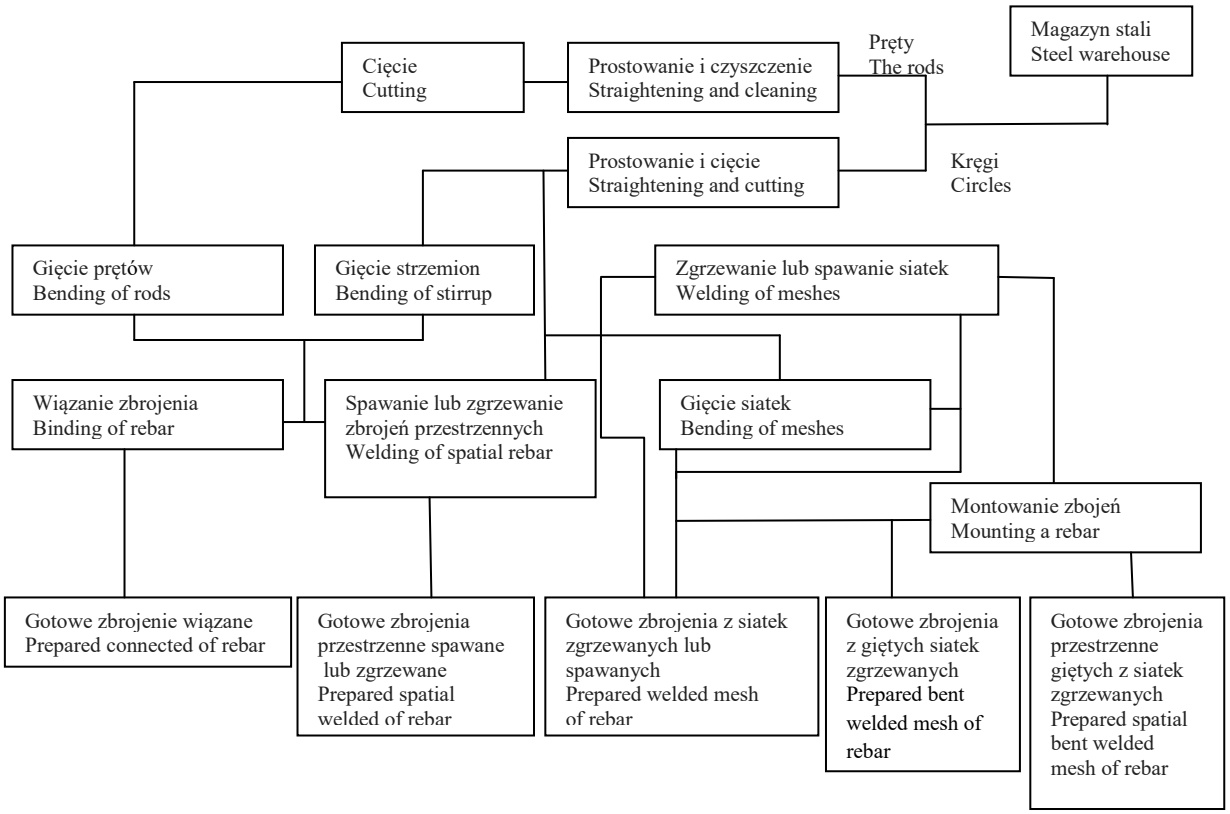
Rycina 1. Schemat procesu produkcji prefabrykatów betonowych
Figure 1. Diagram of the production process of precast concrete elements
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wyroby z betonu najczęściej zbrojone są prętami stalowymi. W związku z tym jednym z problemów występujących w ich procesie produkcyjnym jest przygotowanie materiałów do zbrojenia.

ISSN 1895-8443

Transport stali na stanowisko cięcia odbywa się za pomocą wózka transportowego po uprzednim załadowaniu wiązki stali suwnicą lub – w przypadku drutów wymagających wcześniejszego prostowania – poprzez ręczne przeniesienie jej z prościarki.

Stal zbrojeniową przed użyciem jej do produkcji zbrojeń oczyszcza się ze wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń, a zwichrowania powstałe w wyniku transportu lub niewłaściwego składowania prętów przed cięciem są prostowane. Druty i stal zbrojeniowa w kręgach są prostowane przez prościarki, które następnie tną je na żądaną długość. Prostowana stal jest składowana w hali prościarek w wyznaczonym miejscu, skąd jest pobierana w ilości potrzebnej do produkcji zbrojeń. Proces wytwarzania zbrojeń dzieli się na etapy w zależności od typu zbrojenia, co zostało przedstawione na rycinie 2.

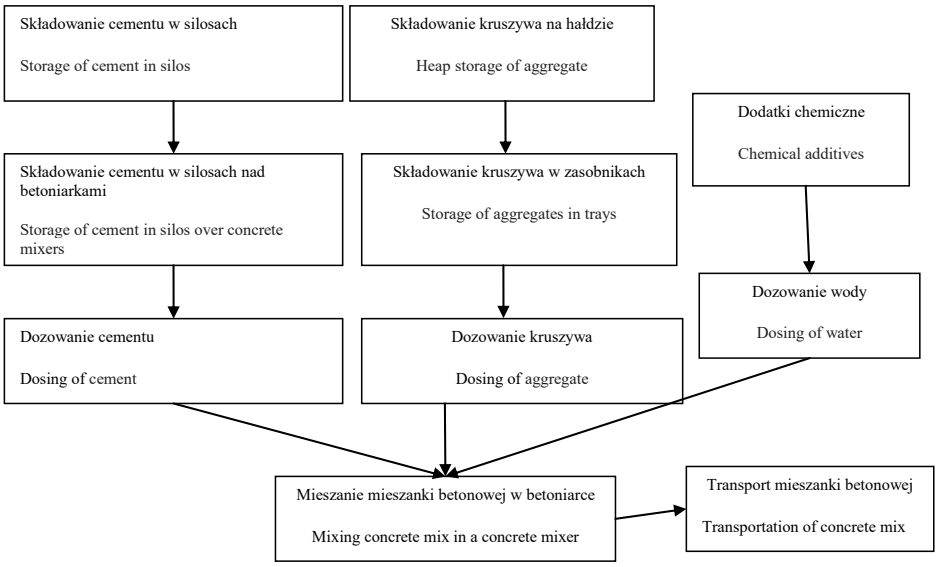


Rycina 2. Schemat procesu wytwarzania zbrojeń
Figure 2. Diagram of rebar production process
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W procesie wytwarzania zbrojeń przedstawionym na ryc. 2 do procesów cięcia wykorzystuje się nożyce mechaniczne lub hydrauliczne. Gięcie prętów realizuje się za pomocą giętarek mechanicznych lub ręcznych. Proces wiązania zbrojeń wykonywanych na specjalnych stojakach poprzedza zgrzewanie zbrojeń za pomocą zgrzewarek jednopunktowych. Spawanie zbrojeń wykonuje się przy wykorzystaniu prostowników spawalniczych elektrodami otulonymi lub agregatami spawalniczymi do spawania drutami spawalniczymi w osłonie CO_2. Wymienione procesy ze względu na zachowanie się materiałów w trakcie prowadzonych prac mogą być obarczone określonymi źródłami zagrożeń dla pracownika. Należą do nich zjawisko sprężynowania prętów metalowych związane z ich gięciem metodami obróbki plastycznej oraz zróżnicowane własności połączeń zgrzewnych lub spawanych wygiętych prętów zachowujących określone wewnętrzne naprężenia sprężyste. Obciążenie dodatkowe takich połączeń może spowodować ich zerwanie i gwałtowną zmianę geometrii konstrukcji metalowej. Może to być przyczyną nieszczęśliwych wypadków lub uszkodzeń na stanowisku pracy przy wykonywaniu zbrojonych elementów nośnych [2].

Transport gotowych zbrojeń do magazynu lub na miejsce ich wbetonowania realizowany jest w warunkach zabezpieczających zbrojenie przed odkształceniem. W zależności od rodzaju zbrojenia, jego ciężaru, wymiarów i stanowiska jego wbetonowania odbywa się on ręcznie bądź przy użyciu środków transportowych takich jak suwnice.

Mieszankę masy betonowej przygotowuje się poprzez określone dozowanie jej składników (takich jak kruszywo, cement i domieszki) za pomocą dozownika wyposażonego w wagę. Kruszywo poprzez dozownik trafia do kosza zasypowego, który zasypuje bęben mieszarki. Schemat wytwarzania mieszanki betonowej przedstawiony jest na rycinie 3.



Rycina 3. Schemat technologiczny wytwarzania i transportu mieszanki betonowej
Figure 3. Technological diagram of the production of concrete mix and its transport
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W przypadku ręcznego zasypywania gotową mieszanką występują problemy związane z bezpieczeństwem podczas zsypywania jej z podwieszonych pojemników transportujących beton na poszczególne stanowiska formerskie. Przy czym sterowanie pojemników odbywa się elektrycznie.

Zagrożenia związane z poszczególnymi etapami procesu produkcji i składowania

Surowce wykorzystywane w procesie produkcyjnym, takie jak piasek, żwir, kruszywo i cement, muszą być składowane w odpowiednich warunkach oraz na specjalnie do tego celu wyznaczonym terenie. Wymaganie to związane jest bezpośrednio z zapewnieniem bezpieczeństwa w procesie produkcji wyrobów z betonu. W szczególności cement należy przechowywać w workach w magazynach zamkniętych lub najlepiej w zbiornikach blaszanych (silosach). Silosy montowane są na takiej wysokości, aby spód zbiornika zezwalał na zamontowanie dozownika lub podjazdu dla środka transportowego. Zbiorniki należy ustawiać na fundamentach betonowych, aby zapobiec ich przewróceniu pod wpływem wiatru. Zbiorniki pozwalają na minimalizację kosztów opakowań oraz kosztów ręcznej pracy przeładunkowej.

Drugi sposób składowania cementu to składowanie w workach papierowych w magazynach zamkniętych. Wiąże się on z problemem właściwego wykonania podłogi i zaizolowania jej przed wilgocią. Dodatkowo, aby właściwie zabezpieczyć pracę, należy zadbać o odpowiednie i widoczne oznakowanie różnych marek cementu. Podstawowym problemem w magazynowaniu kruszywa, żwiru i piasku jest zabezpieczenie ich składowania na podłożu utwardzonym, najlepiej betonowym o odpowiednio wyprofilowanym spadku dla odprowadzania wód opadowych. W celu zapewnienia jak najlepszych warunków bezpieczeństwa pracy przewiduje się z reguły załadunek i wyładunek przy użyciu koparko-ładowarki (ryc. 4). W takich przypadkach praca operatora odbywa się przede wszystkim na terenie otwartym, w kabinie. Jednym z zagrożeń dla operatora jest narażenie go na oddziaływanie zmiennych warunków atmosferycznych i temperaturowych.

Rycina 4. Plac do magazynowania surowców
Figure 4. Storage yard
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

 ISSN 1895-8443

Inne zagrożenia to przeciążenie układu ruchu (mięśniowo-szkieletowego) przez wymuszoną pozycję ciała. Operator jest również narażony na hałas i wibracje związane z pracą urządzenia.

Na podstawie przedstawionej problematyki wytwarzania wyrobów z betonu jako przykład omówiono temat oceny ryzyka zawodowego dla stanowiska pracy zbrojarz-betoniarz.

Do zakresu prac zbrojarz-betoniarz należą: oczyszczanie prętów i konstrukcji stalowych z rdzy oraz zanieczyszczeń przy pomocy szczotek lub mechanicznie, prostowanie, cięcie oraz gięcie drutu zbrojeniowego – ręcznie lub mechanicznie. Zbrojarz-betoniarz obsługuje prościarki, giętarki, nożyce do cięcia stali, wciągarki oraz elektronarzędzia. Przenosi stal zbrojeniową i elementy zbrojenia. Wykonuje deskowanie oraz wiązanie i ustawianie zbrojenia w deskowaniu. Prowadzi proces zgrzewania przy pomocy zgrzewarek. Obsługuje i konserwuje betoniarki oraz inny sprzęt stosowany przy robotach betonowych. Składa masę betonową w elementach zbrojonych konstrukcji. Obsługuje agregaty formująco-zagęszczające, przeznaczone do formowania prefabrykatów. Właściwie zabezpieczone stoły zbrojarskie oraz urządzenia do prostowania, gięcia i cięcia zbrojenia są przytwierdzone do podłoża i znajdują się w pomieszczeniach lub pod wiatami [3].

Ze względu na różnorodność wykonywanych prac pracownik jest narażony na szereg zagrożeń, takich jak skaleczenia, ukłucia, urazy wynikające z transportu ręcznego, przygniecenia, lub potknięcia.

Rycina 5 przedstawia prościarkę do drutów, która prostuje i tnie na określoną długość pręt zbrojeniowy. Praca z tym urządzeniem jest szczególnie niebezpieczna ze względu na ostre elementy ruchome, zabezpieczone osłonami.

Rycina 5. Prościarka
Figure 5. Straightener
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Do cięcia prętów zbrojeniowych służy gilotyna przedstawiona na ryc. 6. Pracownik obsługujący gilotynę w szczególności jest narażony na zagrożenia mechaniczne, takie jak odcięcie ręki, palców, zgniecenie lub zmiażdżenie ręki, palców między dociskaczami a przedmiotem obrabianym lub stołem. Inne zagrożenia to wplątanie lub pochwycenie (części ciała) przez ruchome elementy przeniesienia napędu (przekładnie pasowe, zębate itp.).

Rycina 6. Gilotyna do cięcia prętów
Figure 6. Rebar cutter
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Przy obsłudze giętarki może również dojść do porażenia prądem elektrycznym w wyniku bezpośredniego lub pośredniego dotknięcia elementów znajdujących się pod napięciem podczas normalnej pracy oraz mogących znaleźć się pod napięciem wskutek uszkodzenia.

Na ryc. 7 przedstawione jest stanowisko do zbrojenia, na którym pracownicy ręcznie zbroją konstrukcję metalową. Do wiązania siatek i szkieletów stosuje się sprzęt pomocniczy (np. kozły), który znacznie zmniejsza wysiłek fizyczny, gdyż pozwala uniknąć ciągłego schylania się.

Rycina 7. Zbrojenie konstrukcji stalowej
Figure 7. Steel rebar
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Przy prefabrykacji, podczas formowania betonów, włączone wibratory różnego typu generują uciążliwy hałas oraz narażają operatora na działanie wibracji. W czasie pracy zagrożenie może stanowić także sama masa betonowa, mająca działanie żrące i uczulające. Do urządzeń szczególnie uciążliwych należy kruszarka (ryc. 8). Operator kruszarki narażony jest nie tyko na uciążliwy hałas, niekorzystne warunki atmosferyczne, ale również na duże zapylenie oraz zagrożenia związane z obsługą przenośników taśmowych do transportu kruszywa [4].

Rycina 8. Kruszarka
Figure 8. Crusher
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

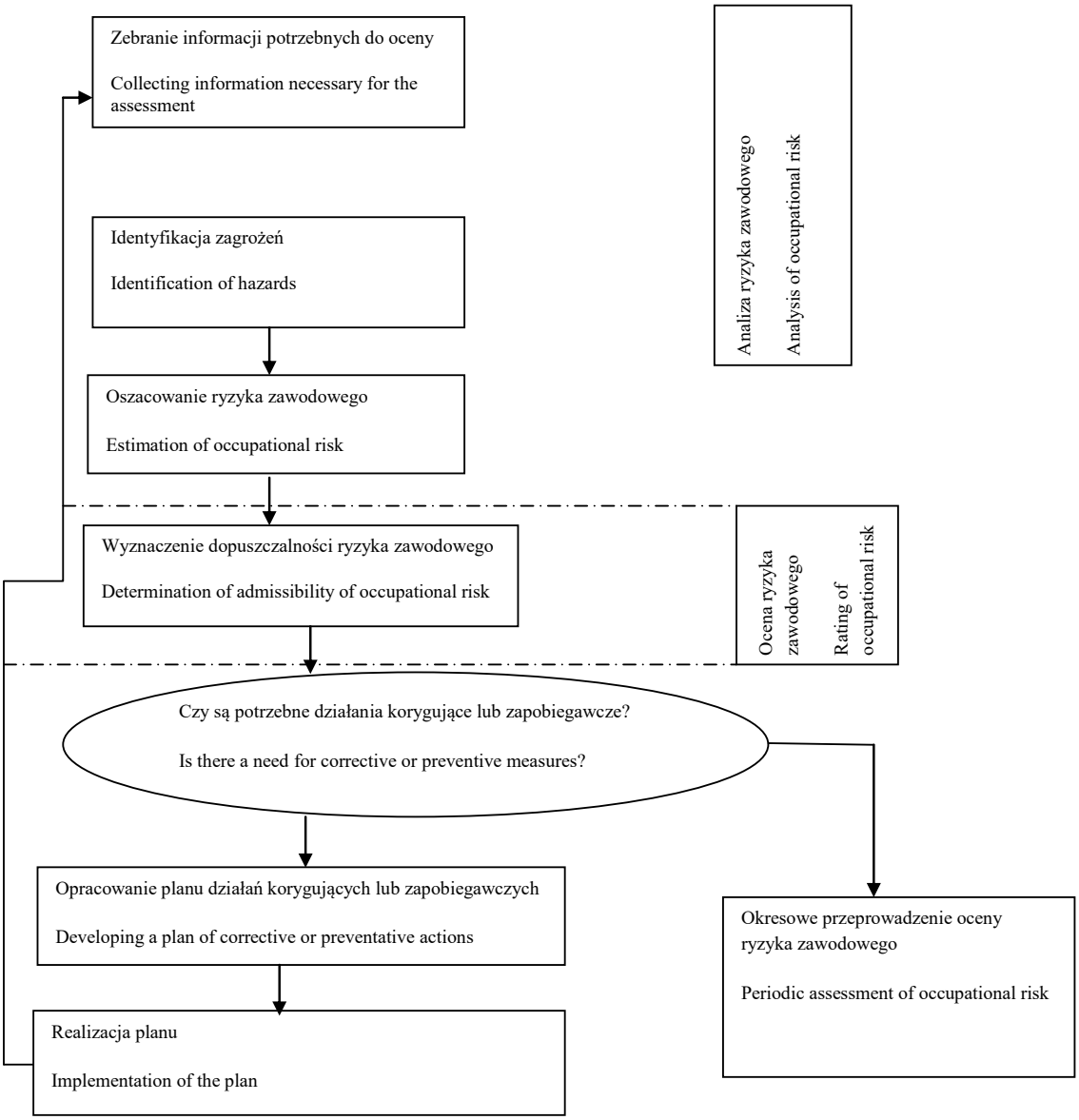
Nadmierny hałas może być również przyczyną nieszczęśliwego wypadku w transporcie wewnątrzzakładowym, gdzie niejednokrotnie krzyżują się piesze drogi pracowników z drogami dla różnych środków transportu. Przykładowo pracownik zajęty swoimi czynnościami może nie zauważyć lub nie usłyszeć sygnałów ostrzegawczych o zbliżającym się niebezpieczeństwie. Jednym z najszerzej stosowanych środków transportu wewnątrzzakładowego są wózki jezdniowe z napędem silnikowym lub elektrycznym. Ich eksploatacja wiąże się z dużą liczbą zagrożeń i dlatego bardzo istotna dla bezpieczeństwa i higieny pracy jest znajomość i przestrzeganie podstawowych przepisów obowiązujących w tym zakresie. Wózki jezdniowe podnośnikowe z mechanicznym napędem podnoszenia są objęte dozorem technicznym, podobnie jak butle gazowe stosowane w wózkach do zasilania silników spalinowych [5].

Dzięki przeprowadzeniu oceny ryzyka zawodowego możliwe jest:

- dokonanie odpowiedniego wyboru wyposażenia stanowisk pracy, materiałów oraz organizacji pracy,
- ustalenie priorytetów w działaniach zmierzających do eliminowania lub ograniczenia zagrożeń, które mogą wystąpić na stanowiskach pracy.

Nie bez znaczenia jest także fakt, że ocena ryzyka zawodowego może przyczynić się do podjęcia działań naprawczych w zakładzie pracy. Wnioski, które wynikają z oceny ryzyka zawodowego, są bardzo przydatne w szkoleniu załogi. Dotyczy to zarówno szkolenia wstępnego ogólnego i stanowiskowego, jak i szkolenia okresowego. Sposób przeprowadzania i dokumentowania oceny ryzyka zawodowego zależy przede wszystkim od wielkości zakładu i rodzaju występujących w nim zagrożeń. Przykładowy schemat przebiegu i oceny ryzyka przedstawia rycina 9.

 ISSN 1895-8443



Rycina 9. Schemat przebiegu oceny ryzyka zawodowego
Figure 9. Diagram of occupational risk assessment process
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na podstawie przeprowadzonej analizy przebiegu procesów wytwórczych wyrobów betonowych zbrojonych przeprowadzono identyfikację zagrożeń i opracowano ocenę ryzyka zawodowego na stanowisku pracy zbrojarz-betoniarz.

Identyfikacja zagrożeń dla betoniarza w zakładzie prefabrykatów betonowych – studium przypadku

Przedstawiona ocena ryzyka zawodowego związana z zadaniami wykonywanymi na stanowisku zbrojarz-betoniarz ma charakter przykładowy. Oceną objęto dane uzyskane z zakładu produkującego prefabrykaty z betonu, dla stanowiska betoniarz. Prace i zadania wykonywane przez pracownika dotyczą:

- stanowiska formowania – Nawa I – obsługa ław wibracyjnych, zasypnika betonu, płyty dociskowej, tuneli naparzalniczych wraz z oprzyrządowaniem ciągu powrotnego wózków, wyciągarki linowej wózków, wózków transportu masy betonowej (15% ogólnego czasu pracy),
- oddziału produkcji żerdzi wirowanych – Nawa II – obsługa stanowiska rozformowania żerdzi, stanowiska formowania żerdzi, naciągu strun, naparzania elementów w formach, wirowania żerdzi, obsługa ciągu transportowego wywozu gotowych wyrobów, obsługa pochylni transportu form i obsługa wózków transportu masy betonowej (15% ogólnego czasu pracy),
- stanowiska formowania – Nawa III – obsługa ław wibracyjnych, zasypnika betonu, tuneli naparzalniczych wraz z urządzeniami zapachowymi, obsługa ciągu powrotnego

- wózków, wyciągarki linowej wózków, obsługa formy uniwersalnej stacjonarnej oraz obsługa wózków transportu masy betonowej (15% ogólnego czasu pracy),
- obsługi agregatu do produkcji rur – BEFA 2,5, Simplex, obsługa wózków transportu masy betonowej, obsługa przenośnika taśmowego transportu masy betonowej;
- obsługa agregatu ZENITH, wibroprasy, maszyny kroczącej i produkcja poligonowa;
- obsługa agregatu KVM, wibroprasy, przenośnika rolkowego palet, obsługa stanowiska spiętrzania palet oraz wózka transportu masy betonowej (15% ogólnego czasu pracy),
- obsługi agregatu AF 05, wibratora, koszy zasypowych i przenośnika rolkowego;
- obsługa przenośników taśmowych służących do transportu kruszyw (10% ogólnego czasu pracy),
- sprzątania (5% ogólnego czasu pracy),
- zabezpieczania terenu (5% ogólnego czasu pracy),
- załadunku/rozładunku (10% ogólnego czasu pracy).

Zgodnie z metodą indukcyjną, przeznaczoną do jakościowego oszacowania ryzyka według PN-N-18002 (w skali pięciostopniowej), przykładowo na stanowisku betoniarza podczas wykonywania wymienionych wyżej czynności mogą mieć miejsce następujące zagrożenia (zdarzenia):

- uderzenie przez wyrzucony wylatujący przedmiot; Szacując ciężkość następstw jako małą oraz prawdopodobieństwo następstw jako mało prawdopodobne, wartość ryzyka odczytujemy jako bardzo małe – 1;
- uderzenie, pochwycenie przez elementy ruchome (np. mieszadła, wirówka)

Szacując ciężkość następstw jako małą oraz prawdopodobieństwo następstw jako mało prawdopodobne, wartość ryzyka odczytujemy jako bardzo małe – 1.

Dla tego typu kategorii ryzyka w przedsiębiorstwie przyjmuje się działania zapobiegawcze – wskazana kontrola.

W celu poprawy sytuacji bezpieczeństwa pracy w wybranym zakładzie prefabrykatów betonowych należy m.in. podjąć działania mające na celu podniesienie świadomości pracodawców, pracowników nadzoru i pracowników zatrudnionych na stanowiskach robotniczych w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy. Przepisy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy powinny być zrozumiałe i jednoznaczne dla przeciętnego pracownika. Ważne jest, aby przepisy i zasady wewnątrzzakładowe były ustalane przez osoby odpowiedzialne za spełnienie wymogów dotyczących bezpieczeństwa pracy. Wytwórnia prefabrykatów musi mieć z góry zaplanowany zakres rzeczowy produkcji seryjnej i jednostkowej. Poszczególne prace związane z produkcją prefabrykatów są ze sobą ściśle i w określonej kolejności powiązane. W zależności od wykonywanej pracy zagrożenia również ulegają zmianie – inne są dla magazyniera, kierowcy wózka widłowego czy zbrojarza-betoniarza. Identyfikacja zagrożeń jest w znacznym stopniu uzależniona od rodzaju produkcji. Przy produkcji jednostkowej praca jest bardziej niebezpieczna – do każdego produktu podchodzi się indywidualnie, stosując jednorazowo inne narzędzia i urządzenia. Zagrożenia można przewidzieć tylko teoretycznie. Znacznie łatwiej jest zidentyfikować zagrożenia przy produkcji masowej, gdyż są one bardziej przewidywalne oraz wynikają z praktyki i doświadczenia. Znaczną część zagrożeń można wyeliminować już na etapie planowania produkcji.

W tabeli 1 przedstawiono listę kontrolną zagrożeń występujących na stanowisku pracy zbrojarz-betoniarz. Ustalając zagrożenia na poszczególnych stanowiskach, opierano się głównie na polskiej normie PN-80-Z-08052, odpowiednio ją uzupełniając. Przedstawione dane w tabeli 1 dotyczą typowych zagrożeń mogących wystąpić na stanowiskach pracy zbrojarz-betoniarz.

Tabela 1. Lista kontrolna dla pracownika zbrojarz-betoniarz [8, 9]
Table 1. Control list for a steel fixer / concrete placer [8, 9]

Lp.	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zagrożenie? Does an indicated threat occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zdarzenie? Does an indicated event occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić)? TAK/NIE Does it occur (may occur) during work? YES/NO	Czas Narażenia Exposure time
	1	2	3	4
1	Obciążenie fizyczno-dynamiczne. Wysiłek Fizyczny Physical – dynamic load. Physical effort	Przeciążenie układu kostno-stawowego Overload of the osteoarticular system	TAK YES	8 godzin 8 hours
2	Obciążenie fizyczne – statyczne Physical – static load	Praca w wymuszonej pozycji ciała, przeciążenie układu kostno-stawowego Work in forced body position, overload of the osteoarticular system	TAK YES	8 godzin 8 hours
3	Obciążenie narządu głosu Voice organ load	Przeciążenie strun głosowych Overload of the vocal cords	NIE NO	
4	Wybuch Explosion		NIE NO	
5	Pożar Fire		TAK YES	Czas pożaru Length of the fire
6	Poruszające się (przemieszczające się) maszyny i mechanizmy. Inne ruchome i stałe obiekty Mobile (moving) machines and mechanisms. Other mobile and fixed objects	Uderzenie, potrącenie, przygniecenie przez ruchome obiekty, wypadek komunikacyjny Smashed, hit, cushed by mobile objects, traffic accident	TAK YES	6 godzin 6 hours

ISSN 1895-8443

Lp.	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zagrożenie? Does an indicated threat occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zdarzenie? Does an indicated event occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić)? TAK/NIE Does it occur (may occur) during work? YES/NO	Czas Narażenia Exposure time
	1	2	3	4
7	Ruchome elementy maszyn i urządzeń Mobile elements of machines and equipment	Uderzenie, pochwycenie przez ruchome elementy maszyn i urządzeń Smashed, caught by mobile elements of machines and equipment	TAK YES	6 godzin 6 hours
8	Przemieszczające się wyroby, półwyroby, materiały, narzędzia i inne przedmioty Moving products, semi-finished products, materials, tools and other objects	Uderzenie, potrącenie, przygniecenie przez wyroby, półwyroby, materiały, inne przedmioty Smashed, hit, cushed by products, semi-finished products, materials, other objects	TAK YES	6 godzin 6 hours
9	Powierzchnie, na których możliwy jest upadek Surfaces where a fall is possible	Upadek na tym samym poziomie Fall on the same level	TAK YES	8 godzin 8 hours
10	Różnica poziomów Difference in levels	Upadek na niższy poziom Fall onto the lower level	TAK YES	1 godzina 1 hour
11	Naruszenie konstrukcji Damage of construction		NIE NO	
12	Obrywanie się ziemi, mas skalnych, tąpnięcia Landslide, rockslides, subsidence		NIE NO	
13	Ostrza, ostre krawędzie, wystające i chropowate elementy Blades, sharp edges, protruding and rough elements		TAK YES	7 godzin 7 hours
14	Ograniczone przestrzenie (dojścia, przejścia, dostęp) Limited spaces (approaches, entrances, accesses)	Uderzenie się o nieruchome przedmioty Smashing against fixed objects	NIE NO	
15	Wysoka temperatura, gorące powierzchnie (wyroby, elementy wyrobów itp.) High temperature, hot surfaces (products, product elements, etc.)	Oparzenie termiczne, przegrzanie organizmu Thermal burn, overheating	TAK YES	7 godzin 7 hours
16	Niska temperatura, zimne powierzchnie (elementy) Low temperature, cold surfaces (elements)	Zetknięcie z zimnymi powierzchniami, wyziębienie organizmu Contact with cold surfaces, chilling of the body	NIE NO	
17	Hałas Noise		TAK YES	8 godzin 8 hours
18	Wibracje Vibrations		TAK YES	8 godzin 8 hours
19	Infradźwięk Infrasound		NIE NO	
20	Ultradźwięki Ultrasounds		NIE NO	
21	Nadmierny ruch powietrza Excessive air movement		NIE NO	
22	Zmienne warunki atmosferyczne Changing weather conditions		NIE NO	
23	Nieodpowiedni mikroklimat Inappropriate microclimate		NIE NO	
24	Płyny Liquids	Ciśnienie, zalanie, zatopienie Pressure, flooding, sinking	NIE NO	
25	Nieodpowiednie oświetlenie (niskie natężenie, luminancja, olśnienie, nieodpowiedni kontrast, tętnienie strumienia) Inappropriate lighting (low intensity, luminance, dazzle, inappropriate contrast, pulsation of light stream)	Przeciążenie narządu wzroku Overload of eyesight	NIE NO	
26	Nieodpowiednie wyświetlanie obrazu na monitorze Inappropriate display of an image on the monitor	Przeciążenie narządu wzroku Overload of eyesight	NIE NO	
27	Promieniowanie jonizujące Ionizing radiation		NIE NO	
28	Promieniowanie laserowe Laser radiation		NIE NO	
29	Promieniowanie nadfioletowe Ultraviolet radiation		NIE NO	
30	Promieniowanie podczerwone Infrared radiation		NIE NO	
31	Pola elektromagnetyczne Electromagnetic fields		NIE NO	

Lp.	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zagrożenie? Does an indicated threat occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić) wymienione zdarzenie? Does an indicated event occur (may occur) during work?	Czy w czasie pracy występuje (może wystąpić)? TAK/NIE Does it occur (may occur) during work? YES/NO	Czas Narażenia Exposure time
	1	2	3	4
32	Pole elektrostatyczne Electrostatic field		NIE NO	
33	Elektryczność statyczna Static electricity		NIE NO	
34	Prąd elektryczny Electric current	Porażenie prądem elektrycznym, oparzenia termiczne Electric shock, thermal burns	TAK YES	8 godzin 8 hours
35	Pyły i odpryski materiału Dusts and material splinters	Zapylenie Pollination	TAK YES	6 godzin 6 hours

W tabeli 2 opisano zagrożenia występujące na stanowisku pracy zbrojarz-betoniarz.

Tabela 2. Zagrożenia zawodowe występujące na stanowisku pracy zbrojarz-betoniarz [7]

Table 2. Occupational hazards connected with the job of steel fixer / concrete placer [7]

L.p.	Zagrożenie Threat	Źródło zagrożenia Source of danger	Możliwe skutki Possible consequences
	1	2	3
1	Uderzenie przez spadające przedmioty Smashed by falling objects	Suwnice, elektrowciągi Gantrys, telphers	Obrażenia kończyn, głowy, twarzy, oczu. Stłuczenia, przygniecenia, złamania, kalectwo, śmierć. Damage to limbs, head, face, eyes. Bruising, crushing, fracture, disability, death
2	Narażenie na przedmioty wprowadzone w ruch, części wirujące, wykonujące ruch złożony Exposure to objects set in motion, rotating parts, performing composite movement	Betoniarki, przenośniki Mixers, conveyors	Obrażenia kończyn, głowy, twarzy, oczu. Stłuczenia, przygniecenia, złamania, kalectwo, śmierć Damage to limbs, head, face, eyes. Bruising, crushing, fracture, disability and death
3	Zgniecenie, przygniecenie Smashing, crushing	Elementy transportowane przez urządzenia transportu bliskiego Elements transported by handling equipment	Obrażenia kończyn, głowy. Stłuczenia, przygniecenia, złamania, śmierć. Damage to limbs, head, face, eyes. Bruising, crushing, fracture, disability and death.
4	Cięcie lub odcięcie Cutting, slashing	Elementy transportowane przez urządzenia transportu bliskiego Elements transported by handling equipment	Obrażenia kończyn. Skaleczenia, złamania, kalectwo, śmierć. Damage to limbs. Cuts, fractures, disability, death.
5	Wciągnięcie, pochwycenie, wplątanie Pulling, rapture, involvement	Betoniarki, przenośniki Mixers, conveyors	Obrażenia kończyn, całego ciała. Stłuczenia, przygniecenia, złamania, kalectwo, śmierć. Damage to limbs, head, face, eyes. Bruising, crushing, fracture, disability and death.
6	Ostre wystające elementy, chropowatość Acute protruding parts, roughness	Narzędzia ręczne i wyroby Hand tools and related goods	Obrażenia kończyn, całego ciała. Stłuczenia, okaleczenia. Damage to limbs, to the whole body. Contusion, cuts.
7	Upadek na tym samym poziomie Fall on the same level	Nierówne, śliskie podłoże Uneven slippery ground	Obrażenia kończyn, głowy, całego ciała. Stłuczenia, złamania kończyn, zwichnięcia, okaleczenia, kalectwo, śmierć. Damage to limbs, head, the whole body. Contusion, broken limbs, sprains, injury, disability, death
8	Śliskie powierzchnie wyrobów, możliwe ich wypuszczenie z rąk Slippery surfaces of products, their possible release from the hands	Śliskie powierzchnie Slippery surfaces	Obrażenia kończyn dolnych. Stłuczenia, okaleczenia Damage of the lower limbs Contusion, cuts
9	Obciążenie statyczne wynikające z wymuszonej pozycji ciała Static load resulting from forced position of the body	Jednostajny rodzaj pracy Monotonous type of work	Obrażenia, przeciążenia układu mięśniowo szkieletowego. Damages, overloading of musculoskeletal disorders.
10	Wytrysk cieczy pod wysokim ciśnieniem Ejaculation of fluid with a high pressure	Instalacje z mediami przemysłowymi Installation of industrial liquids	Obrażenia ciała, oczu, twarzy. Stłuczenia, złamania, kalectwo, śmierć Bodily, eye, face injury. Contusions, fractures, disability, death
11	Narażenie na części oddzielające się: wióry, iskry, odpryski Exposure to the separate parts of: shavings sparks, spatter	Odpryski z zalewania form Splashes of flooding forms	Okaleczenia, rany, zaprószenie oczu, utrata wzroku Lacerations, wounds, eye diseases, blindness
12	Prąd elektryczny Electric current	Maszyny i urządzenia zasilane energią elektryczną Machines and equipment powered by electricity	Porażenie prądem, śmierć Electrical shock, death
13	Przeciążenie układu ruchu Overload of the musculoskeletal system	Jednostajny rodzaj pracy Monotonous type of work	Dolegliwości układu mięśniowo szkieletowego. Musculoskeletal disorders.

ISSN 1895-8443

L.p.	Zagrożenie Threat	Źródło zagrożenia Source of danger	Możliwe skutki Possible consequences
	1	2	3
14	Hałas akustyczny Acoustic noise	maszyny emitujące hałas Machines emitting the noise	Dyskomfort, ubytki słuchu, utrata słuchu głuchota Discomfort, hearing loss, deafness
15	Pyły zawierające wolną (krystaliczną) krzemionkę od 2% do 50%, pył całkowity Dusts containing free (crystalline) silica from 2% to 50%, total dust	Betoniarki Mixers	Choroba zawodowa pylica krzemowa Occupational disease, silicosis
16	Pyły zawierające wolną (krystaliczną) krzemionkę od 2% do 50%, pył respirabilny Dusts containing free (crystalline) silica from 2% to 50%, respirable dust	Betoniarki Mixers	Choroba zawodowa: pylica krzemowa, pylica górników kopali węgla, pylico-gruźlica, pylica spawaczy, Occupational disease: silicosis, pneumoconiosis miners digging coal, pylico-tuberculosis, pneumoconiosis welders,
17	Pyły cementów portlandzkiego i hutniczego: pył całkowity Dusts from Portland's cement and metallurgical industry, total dust	Betoniarki Mixers	Choroba zawodowa: pylica talkowa, pylica grafitowa, pylice wywoływane pyłami metali. Occupational disease: pneumoconiosis talc, graphite pneumoconiosis, pneumoconiosis caused dust metals.

Zgodnie z rozporządzeniem MPiPS [8] dotyczącym wymagań, którym powinien spełniać dokument podsumowujący ocenę ryzyka zawodowego, dla przedstawionej oceny opisano stanowisko pracy zbrojarz-betoniarz z podaniem odpowiednich danych.

Podsumowanie

Ocena ryzyka zawodowego obejmuje wyznaczenie poziomu ryzyka i porównanie go z poziomem uznanym za dopuszczalny. Nie istnieją stałe wzorce odniesienia, tak jak ma to miejsce przy pomiarach fizycznych ani typowe narzędzia pomiarowe. Wyznaczanie poziomu ryzyka wymaga ustalenia stałych kryteriów odniesienia i ich odpowiedniego uporządkowania, a więc stworzenia swoistej skali pomiarowej. Brak powszechnie przyjętej i stosowanej skali jest dużym utrudnieniem dla wszystkich, którzy chcą wyznaczyć poziom ryzyka w swoim przedsiębiorstwie i porównać go z ryzykiem w innych zakładach danej branży. Pewne jest, że prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń może się zmieniać w zakresie od 0% do 100%. Podobnie jest z ciężkością przewidywanych następstw niebezpiecznych zdarzeń, która także może zmieniać się w szerokim zakresie. Oznacza to, w celu przygotowania danych szczegółowych dla każdego z analizowanych stanowisk, konieczne jest określenie występujących zagrożeń zawodowych łącznie ze źródłem ich zagrożenia oraz możliwymi skutkami na analizowanym stanowisku. Dotyczy to też uwzględniania specyfiki stosowanych technologii i materiałów oraz związanych z nimi możliwych zagrożeń. W przedstawionej pracy podano przykład takiego opracowania dla stanowiska zbrojarz-betoniarz w przedsiębiorstwach wytwarzających wyroby na potrzeby budownictwa. Do takich wyrobów należą budowlane zbrojone elementy konstrukcyjne, dla których oceniając zagrożenia występujące przy produkcji należy uwzględniać też takie zjawiska jak sprężynowanie elementów giętych czy wytrzymałość i sposób rozmieszczenia ich połączeń w konstrukcji metalowej. Oznacza to, że do określania możliwych zagrożeń konieczna jest znajomość zagadnień inżynierii materiałowej. Stąd też takie zagadnienia powinny być uwzględnianie w kształceniu i przygotowaniu kadry w zakresie prac bhp.

W celu poprawy sytuacji bezpieczeństwa pracy w omówionym przykładzie stanowiska pracy zbrojarz-betoniarz kierunki podstawowych działań powinny być związane z indywidualną oceną ryzyka zawodowego dla danego zakładu przy uwzględnieniu poziomu zagrożenia i jego porównania z poziomem uznanym za dopuszczalny.

Literatura

[1] Raczkowski B., *BHP w praktyce*, Wyd. ODDK, Gdańsk 2012.

[2] Chojnicki J., Jarosiewicz G., *ABC BHP informator dla pracodawców*, Warszawa 2010.

[3] Lenik K., Wójcicka-Migasiuk D., Kokowski R., *Problematyka kształcenia technicznego w powiązaniu z zagadnieniami ochrony pracy*, [w:] *Ochrona pracy jako przedmiot badań pedagogiki pracy*, Wyższa Inżynierska Szkoła Bezpieczeństwa i Organizacji Pracy w Radomiu, Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu, Radom 2013, 7–14.

[4] Grabowska-Wawrzeniecka K., *Bezpieczeństwo i higiena pracy*, ABC Wolters, Warszawa 2012.

[5] Bukała W, Szczęch K., *Bezpieczeństwo i higiena pracy. Podręcznik do kształcenia zawodowego*, WSiP 2013.

[6] Gałusza M ,Wojciechowska-Piskorska H, Uzarczyk A., *Bhp w transporcie poradnik, Tarbonus*, Tarnobrzeg 2011.

[7] Siek J., Witczak J, Czech S., *Ocena ryzyka zawodowego wybrane zagadnienia*, Sannort, Sandomierz 2013.

[8] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (tekst jedn. Dz. U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650, z późniejszymi zmianami).

[9] PN-80-Z-08052 Ochrona pracy. Niebezpieczne i szkodliwe czynniki występujące w procesie pracy.

DR INŻ. ANETA DUDA – pracownik Katedry Metod i Technik Nauczania Wydziału Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej. Prowadzi wykłady, ćwiczenia i prace dyplomowe na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa.

PROF. DR HAB. INŻ. KLAUDIUSZ LENIK – kierownik katedry, dziekan Wydział Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej. Organizator kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa na Wydziale PT. Promotor wielu prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich z zakresu z zakresu bezpieczeństwa powszechnego oraz analizy ryzyka. Autor i współautor ponad 180 publikacji naukowych krajowych i zagranicznych, 14 patentów, 6 wydawnictw książkowych.

W

Relacje z konferencji, sympozjów, szkoleń, targów oraz innych wydarzeń dotyczących bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej. Zapraszamy do lektury!

KONFERENCJA NAUKOWA

Prawno-organizacyjne zagadnienia ochrony zabytków w kontekście funkcjonowania formacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo wewnętrzne

16 lutego 2017 roku w Szkole Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie odbyła się konferencja naukowa nt. prawno-organizacyjnych aspektów ochrony zabytków w kontekście funkcjonowania służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo wewnętrzne.

Celem konferencji było dokonanie analizy problemów prawno-organizacyjnego udziału jednolitych formacji umundurowanych w ochronie zabytków. W trakcie konferencji dyskutowano nad problemami, których istotę odzwierciedlają następujące pytania: Jakie zadania w zakresie ochrony dóbr kultury wyznaczają przepisy prawa dla jednolitych umundurowanych formacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo wewnętrzne? W jaki sposób współczesne wyzwania zagrożenia wpływają na proces zarządzania instytucjami odpowiedzialnymi za ochronę zabytków i dóbr kultury? W jakich kierunkach powinno zmierzać doskonalenie zarządzania jednolitymi formacjami umundurowanymi uczestniczącymi w ochronę zabytków i dóbr kultury?

Uczestnicy konferencji zgodnie stwierdzili, że zakładany cel konferencji został osiągnięty, a przyjęte problemy rozwiązane. Przedmiotowa konferencja służyła również popularyzacji międzynarodowych przedsięwzięć naukowych organizowanych cyklicznie przy współudziale Szkoły Aspirantów PSP w Krakowie.
Współorganizatorami konferencji były: Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, Wydział Administracji Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie, Wydział Nauk Stosowanych Wyższej Szkoły Biznesu w Dąbrowie Górniczej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy w Józefowie oraz Wydział Prawa, Administracji i Zarządzania Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.

KONFERENCJA NAUKOWA

Innowacje w modelowaniu ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych

20 marca 2017 roku w siedzibie CNBOP-PIB w Józefowie odbyła się konferencja naukowa nt. innowacji w modelowaniu ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych, zorganizowana w ramach projektu badawczo-rozwojowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem – EVARIS", finansowanego ze środków NCBR.

Projekt realizowany jest przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe w składzie: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Politechnika Warszawska oraz BERA Systems Sp. z o.o.

Podczas konferencji omówione zostały istotne zagadnienia związane z procesem dokonywania oceny ryzyka w obiektach przemysłowych, stwarzających zagrożenie poza swoim terenem, mających wpływ na proces zapewnienia prawidłowej identyfikacji takich obiektów, kształtowania ładu przestrzennego oraz planów ratowniczych. Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz podjęto próbę wyznaczenia priorytetowych kierunków rozwoju systemu informatycznego wspomagającego bezpieczeństwo, które pozwoli na przeprowadzenie analizy oceny ryzyka w obiektach przemysłowych. Przedstawione zostały założenia, wytyczne, zagadnienia dotyczące modelowania skutków uwolnień substancji niebezpiecznych oraz innych wieloobszarowych aspektów powiązanych funkcjonalnie z projektowanym narzędziem informatycznym.
W konferencji uczestniczyli przedstawiciele jednostek organizacyjnych PSP, inspektoratów ochrony środowiska, instytucji i osób zaangażowanych bezpośrednio w proces tworzenia aktów planistycznych i identyfikację zakładów stwarzających ryzyko awarii poza swoim terenem, a także zajmujących się zarządzaniem ryzykiem już na etapie tworzenia założeń do aktów planistycznych.

RODO 2017

KONFERENCJA
NAUKOWO-SZKOLENIOWA

Ochrona danych osobowych oraz wykonywanie funkcji inspektora ochrony danych osobowych w PSP w świetle RODO

4 maja 2016 roku w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej opublikowano oficjalne teksty nowego rozporządzenia i dyrektywy o ochronie danych osobowych. Nowe akty prawne to jedne z bardziej wyczekiwanych dokumentów europejskiego prawa gospodarczego, nad którymi prace trwały ponad cztery lata.

Intencją i głównym celem regulacji jest zapewnienie swobodnego przepływu danych osobowych pomiędzy państwami członkowskimi, przy jednoczesnym wprowadzeniu zasad, zgodnie z którymi przetwarzanie danych osobowych będzie jednakowe dla krajów Unii Europejskiej. Rozporządzenie znajdzie bezpośrednie zastosowanie od 25 maja 2018 roku, natomiast na implementację dyrektywy i wydanie odpowiednich ustaw krajowych, państwa członkowskie mają czas do 6 maja 2018 roku.

Podpisano porozumienie o współpracy

Konferencja naukowo-szkoleniowa „Ochrona danych osobowych oraz wykonywanie funkcji inspektora ochrony danych w świetle RODO w Państwowej Straży Pożarnej", która odbyła się w dniach 11–12 kwietnia w Józefowie, jest

odpowiedzią na faktyczne zapotrzebowanie w zakresie informacji związanych ze zmianami w prawie i jednoczesnym preludium w kierunku przygotowania Państwowej Straży Pożarnej do wdrożenia nowych przepisów.
Szczególnym punktem konferencji było podpisanie porozumienia o współpracy w zakresie ochrony prywatności i danych osobowych. Sygnatariuszami dokumentu byli: Generalny Inspektor Ochrony Danych Osobowych dr Edyta Bielak-Jomaa, komendant główny PSP nadbryg. Leszek Suski, rektor-komendant SGSP st. bryg. dr hab. inż. Paweł Kępka, prof. SGSP oraz dyrektor Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego bryg. dr hab. inż. Dariusz Wróblewski. Porozumienie przewiduje współpracę instytucji w kilku obszarach, m.in. naukowo-badawczym, edukacyjnym i szkoleniowym, a także promocyjnym i wydawniczym.

Wysoka frekwencja i interesujące prelekcje

Duże zainteresowanie ze strony środowiska formacji PSP jest potwierdzeniem odpowiedzialnego podejścia do obszaru ochrony i przetwarzania danych osobowych. W Józefowie zebrali się komendanci wojewódzcy PSP, komendanci szkół PSP, dyrektorzy biur KG PSP, administratorzy bezpieczeństwa informacji w PSP, naczelnicy wydziałów informatyki w komendach, których działania obejmują obszar ochrony przetwarzanych danych z perspektywy IT.
Na uwagę zasłużył program spotkania, w tym wykład **prof. dr hab. Ireny Lipowicz** (rzecznik praw obywatelskich w latach 2010–2015) o aksjologii ochrony danych osobowych w Polsce. Dyrektor gabinetu politycznego ministra w Ministerstwie Cyfryzacji **dr Maciej Kawecki** omówił zagadnienia dotyczące projektowania polskich przepisów o ochronie danych osobowych w zakresie inspektorów ochrony danych. **Monika Krasińska**, dyrektor Departamentu Orzecznictwa, Legislacji i Skarg GIODO omówiła ww. zagadnienia w kontekście prawnym. O tym, jakie odpowiedzialności nakłada nowe prawo na administratorów danych osobowych, opowiedziała **Bogusława Pilc**, dyrektor Departamentu Inspekcji GIODO.
Ponadto słuchacze mieli okazję posłuchać prelekcji na temat wykorzystania dronów w aspekcie ochrony danych osobowych.

Zdjęcia: Designed by jannoon28 / Freepik, SA PSP w Krakowie, CNBOP-PIB