

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza **Safety & Fire Technique**



**TO JUŻ 25 NUMER
KWARTALNIKA
CNBOP-PIB**

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
<http://czytelnia.cnbop.pl>
Józefów 2012

Redaktor Naczelny - mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI

KOMITET REDAKCYJNY

dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI - Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego

/Redaktor Działu: Organizacja i Zarządzanie Strategiczne/

dr hab. inż. Ewa RUDNIK, prof. nadzw.

/Redaktor Działu: Badania i Rozwój/

dr inż. Stefan WILCZKOWSKI

/Redaktor Działu: Technika i Technologia/

dr Tomasz WĘSIERSKI

/Redaktor Statystyczny/

mł. bryg. mgr inż. Jacek ZBOINA

/Redaktor Działu: Certyfikaty, Aprobaty i Rekomendacje/

bryg. mgr inż. Krzysztof BISKUP

/Redaktor Działu: Rozdział Autorski – Współpraca Zagraniczna/

nadbryg. Janusz SKULICH

/Redaktor Działu: Studium Przypadku – Analiza Akcji/

nadbryg. w st. spocz. Maciej SCHROEDER

/Redaktor Działu: Z Praktyki dla Praktyki/

mgr Joanna CYBULSKA - Sekretarz Redakcji

/Redaktor Działu: Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa/

Przygotowanie do wydania

mgr Joanna Cybulska

Projekt okładki:

Barbara Dominowska

ISSN 1895-8443

© Copyright by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

Wersja papierowa jest wersją pierwotną

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

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

centrala: +48 22 769 33 00

internet: www.cnbop.pl, e-mail: cnbop@cnbop.pl

Nakład 500 egzemplarzy

**Publikacja przeznaczona dla kadry Państwowej Straży Pożarnej oraz specjalistów
z zakresu ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa powszechnego.**

Wydawnictwo dofinansowywane ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wszystkie zamieszczane artykuły dopuszczane są do druku decyzją Komitetu Redakcyjnego na podstawie recenzji naukowo-badawczych i inżynieryjno-technicznych przygotowanych przez niezależnych recenzentów.

**Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest czasopismem
punktowanym z listy Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (6 pkt.).**

**Informacja na podstawie Komunikatu nr 16 Ministra Nauki i Szkolnictwa
Wyższego z dnia 21 czerwca 2010 roku.**

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	5
------------------------------	---

I. ROZDZIAŁ AUTORSKI

1. S. Koziej	O edukacji na rzecz bezpieczeństwa.	9
--------------	---	---

II. ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

1. S. Górski M. Cłapka	Ochrona ludności w Unii Europejskiej	11
---------------------------	--	----

III. NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

1. Z. Ciekanowski	Pozapłacowe formy pobudzania motywacji	23
-------------------	--	----

IV. BADANIA I ROZWÓJ

1. I. Tureková K. Balog M. Półka	The effect firefighting foams on the environment and fire extinguishing	29
2. T. Maciak	Modelowanie pożaru lasu cz. III. Modele paliwowe	37
3. P. Ogrodnik B. Zegardło A. Halicka	Wstępna ocena możliwości zastosowania odpadów ceramiki sanitarnej jako kruszywa do betonów pracujących w warunkach wysokich temperatur	49
4. R. Mazur J. Szewczyk M.M. Smolarkiewicz	Dydaktyczne gry decyzyjne w środowisku „rzeczywistości wzbogaconej” na przykładzie systemu “Ares”. Metodologia badań	57
5. R. Szczygieł	Wielkoobszarowe pożary lasów w Polsce	67

V. CERTYFIKATY, APROBATY I REKOMENDACJE

1. J. Zboina	Prawo na rzecz bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej – system monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia	79
--------------	--	----

VI. TECHNIKA I TECHNOLOGIA

1. M. Fliszkiewicz A. Krauze T. Maciak	Przykład modelowania rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu przy wykorzystaniu numerycznej mechaniki płynów na przykładzie oprogramowania FDS	85
--	---	----

2. Nevdah D. A.	Обоснование способов обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений различного функционального назначения . . .95
3. J. Janicka E. Mielicka D. Zagrabia A. Kędziora	Działalność trudnopalna na wyroby bielizniane przeznaczone dla użytkowników w zagrożeniu pożarowym 99

VII. Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI

1. A. Kielin	Ratownictwo chemiczno-ekologiczne 107
--------------	---

VIII. STUDIUM PRZYPADKU – ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH

1. T. Węsierski M. Nagrodzka	Analiza zagrożeń związana z uwolnieniem się 1-oktanolu w Szczygłowicach 113
Wymagania dla autorów	.121
Recruitments for authors	.122

Szanowni Czytelnicy,

Oddajemy do waszych rąk kolejny numer kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”. Jest to nasz mały jubileusz, ponieważ jesteśmy z Państwem już od dwudziestu pięciu kwartałów. W skali wielkich wydawnictw to zapewne nie jest wielkie osiągnięcie. Jednakże dla naszego Instytutu jest to powód do dumy, ponieważ poprzez nasze Czasopismo nieprzerwanie od ponad pięciu lat wnosimy swój mały wkład w bezpieczeństwo powszechne kraju. Dobitnie świadczy o tym rekomendacja Szefa Biura Bezpieczeństwa Narodowego, Sekretarza Stanu Stanisława Kozieja, którą możemy się poszczycić w bieżącym numerze.

Nasze Czasopismo docenione zostało również podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO 2012. Grand Prix SAWO przyznane przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Inne wyroby i rozwiązania związane z tematyką Targów SAWO” otrzymał nasz Kwartalnik. Jest to dla naszej redakcji powód do radości, ale także zobowiązanie do dalszej wytężonej pracy, aby nie zawieść tych, którzy dostrzegli nasze dotychczasowe starania

Niewątpliwie ważnym wydarzeniem w życiu Kwartalnika jest powołanie Rady Naukowej Czasopisma. W jej skład weszli: z ramienia CNBOP-PIB – Pani dr hab. inż. Ewa Rudnik, z ramienia Uniwersytetu w Paderborn (Republika Federalna Niemiec) oraz Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund (Republika Federalna Niemiec) – Pan prof. dr inż. Rainer Koch oraz z ramienia Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund (Republika Federalna Niemiec) – Pan dr inż. Hauke Speth. Krótkie życiorysy naukowe Członków Rady zamieszczamy na końcu numeru.

Decyzją Komitetu Redakcyjnego, najlepszym artykułem bieżącego numeru wybrany został tekst **mgr inż. Jolanty Janickiej i dr inż. Elżbiety Mielickiej** z Instytutu Włókiennictwa w Łodzi oraz **mgr inż. Doroty Zagrabys i mgr. inż. Andrzeja Kędziory** z ZOSP RP Wytwórnia Umundurowania Strażackiego pt. **Dzianiny trudno palne na wyroby bieliźniane przeznaczone dla użytkowników w zagrożeniu pożarowym**. To bardzo ciekawy tekst przekazujący wyniki badań dotyczące dzianin trudnopalnych przeznaczonych na bieliznę dla strażaków uczestniczących bezpośrednio w akcjach ratowniczych, a co za tym idzie podnoszących ich bezpieczeństwo.

Szanowni Państwo rok 2012 jest rokiem jubileuszowym dla naszego Instytutu. W tym roku będziemy obchodzili czterdziestolecie naszego istnienia. Z tej też okazji wydany będzie specjalny numer naszego Czasopisma, w którym oprócz części naukowej zaprezentujemy historię i osiągnięcia Instytutu. Już teraz zapraszamy Państwa do lektury tego wyjątkowego numeru.

Komitet Redakcyjny:

dr inż. Eugeniusz W. Roguski - Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski - Redaktor Naczelny
dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw., - członek Komitetu Redakcyjnego
nadbryg. Janusz Skulich – członek Komitetu Redakcyjnego
nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder – członek Komitetu Redakcyjnego
dr inż. Stefan Wilczkowski - członek Komitetu Redakcyjnego
dr Tomasz Węsierski - członek Komitetu Redakcyjnego
mł. bryg. mgr inż. Jacek Zboina - członek Komitetu Redakcyjnego
bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – członek Komitetu Redakcyjnego
mgr Joanna Cybulska - Sekretarz Redakcji



prof. dr hab. Stanisław Koziej
Sekretarz Stanu, Szef Biura Bezpieczeństwa Narodowego



Biuro Bezpieczeństwa Narodowego

Warszawa, 23 lutego 2012 r.

Sekretarz Stanu, Szef Biura

Stanisław Koziej

BBN/DAS.I/0055/...../1...../12/JKW

Pan

mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski

Dyrektor

Centrum Naukowo-Badawczego

Ochrony Przeciwpowozarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

Stanisław Koziej

Jako szef Biura Bezpieczeństwa Narodowego – analityczno-eksperckiego zaplecza obsługującego Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej – chciałbym podkreślić znaczenie kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, będącego jedną z lektur obowiązkowych ekspertów Biura zajmujących się problematyką bezpieczeństwa pozamilitarnego.

Pragnę podkreślić, że badania prowadzone w zakresie ochrony przeciwpożarowej, a także upowszechnianie informacji w tym obszarze i edukowanie zainteresowanych podmiotów sprawiają, że działalność Wydawców Kwartalnika w znaczący sposób przyczynia się do zwiększania efektywności działań podejmowanych na rzecz bezpieczeństwa i porządku publicznego.

Możliwość korzystania z efektów pracy Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowozarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowego Instytutu Badawczego przyczynia się do wzbogacania wiedzy oraz pracy analityków BBN zajmujących się tym obszarem ochrony państwa i jego obywateli.

Korzystając z okazji chciałbym pogratulować Redakcji udanej realizacji projektu, jakim jest prowadzenie Kwartalnika oraz życzyć dalszych sukcesów i satysfakcji z wykonywanej pracy.

Z wyrazami szacunku
[Signature]

Biuro Bezpieczeństwa Narodowego

ul. Karowa 10, 00-909 Warszawa, tel. + 48 22 695 18 75, faks + 48 22 695 18 31

www.bbn.gov.pl, e-mail: bbn@bbn.gov.pl

Prof. dr hab. **Stanisław KOZIEJ**
Sekretarz Stanu
Szef Biura Bezpieczeństwa Narodowego

O EDUKACJI NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA¹

Rocznica 40-lecia Wyższego Szkolnictwa Pożarniczego oraz 10-lecia Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego jest naturalną i zrozumiałą okazją do refleksji. Przede wszystkim do refleksji nad dokonaniem samej szkoły. Są one znane i cenione. Służy ona dobrze swojej służbie i bezpieczeństwu. Szkole Głównej Służby Pożarniczej należą się z tego tytułu podziękowania, gratulacje i życzenia dalszych osiągnięć.

Ale chciałbym, jako szef BBN, wykorzystać tę okazję do ogólniejszej refleksji. Do refleksji nad edukacją nie tylko na potrzeby jednej służby, w tym wypadku Państwowej Straży Pożarnej, ale nad całym systemem edukacji na rzecz bezpieczeństwa narodowego. Czy w ogóle taki system istnieje? Czy tylko istnieją oddzielne elementy, z których można byłoby taki system dopiero zbudować? Ja stawiam hipotezę, że nie mamy w Polsce takiego systemu. Każda szkoła swoją „rzepkę skrobie”. W edukacji na rzecz bezpieczeństwa, jak w całym bezpieczeństwie narodowym, wciąż mamy „Polskę resortową”.

A tymczasem weszliśmy już w taki okres, że bezpieczeństwo musi być zintegrowane. Trzeba też kształcić i trzeba prowadzić prace naukowe, studia i analizy na potrzeby bezpieczeństwa zintegrowanego. Pora przystąpić zatem do budowy zintegrowanego systemu edukacji na rzecz bezpieczeństwa.

Potrzebne są programy edukacyjne, potrzebne jest rozwijanie kultury myślenia w kategoriach bezpieczeństwa zintegrowanego. Potrzebne są także zespoły i komórki naukowo-dydaktyczne rozwijające teorię zintegrowanego bezpieczeństwa narodowego. Mało tego – osobiście uważam, że potrzebna jest także ponadresortowa, ogólnopolska uczelnia, np. Akademia Bezpieczeństwa Narodowego, która zajmowałaby się ponadresortowymi, strategicznymi problemami takiego bezpieczeństwa. Która byłaby swoistym centrum myślenia i interresortowego kształcenia specjalistów z różnych sektorów bezpieczeństwa na najwyższych ogólnopolskich szczeblach.

Należy powiedzieć, że nie oznacza to bynajmniej braku potrzeby istnienia i rozwoju uczelni specjalistycznych, sektorowych, takich choćby jak SGSP. Ale te uczelnie sektorowe, absolwenci tych uczelni, kadra naukowo-dydaktyczna – powinni mieć takie miejsce, gdzie mogliby uczyć się wspólnego działania w systemie zintegrowanym, gdzie mogliby podwyższać swoje kwalifikacje, zdobywać stopnie naukowe w dziedzinie bezpieczeństwa narodowego, prowadzić badania, studia i analizy, rozwijać teorię bezpieczeństwa narodowego jako całości. Taką uczelnią powinna być uczelnia, która zapewne powstanie w nadchodzących latach.

Problemem tym będziemy zajmować się m.in. w ramach Strategicznego Przeglądu Bezpieczeństwa Narodowego. Wszystkich specjalistów z obszaru bezpieczeństwa zachęcam do szerokiego włączenia się w prace tego przeglądu, a w tym także w prace nad budową zintegrowanego systemu edukacji na rzecz bezpieczeństwa narodowego.

¹ Artykuł na podstawie wystąpienia prof. dr. hab. Stanisława Kozieja podczas Konferencji Międzynarodowej „Inżynieria bezpieczeństwa pożarowego i cywilnego – przeszłość, teraźniejszość, przyszłość”, zorganizowanej z okazji 40-lecia Wyższego Szkolnictwa Pożarniczego oraz 10-lecia Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej.

mgr Sławomir GÓRSKI
mgr Marta CŁAPKA
Ministerstwo Spraw Wewnętrznych

OCHRONA LUDNOŚCI W UNII EUROPEJSKIEJ PODSTAWY PRAWNE, SPOSÓB FUNKCJONOWANIA ORAZ WYBRANE FORMY WSPÓŁPRACY NA POZOMIE UNIJNYM

The Civil Protection in the European Union The legal bases, *modus operandi* and the forms of cooperation on the European Union level

Streszczenie

Artykuł opisuje podstawy prawne oraz sposób funkcjonowania europejskiej ochrony ludności. Omówione w nim zostały najważniejsze akty prawne konstytuujące europejski system ochrony ludności, który podzielić można na trzy główne fazy: zapobiegania, przygotowania oraz reagowania. Szczególną uwagę w tej publikacji poświęcono podstawom prawnym i sposobie funkcjonowania Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności oraz Instrumentu Finansowego Ochrony Ludności, będących podstawowymi narzędziami koordynacji oraz finansowania działań ratowniczych podejmowanych przez poszczególne państwa uczestniczące w europejskim systemie ochrony ludności, ale także samodzielnym i samowystarczalnym zespołom wykorzystywanym w działaniach ratowniczych tzw. modułom ochrony ludności. Warto nadmienić że Mechanizm może być aktywowany w sytuacjach zagrożeń (powodzie, trzęsienia ziemi, awarie techniczne itp.), a jego aktywacja jest następstwem apelu o pomoc państwa poszkodowanego. Mechanizm istnieje od dziecięciu lat i aktualnie trwają prace nad stworzeniem nowej podstawy prawnej dla jego funkcjonowania, która ma powstać z połączenia legislacji dot. Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności z Instrumentem Finansowym Ochrony Ludności. W części poświęconej Instrumentowi Finansowemu Ochrony Ludności wskazano cele, na które mogą być przeznaczane środki z Instrumentu, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki współfinansowania kosztów transportu lotniczego. W artykule uwzględniono również problematykę tzw. wsparcia kraju-gospodarza (*Host Nation Support* - HNS), która odnosi się do obowiązków, jakie powinny być wypełniane przez państwo przyjmujące na swoim terytorium pomoc udzielaną w ramach Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności. Wskazano także formy współpracy na forum Unii Europejskiej, które służą wymianie doświadczeń oraz doskonaleniu europejskiego systemu ochrony ludności. Mimo intensywnego współdziałania na poziomie unijnym, ochrona ludności nadal pozostaje obszarem, za który odpowiedzialność ponoszą państwa członkowskie na poziomie narodowym.

Summary

The article describes the legal basis and ways of functioning of the European civil protection, that can be divided on three main phases: prevention, preparedness and response. It takes account of the most important acts that constitute the European system of civil protection. Particular attention in this publication was paid to the legal basis and the *modus operandi* of the Community Civil Protection Mechanism and the Civil Protection Financial Instrument, which are fundamental tools for coordination and financing of rescue operations undertaken by the participating states but also to the independent and self-sufficient teams used in rescue operations, so called the civil protection modules. It is worth mentioning that the Mechanism can be activated in emergency situations (floods, earthquakes, man made disasters, etc.) and its activation is triggered by the request for assistance send by the affected State. The Mechanism exists for ten years and recently there are works on setting up new legal base for its functioning conducted. It will be created form joining legislation concerning the Community Civil Protection Mechanism and the Civil Protection Financial Instrument. In the part dedicated to the Civil Protection Financial Instrument the emphasis was put on objectives, which may be financed from the Instrument, with attention given to problems of co-financing of the cost of strategic air transportation during relief operations. The obligation of the Host Nation Support, which refers to the duties which should be undertaken by the State, which are receiving assistance provided under the umbrella of the Community Civil Protection Mechanism was also mentioned. The article touches upon the forms of cooperation at the EU level which aims to exchange lessons learned and improve the European system of civil protection. Even though there is intense cooperation on the European Union level, the civil protection is the area, where the responsibility is taken by the Member States on the national level.

Słowa kluczowe: ochrona ludności, Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności, Instrument Finansowy Ochrony Ludności, moduły ochrony ludności, wsparcie kraju-gospodarza;

Key words: civil protection, Community Civil Protection Mechanism, Civil Protection Financial Instrument, civil protection modules, Host Nation Support;

Wprowadzenie

Artykuł otwiera cykl poświęcony europejskiej ochronie ludności. Omówione w nim zostały podstawy prawne oraz system ochrony ludności, z uwzględnieniem organizacji tzw. modułów ochrony ludności, stanowiących wyspecjalizowane i samodzielne grupy ratownicze przeznaczone do udziału w działaniach zarówno na terenie Unii Europejskiej (UE) jak i poza jej granicami.

Kolejne części będą poświęcone planowanym zmianom w europejskiej ochronie ludności oraz wybranym konkluzjom Rady Unii Europejskiej odnoszącym się do tego obszaru, ze szczególnym uwzględnieniem konkluzji wypracowanych podczas polskiej prezydencji.

Należy podkreślić, że ochrona ludności, jako obszar działalności Unii Europejskiej, po raz pierwszy została formalnie wyodrębniona w Traktacie z Lizbony, który potwierdził wiodącą rolę państw członkowskich w zapewnianiu ochrony ludności oraz wspomagającą rolę UE w zakresie rozwoju zasobów i wzajemnego udzielania pomocy w przypadku katastrof naturalnych, technologicznych lub ataku terrorystycznego.

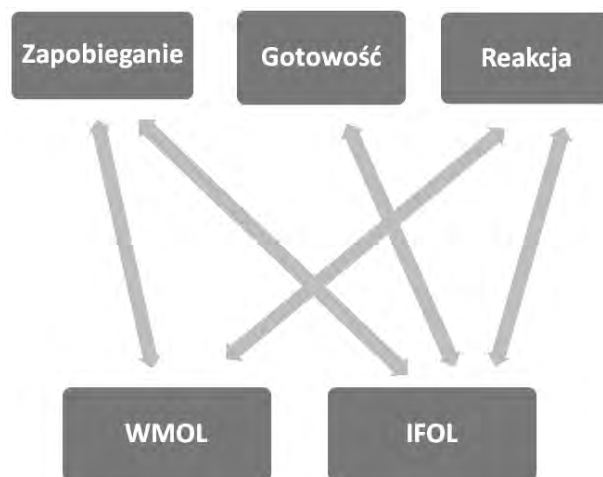
Zgodnie z art. 196 Traktatu to na państwach członkowskich spoczywa odpowiedzialność za podejmowanie wszelkich działań zmierzających do ochrony ludności, mienia oraz środowiska naturalnego w sytuacjach zagrożeń, w tym prowadzenie działań ratowniczych. Zadaniem Unii jest natomiast wspieranie i uzupełnianie ich działań na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym w zakresie zapobiegania i reagowania na klęski żywiołowe lub katastrofy spowodowane przez człowieka. Narzędziem wykorzystywanym do tego celu jest Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności.

Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności

Podstawowym instrumentem ochrony ludności na poziomie UE jest Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności, który może być aktywowany w sytuacjach zagrożeń (powódzie, trzęsienia ziemi, awarie techniczne itp.). Aktywacja Mechanizmu jest następstwem apelu o pomoc państwa poszkodowanego. Jeżeli zagrożenie dotyczy któregoś z 31 państw uczestniczących w Mechanizmie (27 państw członkowskich UE oraz Islandia, Lichtenstein, Norwegia i Chorwacja), państwo poszkodowane może poprosić o pomoc za pośrednictwem całodobowego systemu komunikacji (*Common Emergency Communication Information System* – CECIS). Jeżeli zagrożenie występuje poza terytorium państw uczestniczących, to Komisja Europejska aktywuje Mechanizm po otrzymaniu apelu o pomoc od państwa poszkodowanego. W związku z Traktatem z Lizbony, Komisja niezwłocznie informuje Wysokiego Przedstawiciela ds. Zagranicznych i Polityki Bezpieczeń-

stwa o podejmowanych działaniach w sferze europejskiej ochrony ludności. Centrum operacyjnym Mechanizmu jest Centrum Monitoringu i Informacji (*Monitoring and Information Center* – MIC), struktura funkcjonująca w ramach Komisji Europejskiej.

Poniżej przedstawiony został Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności, ale także Instrument Finansowy Ochrony Ludności, które znajdują zastosowanie w poszczególnych fazach wyodrębnionych w obszarze ochrony ludności.



Ryc.1 Schemat uwzględniający WMOL, IFOL oraz fazy w obszarze ochrony ludności.

(Źródło: autorzy.)

Fig.1 The scheme covering the CCPM, the CPFI and the phases in the area of civil protection.

(The source: the authors.)

Mechanizm został powołany do życia decyzją Rady UE z dnia 23 października 2001 r. ustanawiającą mechanizm wspólnotowy ułatwiający wzmocnioną współpracę w interwencjach wspierających ochronę ludności (2001/792/WE, Euratom). Definiowała ona cel działania Mechanizmu jako „pomoc w zapewnieniu lepszej ochrony, przede wszystkim ludzi, ale także środowiska i mienia, włączając dziedzictwo kulturowe, w przypadku poważnej sytuacji krytycznej, np. katastrofy naturalnej, technologicznej, radiologicznej lub środowiskowej występującej wewnątrz albo poza Wspólnotą, włączając zanieczyszczenie mórz”.

Praktyczna implementacja zapisów powyższej decyzji Rady została dokonana decyzją Komisji Europejskiej z dnia 29 grudnia 2003 r. ustanawiającą zasady wdrażania decyzji Rady 2001/792/WE, Euratom ustanawiającej mechanizm wspólnotowy ułatwiający wzmocnioną współpracę w interwencjach wspierających ochronę ludności (2004/277/WE, Euratom). Jej zapisy mówiły o utworzeniu Centrum Monitoringu i Informacji, funkcjonującego w ramach Komisji Europejskiej i zdolnego do niezwłocznego reagowania 24 godziny na dobę. Decyzja była również podstawą stworzenia wspólnego systemu

komunikacji i informacji w sytuacjach zagrożeń (CECIS) oraz programu szkoleniowego obejmującego interwencje wspierające ochronę ludności. Istotnym elementem tej decyzji była regulacja dotycząca sposobu aktywacji Mechanizmu, która dokonywana jest poprzez skierowanie przez „państwo uczestniczące lub państwo trzecie dotknięte poważną sytuacją krytyczną” formalnego wniosku o pomoc do MIC.

Po kilku latach funkcjonowania Mechanizmu, dokonano jego przeglądu oraz oceny. W oparciu o wypracowane wnioski, w 2007 roku dokonano przekształcenia Mechanizmu. Miało ono formę nowej decyzji Rady UE z dnia 8 listopada 2007 r. ustanawiającej wspólnotowy mechanizm ochrony ludności (przekształcenie) (2007/779/WE, Euratom). Decyzja potwierdzała zasadnicze cele Mechanizmu (wzmocnienie współpracy między Wspólnotą i państwami członkowskimi w zakresie interwencji wspierających ochronę ludności w przypadku wystąpienia poważnej sytuacji nadzwyczajnej lub jej bezpośredniej groźby) oraz zakres jego funkcjonowania (ochrona ludzi, środowiska, mienia i dziedzictwa kulturowego). Nowym elementem było stworzenie podstaw prawnych do budowy i funkcjonowania tzw. modułów ochrony ludności.

Instrument Finansowy Ochrony Ludności

Podstawą prawną funkcjonowania Instrumentu Finansowego Ochrony Ludności jest decyzja Rady UE z dnia 5 marca 2007 r. ustanawiająca Instrument Finansowy Ochrony Ludności (2007/162/WE, Euratom). Instrument został powołany na lata 2007-2013.

Decyzja ustanawia Instrument Finansowy Ochrony Ludności w celu wspierania i uzupełniania wysiłków państw członkowskich mających na celu głównie ochronę ludzi, ale także ochronę środowiska i mienia, w tym dziedzictwa kulturowego, w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych i katastrof spowodowanych przez człowieka, aktów terroryzmu oraz katastrof technicznych, radiologicznych i ekologicznych oraz ułatwianie wzmocnionej współpracy między państwami członkowskimi w dziedzinie ochrony ludności. W decyzji wymieniono działania kwalifikujące się do pomocy w ramach Instrumentu. Są to między innymi:

- analizy, sondaże, modelowanie i tworzenie scenariuszy działań w sytuacjach zagrożeń;
- szkolenia, ćwiczenia, warsztaty, wymiana personelu i ekspertów, tworzenie sieci, projekty demonstracyjne i transfer technologii w celu podniesienia poziomu zapobiegania, gotowości i skutecznego reagowania;
- informowanie społeczeństwa, edukacja i podnoszenie świadomości oraz związane z nimi działania upowszechniające;

- pełnienie funkcji ustalonych przez Centrum Monitorowania i Informacji (MIC), działające w ramach mechanizmu w celu ułatwiania szybkiego reagowania w przypadku wystąpienia poważnej sytuacji nadzwyczajnej;
- działania komunikacyjne oraz środki promujące widoczność reakcji Wspólnoty;
- działania przyczyniające się do tworzenia systemów wykrywania i wczesnego ostrzegania dotyczącego katastrof, mogących oddziaływać na terytorium państw członkowskich;
- utworzenie i utrzymywanie wspólnego systemu łączności i informacji dla sytuacji krytycznych (CECIS) oraz narzędzi umożliwiających komunikację i wymianę informacji między MIC a punktami kontaktowymi państw członkowskich i innymi uczestnikami w ramach mechanizmu;
- działania związane z monitorowaniem, oceną i ewaluacją;
- utworzenie w ramach mechanizmu programu wyciągania wniosków z interwencji i ćwiczeń.

Decyzja wskazuje również działania dotyczące reagowania, które kwalifikują się do pomocy finansowej w ramach Instrumentu:

- wysyłanie ekspertów ds. oceny i koordynacji wraz ze sprzętem wspomagającym, zwłaszcza sprzętem łączności, w celu ułatwienia świadczenia pomocy i współpracy z innymi obecnymi na miejscu podmiotami;
- wspieranie państw członkowskich w uzyskiwaniu dostępu do zasobów sprzętowych i transportowych;
- uzupełnianie zasobów transportowych z państw członkowskich przez finansowanie dodatkowych zasobów transportowych niezbędnych do zapewnienia szybkiego reagowania na poważne sytuacje nadzwyczajne.

Jednocześnie należy podkreślić, że zgodnie z pkt. (15) decyzji to państwa członkowskie odpowiadają za zapewnienie sprzętu i transportu na potrzeby oferowanej przez siebie pomocy w ramach Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności.

Kwota przewidziana dla Instrumentu w ramach finansowych na lata 2007-2013 wynosi 189.9 milionów euro. Założone roczne wydatkowanie wynosi 20 mln euro na działania w państwach UE oraz 8 mln na działania w państwach trzecich.

Finansowanie transportu grup ratowniczych w ramach Instrumentu Ochrony Ludności

Sprawy wnioskowania o pomoc finansową związaną z transportem grup ratowniczych reguluje decyzja Komisji z dnia 8 sierpnia 2007 r. ustanawiająca zasady wdrażania przepisów dotyczących transportu z decyzji Rady 2007/162/WE, Euratom ustanawiającej instrument finansowy ochrony ludności. Zgodnie

z tą decyzją, państwo członkowskie może skierować do Komisji wniosek o dofinansowanie. Po otrzymaniu wniosku, Komisja niezwłocznie powiadamia o nim punkty kontaktowe, wyznaczone przez państwa uczestniczące, w ramach Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności. W swym powiadomieniu Komisja prosi państwa uczestniczące o przekazanie jej szczegółów dotyczących wszelkich zasobów transportowych, jakie można udostępnić państwu uczestniczącemu składającemu wniosek. Państwa odpowiadają na powiadomienie Komisji od 6 do 12 godzin po jego otrzymaniu. Następnie państwa uczestniczące niezwłocznie informują Komisję o wszelkich zasobach transportowych, jakie można dobrowolnie udostępnić w odpowiedzi na wnioski o dofinansowanie. Komisja zbiera informacje na temat dostępnych zasobów transportowych i przekazuje je państwu składającemu wniosek oraz pozostałym państwom uczestniczącym. W takim przypadku, państwo składające wniosek informuje Komisję o rozwiązaniach w zakresie transportu, które wybrało, oraz współpracuje z państwami uczestniczącymi oferującymi taką pomoc, bądź z przewoźnikiem wyznaczonym przez Komisję. Po wybraniu rozwiązania „transportowego”, państwo uczestniczące może przedłożyć Komisji wniosek o dotację, w którym wyszczególnia procentową kwotę kwalifikowanych kosztów, które zwróci. Kwota ta nie może być niższa niż 50% wszystkich kosztów.

Oprócz przedstawionego powyżej sposobu wnioskowania o dotację, przedmiotowa decyzja pozwala państwom uczestniczącym na przedkładanie Komisji wniosku o zawarcie umowy na usługę transportową z prywatnymi podmiotami lub innymi podmiotami. Podobnie jak poprzednio, Komisja niezwłocznie informuje wszystkie państwa uczestniczące o złożeniu takiego wniosku i informuje państwo składające wniosek o usługę transportową o wszelkich innych dostępnych rozwiązaniach w zakresie transportu i o ich kosztach. Następnie państwo uczestniczące potwierdza na piśmie swój wniosek o usługę transportową, w którym wyszczególnia procentową kwotę kosztów, które zwróci. Kwota ta nie może być niższa niż 50% wszystkich kosztów.

O decyzji w zakresie dofinansowania, Komisja niezwłocznie informuje państwo składające wniosek o dofinansowanie oraz pozostałe państwa uczestniczące.

Na podstawie powyższych regulacji można stwierdzić, że wsparcie w ramach Instrumentu dotyczy sytuacji, gdy państwo członkowskie oferujące pomoc w ramach Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności, przed rozpoczęciem działań ratowniczych, występuje z wnioskiem o dotację na potrzeby transportowe lub wnioskuję o usługę transportową.

Jednocześnie należy podkreślić, że powyższe wnioski powinny być składane przez upoważnioną

do tego instytucję i zawierać wszystkie informacje, o których mowa w załącznikach do decyzji Komisji z dnia 8 sierpnia 2007 r. ustanawiającej zasady wdrażania przepisów dotyczących transportu z decyzji Rady 2007/162/WE, Euratom ustanawiającej instrument finansowy ochrony ludności.

Rola modułów ochrony ludności we Wspólnotowym Mechanizmie Ochrony Ludności

Pomysł stworzenia modułów ochrony ludności, pojawił się na forum unijnym w grudniu 2004 r. w bezpośrednim następstwie tsunami, które miało miejsce w Azji Południowej. Celem stworzenia ww. modułów było wzmocnienie europejskiej zdolności szybkiego reagowania na katastrofy naturalne lub te powodowane działalnością człowieka. W czerwcu 2005 r. Rada Unii Europejskiej zatwierdziła koncepcję wzywającą do zwiększenia europejskiej zdolności szybkiego reagowania (*EU rapid response capability*), która bazowałaby na modułach ochrony ludności państw członkowskich. Znaczenie rozwoju zdolności reagowania podkreślone zostało w ww. decyzji Rady UE 2007/779/WE ustanawiającej Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności (przekształcenie). Ponadto w tejże decyzji zdefiniowano pojęcie modułów, a także wezwano państwa członkowskie do ich zidentyfikowania na gruncie narodowym (w ciągu 6 miesięcy od przyjęcia przekształcenia Mechanizmu, tj. od 16 maja 2008 r.).

Zgodnie z zapisami ww. decyzji, moduł ochrony ludności jest to samodzielna i samowystarczalna procedura wykorzystania zasobów państw członkowskich, dostosowana do wykonania wcześniej określonych zadań lub służąca zaspokojeniu wcześniej określonych potrzeb, lub mobilny zespół reagowania operacyjnego państw członkowskich, który obejmuje zarówno zasoby ludzkie, jak i materialne i można go określić w kategoriach zdolności do działania lub wykonywania zadania(-ń), którego(-ych) jest w stanie się podjąć. Moduły wykorzystywane są w działaniach ratowniczych prowadzonych zarówno na terytorium Unii Europejskiej jak i poza jej granicami.

Komisja Europejska oraz państwa członkowskie współpracowały ze sobą w celu wypracowania zasad implementujących moduły. Zdefiniowano w nich zadania, możliwości, główne komponenty oraz okresy rozmieszczenia modułów. Opisano również kwestie samowystarczalności oraz interooperacyjności. Zasady dotyczą także funkcjonowanie Grupy Wsparcia Technicznego (*Technical Assistance Support Team – TAST*), która może wspierać MIC, a także w ściśle określonych okolicznościach może zostać włączona do modułów.

Ogólne wymagania dotyczące europejskich modułów ochrony ludności

Aktualnie w całodobowym systemie komunikacji CESIS, w ramach 19 istniejących kategorii modułów, zarejestrowanych jest 85 modułów (stan na 29.12.2011 r.). Niemniej jednak należy pamiętać, że ich liczba bardzo często ulega zmianie z uwagi na fakt, że państwa członkowskie mają możliwości zgłaszania ich na bieżąco.

Ramy techniczne dla modułów określone zostały w załączniku do Decyzji Komisji Europejskiej z dnia 29 lipca 2010 r. 2010/481/UE, Euratom zmieniająca decyzję Komisji Europejskiej 2004/277/WE, Euratom w odniesieniu do zasad wykonania decyzji Rady UE 2007/779/WE, Euratom ustanawiającej Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności.

Tabela 1.

Skrótowe informacje dotyczące wymogów dla poszczególnych modułów

Table 1

Short information about requirements for the particular modules

Lp.	Przykładowe moduły:	Zadanie:	Możliwości:	Dyspozycyjność:
1.	Sprzęt pompujący o dużej wydajności oraz oczyszczanie wody (pumping water)	Dostarczenie sprzętu pompującego: na tereny zalane, do pomocy przy gaszeniu pożarów poprzez zaopatrywanie w wodę.	Dostarczenie sprzętu pompującego wyposażonego w mobilne pompy o średniej i dużej wydajności; zdolność do np.: pracy na obszarach i terenach trudno dostępnych, dostarczenia wody na odległość 1 000 metrów.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; możliwość udostępnienia na okres do 21 dni.
2.	Oczyszczanie wody (purification of water)	Zapewnienie wody pitnej pochodzącej ze źródeł wód powierzchniowych, zgodnie z obowiązującymi normami, a co najmniej z normami WHO; kontrola jakości wody po wyjściu z urządzenia oczyszczającego.	Oczyszczanie 225 000 litrów wody dziennie; pojemność magazynowa odpowiadająca połowie dnia pracy urządzenia.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; możliwość udostępnienia na okres do 12 tygodni.
3.	Miejskie akcje poszukiwawczo-ratownicze o średnim stopniu nasilenia (medium urban search and rescue);	Poszukiwanie, namierzanie i ratowanie ofiar znajdujących się pod gruzami i szczątkami (np. w zawalonych budynkach i w wypadkach komunikacyjnych); udzielenie poszkodowanym pierwszej pomocy w wymaganym zakresie, do czasu przekazania ich do dalszego leczenia.	Moduł powinien być w stanie prowadzić m.in. następujące działania, przestrzegając przy tym uznanych międzynarodowych wytycznych, takich jak wytyczne Międzynarodowej Grupy Doradczej ds. Poszukiwań i Ratownictwa (INSARAG): poszukiwania z udziałem psów poszukiwawczych i/lub technicznego sprzętu poszukiwawczego; operacje ratunkowe, w tym podnoszenie ciężarów; cięcie betonu; ratownictwo wysokościowe; wykrywanie i eliminowanie materiałów niebezpiecznych; oprócz tego moduł powinien mieć zdolność do pracy w jednym miejscu zdarzenia przez 24 godziny na dobę, przez 7 dni.	Gotowość do podjęcia działań w kraju dotkniętym katastrofą w ciągu 32 godzin.
4.	Intensywne miejskie akcje poszukiwawczo-ratownicze (heavy urban search and rescue)	Poszukiwanie, namierzanie i ratowanie ofiar znajdujących się pod gruzami i szczątkami (np. w zawalonych budynkach i w wypadkach komunikacyjnych); udzielenie poszkodowanym pierwszej pomocy w wymaganym zakresie, do czasu przekazania ich do dalszego leczenia.	Moduł powinien być w stanie prowadzić następujące m.in. działania, przestrzegając przy tym uznanych międzynarodowych wytycznych, takich jak wytyczne INSARAG: poszukiwania z udziałem psów poszukiwawczych i technicznego sprzętu poszukiwawczego; operacje ratunkowe, w tym podnoszenie dużych ciężarów; cięcie zbrojonego betonu i stalowych elementów konstrukcyjnych; ratownictwo wysokościowe; wykrywanie i eliminowanie materiałów niebezpiecznych; oraz zdolność do pracy w jednym miejscu zdarzenia przez całą dobę, przez 10 dni.	Gotowość do podjęcia działań w kraju dotkniętym katastrofą w ciągu 48 godzin.

ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

Lp.	Przykładowe moduły:	Zadanie:	Możliwości:	Dyspozycyjność:
5.	Zwalczanie pożarów lasów z powietrza przy użyciu śmigłowców (<i>aerial fire fighting using helicopters</i>)	Pomoc w gaszeniu rozległych pożarów lasów i roślinności poprzez zwalczanie pożarów z powietrza.	Trzy śmigłowce, każdy o pojemności 1 000 litrów; zdolność do prowadzenia działań w sposób nieprzerwany.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie trzech godzin od przyjęcia oferty.
6.	Zwalczanie pożarów lasów z powietrza przy użyciu samolotów (<i>aerial fire fighting using planes</i>)	Pomoc w gaszeniu rozległych pożarów lasów i roślinności poprzez zwalczanie pożarów z powietrza.	Dwa samoloty, każdy o pojemności 3 000 litrów; zdolność do prowadzenia działań w sposób nieprzerwany.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie trzech godzin od przyjęcia oferty.
7.	Specjalistyczny punkt opieki medycznej (<i>advanced medical post</i>)	Wstępna selekcja pacjentów (tzw. triage) na miejscu katastrofy; stabilizacja stanu pacjenta i przygotowanie go do przewiezienia do najwłaściwszej placówki opieki medycznej, gdzie zostanie on poddany właściwemu leczeniu.	Przeprowadzenie triage'u co najmniej 20 pacjentów na godzinę; zespół służb medycznych, zdolny do ustabilizowania stanu 50 pacjentów w ciągu 24 godzin działania, pracując na dwie zmiany; dostęp do środków potrzebnych do leczenia 100 pacjentów z niewielkimi obrażeniami w ciągu 24 godzin.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; gotowość do podjęcia działań w ciągu godziny po przybyciu na miejsce zdarzenia.
8.	Specjalistyczny punkt opieki medycznej przeprowadzający zabiegi chirurgiczne (<i>advanced medical post with surgery</i>)	Wstępna selekcja pacjentów (tzw. triage) na miejscu katastrofy; przeprowadzanie zabiegów chirurgicznych zgodnie ze strategią »damage control«; stabilizacja stanu poszkodowanych i przygotowanie ich do przewiezienia do najwłaściwszej placówki opieki medycznej, gdzie zostaną poddani właściwemu leczeniu.	Przeprowadzenie triage'u co najmniej 20 pacjentów na godzinę; zespół służb medycznych, zdolny do ustabilizowania stanu 50 pacjentów w ciągu 24 godzin działania, pracując na dwie zmiany; zespół chirurgiczny zdolny do przeprowadzenia zabiegów chirurgicznych typu »damage control« na 12 pacjentach w ciągu 24 godzin działania, pracując na dwie zmiany; dostęp do środków potrzebnych do leczenia 100 pacjentów z niewielkimi obrażeniami w ciągu 24 godzin.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; gotowość do podjęcia działań w ciągu godziny po przybyciu na miejsce zdarzenia.
9.	Szpital polowy (<i>field hospital</i>)	Zapewnienie wstępnego i/lub kontrolnego leczenia urazów oraz opieki medycznej przy jednoczesnym przestrzeganiu uznanych międzynarodowych wytycznych dotyczących funkcjonowania zagranicznych szpitali polowych, takich jak wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia lub Czerwonego Krzyża.	10 łóżek dla pacjentów z ciężkimi urazami, z możliwością zwiększenia liczby łóżek.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie siedmiu dni od zgłoszenia zapotrzebowania na pomoc; gotowość do podjęcia działań w ciągu dwunastu godzin po przybyciu na miejsce zdarzenia; gotowość do prowadzenia działań przez co najmniej 15 dni.
10.	Powietrzna ewakuacja medyczna ofiar katastrof (<i>medical aerial evacuation of disasters victims</i>)	Przewiezienie ofiar katastrof do placówek opieki medycznej w celu poddania ich leczeniu.	Zdolność do przewiezienia 50 pacjentów w ciągu 24 godzin. – Zdolność do latania w dzień i w nocy.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty.

Lp.	Przykładowe moduły:	Zadanie:	Możliwości:	Dyspozycyjność:
11.	Prowizoryczne schronienie (<i>emergency temporary shelter</i>)	Zapewnienie prowizorycznego schronienia wraz z podstawowymi usługami, przede wszystkim w początkowej fazie katastrofy, w koordynacji z istniejącymi strukturami, władzami lokalnymi i organizacjami międzynarodowymi, do czasu przekazania odpowiedzialności władzom lokalnym lub organizacjom humanitarnym, w przypadku konieczności zapewnienia schronienia na dłuższy czas. — Jeśli ma dojść do przekazania odpowiedzialności, należy przeszkolić odpowiedni personel (lokalny i/lub międzynarodowy) przez zamknięciem modułu.	Miasteczko namiotowe wyposażone dla maksymalnie 250 osób.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty. — Zasadniczo misja powinna trwać nie dłużej niż 4 tygodnie bądź w razie potrzeby powinien rozpocząć się proces przekazania odpowiedzialności.
12.	Wykrywanie skażeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i jądrowych oraz pobieranie próbek (CBRN) (CBRN detection and sampling)	Przeprowadzenie/potwierdzenie oceny wstępnej, w tym: opis zagrożeń lub ryzyka, określenie obszaru skażonego, ocena lub potwierdzenie dotychczas podjętych środków ochrony; pobieranie próbek według zatwierdzonych metod; oznaczanie obszarów skażonych; prognozowanie rozwoju sytuacji, monitoring, dynamiczna ocena ryzyka, w tym formułowanie zaleceń dotyczących ostrzeżeń i innych działań; zapewnienie wsparcia dla działań natychmiastowego zmniejszania ryzyka.	Identyfikacja skażeń chemicznych i wykrywanie skażeń radiologicznych przy użyciu kombinacji urządzeń ręcznych, mobilnych i laboratoryjnych: zdolność do wykrywania promieniowania alfa, beta i gamma oraz powszechnie występujących izotopów, zdolność do identyfikacji powszechnie występujących toksycznych, przemysłowych substancji chemicznych i rozpoznanych chemicznych środków bojowych oraz – w miarę możliwości – do przeprowadzenia ich analizy ilościowej; zdolność do gromadzenia biologicznych, chemicznych i radiologicznych próbek, do właściwego obchodzenia się z nimi oraz do ich przygotowywania w celu poddania ich analizom przeprowadzanym w innym miejscu; zdolność do zastosowania odpowiedniego modelu naukowego do celów prognozowania zagrożeń oraz do potwierdzania modelu poprzez stały proces monitorowania; zapewnienie wsparcia dla działań natychmiastowego zmniejszania ryzyka: zapobieganie rozprzestrzenianiu się skażenia, likwidacja skażenia, zapewnienie technicznego wsparcia innym zespołom lub modułom.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty.
13.	Działania poszukiwawczo-ratownicze w warunkach skażenia chemicznego, biologicznego, radiologicznego lub jądrowego (search and rescue in CBRN conditions)	Specjalne akcje poszukiwawczo-ratownicze z użyciem ubiorów ochronnych.	Specjalne akcje poszukiwawczo-ratownicze z użyciem ubiorów ochronnych, zgodne z odpowiednimi wymogami dla modułów przeprowadzających miejskie akcje poszukiwawczo-ratownicze o średnim stopniu nasilenia i intensywne miejskie akcje poszukiwawczo-ratownicze. — Trzy osoby pracujące jednocześnie w obszarze skażonym. — Nieprzerwana interwencja przez 24 godziny.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty.

ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

Lp.	Przykładowe moduły:	Zadanie:	Możliwości:	Dyspozycyjność:
14.	Zwalczanie z ziemi pożarów lasów (<i>ground forest fire fighting</i>)	Pomoc w gaszeniu rozległych pożarów lasów i roślinności poprzez zwalczanie pożarów z ziemi.	Zasoby ludzkie wystarczające do prowadzenia działań w sposób nieprzerwany przez 7 dni; zdolność do prowadzenia działań na obszarach o ograniczonym dostępie; zdolność do montowania długich linii węży z pompami, o długości co najmniej 2 km, i/ lub nieprzerwanego utrzymywania linii obrony.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 6 godzin od przyjęcia, zdolność do nieprzerwanej pracy przez 7 dni.
15.	Zwalczanie z ziemi pożarów lasów przy użyciu pojazdów (<i>ground forest fire fighting using vehicles</i>)	Pomoc w gaszeniu rozległych pożarów lasów i roślinności przy użyciu pojazdów.	Zasoby ludzkie i pojazdy wystarczające do prowadzenia działań w sposób nieprzerwany zawsze przez co najmniej 20 strażaków.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 6 godzin od przyjęcia oferty; zdolność do nieprzerwanej pracy przez 7 dni; możliwość dotarcia drogą lądową lub morską. Dotarcie drogą powietrzną jest opcją stosowaną wyłącznie w uzasadnionych przypadkach.
16.	Zapobieganie rozprzestrzenianiu się powodzi (<i>flood containment</i>)	Wzmacnianie istniejących struktur i budowa nowych wałów zapobiegających dalszemu wylewaniu rzek, zbiorników wodnych i cieków wodnych, w których podnosi się poziom wód.	Zdolność do budowy zapory zatrzymującej wodę o wysokości co najmniej 0,8 metra przy użyciu: materiałów umożliwiających zbudowanie wału o długości 1 000 metrów, innych materiałów dostępnych na miejscu; zdolność do wzmocnienia istniejących wałów przeciwpowodziowych; zdolność do prowadzenia działań w co najmniej trzech miejscach równocześnie na terenie dostępnym dla samochodów ciężarowych; prowadzenie działań przez 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu; nadzór nad wałami i groblami oraz ich konserwacja; zdolność do współpracy z pracownikami lokalnymi.	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; możliwość dojazdu drogą lądową lub morską. Dotarcie drogą powietrzną jest opcją stosowaną wyłącznie w uzasadnionych przypadkach; gotowość do prowadzenia działań przez co najmniej 10 dni.
17.	Ratowanie ofiar powodzi przy użyciu łodzi (<i>flood rescue using boats</i>)	Prowadzenie poszukiwań i ratownictwo w wodzie oraz pomoc ludziom odciętym przez powódź zapewniana przy użyciu łodzi; działania ratujące życie oraz dostarczanie najbardziej niezbędnych rzeczy w zależności od potrzeb.	Zdolność do poszukiwania ludzi na obszarach miejskich i wiejskich; zdolność do ratowania ludzi z obszarów zalanych, w tym pierwsza pomoc przedmedyczna; zdolność do współpracy z ratownikami prowadzącymi poszukiwania z powietrza (przy użyciu śmigłowców i samolotów); zdolność do dostarczenia najbardziej niezbędnych rzeczy ludziom przebywającym na obszarach zalanych: transport lekarzy, leków itp., transport żywności i wody; moduł musi posiadać co najmniej 5 łodzi i możliwość transportu łącznie 50 osób poza personelem modułu; łodzie powinny być przystosowane do użytku w niskich temperaturach i być w stanie płynąć pod prąd o sile co najmniej 10 węzłów; prowadzenie działań przez 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu	Gotowość do wyjazdu w ciągu maksymalnie 12 godzin od przyjęcia oferty; dotarcie drogą lądową lub morską. Dotarcie drogą powietrzną jest opcją stosowaną wyłącznie w uzasadnionych przypadkach; gotowość do prowadzenia działań przez co najmniej 10 dni."

Źródło: Załącznik do Decyzji Komisji Europejskiej z dnia 29 lipca 2010 r. (2010/481/UE).

The Source: Annex to the Decision of the European Commission from 29 July 2010 (2010/481/EU).

Udział Polski w systemie modułów ochrony ludności UE

Na chwilę obecną Polska ma zarejestrowanych w systemie 5 modułów ochrony ludności. MIC zgłoszone są m.in. dwie grupy poszukiwawczo-ratownicze z Nowego Sącza i Gdańska: średnia (MUSAR) i ciężka (HUSAR). Ciężka grupa poszukiwawczo-ratownicza (GPR) Państwowej Straży Pożarnej otrzymała w 2009 r. certyfikat ONZ. Obecnie na świecie 22 grupy mają taki certyfikat, w momencie uzyskania go przez polskiego zespół było ich tylko 11. Polscy ratownicy działający w ramach unijnych modułów, cieszą się doskonałą opinią na świecie i niejednokrotnie udowodnili swój profesjonalizm w działaniach międzynarodowych (m.in. w Indonezji i na Haiti). Polska zgłosiła również moduły pomp wysokiej wydajności, które przeznaczone są m.in. do działań na terenach dotkniętych powodzią. Wszystko wskazuje na to, że podejście modułowe w UE będzie dalej rozwijanie, ze szczególnym uwzględnieniem interoperacyjności modułów. Dlatego też ważnym jest, aby zaangażowanie Polski w ten sposób organizowania pomocy było kontynuowane.

Tabela 2.

Udział Polski w systemie modułów

Table 2.

The participation of Poland in the modules' system

MODUŁY - informacja uzupełniająca /do wiadomości: obecnie Polska dysponuje następującymi modułami:

- 1 moduł średniej grupy poszukiwawczo-ratowniczej przeznaczonej do działań na terenach miejskich (MUSAR)
- 1 moduł ciężkiej grupy poszukiwawczo-ratowniczej przeznaczonej do działań na terenach miejskich (HUSAR)
 - 4 moduły pomp wysokiej wydajności (HCP),
 - 1 moduł wykrywanie skażeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i jądrowych oraz pobieranie próbek (CBRN),
 - 6 modułów gaszenie pożarów lasów z ziemi, z użyciem pojazdów.

z których w systemie CECIS zarejestrowane zostały:

- 1 moduł średniej grupy poszukiwawczo-ratowniczej przeznaczonej do działań na terenach miejskich (MUSAR)
- 1 moduł ciężkiej grupy poszukiwawczo-ratowniczej przeznaczonej do działań na terenach miejskich (HUSAR)
 - 2 moduły pomp wysokiej wydajności (HCP),
 - 1 moduł wykrywanie skażeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i jądrowych oraz pobieranie próbek (CBRN),
 - 3 moduły gaszenie pożarów lasów z ziemi, z użyciem pojazdów.

Źródło: Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej.
The source: the National Headquarters of the State Fire Service.

Obowiązki państwa przyjmującego pomoc

Na początku 2010 r. Komisja Europejska zainicjowała prace nad wytycznymi dot. wsparcia państwa -gospodarza (*Host Nation Support* - HNS) na forum grupy eksperckiej ds. modułów ochrony ludności w ramach Komitetu ds. Mechanizmu Wspólnotowego. W drugiej połowie 2010 r., kiedy przewodnictwo w Radzie Unii Europejskiej sprawowała Belgia, HNS stał się kwestią priorytetową w ramach grupy roboczej ds. ochrony ludności PROCIV. Na bazie wniosków opracowanych m.in. w toku prac ww. grupy roboczej oraz podczas zorganizowanych przez prezydencję belgijską warsztatów, powstał Projekt konkluzji Rady UE w sprawie wsparcia ze strony kraju-gospodarza – przyjęcie (dok. 15874/10). Projekt przyjęty został w grudniu 2011 r. przez Radę ds. Wymiaru Sprawiedliwości i Spraw Wewnętrznych (gremium koordynujące współpracę w obszarze Wymiaru Sprawiedliwości i Spraw Wewnętrznych z udziałem ministrów właściwych ww. obszarów).¹

Zgodnie z zapisem ww. Konkluzji pod pojęciem „wsparcia za strony kraju-gospodarza” rozumiane są: „wszelkie działania podejmowane w fazie przygotowawczej oraz w ramach zarządzania możliwościami reagowania w przypadku katastrof przez kraj uczestniczący we wspólnotowym mechanizmie ochrony ludności, otrzymujący pomoc lub udzielający pomocy, lub przez Komisję, mające na celu usunięcie możliwie jak największej liczby przewidywalnych przeszkód w świadczeniu pomocy międzynarodowej, aby zapewnić jak najlepszą realizację operacji reagowania w przypadku katastrof. Obejmuje również wsparcie, którego kraje uczestniczące mogą udzielać, aby ułatwić przepływ pomocy międzynarodowej drogą lądową, morską lub powietrzną przez swoje terytorium.”

Ułatwienie przyjmowania pomocy w Unii Europejskiej jest podstawą zwiększenia skuteczności mechanizmu i jednocześnie ogólnej solidarności. Aktualne wymogi oraz ich proceduralna i praktyczna realizacja mogą stanowić barierę dla szybkiego i sprawnego przepływu pomocy nadzwyczajnej w Unii Europejskiej i z państw trzecich. Należą do nich:

- a. wymogi prawne i administracyjne (np. uznawanie kwalifikacji zawodowych, zezwolenie na wykonywanie czynności medycznych, regulacje na przejściach granicznych);
- b. kwestie odpowiedzialności;
- c. trudności logistyczne związane z transportem lub przechowywaniem pomocy rzeczowej.

Zapisy konkluzji zawierają wytyczne zarówno dla państw członkowskich, jak i Komisji Euro-

¹ Wcześniej konkluzje przyjęte zostały na posiedzeniu grupy roboczej ds. ochrony ludności PROCIV w dniu 19 listopada br., a następnie przez COREPER II w dniu 24 listopada br.

pejskiej, których wdrożenie ma w efekcie ułatwić świadczenie pomocy międzynarodowej.

Spśród zaleceń skierowanych do państw członkowskich wymienić można m.in.:

- a. włączenie aspektów wsparcia ze strony kraju-gospodarza do planowania na wypadek wystąpienia sytuacji nadzwyczajnej, głównie w fazie gotowości, na szczeblu krajowym, regionalnym lub lokalnym;
- b. dokonanie niezbędnych dostosowań w obecnych strukturach organizacyjnych, aby otrzymywać pomoc lub ułatwiać przepływ pomocy, uwzględniając zasoby i infrastrukturę potrzebne na szczeblu lokalnym do osiągnięcia tego celu, a w szczególności;
- c. aktywnie uczestniczenie w pracach organizowanych przez Komisję z myślą o przygotowaniu wytycznych w sprawie wsparcia ze strony kraju-gospodarza.

Jeśli chodzi o zalecenia skierowane do Komisji Europejskiej, najważniejsze z nich to:

- a. opracowanie do końca 2011 roku we współpracy z państwami członkowskimi wytycznych w sprawie wsparcia ze strony kraju-gospodarza, w tym listy kontrolnej koordynacji pomocy przychodzącej i glosariusz wspólnej terminologii, oraz określenie odpowiednich środków wsparcia państw członkowskich w zakresie stosowania tych wytycznych i wymiany najlepszych praktyk /wytyczne zostały opracowane i aktualnie są konsultowane wewnątrz KE celem ich zatwierdzenia/;
- b. ocena, czy operacje w zakresie sytuacji nadzwyczajnych są w wystarczającym stopniu uwzględnione w obowiązuje prawodawstwie UE (np. w prawodawstwie dotyczącym rynku wewnętrznego, uznawania kwalifikacji zawodowych), oraz rozważenie zastosowania pewnych wyjątków od niektórych zobowiązań w ramach ogólnego celu, jakim jest ułatwienie świadczenia pomocy międzynarodowej podczas sytuacji nadzwyczajnych lub w przypadku bezpośredniej groźby ich wystąpienia.

Zgodnie z zapisami konkluzji państwa członkowskie oraz Komisja Europejska zobowiązane zostały do opracowania wytycznych dot. wsparcia kraju-gospodarza (Civil 18/5/1).

Początkowo prace nad wytycznymi odbywały się w podgrupach roboczych ds. HNS, jednakże w celu przyspieszenia procesu tworzenia dokumentu, ustanowiono jedną mniejszą grupę, która składała się z ekspertów z Austrii, Belgii, Włoch, Niemiec, Holandii i Norwegii. Podczas spotkań 16-17 maja oraz 15-16 września 2011 r. zakończył się proces tworzenia projektu wytycznych wraz z aneksami.²

² Następnie zapisy uwzględnione w projekcie wytycznych były omawiane pod koniec września podczas spotkania

Dokument wskazuje wciąż istniejące bariery, które utrudniają swobodny przepływ pomocy międzynarodowej, a także proponuje zapisy, które ułatwiają jej wysłanie, tranzyt oraz odbiór. Jego treść podzielona została na cztery bloki tematyczne, co jest zgodne z ustaleniami dokonanymi podczas warsztatów poświęconych zagadnieniu wsparcia kraju-gospodarza podczas prezydentury belgijskiej. Projekt wytycznych opiera się zatem na następującym podziale:

- a. planowanie na wypadek katastrof;
- b. zarządzanie kryzysowe oraz koordynacja w terenie;
- c. transport i logistyka;
- d. aspekty prawne i finansowe.

Ponadto wytyczne zawierają procedury dotyczące wymiany informacji pomiędzy państwem wysyłającym, tranzytowym, otrzymującym a MIC. Z uwagi na fakt, że precyzyjny opis koniecznej pomocy jest niezwykle ważny dla uzyskania jej w odpowiednim czasie, do wytycznych dołączono dziesięć aneksów, które zawierają standardowe formularze związane z wysyłaniem i otrzymywaniem pomocy. Ponadto znajdują się w nich również rozwiązania dotyczące odpowiedzialności prawnej i finansowej.

Zgodnie z zapisami zawartymi w projekcie dokumentu, kraj-gospodarz jest odpowiedzialny m.in. za zapewnienie bezpieczeństwa personelu przybywającego udzielić pomocy organizację, środków transportu, sprzętu i dóbr użytych w związku z udzielanym wsparciem. Środki bezpieczeństwa powinny również zostać podjęte przez moduły w porozumieniu z krajem-gospodarzem.

Wytyczne nie mają wiążącego charakteru. Mając jednak na uwadze, że ich celem jest wspomaganie państw dotkniętych katastrofami w skutecznym wykorzystaniu międzynarodowej pomocy, zaleca się zarówno wdrożenie ich zapisów do krajowych systemów zarządzania kryzysowego, jak i ich wykorzystywanie.³

Wybrane formy współpracy na gruncie Unii Europejskiej w obszarze ochrony ludności

Od kilku lat obserwujemy wzrost znaczenia kwestii ochrony ludności w Unii Europejskiej, a dyskusje nad kształtem ochrony ludności w UE toczą się

grupy ekspertów ds. modułów ochrony ludności. Państwa uczestniczące wyraziły pozytywną opinię co do kształtu i jakości projektu, przedstawiono jednakże uwagi, które były dyskutowane podczas posiedzenia Komitetu Ochrony Ludności na początku listopada br.

³ W rozdziale wykorzystano informacje zawarte w Instrukcji dla Przedstawiciela Polski na 18. spotkanie Komitetu Ochrony Ludności (*Civil Protection Committee*), które odbyło się w dniach 9 – 10 listopada 2011 r. w Brukseli.

na różnych gremiach. Dzięki kontaktom roboczym eksperci poznają także rozwiązania instytucjonalne stosowane w poszczególnych państwach UE.

Grupa robocza Rady Unii Europejskiej ds. Ochrony Ludności (*the Working Party on Civil Protection* – E.21 PROCIV)⁴

W skład grupy wchodzi eksperci z zakresu ochrony ludności ze wszystkich państw członkowskich UE. Zadaniem grupy jest wypracowanie propozycji konkretnych rozwiązań zmierzających do usprawnienia współpracy w obszarze ochrony ludności. Współpraca w ramach grupy polega również na wymianie doświadczeń z sytuacji nadzwyczajnych oraz wniosków z prowadzonych ćwiczeń. Na forum grupy wypracowywane są dokumenty strategiczne (akty prawne, konkluzje, wytyczne), które po uzyskaniu akceptacji Komitetu Stałych Przedstawicieli (COREPER) kierowane są następnie do właściwej rady sektorowej (Rada ds. Sprawiedliwości i Spraw Wewnętrznych). Priorytety prac grupy roboczej PROCIV są określane przez państwo sprawujące aktualnie przewodnictwo w Radzie UE. W spotkaniach ww. grupy roboczej aktualnie udział biorą przedstawiciele KG PSP. Jest to związane ze zmianą instytucji wiodącej jaka nastąpiła w marcu 2010 r. (poprzednio instytucją wiodącą w pracach grupy było Rządowe Centrum Bezpieczeństwa).

Komitet Ochrony Ludności (*the Civil Protection Committee* – CPC)

CPC funkcjonuje od 2007 r. Zadania przejął od Komitetu ds. Programu Działania OL i Mechanizmu Wspólnotowego. Do jego zadań należy analiza i opiniowanie dla KE dokumentów programowych i finansowych, związanych z ochroną ludności w UE. Na początku każdego roku CPC rekomenduje Komisji plan działań na dany rok. Środki na realizację pochodzą z Instrumentu Finansowego Ochrony Ludności na lata 2007-2013.

Grupa ekspercka ds. modułów ochrony ludności w ramach Komitetu ds. Mechanizmu Wspólnotowego

Grupa funkcjonuje od września 2005 r. Powołana jako grupa ekspercka w ramach ww. Komitetu ds. Mechanizmu Wspólnotowego. Do zadań grupy należy wypracowanie procedur w zakresie modułów ochrony ludności możliwych do wykorzystania podczas międzynarodowych akcji ratowniczych oraz wymiana doświadczeń dotyczących funkcjonowania dotychczasowych instrumentów i wypracowanie rozwiązań na przyszłość. Poprzez grupę ekspercką ds. modułów, Komisja zainicjowała tworzenie wy-

tycznych opisujących zadania państwa przyjmującego pomoc (tzw. wsparcie kraju-gospodarza).

Spotkania wszystkich zainteresowanych (tzw. *stakeholders meeting*)

Spotkania wszystkich zainteresowanych stron są organizowane przez Komisję Europejską w celu wymiany doświadczeń, opinii oraz konsultacji proponowanych przez KE rozwiązań dotyczących ochrony ludności. Uczestniczą w nich przedstawiciele państw członkowskich, organizacji pozarządowych oraz instytucji naukowych.

Zakończenie

Ochrona ludności jest obszarem łączącym wysiłki różnorodnych podmiotów i instytucji, w celu uzyskania efektu synergii i integracji zasobów, tak aby w jak najefektywniejszy sposób reagować na zagrożenia i minimalizować skutki ich wystąpienia.

Po ponad dziesięciu latach funkcjonowania Wspólnotowego Mechanizmu Ochrony Ludności zbliża się czas jego dopasowania do nowych wymogów formalnych stworzonych przez Traktat z Lizbony, powołujący do życia nowe instytucje (np. Europejską Służbę Działań Zewnętrznych – ESDZ), których zadania powinny być skorelowane z funkcjonującym obecnie systemem ochrony ludności. Celem takiego dopasowania powinno być precyzyjne określenie roli wszystkich „aktorów” europejskiego systemu bezpieczeństwa wewnętrznego oraz określenie zasad ich wzajemnego współdziałania.

Należy również określić miejsce i rolę europejskiej ochrony ludności w praktycznej realizacji Klauzuli Solidarności. Zgodnie z art. 222 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) czynnikami warunkującymi solidarne działania Wspólnoty jest wystąpienie zdarzenia terrorystycznego lub zagrożeń naturalnych lub wywołanych przez człowieka.

Biorąc pod uwagę pozytywną ocenę dziesięcioletniego funkcjonowania Mechanizmu wyrażaną zarówno przez instytucje unijne oraz przede wszystkim przez państwa w nim uczestniczące, zasadne jest, aby w pracach dotyczących nowych rozwiązań z zakresu ochrony ludności kierować się zasadą pierwszeństwa odpowiedzialności państw za ochronę swoich obywateli i uwzględniać wspierającą rolę Unii Europejskiej w tym obszarze.

Literatura:

1. Traktat z Lizbony zmieniający Traktat o Unii Europejskiej i Traktat ustanawiający Wspólnotę Europejską.
2. Decyzja Rady UE z dnia 23 października 2001 r. ustanawiająca mechanizm wspólnotowy ułatwiający wzmocnioną współpracę w interwencjach

⁴ Grupa funkcjonuje w Przestrzeni Wolności, Bezpieczeństwa i Sprawiedliwości (dawny III filar oraz I filar UE).

wspierających ochronę ludności (2001/792/WE, Euratom).

3. Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 29 grudnia 2003 r. ustanawiająca zasady wdrażania decyzji Rady 2001/792/WE, Euratom ustanawiającej mechanizm wspólnotowy ułatwiający wzmocnioną współpracę w interwencjach wspierających ochronę ludności (2004/277/WE, Euratom).
4. Decyzja Rady UE z dnia 5 marca 2007 r. ustanawiająca Instrument Finansowy Ochrony Ludności (2007/162/WE, Euratom).
5. Decyzja Komisji z dnia 8 sierpnia 2007 r. ustanawiająca zasady wdrażania przepisów dotyczących transportu z decyzji Rady 2007/162/WE, Euratom ustanawiającej instrument finansowy ochrony ludności.
6. Decyzja Rady UE z dnia 8 listopada 2007 r. ustanawiająca wspólnotowy mechanizm ochrony ludności (przekształcenie) (2007/779/WE, Euratom).
7. Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 29 lipca 2010 r. 2010/481/UE, Euratom zmieniająca decyzję Komisji Europejskiej 2004/277/WE, Euratom w odniesieniu do zasad wykonania decyzji Rady UE 2007/779/WE, Euratom ustanawiającej Wspólnotowy Mechanizm Ochrony Ludności.
8. Projekt konkluzji Rady UE w sprawie wsparcia ze strony kraju-gospodarza – Przyjęcie (dok. 15874/10) oraz wytyczne Komisji Europejskiej dot. ww. kwestii (Civil 18/5/1).

mgr Sławomir Górski

Socjolog. Absolwent Uniwersytetu Warszawskiego (1995), Krajowej Szkoły Administracji Publicznej (1999) oraz George C. Marshall European Center for Security Studies (2004, 2007). Urzędnik Służby Cywilnej od ponad dziesięciu lat zajmujący się problematyką bezpieczeństwa wewnętrznego. Bierze udział w pracach grupy roboczej ds. ochrony ludności PROCIV.

mgr Marta Clapka

Absolwentka Uniwersytetu Łódzkiego – kierunek stosunki międzynarodowe (2005). Stażystka w Dyrekcji Generalnej ds. sprawiedliwości, wolności i bezpieczeństwa w Komisji Europejskiej w Brukseli (2009). Aktualnie jest pracownikiem Departamentu Unii Europejskiej i Współpracy Międzynarodowej MSW. Zajmuje się koordynacją kwestii związanych z unijnymi aspektami ochrony ludności oraz walki z terroryzmem (w ramach MSW). Jest przedstawicielem w grupie roboczej ds. ochrony ludności PROCIV z ramienia MSW.

Recenzenci

dr eng. Sylvia Pratzler-Wanczura

dr inż. Eugeniusz W. Roguski

dr inż. **Zbigniew CIEKANOWSKI**
Wyższa Szkoła Społeczno-Ekonomiczna
w Warszawie
Akademia Obrony Narodowej

POZAPŁACOWE FORMY POBUDZANIA MOTYWACJI

Non – financial forms of incentives

Streszczenie

W artykule pod tytułem „Pozapłacowe formy pobudzania motywacji” na wstępie przedstawiono wybrane metody w pozapłacowym pobudzaniu motywacji wśród pracowników, które niekiedy są ważniejsze niż motywowanie finansowe. W pierwszej części przedstawiono w jaki sposób można zmotywować pracownika używając do tego niematerialnych form. Do najważniejszych form pozapłacowych motywacji należą: awans, pochwała, poszerzenie zakresu samodzielności, przydzielanie bardziej ambitnych i odpowiedzialnych zadań oraz dobre relacje na płaszczyźnie pracownik- kierownik. Skuteczność motywacji pozapłacowej zależy od tego, w jakim stopniu zaspokaja ona potrzeby odczuwane przez pracowników. Natomiast rola dobrego menedżera powinna polegać na umiejętnym wykorzystaniu zarówno środków materialnych, jak i niematerialnych do zachęcania pracowników do efektywniejszej pracy. W drugiej części przedstawiono jak istotne znaczenie ma właściwa organizacja pracy, której celem jest stworzenie takich warunków do realizacji zadań, aby w określonym czasie i na określonym poziomie, przy wykorzystaniu potencjału ludzkiego, przy jak najmniejszych nakładach pracy i środków rzeczowych, realizacja zadania była możliwa. Istota organizacji pracy powoduje to, że daje menedżerowi możliwość takiego jej wykorzystania, aby zafunkcjonowała jako wszechstronna, a jednocześnie względnie tania forma motywowania ludzi do pracy, pozwalająca jednocześnie na faktyczny udział pracowników w zarządzaniu swoją pracą. Zapewnienie pracownikom możliwości rozwoju, podnoszenia kwalifikacji, orientacji w problemach jednostki organizacyjnej, w której pracują, odpowiedzialności, wyrażającej się dążeniem do samodzielności, szacunku i uznania, pobudza ludzi do bardziej efektywnego realizowania zadań zleconych im do wykonania w procesie pracy. Dla motywacyjnego charakteru organizacji pracy ogromne znaczenie ma partnerstwo w zespole, oznacza to, że kierownik staje się równorzędnym członkiem zespołu, wyróżnia go jedynie funkcja reprezentowania zespołu na zewnątrz. Sprzyja to poprawie jakości wypracowanych decyzji i wprowadzenia ich w życie.

Summary

At the beginning of the article “Non –financial forms of incentives” were presented the selected methods concerning non financial incentives. These methods are sometimes more important than financial ones. In the first part were presented the ways to motivate an employee with the use of non – financial methods. Among the most important are promotion, commendation, allocation of more ambitious and responsible tasks, and good relationship between a manager and an employee. The effectiveness of non – financial incentives depends on as to what extent they meet the employees’ needs. However, a good manager should in a skillful way take advantage of both financial and non – financial incentives to encourage employees to work more efficiently. In the second part was presented the significant role of a proper management which is the key to the preparation such conditions which enable to perform tasks in due time and at appropriate level with the use of human potential and small amount of work and materials. The point of a good work management is that it gives a manager the possibility to use it as a versatile and at the same time cheap work incentive method which allows managers to engage their employees in the management of their work.

The provision of development possibilities, qualification improvement, insight in the current situation of the company, responsibility which manifests itself in the workers’ independence and respect and esteem stimulates people to more efficient task performance. Good relations in a team play an enormous role in incentive work management which means that a manager becomes an equal partner in a team and only his representative function differs him from the others. This leads to the increase in the quality of elaborated decisions and facilitates putting them into operation.

Słowa kluczowe: motywacja, pozapłacowa motywacja relacje kierownik-pracownik;

Keywords: motivation, Non – financial forms of incentives, relation between manager and employee;

Wstęp

Pieniądze nie są, rzecz jasna, jedyną istniejącą formą nagradzania pracowników za ich zaangażowanie w wykonywaną pracę. Trudno jest zmotywować człowieka do większego wysiłku stosując tylko motywację w postaci płacy, a jest to spowodowane kilkoma istotnymi czynnikami¹:

- a. pracownicy niekiedy nie wierzą, iż przełożeni utrzymają w perspektywie długoterminowej lepsze płace za wykonywanie lepszej pracy;
- b. uważają, iż musieliby poświęcić inne cenne przez nich potrzeby (np. bezpieczeństwo czy przynależność), aby móc osiągnąć dodatkowe wynagrodzenie;
- c. pracownicy nie cenią dodatkowego wynagrodzenia w taki sposób, jak doceniają inne potrzeby;
- d. nie dostrzegają oni również, iż istnieją bezpośrednie związki pomiędzy wkładanym indywidualnym wysiłkiem, a wzrostem wysokości otrzymywanego wynagrodzenia.

Znane są inne rodzaje wynagrodzenia, które mają dla pracowników większe znaczenie niż pieniądze, choć ludzie zapytani: co najbardziej w życiu cenią, przeważnie udzielają odpowiedzi, iż są to pieniądze – jest to spowodowane głównie dość mocno ugruntowanym poglądem, iż posiadając pieniądze można bez problemów nabyć większość rzeczy na tym świecie. Ci sami ludzie pytani jednak o to, co dla nich osobiście ma największe znaczenie, odpowiadają, że zdrowie, poczucie bezpieczeństwa, życie w pokoju i spokoju, natomiast pieniądze umieszczają na dalszej pozycji. Dlatego też, jeżeli nawet wykazują duże zainteresowanie wysokością swoich zarobków (w końcu zdecydowana większość ludzi pracuje po to, by pieniądze zarabiać), to i tak ich podniesienie nie spowoduje na tyle dużej motywacji, aby efektywność ich pracy wzrosła znacząco. Nie jest znana żadna naukowa podstawa do tego by stwierdzić, iż jednostka będzie lepiej pracowała, jeśli zostanie lepiej opłacona (np. jeżeli zwiększymy zarobki pracownika o 30%, to bezzasadnym jest oczekiwanie, iż efektywność wykonywanej przez niego pracy również wzrośnie o tą wartość). Ludzie, którzy doskonale wykonują swoją pracę, a przy tym są za nią dobrze wynagradzani, przeważnie są zadowoleni ze swoich zarobków, ale często wskazują również na fakt, iż większą satysfakcję sprawia im samo wykonywanie tej pracy, stanowi ona bowiem realizację tego, co w życiu chcą robić i nie pracują tak naprawdę dla pieniędzy.²

Pieniędźmi przeważnie kupuje się motywację, ale jej kształtowanie wymaga ponadto wytworzenia takiej sytuacji w pracy, takich okoliczności jej

wykonywania, aby wydobyć z ludzi ich naturalną skłonność do dobrej roboty, a następnie rozwinąć ją i utrwalić. Wynika z tego, iż umiejętnie stosowana polityka płacowa, stanowi jedno z najbardziej efektywnych narzędzi służących do motywowania, ale bez wsparcie ze strony innych komplementarnych motywatorów, może okazać się mało skuteczna.

Jako przykłady takich motywatorów można podać: wyrażenie uznania, pochwałę, przydzielenie trudniejszych zadań, poszerzenie zakresu odpowiedzialności i samodzielności, a także zasięganie opinii i konsultowanie decyzji oraz kulturalne traktowanie. Istotnymi motywatorami są również dobre relacje łączące przełożonego z podwładnym, jeżeli bowiem stosunki te są złe, jeśli brakuje wzajemnego porozumienia i zrozumienia, to w zmotywowaniu pracownika nie pomoże nawet wysokie wynagrodzenie. „Jeżeli grupa – stwierdza A. Sajkiewicz - ma negatywne nastawienie do kierownictwa, uważa pracowników wydajnych za postępujących niewłaściwie, nie stara się pracować na najwyższym poziomie, wówczas żadne narzędzia motywowania do efektywnej pracy nie będą skuteczne”

Dlatego też menedżer, który właściwie chce sprawować swoją funkcję, nie może ograniczać się jedynie do kupowania motywacji, lecz powinien nad nią pracować, kształtować ją i pobudzać, tworząc przy tym warunki dla rozwoju stosunków kooperacji i partnerstwa, w których ludzie chętnie pracować będą dla organizacji, mając oczywiście na względzie dobro własne. Winien on korzystać z szerokiego wachlarza bodźców, dobierając je w taki sposób, aby stosowanie jednego nie hamowało innego, lecz aby między tymi bodźcami dochodziło do współdziałania. Powinno dążyć się do zestawiania bodźców materialnych i moralnych, dlatego, że poczucie własnej godności i ważności stanowi dla pracownika uzupełnienie a nie namiastkę wynagrodzenia i premii zależnych od kierownictwa.

1. Niematerialne formy motywowania

Kierujące ludźmi motywacje trzeba zrozumieć, ponieważ jak wynika z obserwacji codziennego życia, każde zachowanie człowieka jest czymś zmotywowane. W sytuacji, gdy na człowieka nie działa żaden motywujący go bodziec, który ukierunkowałby jego postępowanie, to będzie zmierzał on w innym kierunku, gdyż przewagę weźmie inna motywacja jego postępowania. Problem polega bowiem na tym, iż jednostki, które nie są motywowane przez innych, zaczynają motywować się same, a to może oznaczać, iż zaczną jako pracownicy realizować cele zupełnie odmienne od tych, które przyświecają organizacji. Strategia motywowania polega zatem na stworzeniu takich pozytywnych warunków, w których naturalny proces motywacji będzie ukierunkowany na stopniowe, ale konsekwentne unifikowanie

¹ Gierzkowska G., Romanowska M., Analiza strategiczna przedsiębiorstwa, PWE, Warszawa 1997, s. 45

² Hofstede G., Kultura i organizacja, PWE, Warszawa 2000, s. 67

wanie się celów pracownika i organizacji, w której on pracuje.

Pieniądze nie stanowią jedynego sposobu nagradzania pracowników, można nawet stwierdzić, iż w procesie motywowania coraz częściej bodźce niematerialne nabierają większego znaczenia. Zachęcają one do efektywniejszej pracy w dwojaki sposób³:

- a. po pierwsze jako elementy towarzyszące bodźcom materialnym, a jednocześnie podkreślające w sposób dobitny ocenę wykonywanej pracy przez przełożonego (np. wyrażenie pochwały, ale też i nagany);
- b. po drugie jako bodźce autonomiczne, niezależne, które są stosowane z pominięciem bodźców materialnych, ale zdarza się, że z nimi współdziałają.

Za najważniejsze pozapłacowe formy pobudzania motywacji są uważane: pochwała, awans, poszerzenie zakresu odpowiedzialności i samodzielności, przydzielanie bardziej ambitnych zadań, odpowiednie traktowanie pracowników oraz dobre relacje pomiędzy podwładnymi i kierownikami. Zastosowanie tych motywatorów jest skomplikowane, a osiągnięte dzięki nim efekty są dostrzegalne dopiero po pewnym czasie.

Ważnym formą niematerialnego motywowania jest prowadzenie odpowiedniej polityki awansowej. Dla osoby, która została przesunięta w hierarchii organizacji na wyższe stanowisko, stanowi to niewątpliwą zachętę do dalszej wyteźonej pracy, ponadto daje tej osobie przekonanie o własnej wartości, dzięki czemu podnosi jej samoocenę. Sprawiedliwy awans wpływa pozytywnie nie tylko na samego awansowanego, ale również na jego podwładnych i współpracowników, którzy widzą, iż dobra praca się opłaca. W przypadku natomiast, gdy awans jest niesprawiedliwy powoduje on obniżenie morale pracowników, osłabia więzi w grupie pracowniczej, a także prowadzi do frustracji i chęci zmiany miejsca pracy, szczególnie wśród tych pracowników, którzy czują, że to im ten awans się należał. Dlatego też polityka awansowania musi opierać się na jasnych zasadach, zapewniających jednakowe możliwości osiągnięcia wyższego stanowiska przez wszystkich pracowników, którzy są kreatywni, zdolni i osiągają dobre wyniki w realizowanych zadaniach dla organizacji. Najgorszą rzeczą jest to, gdy o awansie decydują układy i dobre stosunki z przełożonymi.⁴

Kolejnym elementem niematerialnego motywowania jest poszerzanie procesu partycypacji pracowników, co oznacza, że ludzie mogą być motywowani, jeżeli wiedzą, iż oczekuje się od nich większej odpowiedzialności za wykonywaną pracę. Jest to osiągnięte przede wszystkim poprzez delegowanie

uprawnień, bowiem poszczególne osoby są wówczas motywowane, kiedy otrzymują środki do realizowania swoich celów. Aktywny udział pracowników przy kształtowaniu i wdrażaniu projektów, a także podejmowaniu decyzji w organizacji ma znaczenie nie do przecenienia w procesie pozapłacowego motywowania. Potencjał ludzki firmy, jest obecnie traktowany jako jej największy zasób, dlatego też aktywne jego uruchomienie i zmotywowanie do realizacji celów organizacji, jest celem bardzo istotny z punktu widzenia zarządzania (ludzie, którzy rozumieją dlaczego coś robią, często robią to zdecydowanie lepiej).

Na wyróżnienie zasługują cztery powody, dla których warto zwiększyć partycypację pracowników⁵:

- a. umożliwia i warunkuje ona rzeczywiste uspołecznienie środków produkcji oraz zapobiega izolacji pracowników;
- b. stanowi ona mocne narzędzie motywowania ludzi do efektywniejszej pracy poprzez integrację interesów osobistych, zespołowych i społecznych, a także wytwarza motywację zewnętrzną i wewnętrzną pozwalając na realizację potrzeb związanych z samorealizacją i chęcią wykonywania bardziej odpowiedzialnych zadań;
- c. stanowi ważny element demokratyzacji całości życia społeczno-politycznego;
- d. wpływa pozytywnie na trafność podejmowanych decyzji i umożliwia ich lepszą realizację.

Odpowiednia kontrola pracy jest procesem, który zapewnia przełożonemu możliwość weryfikacji, czy realizowane zadania przez jego podwładnych są odzwierciedleniem planów organizacji. Jest on bardzo ważnym elementem w kierowaniu pracownikami i ich zachowaniami. Nie może kontrolować pracowników zbyt często i zbyt drastycznie, ponieważ prowadzi to do utraty przez nich wiary we własne umiejętności, obniżenia ich kreatywności i poczucia swobody. Z kolei zbyt rzadkie kontrolowanie lub jego całkowity brak powoduje utratę panowania nad działalnością organizacji i realizowanymi przez nią zadaniami.

Właściwy dobór systemu kontroli zachęca pracowników do efektywnej pracy, gdyż pozwala im uzyskanie poczucia swojej samodzielności i odpowiedzialności za uzyskiwane wyniki. Kontrola przeprowadzona w sposób właściwy powinna koncentrować się tylko na głównych czynnościach, pozostawiając miejsce na dokonywanie samokontroli. Powinna także podkreślać zarówno nieprawidłowości jak i rzeczy realizowane właściwie, służąc raczej osobie kontrolowanej niż kontrolującej, naprowadzając ją na prawidłową realizację zadań i jed-

³ Lanz L., Zatrudnianie i zarządzanie personelem, PWN, Warszawa 1995, s. 78

⁴ Kieżun W., Sprawne zarządzanie organizacją, Oficyna Wydawnicza AGH, Warszawa 1997, s. 45

⁵ Kuc B., Zarządzanie doskonałe, Wyd. Menedżerskie PTM, Warszawa 2008, s.267

nocześnie pomagając rozwiązywać pojawiające się problemy.

Udoskonalony system komunikacji stanowi kolejny bodziec niematerialnej motywacji. Obecnie przełożeni powinni działać w taki sposób, aby zapewnić sobie taki kontakt z podwładnymi, który zapewni im ich przychylność i posłuży jako zachęta do współpracy. Problemy w kontaktach interpersonalnych z drugim człowiekiem nie są w organizacjach czymś odosobnionym. Brak zrozumienia mechanizmów towarzyszących kontaktom międzyludzkim, jest powodem występujących wielokrotnie nieporozumień i budowaniu muru niezrozumienia pomiędzy przełożonym i podwładnym. Ludzie nie są zwolennikami kierowników, którzy przy każdej okazji podkreślają swoją wyższość, niewiele z nimi rozmawiają a na dodatek podejmują decyzje jednoosobowo.

Motywowanie przez komunikację ma przede wszystkim na celu⁶:

- stworzenie warunków zachęcających pracowników do wyrażania swoich poglądów, przedstawiania swoich pomysłów itp.;

- wnikliwie wysłuchanie podwładnych;
- natychmiastowe usuwanie barier komunikacyjnych.

Dobra komunikacja w organizacji prowadzi do sytuacji, w której pracownicy czują, że są doceniani, a ich pomysły nie są dla przełożonych obojętne (tabela nr 1).

Pozytywna sytuacja w pracy, jest kolejną formą motywacji pozapłacowej i pełni bardzo ważną rolę, poprzez mocne wpływając na postawy prezentowane przez pracowników, ich stosunek do powierzonych obowiązków, a także na ich kreatywność. Dobre warunki pracy stanowią uzupełnienie motywacji płacowej i powinny zapewniać możliwość samorealizacji przez pracowników.

Chęć i potrzeba nawiązywania nowych kontaktów powoduje, iż praca w odpowiednim zespole, w którym panują dobre stosunki międzyludzkie, w odpowiednim klimacie stworzonym przez kierownictwo firmy, ma dla personelu duże znaczenie. Ich wydajność na pewno będzie większa w sytuacji,

Tabela 1.

Znaczenie dobrej komunikacji

Table 1.

Importance of good communication

Autorytarny przełożony (Authoritarian Boss)	Kooperatywny przełożony (Cooperating Boss)
- Decyduje według własnego uznania; kogo, kiedy i o czym informować. - Informuje żywiołowo, kiedy chce i ukrywa informacje przed pracownikami. - Uważa, że informacje udzielone pracownikom są wyróżnieniem.	- Nie wymaga przedstawiania wszystkich informacji, ustala: kiedy, kto i o czym ma być informowany. - Podaje pracownikom informacje potrzebne do wykonania zadania. - Przyjmuje informacje i pomysły pracowników.
Jego współpracownicy (his colleagues)	Jego współpracownicy (his colleagues)
- Plotkują i czują się niepewnie. - Są nieufni wobec przełożonego. - Rywalizują ze sobą i myślą o własnych interesach.	- Unikają plotek i czują się pewnie. - Są samodzielni i cieszą się swoim poczuciem odpowiedzialności. - Mają zaufanie do przełożonego, są wobec niego szczerzy, nie obawiają się informować go o wszystkim.

Skutek – niewłaściwe postawy pracowników (The result – inadequate attitude of the staff)	Skutek – właściwe postawy pracowników (The result – an appropriate attitude of the staff)
- Przekazują przełożonym informacje nierzeczowe, niepewne lub nawet fałszywe. - Zachowują dla siebie ważne informacje, aby imponować kolegom lub „podlizywać się” szefowi. - Postępują egoistycznie. - Traktują podobnie jak szef swoich podwładnych na niższym szczeblu. - Słuchają nieformalnych informacji.	- Informują przełożonych rzeczowo, właściwie i wyczerpująco. - Wnoszą własne propozycje. - Chętnie przekazują informacje podległym im pracownikom. - Nieformalne źródła informacji tracą znaczenie i nie mają żadnego wpływu.
Wynik – zły klimat w przedsiębiorstwie i niska wydajność pracy (Result - bad atmosphere in the enterprise and low productivity)	Wynik – dobry klimat w przedsiębiorstwie i wysoka wydajność pracy (Result - good atmosphere in the enterprise and high productivity)

Źródło: Kuc B., Zarządzanie doskonałe, Wyd. Menedżerskie PTM, Warszawa 2008, s.269 za Penc J., 1996, s. 257

⁶ Kuc B., Zarządzanie doskonałe, Wyd. Menedżerskie PTM, Warszawa 2008, s.269

gdy zostanie im zapewnione bezpieczeństwo w pracy oraz wystarczające zarobki.⁷

W chwili obecnej mamy do czynienia z szybkim postępem technologicznym i cywilizacyjnym, które to czynniki determinują konieczność wprowadzania bieżących zmian w organizacjach. Każda zmiana spotyka się z reakcją pracowników, którzy są kluczowym elementem decydującym o powodzeniu lub fiasku wprowadzanych zmian. Zanim, zatem przystąpi się do ich realizacji, należy wszystko dokładnie przemyśleć i przygotować się do przeprowadzenia tego procesu w taki sposób, aby pracownicy w nim świadomie i ze zrozumieniem współuczestniczyli. Akceptacja innowacji z ich strony jest kluczem do sukcesu wprowadzanych zmian.

Analiza różnego rodzaju bodźców nastrocza pytanie, które z nich są najważniejsze, które zaś nieistotne z punktu widzenia skutecznej motywacji. Jednoznacznej odpowiedzi nie ma, ale wiadomym jest, iż skuteczność bodźców materialnych jak i niematerialnych zależy w dużej mierze od tego, w jakim stopniu zaspokajają one potrzeby odczuwane przez pracowników. Bodźce materialne są w stanie zaspokoić większość potrzeb, z wyjątkiem potrzeby kontaktów i samorealizacji, które z kolei są zaspokajane przez środki niematerialne. Menedżerowie, aby mogli skutecznie motywować swoich pracowników, powinni korzystać zarówno z jednej jak i drugiej formy zachęcania do efektywniejszej pracy, w zależności od danej sytuacji, różnicując proporcje pomiędzy nimi.

2. Organizacja pracy jako forma motywacji

Zanim przejdziemy do omówienia organizacji pracy jako formy motywacji, należy przytoczyć definicję organizacji. Na potrzeby tej pracy wybrano definicję, spośród wielu innych, która w sposób w miarę nieskomplikowany oddaje istotę organizacji. J. M. Pfiffher i F. P. Sherwood przyjmują, że „organizacja jest zespołem sposobów, dzięki którym duże grupy ludzi – zbyt liczne, aby mogli oni pozostawać we wzajemnym, ścisłym i bezpośrednim kontakcie, a uwikłanych w strukturę o dużej złożoności – utrzymują stosunki w procesie świadomego i systematycznego ustalania i wykonywania wzajemnie akceptowanych celów”⁸.

W kontekście przytoczonej definicji należy zastanowić się, czym jest organizacja pracy. Na pewno organizacja ta, jest nierozzerwalnie związana z działalnością człowieka. Wiadomym jest, że o ostatecznych wynikach działania człowieka, w porównywalnym stopniu, co technika, czy technologia wytwarzania, decyduje również zorganizowanie same-

go procesu wytwarzania – czyli organizacja pracy. Stwarza ona warunki do realizacji zadań w określonym czasie i na określonym poziomie oraz gwarantuje prawidłowe wykorzystanie potencjału ludzkiego (np. kwalifikacji, doświadczenia itp.), a także owoców ich pracy. Podstawowym zadaniem tej organizacji, jest taki dobór pracowników, ich zespolenie i rozmieszczenie w procesie pracy, aby realizacja zadania była możliwa, przy jak najmniejszych nakładach pracy i środków rzeczowych.

Istota organizacji pracy powoduje, iż daje menedżerowi możliwość takiego jej wykorzystania, aby zafunkcjonowała jako wszechstronna, a jednocześnie względnie tania forma motywowania ludzi do pracy, pozwalająca jednocześnie na faktyczny udział pracowników w zarządzaniu swoją pracą.

Wartość motywacyjna organizacji pracy może być różna i uzależniona od rozwiązań zastosowanych w sferze organizacyjnej. Przez długi czas głoszono pogląd, iż najlepsza organizacja pracy to ta, która jest w stanie zagwarantować⁹:

- a. głęboki podział operacyjny;
- b. wysoką specjalizację wykonawców;
- c. wyraźny rozdział funkcji koncepcyjnych, przygotowawczych, wykonawczych i kontrolnych.

Uważano zatem, że daleko posunięty podział pracy pozwala na zwiększenie jej efektywności. Stwierdzono, że dla każdego zadania istnieje tylko jedna metoda jego wykonania, którą ustala tylko kierownictwo, kierując się zasadą, iż wykonanie zadania jest tym prostsze, im uboższą posiada treść pracy. Zakładano, że tylko tą metodą można osiągnąć zgodność celów kierownictwa i bezpośredniego wykonawcy.

Obecnie wzrost poziomu kwalifikacji i posiadanego wykształcenia wśród pracowników spowodował, iż obok wynagrodzenia za wykonywaną pracę, domagają się oni realizacji także innych potrzeb. Nie wystarczy im zapewnić poczucie bezpieczeństwa czy też zadbać o ich potrzeby fizjologiczne, konieczne jest również umożliwienie realizacji takich potrzeb jak¹⁰:

- a. rozwoju, to znaczy wykorzystania i dalszego podnoszenia swoich kwalifikacji;
- b. zmiany, wyrażającą się poprzez chęć robienia czegoś nowego lub innego, przełamującego znużenie i monotonię;
- c. odpowiedzialności, wyrażającą się w dążeniu do samodzielności i potwierdzenia swojej wartości;
- d. orientacji w problemach jednostki organizacyjnej, w której pracuje (pragnie dostępu do informacji);
- e. szacunku i uznania.

⁷ Kuc B., Zarządzanie doskonałe, Wyd. Menedżerskie PTM, Warszawa 2008, s.270

⁸ Ludy P., Budowanie zysku. Jak obniżyć koszty nie redukując zatrudnienia, Wyd. Studio Emka, Warszawa 2000, s. 78

⁹ Mendel T., Wybrane problemy zarządzania przedsiębiorstwami, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2002, s.101

¹⁰ Weber R., Zasady zarządzania organizacjami, Wyd. PWE, Warszawa 1995, s. 80

Wskazane powyżej potrzeby i chęć ich realizowania można wykorzystać, jako narzędzia skutecznego pobudzania człowieka do bardziej efektywnego realizowania zadań zleconych mu do wykonania w procesie pracy. Organizacja pracy może stać się podstawą motywacji wewnętrznej tylko w takiej sytuacji, gdy kierownictwo zastosuje takie formy organizacji pracy, które posłużą do zaspokojenia oczekiwań pracowników wobec pracy, a ponadto zapewnią im możliwość samorealizacji, pozwolą zatem uzyskać satysfakcję z wykonywanej pracy – pojawi się człowiek zadowolony z pracy.

Duże znaczenie dla motywacyjnego charakteru organizacji pracy ma partnerstwo w zespole, gdyż oznacza likwidację tradycyjnych hierarchicznych zależności między kierownikiem, a pracownikiem. Oznacza to, że kierownik staje się równorzędnym członkiem zespołu, pierwszym wśród równych, wyróżnia go jedynie funkcja reprezentowania zespołu na zewnątrz, a współudział wszystkich członków zespołu w procesie podejmowaniu decyzji zwiększa jego kreatywność (następuje naturalne zwiększenie ilości możliwych wariantów zaproponowanych rozwiązań i pomysłów). Sprzyja to poprawie jakości wypracowanych decyzji i wprowadzenia ich w życie (jedność autorstwa pomysłu i jego wykonania).

Dla grupowych form organizacji pracy ważne są ponadto takie składniki jak: możliwość udziału w ustalaniu wysokości zarobku, a następnie jego podziału, czy też dobrowolne uczestnictwo w grupie. Dochodzi wtedy do wzmocnienia stosunków międzyludzkich, a to z kolei prowadzi do rozwoju aktywności, otwartości we wzajemnych kontaktach i budowaniu obustronnego zaufania. Sprzyja to pełniejszemu zaangażowaniu się w pracę, poprawie jej jakości i dbałości o nią oraz wyższej jej wydajności.

3. Zakończenie

Osiągnięcie zgodności między oczekiwaniami pracowników i pracodawców nigdy nie należało do łatwych. Pracodawca chciałby widzieć pracownika poświęcającego całe swoje siły i wszystkie posiadane umiejętności dla wykonywanej pracy. Pracownik z kolei, oczekuje od pracodawcy, iż ten zapewni mu godną płacę, pozwalającą na utrzymanie nie tylko jego, ale i posiadanej przez niego rodziny, a ponadto stworzy mu godne warunki pracy i ofiaruje takie miejsce w organizacji, aby mógł w niej realizować także swoje cele niematerialne.

Duże znaczenie dla motywacyjnego charakteru organizacji pracy ma partnerstwo w zespole, gdyż oznacza likwidację tradycyjnych hierarchicznych zależności między kierownikiem, a pracownikiem. Oznacza to, że kierownik staje się równorzędnym członkiem zespołu, pierwszym wśród równych, wyróżnia go jedynie funkcja reprezentowania zespołu na zewnątrz, a współudział wszystkich członków zespołu w procesie podejmowaniu decyzji zwiększa

jego kreatywność (następuje naturalne zwiększenie ilości możliwych wariantów zaproponowanych rozwiązań i pomysłów). Sprzyja to poprawie jakości wypracowanych decyzji i wprowadzenia ich w życie (jedność autorstwa pomysłu i jego wykonania).

Dla grupowych form organizacji pracy ważne są ponadto takie składniki jak: możliwość udziału w ustalaniu wysokości zarobku, a następnie jego podziału, czy też dobrowolne uczestnictwo w grupie. Dochodzi wtedy do wzmocnienia stosunków międzyludzkich, a to z kolei prowadzi do rozwoju aktywności, otwartości we wzajemnych kontaktach i budowaniu obustronnego zaufania. Sprzyja to pełniejszemu zaangażowaniu się w pracę, poprawie jej jakości i dbałości o nią oraz wyższej jej wydajności.

W omawianym materiale przedstawiono tylko dwa rodzaje motywacji pozapłacowej, zdając sobie sprawę że występuje jeszcze szereg innych.

Literatura

1. Gierzkowska G., Romanowska M., *Analiza strategiczna przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa 1997
2. Hofstede G., *Kultura i organizacja*, PWE, Warszawa 2000;
3. Kieżun W., *Sprawne zarządzanie organizacją*, Oficyna Wydawnicza AGH, Warszawa 1997
4. Kuc B., *Zarządzanie doskonałe*, Wyd. Menedżerskie PTM, Warszawa 2008;
5. Lanz L., *Zatrudnianie i zarządzanie personelem*, PWN, Warszawa 1995;
6. Ludy P., *Budowanie zysku. Jak obniżyć koszty nie redukując zatrudnienia*, Wyd. Studio Emka, Warszawa 2000
7. Mendel T., *Wybrane problemy zarządzania przedsiębiorstwami*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2002;
8. Thomas M., *Mistrzowskie zarządzanie ludźmi*, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa 2010;
9. Weber R., *Zasady zarządzania organizacjami*, Wyd. PWE, Warszawa 1995

Dr inż. Zbigniew Ciekanski

Jest adiunktem w Wyższej Szkole Społeczno-Ekonomicznej w Warszawie i AON.

Jego zainteresowania naukowe skupiają się wokół zagadnień związanych z bezpieczeństwem wewnętrznym w zakresie ekonomii, telekomunikacji, antyterrorystyki, zarządzania kryzysowego, jak również zarządzania zasobami ludzkimi.

Jest autorem bardzo wielu opracowań krajowych i zagranicznych w wyżej wymienionych dziedzinach.

Recenzenci

dr inż. Czesław Ochenduska

dr inż. Zbigniew Dubrawski

asst. prof. BSc. **Ivana TUREKOVÁ**, PhD
Slovak University of Technology Bratislava
Faculty of Materials Science and Technology
Institute of Safety and Environmental Engineering
prof. BSc. **Karol BALOG**, PhD
Slovak University of Technology Bratislava
Faculty of Materials Science and Technology
Institute of Safety and Environmental Engineering
dr hab. **Marzena PÓŁKA**, prof. SGSP
The Main School of Fire Service Warsaw

THE EFEKT FIRE FIGHTING FOAMS ON THE ENVIRONMENT AND FIRE EXTINGUISHING

Summary

Extinguishing foams are commonly used for extinguishing the fire of flammable liquids, whereby their insulating, choking and quenching effects are exploited. The purpose of this paper is to consider and compare foams currently used in Slovak fire departments, with respect mainly to their high extinguishing effect (capability of faster aborted burning on a large surface at low foam consumption), but also their impact on the environment in each stage of their life cycle. Fire fighting foams are commonly used to reduce the spreading and extinguishing of Class B fires and to prevent re-ignition. These foams can be used to prevent ignition of flammable liquids and in certain conditions for extinguishing Class A fires. Foams can be used in combination with other extinctive substances, mainly gaseous and powders ones. Modern fire-fighting foams can be considered to be very good in terms of physical characteristics, but in recent years, the REACH legislation draws attention to their ecotoxicological properties. If fire-fighting foams are used to extinguish large fires, their products (such as decomposed water from the formed foam) are very likely to get into the soil and water flow, concurrently affecting the possibility of wastewater purification. All types of foam have different ecological characteristics since their components determine the rate of biodegradation. The ecotoxicological tests of *Sinapis alba* also showed that even a low concentration of foamer exhibits significant toxicity. This paper describes analysis for four foam: Sthamex AFFF 1%, Sthamex AFFF F-15, Pyronil, Moussol APS F-15. It is necessary to know their physical characteristics, e.g. their stability at low and high temperatures defined by half-life; the number of foaming specifying whether it is heavy, medium or light foam, and also their viscosity properties to be appropriately selected and used in fire-fighting practice.

Streszczenie

Piany gaśnicze są zazwyczaj używane do działań gaśniczych pożarów cieczy palnych, przy których wykorzystane są ich właściwości izolacyjne, uszczelniające oraz tłumiące proces spalania. Celem tego artykułu jest podjęcie rozważań i analiza porównawcza powszechnie używanych pian gaśniczych w słowackim departamencie przeciwpożarowym, rozpatrując nie tylko ich wysoką skutecznością gaśniczą (zdolność podawania ich podczas gaszenia pożarów o dużej powierzchni, przy niskim poziomie ich zużycia) ale również ich oddziaływanie na środowisko naturalne uwzględniając ich każdy cykl życia. Piany gaśnicze są zazwyczaj używane w celu zmniejszenia rozprzestrzeniania strefy spalania i gaszenia pożarów klasy B oraz zapobieganiu ponownego ich zapalenia. Piany użyte w analizie są używane do ochrony przed zapłonem rozlewisk cieczy palnych i w pewnych warunkach do gaszenia pożarów klasy A. Piany testowane mogą być użyte w kombinacjach z innymi substancjami tłumiącymi proces spalania, głównie gazami i proszkami. Współczesne piany gaśnicze muszą posiadać nie tylko odpowiednie właściwości fizyczne ale również w ostatnich czasach muszą spełniać przepisy REACH dotyczące właściwości ekologicznotoksykologiczne. Jeśli piany gaśnicze używane są do gaszenia pożarów o dużych powierzchniach, to pod wpływem czasu, wyciekająca z piany woda, przypomina potok wody i gleby, który zmywa powierzchnię ziemi jednocześnie ją zanieczyszczając. Zastosowane w artykule wszystkie typy pian posiadają różne charakterystyki toksykologiczne, stąd też składniki pian decydują o szybkości biodegradowalności pian. Test toksykologiczny *Sinapis alba* ukazuje znaczącą toksyczność pian nawet przy ich niskich stężeniach. Artykuł ukazuje analizę dla czterech pian utworzonych ze środków pianotwórczych: Sthamex AFFF 1%, Sthamex AFFF F-15, Pyronil, Moussol APS F-15. Jest niezbędna znajomość ich właściwości m.in. ich stabilności w niskich i wysokich temperaturach określonych jako czasy pół trwania, liczbę spienienia określoną dla ciężkiej, średniej i lekkiej piany a także ich lepkości w celu odpowiedniego wyboru rodzaju pian do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych.

Key words: foams, fire extinguisher, fire, extinguishing properties, biodegradability of foamers;

Słowa kluczowe: piany, środek gaśniczy, właściwości gaśnicze, biodegradowalność środków pianotwórczych;

Introduction

Extinguishing agents are various substances and materials used to stop (slow down) the combustion process. Basic requirements for extinguishing agents are as follows:

- they must have high fire effects (the ability to quickly stop the burning of large areas at low consumption),
- they must not be harmful to human (living) organisms, when used or stored,
- they must be available at a reasonable price, etc.,

Fire-fighting foams play a significant role as extinguishing agents.

Characteristics of fire-fighting foams

Fire-fighting foam is an extinguishing agent composed of numerous bubbles formed mechanically or chemically from liquid. Chemical foam is formed by the reaction of alkaline solution with acidic solution in the presence of a foam stabilizer. Mechanical foam is formed after introducing air and/or inert gas into a foaming solution [1].

Foams belong to two-phase disperse systems consisting of dispersive media (liquid) with a dispersed phase - three-dimensional lamellae of permanent structure containing enclosed gas. Plate thickness ranges from 0.001 to 0.01 mm [2].

Foam fire effects consist of the following physical principles (Figure 1):

- Isolation - separate flammable substance from flame,
- Choky - prevents access of air oxygen to the flammable substance, prevents the evaporation of flammable liquids,
- Refrigerating - reduces the temperature of the burning substance and consequently slows down burning, which is directly proportional to the water content of the foam [3-9].

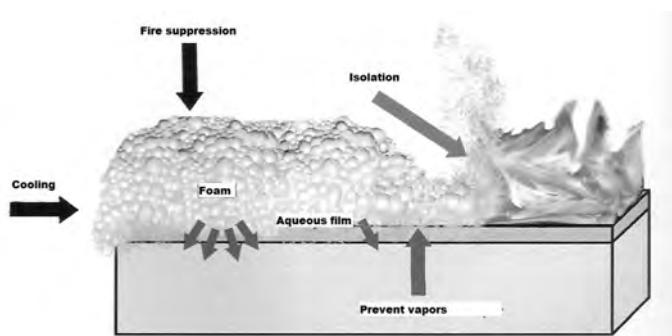


Fig. 1 Scheme of the mechanism of extinguishing using foam [3]

Rys. 1. Schemat mechanizmu gaśniczego podczas stosowania piany [3]

Fire fighting foams are commonly used to reduce the spreading and extinguishing of Class B fires and to prevent re-ignition. These foams can be used to prevent ignition of flammable liquids and in certain conditions for extinguishing Class A fires. Foams can be used in combination with other extinctive substances, mainly gaseous and powders ones [4].

The first foam fire extinguishers worked on a principle of chemical foam. Currently, works are underway on an air-mechanical foam or a foam that is formed at the moment of contact of a given foaming agents fire with fire [3].

Air-mechanical foam is prepared at the time of intervention of a mechanical mixture in a solution consisting of water and a foaming solution with atmospheric air in a foaming nozzle. The foaming solution rises in the mixer when injector sucks the foamer into the water. Foamer concentration in water usually ranges from 1% to 6%. Gas component can also be carbon dioxide, nitrogen or another inert gas [2].

Physical properties of foamers

A foamer is a liquid mixed with water at prescribed concentration to form a foaming solution. Foam is a dispersion system in which gas (air) is the dispersing agent and liquid is the dispersive environment (heterogeneous mixture of gas and liquids). It is an unstable system subject to rapid changes. The foam is a cluster of air bubbles generated from a foaming solution. The speed of this transformation is important to allow assessment of the stability of the foam [1]. Stability properties, as well as the effectiveness of foam and foamers, are determined by their physical and chemical properties. The monitored physical and chemical properties foamers and foams include:

- **Number of foaming** - ratio of the volume of produced foam to the volume of liquid, by which this foam was produced. This number indicates how many times the volume of foam exceeds the volume of foaming solution. Based on this number foams are divided into three groups (severe, moderate and light foam);
- **Viscosity** - this is an expression of fluidity of liquid, and depends on temperature (decreases with increasing temperature);
- **Foamer frost resistance** - temperature at which the substance is liquid and does not begin to exclude solid parts;
- **Content of the sediment** - proportion of solid components in concentrates of foamers expressed in % vol.;

- **Foam stability** – it is influenced by excretion of water from the foam, defined by half-life, respectively quarter-life, which is the time required to eliminate half, respectively a fourth of water contained in the foam [1];
- **Half-life time of foam** - the time at which the foam releases 50% of foaming solution, given in minutes. The conversion speed is an important determinant of quality and stability of foam;
- **pH** - liquid reaction, i.e. acidity, alkalinity or neutrality expressed as the negative decimal logarithm of hydrogen ion activity;
- **Foaming solution spreading factor** - a measure that indicates the ability of one liquid to unfold spontaneously on the surface of another liquid; it is not an indicator of its quality; it is given in nM.m^{-1} [3].

The stability of foams depends on the structure of surface films from the so-called foaming agents, such as electrolytes, soaps, saponins, proteins, etc. In the process of fire-fighting, the foams are constantly disrupted by the influence of ignition heat, internal foam force and hot surface of burning liquid. It has been proven that the degradation rate of foam by flame heat effect is much smaller than on the actual surface of the heated evaporating liquid. In this process foams have an insulating and cooling effect. These effects depend on the type and quality of used foamers. More factors influence the quality; from a practical point of view, conditions and storage period of foams are of importance [6, 7].

Foam as the extinguishing substance is prepared at the time of intervention. The properties of foam and its quality are affected by the properties and purity of used chemicals, i.e. water, foaming agents and gas component (usually air). Used foaming equipment also has a substantial impact on the quality of foam.

The nature and application of particular foaming agents, it is possible to prepare foam at the moment of an instant action, regarding to particular fire. As for composition and the resulting properties, foamings are divided into the following groups [5]:

- Protein foamers (P),
- Fluorine-protein foamers (FP),
- Synthetic foamers (S),
- Alcohol resistant foamers (AR),
- Aqueous film forming foamers (AFFF),
- Fluorine-protein foamers forming a water film (FFFP) [4, 6].

Extinguishing properties of foamers are summarised in Table 1.

Table 1
Standard fire-fighting capabilities of different types of foamers [4]

Tabela 1.

Standardowe możliwości gaśnicze różnych typów środków pianotwórczych [4]

Type of foamer	Extinguishing Class ability*	Level of resistance to Reburn**	Film-forming
AFFF (no AR)	I	C	+
AFFF (AR)	I	B	+
FFFP (no AR)	I	B	+
FFFP (AR)	I	A	+
FP (no AR)	II	A	-
FP (AR)	II	A	-
P (no AR)	III	B	-
P (AR)	III	B	-
S (no AR)	III	C	-
S (AR)	III	C	-

* - results of PN EN 1568-3:2003 Fire Extinguishing Media - Foam Concentrates - Part 3: Specification for Low Expansion Foam Concentrates for Surface Application To Water-immiscible Liquids

** - results of PN EN 1568-3:2003, distribution into foamer resistance classes A, B, C and D, depending on when they are ignited vapor above the liquid covering the liquid with a small flame

Storage of foamers

One of the major factors that affect the properties of foamers and foams is their storage life. If foamers are stored in their original packaging according to the manufacturer's instructions, they may be used for several years without any change to their original characteristics. However, if a mixture of foamer and water (foaming solution) is ready for frothing and is located in the piping system or in vehicle tank, it must be changed each year.

Synthetic foamers must be stored in containers made of stainless steel or plastic. Protein foamers are stored in steel and metal containers. Zinc, tin or aluminium containers are not suitable for storage, as foamers are very aggressive in relation to such materials.

Valves, pumps and tanks for storage of foamers must be made of the same type of metal. If they came into contact with different types of metals, foamers would cause electrochemical corrosion. Foamers are very sensitive to temperature changes. Optimal temperatures are in the range from +5 to +25°C. No adverse effects on foamers' properties were observed even within the temperature range of -15 to +40°C. After re-thawing, foamers can be re-used since there are no changes to their basic physical and chemical properties or reduction in their fire-fighting effectiveness [3].

Foamers' impact on the environment

The combustion products and the combustion residues are much more harmful than the extinguisher used. Quickly extinguished fire often outweighs the negative impacts of the extinguishing agent by reducing the formation of toxic products and residues after burning. When extinguishing fires for example with water, which is considered to be harmless to environment, the effluent water contaminated by decomposed products of combustion may significantly pollute the environment over a long time horizon. Fires can be extinguished much faster by applying the fire fighting foams, which are environmentally acceptable by posing a smaller pollution risk to the environment.

Environmentally acceptable fire-fighting foams should have at least the same fire fighting capability as traditional foams made of protein or AFFF foamers with minimal environmental impact (water, soil). Traditional ingredients in foamers (tensides, ethylene glycol, butyldiglycol, propylene glycol, alkylpolyglycozide, nonylalcohol) are known to cause problems in terms of toxicity of the substances as such, with respect to their degradation products. Fish and aquatic organisms are highly endangered by the application of fire-fighting foams. However, when compared with chemical substances and preparations, the toxicity of foamers is low, yet some problems arise due to the secondary toxicity resulting from the long biodegradability of decomposition products in the environment.

Biodegradability of foamers means their ability to degrade in a biological or chemical way the original substance to environmentally acceptable decomposition products, for example by assimilation (water and carbon dioxide). Biological degradation is caused by microorganisms and fungi. Foamer degree of degradation is often given as the ratio of biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD).

Biochemical oxygen demand is the amount of dissolved oxygen consumed by micro-organisms over time, e.g. 5 days (BOD5) in the biochemical decomposition processes of organic substances in water under aerobic conditions. This oxygen quantity is proportional to the quantity of present degradable organic substances, and it can be therefore estimated

from the BOD level of water pollution by extinguishing foam. Biochemical oxygen demand is determined in the original or a suitably diluted solution of foamer.

Chemical oxygen demand represents the amount of oxygen required for oxidation of organic substances in water using strong oxidants over time (usually two hours). It is the rate of total organic substances in water, and thus an indicator of organic pollution of water.

Biodegradability of foamer is expressed as a ratio of COD and BOD5 in percentage (%) biodegradation:

$$Bg = BOD5 / COD$$

Bg - biodegradability

The perfect foam should have a full-degradability, and must not overly consume dissolved oxygen in water. Environmentally friendly foam (i.e. Green foams) should extinguish fires as effectively as traditionally used foams, but we have to know their degradation, otherwise there is no significance. They are several times more expensive than conventional foam, but on the other hand, their extinguishing capacity may several times exceed that of the fluorine-protein and AFFF foams (good quenching of the flames in AFFF and prevent re-overing typical for fluorine-protein foams).

Experimental

The aim of the experiment was to assess the extinguishing properties of foamers in the laboratory, and subsequently verify their impact on the environment in an experimental way. The following measurements were therefore made:

- monitoring the numbers of frothing and foaming time,
- determining the half-life time,
- determining viscosity,
- determining the biochemical and chemical oxygen consumption,
- carrying out ecotoxicological tests on higher plants.

The following foamers were used in the experiment (Table. 2):

Table 2

Used foamers and their characteristics

Tabela 2

Nazwy i charakterystyki zastosowanych środków pianotwórczych

Name of foamer	Producer	Use for Classes of fires	Recommended concentration	Notes
Sthamex AFFF 1 %	Dr. Sthamer	A a B	1%	pecially designed for hydrocarbon fires, plastics and mineral oil products
Sthamex AFFF F-15	Dr. Sthamer	A a B	3%	Specially designed for fires of oil products and plastics
Pyronil	Chemtura Corporation	A a B	3%	Synthetic multipurpose foamer, also light foam
Moussol APS F-15	Dr. Sthamer	A a B	3%	Fire fighting of liquid of non-polar hydrocarbons
			6%	Fire fighting of liquid of polar hydrocarbons

Their selection was based on the research findings available in Fire and rescue corps in Slovakia. Foamers were prepared in five different concentrations (1%, 3%, 6% according to the manufacturer's recommendations and 9% and 12% only for comparison higher concentrations).

I. Assessment of foamers in terms of extinctive and physical properties

Number of foaming

The number of foaming (E) was determined in accordance with STN EN 1568-3: 2002 standard Technical conditions of foamers for heavy foam on the surface use with the liquid immiscible with water. The determination comprised the number of frothing of selected foamers of different concentrations, and the time of foam formation (Table 3).

The most favorable results were achieved with the use of foamers Pyronil and Moussol APS F-15 foamers, where the half-life was 187 seconds.

Measurement of foamer viscosity

Viscosity was determined according to DIN 53015:2001 Viscometry - Measurement of viscosity using the Hoeppler falling-ball viscometer for viscosity, etri Höppler KF 3.2, which is designed primarily to measure the dynamic viscosity of Newton's liquids. It measured the time of ball fall between two lines and the calculation of the viscosity was calculated from the relation:

$$\eta = t \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot K \quad (2)$$

where

η the dynamic viscosity in mPa.s,
 t falling time of balls in s,

Table 3

Number of frothing and time of foaming tested foamers

Tabela 3.

Liczba spienienia i czas spienienia analizowanych środków pianotwórczych

No	Concentration of foamer [%]	Number of frothing E				Time of foaming [s]			
		Sthamex AFFF 1 %	Sthamex AFFF F-15	Pyronil	Moussol APS F-15	Sthamex AFFF 1 %	Sthamex AFFF F-15	Pyronil	Moussol APS F-15
	12	4.886	4.909	4.901	4.822	6.61	16.58	17.71	19.23
	9	4.894	4.891	4.908	4.854	11.69	19.20	20.34	23.38
	6	4.890	4.827	4.878	4.887	13.35	19.25	25.63	26.20
	3	4.906	4.826	4.839	4.837	14.70	25.28	30.55	30.24
	1	4.827	4.883	4.820	4.807	27.35	35.04	34.44	57.81

Number of frothing ranged around the value 4.9 ± 0.1 for all foamers, allowing a fair comparison of foaming time. The fastest foamed foamers Sthamex AFFF 1%, AFFF Sthamex F-15, then Pyronil and the longest foaming time had Moussol APS F-15, in which time foaming at 1% concentration significantly extended.

ρ_1 ball density in g.cm^{-3} ,
 ρ_2 density of the fluid in the bath temperature g.cm^{-3} ,
 K the constant $\text{mPa.cm}^3.\text{g}^{-1}$.

The results are shown in Table 5.

Table 5

Measurement results of foamer viscosity

Tabela 5.

Lepkość analizowanych środków pianotwórczych

No	Name of foamer	t [s]	$\rho_1 [\text{g.cm}^{-3}]$	$\rho_2 [\text{g.cm}^{-3}]$	$K [\text{mPa.cm}^3.\text{g}^{-1}]$	$\eta [\text{mPa.s}]$
	Sthamex AFFF 1%	124	2.224	1.07	0.07293	10.436
	Sthamex AFFF F-15	70	2.224	1.04	0.07293	6.044
	Pyronil	76	2.224	1.545	0.07293	3.466
	Moussol APS F-15	69	8.142	1.170	0.1225	58.931

The lowest viscosity was measured in foamers Pyronil a Sthamex AFFF F-15 foamers, the highest in Moussol APS F-15.

Half-life time

As regards the manufacturer recommendations in the safety data sheets, half-life was tested by using 3% solutions, while monitoring the time at which 50% of the foaming solution were released from the foam. The results of the measured values for each foamer are given in Table 4.

Table 4

Half-life of tested foamers (3 % solutions)

Tabela 4.

Czas półtrwania pian

No	Name of foamer	Half-life time [s]
	Sthamex AFFF 1 %	62
	Sthamex AFFF F-15	166
	Pyronil	187
	Moussol APS F-15	187

II. Foamer impact on the environment

Determination of biochemical oxygen demand

The basic part of the test is treatment and dilution of water sample to be analyzed by different amounts of diluent water with a high amount of dissolved oxygen and vaccinic aerobic microorganisms with prevention of nitrification. Incubation was conducted at 20 C within a defined time of 5 days in the dark in a full closed flask. The dissolved oxygen concentration was determined before and after incubation according to STN EN 1899-1 Water quality - Determination of biochemical oxygen consumption after n days (BSKn): Part 1: Dilution and inoculation method with the addition of allylurea. Use was made of vaccinated diluting water, and dissolved oxygen was electrochemically determined (Table 6).

Determination of chemical oxygen demand

The oxidizable substances in the test sample volume are oxidized by a known quantity of potassium dichromate in the presence of mercuric sulfate and silver catalyst in an environment of concentrated sulfuric acid in a defined time interval. The COD value was calculated on the basis of the amount of reduced dichromate.

The indicator COD shows the total content of organic substances in water - organic water pollution (Table. 6).

Table 6

Results of COD and BOD5 values tested foamers (3% foreign solutions)

Tabela 6.

Otrzymane wartości COD i BOD5 dla badanych środków pianotwórczych (3% roztwory)

No	Name of foamer	COD [mg.l ⁻¹]	BOD5 [mg.l ⁻¹]	BOD5/COD [%]
	Sthamex AFFF 1 %	76.23	22 790	0.33
	Sthamex AFFF F-15	73.68	21 370	0.34
	Pyronil	79.20	33 530	0.23
	Moussol APS F-15	83.46	17 470	0.47

The results of foamer biodegradability suggest that foamers have little ability to biological degradation due to a very small proportion of degradable substances.

Acute toxicity

The acute toxicity is the ability or property of foamer to cause severe biological harm or death of an organism over a relatively short exposure time (24 - 96 hours). IC₅₀ was defined as inhibitory concentration of tested substance that causes a 50% in-

hibition of root growth of *Sinapis alba* plants (pure variety of white mustard, seed germination > 90 %, seed size 1.5 mm - 2.5 mm) for 72 hours.

The basic monitored parameter for the test evaluation is the average length of the roots. The value determined in the test solution was compared with the control one, and the percentage of inhibition (reduction) or stimulation (extension of the root) was calculated. Results are listed in the table 7.

Table 7

Results of ecotoxicological test for seeds of higher plants

Tabela 7.

Wyniki testów toksykologicznych przeprowadzonych na ziarnach wysokich roślin

No	Name of foamer	IC _{0.5} * %	IC ₁ %	IC ₂ %	IC ₃ %	IC ₅ %
	Sthamex AFFF 1%	96.2				
	Sthamex AFFF F-15	87.6	88.3			
	Pyronil	98.0				
	Moussol APS F-15	66.2	76.7	87.9	89.6	98.3

* Ecotoxicological test on seeds of higher plants *Sinapis alba*, subscript reflects the concentration of sample (volume %). Empty box = no sprouted seed.

Ecotoxicological test shows that the higher concentrations are significantly toxic to the tested plant species.

Conclusion

Currently many types of fire-fighting foams different physical and extinguishing properties are known. Each of them has its own pros and cons, as was shown by our testing. It is necessary to know their physical characteristics, e.g. their stability at low and high temperatures defined by half-life; the number of foaming specifying whether it is heavy, medium or light foam, and also their viscosity and other properties to be appropriately selected and used in fire-fighting practice.

Modern fire-fighting foams can be considered to be very good in terms of physical characteristics, but in recent years, the REACH legislation draws attention to their ecotoxicological properties. If fire-fighting foams are used to extinguish large fires, their products (such as decomposed water from the formed foam) are very likely to get into the soil and water flow, concurrently affecting the possibility of wastewater purification. All types of foam have different ecological characteristics since their components determine the rate of biodegradation. The ecotoxicological tests of *Sinapis alba* also showed that

even a foamer of low concentration exhibits significant toxicity.

References

1. Balog K., *Hasiace látky a jejich technológie*. Ostrava : Edice SPBI Spektrum, 2004;
2. Coneva I., *Pena - hasiaca látka*. [In] Fire Engineering Proceedings 1st International Conference. Zvolen, Technická univerzita, 2002;
3. Mikušová K., *Fyzikálne vlastnosti penidiel*. [In] Spravodajca: Protipožiarna ochrana a záchranná služba, 2008, roč.39, č.3, s. 24 – 29;
4. STN-EN 1568: 2002, *Hasiace látky. Penidlá. Časť 1-4: Technické podmienky penidiel pre stredné, ľahké a ťažké peny na povrchové použitie na kvapaliny miešateľné a nemiešateľné s vodou*.
5. Orliková K., *Hasiva klasická a moderní*. Ostrava, Edice SPBI Spektrum, 2002;
6. Jirkovská V., *Posúdenie kvality penidiel*, [In] Zborník prác požiarnotechnickej stanice, 1988, s. 54–56;
7. Marková I., *Determination of extinguishing effect of FE 36 by CUP BURNER test - of principle of fire extinguishing of halon*, [In]: Požární ochrana 2010 : Sborník přednášek XIX. ročníku mezinárodní konference, Ostrava, VŠB - TU, 8.-9. září 2010. - Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita v Ostravě, 2010. s. 199 – 203;
8. Lattimer B. Y., Trelles J., *Foam spread over a liquid pool*, Fire Safety Journal, Volume 42, Issue 4, 2007, 249-264;
9. Laundess A. J., Rayson M. S., Długogorski B. Z., Kennedy E. M., *Suppression Performance Comparison for Aspirated, Compressed-Air and In Situ Chemically Generated Class B Foams*, Fire Technology, Online First™, 20 May 2010.

This post was created in the framework of grant project VEGA no. 1/0488/08 entitled "Environmental impacts of fire-fighting foam for extinguishing fires in nature.

Associate professor **Ivana Tureková** graduated at the Faculty of Chemical Technology - Slovak University of Technology Bratislava in 1983. She has 10 years experience in the field of water and the environment. At present she works at the Faculty of Materials Science and Technology in Trnava. She is

head of the Department of Environmental and safety engineering and the guarantor of Bachelor's program Occupation safety and health at work. She is lecturer of Preventing of major industrial accidents, Industrial toxicology, Occupation safety and health at work. She has professional qualifications for practice in these fields.

Professor **Karol Balog** graduated at The Faculty of Chemical Technology - Slovak University of Technology in Bratislava in 1973. He worked at the Research Institute of cables and insulators, and later he was head of Research and Testing Laboratory for Testing the Flammability of Materials at Fire and Technical Institute in Bratislava. Since 1997 he is working at The Faculty of Materials Science and Technology in Trnava as a Director of the Institute of Safety and Environmental Engineering. He has cooperation with domestic and foreign universities and is recognized expert in the field of fire protection especially in processes of combustion and fire detection and fire causes. He is the guarantor of engineering and PhD study in study program Occupational safety and health at work.

Dr hab. **Marzena Pólka**, prof. SGSP, w roku 1992 ukończyła studia na Wydziale Chemii, Uniwersytetu Warszawskiego. Jest profesorem w Zakładzie Spalania i Teorii Pożarów Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.

Specjalność – procesy spalania materiałów polimerowych i ich modyfikacja przeciwoogniowa.

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. Słowackiego 52/54, 0-629 Warszawa,
tel.: (22) 561-77-12, fax: (22) 833-07-24, e-mail: mpolka@sgsp.edu.pl

Recenzenci

prof dr Rainer Koch

prof dr hab. inż. Eugeniusz Molga

dr hab. inż. **Tadeusz MACIAK**
Wydział Informatyki
Politechnika Białostocka

MODELOWANIE POŻARU LASU. CZ. III. MODELE PALIWOWE.

Forest fire modelling. Part III. Fuel models.

Streszczenie

Jakość przeprowadzonej symulacji rozwoju pożaru kompleksu leśnego zależy między innymi od wprowadzonych do systemu parametrów paliwa podlegającego procesowi spalania. Warunki spalania paliwa są z reguły skomplikowane i trudne do opisanego od strony matematycznej. Paliwo składa się z żywej i martwej roślinności o określonych wymiarach fizycznych. Stąd też istotnym jest sklasyfikowanie obszarów leśnych pod kątem reprezentowanego paliwa, które ulega spalaniu w trakcie pożaru lasu. Precyzyjne dane tego typu są konieczne jako dane wejściowe do oprogramowania symulacyjnego rozprzestrzeniania się pożaru. W pracy przedstawiono popularne modele paliwowe używane do symulacji rozwoju pożaru obszarów leśnych w wybranych rejonach świata, między innymi w USA, Kanadzie, Australii i Europie. Zaprezentowano również polską klasyfikację paliw obszarów leśnych wykonaną w Instytucie Leśnictwa. Każdy z przedstawionych rejonów charakteryzuje się specyficznymi warunkami klimatycznymi. Warunki klimatyczne określają szatę roślinną i narzucają parametry występujących na danym terenie modeli paliw ulegających zjawisku pożaru. Ze względu na duże zaawansowanie prac nad tematyką rozwoju pożaru kompleksów leśnych w Stanach Zjednoczonych, zwrócono szczególną uwagę na klasyfikację paliw obowiązującą w tym kraju. W wielu obszarach naszego globu leżących w różnych strefach klimatycznych próbowano adoptować do lokalnych warunków istniejące w USA modele matematyczne rozwoju pożaru. Ma to związek z wysokim poziomem zaawansowania badań w rozważanej dziedzinie jak i możliwościami posłużenia się bezpłatnym oprogramowaniem dostępnym na stronach internetowych Urzędu Leśnego Ministerstwa Rolnictwa USA. Możliwość posłużenia się bezpłatnym oprogramowaniem stanowi dużą zachętę do sprawdzenia możliwości przeniesienia dotychczasowego dorobku klasyfikacji paliw i oprogramowania symulującego rozwój pożaru kompleksów leśnych w USA również na grunt polski. W zaprezentowanych dotychczas pracach pokazano możliwość takiego działania, podejmując próbę dopasowania modelu paliw występujących w naszych lasach do danych amerykańskich.

Summary

The quality of the simulation carried out a complex of forest fire development depends inter alia on the parameters entered into the system subject to the fuel combustion process. Terms of fuel combustion are usually complicated and difficult to describe the mathematical side. The fuel consists of living and dead vegetation on certain physical dimensions. Hence, it is important to classify forest areas represented in terms of fuel that is burned during a forest fire. Precise data of this type are required as input to simulation software spread of fire. The paper presents the popular models used to simulate a fuel fire forest development in selected areas of the world, among others in the U.S., Canada, Australia and Europe. Also presented Polish forest fuel classification done at the Institute of Forestry. Each of the regions characterized by specific climatic conditions. Climatic conditions determine vegetation and dictate the parameters occurring in the area of fuel models are susceptible to the phenomenon of fire. Due to the large progress on the issues of development of forest fires in the United States, particular attention is paid to the classification of fuels in force in this country. In many areas of the globe lying in different climatic zones have tried to adopt to local conditions existing in the U.S. development of mathematical models of fire. This is linked with high levels of advanced research in the field under consideration and the potential use of a free software available on the website of the Department of Agriculture Forest Service USA. The possibility of the use of a free software is a big incentive to check the possibility of transferring the existing achievements of classification of fuels and software that simulates the development of forest fires in the U.S. also on the Polish ground. In previously presented work shows the possibility of such action, in an attempt to fit the model of fuel found in our forests to the U.S. data.

Słowa kluczowe: modele paliwowe, modelowanie pożaru lasu;

Keywords: fuel models, forest fire modeling;

1. Wstęp

Pożary kompleksów leśnych stanowią główny problem środowiska naturalnego w szerokim zakresie ekosystemów świata. W niektórych przypadkach mogą one stać się istotną przyczyną degradacji ziemi. Stąd też od kilkudziesięciu lat pracuje się nad sposobami modelowania i symulacji pożaru lasu w celu ograniczenia strat, oraz opracowywania jak najbardziej skutecznych strategii walki z żywiołem.

W poprzednich publikacjach przedstawiono wybrane modele matematyczne pożaru lasu oraz zaprezentowano oprogramowanie służące do symulacji rozwoju pożarów [1,2]. Przykładowa symulacja pożaru lasu została wykonana w wykorzystywanym przez Urząd Leśny Ministerstwa Rolnictwa USA programie FARSITE. Dotyczyła ona rozprzestrzeniania się pożaru roślinności w wybranym kompleksie leśnym w pobliżu Nowogrodu [2]. Do przetwarzania danych geoprzestrzennych użyto programu GRASS.

Jakość symulacji w oczywisty sposób zależy od jakości wprowadzonych danych wejściowych. Jednym z takich obszarów krytycznych danych wejściowych jest wiedza o paliwie. Warunki spalania paliwa są z reguły skomplikowane i trudne do opisanie. Spalające się paliwo składa się z żywej i martwej roślinności o określonych wymiarach fizycznych. Stąd też istotnym jest sklasyfikowanie obszarów leśnych pod kątem reprezentowanego paliwa, które ulega spalaniu w trakcie pożaru lasu. Precyzyjne dane tego typu są konieczne jako dane wejściowe do wszelkiego typu oprogramowania symulacyjnego rozprzestrzeniania się pożaru.

W pracy przedstawiono obecnie obowiązującą klasyfikację paliw w wybranych rejonach świata uwzględniając również polską klasyfikację paliw. Ze względu na duże zaawansowanie prac nad tą tematyką w Stanach Zjednoczonych, zwrócono szczególną uwagę na klasyfikację paliw obowiązującą w tym kraju. Ze stron internetowych Urzędu Leśnego Ministerstwa Rolnictwa USA można pobrać bezpłatne oprogramowanie do symulacji zachowania się ognia w kompleksach leśnych. Oprogramowanie to bazuje na wykorzystaniu modelu rozprzestrzeniania się pożaru w paliwach roślinnych Rothermela [3]. Możliwość posłużenia się zaawansowanym i bezpłatnym oprogramowaniem stanowi poważną zachętę do sprawdzenia możliwości przeniesienia dotychczasowego dorobku klasyfikacji paliw i oprogramowania symulującego rozwój pożaru kompleksów leśnych w USA na grunt polski. Stąd też w rozdziale 3 artykułu zaprezentowano modele paliwowe Rothermela, a w rozdziale 4 przedstawiono próbę zaadaptowania istniejących modeli paliw do warunków polskich.

2. Modele rozwoju pożaru i klasyfikacji rodzajów paliwa

2.1. Terminologia

Nieprecyzyjne użycie niektórych terminów dotyczących paliw leśnych jest często powodem zamieszania i nieporozumienia. Charakterystyki paliwa są określone w odniesieniu do cech fizycznych biomasy żywej i martwej, które przyczyniają się do intensywności i rozwoju ognia. Określa się obciążenie (ciężar paliwa na jednostkę powierzchni), wielkość biomasy (średnica cząstek) oraz gęstość objętościową (masa paliwa na jednostkę objętości).

Ponieważ trudno jest opisać wszystkie cechy fizyczne paliw, opis ich właściwości jest związany z oceną zagrożenia pożarowego i możliwościami rozprzestrzeniania się ognia na danym obszarze. Opis paliw bazuje na systemach klasyfikacji, które łączą cechy dużych grup roślinności. Grupy takie są nazywane zazwyczaj *typami paliwa* [4]. Dokładniej, typy paliwa zdefiniowano jako "zidentyfikowane połączenie elementów paliwowych charakterystycznych gatunków, podobnych form, układem wielkości oraz ciągłości, które wykazują typowe zachowania się ognia w określonych warunkach spalania" [5].

Modelem paliwowym można określić matematyczną reprezentację pewnych parametrów wybranego typu roślinności (potencjalnego paliwa), np. pokrywy gleby lasu. Parametry opisane w modelu paliwowym dla danej formacji roślinnej są wykorzystywane jako dane wejściowe do obliczania współczynnika rozprzestrzeniania się ognia w odpowiednim modelu pożaru. Użycie terminu model pożaru oznacza określenie zależności matematycznych, które opisują charakterystykę potencjalnego pożaru. Tak więc model paliwa jest numerycznym opisem parametrów fizycznych charakteryzujących każdy rodzaj paliwa. Rodzaje paliwa mogą być podobne w różnych ekosystemach, ale modele paliwowe wykorzystujące dane rodzaje paliwa mogą być różne.

Modele rozwoju pożaru mogą być szczególnie użyteczne jeśli są zintegrowane z systemami podejmowania decyzji. Można tu przytoczyć istniejące i używane w USA oprogramowanie BEHAVE (*Fire behavior prediction and fuel modeling system*) oraz FARSITE (*Fire area simulator*). Oba oprogramowania są systemami wspomagania decyzji bazującymi na tych samych modelach matematycznych. Nieco inny jest tylko sposób wprowadzania i wyprowadzania informacji. Oprogramowanie FARSITE bazuje na danych podawanych w Systemie Informacji Geograficznej (*Geographical Information Systems - GIS*) a BEHAVE na odpowiednio przygotowanych danych w postaci tabelarycznej.

2.2. Modele rozprzestrzeniania się pożaru i klasyfikacja modeli paliwowych

2.2.1. Modele rozprzestrzeniania się pożaru stosowane w USA

Jednym z najczęściej stosowanych modeli rozprzestrzeniania się pożaru jest model Rothermela opracowany w roku 1972 [3]. Model opisuje od strony matematycznej rozprzestrzenianie się pożaru w przestrzeni paliw powierzchni. Model ten jest podstawą dla wielu systemów wspomagania decyzji stosowanych w instytucjach rządowych USA takich jak NFDRS (*National Fire Danger Rating System*) i NFMAS (*National Fire Management Analysis System*) oraz wspomnianym już oprogramowaniu FARSITE i BEHAVE. System NFDRS jest systemem ostrzegającym przed pożarami. Jest to w zasadzie sezonowy system pogodowy. Warunki pogodowe wraz z modelami paliwa są używane do przewidywania z dnia na dzień potencjalnego zagrożenia pożarowego ognia na dużych obszarach kraju. Początkowo określono w nim 9 typów paliwowych, które w kolejnych latach rozszerzono do 20.

Oprogramowanie BEHAVE używa innej klasyfikacji typów paliwa, znanej jako NFFL (*Northern Forest Fire Laboratory*) lub określanej po prostu jako typy paliw Behave. Wyróżnia się tutaj 13 rodzajów paliwa określonego na podstawie pierwotnego charakteru paliw powierzchni [6]. W uzupełnieniu do 13 standardowych rodzajów paliwa, istnieje tu możliwość określenia własnych typów paliwa.

Oprogramowanie FARSITE operuje tymi samymi co NFFL typami paliwa opracowanymi dla systemu BEHAVE. Włącza się tu do analizy obok pożaru paliw powierzchni również rozprzestrzenianie się ognia poprzez korony drzew. Ponadto do przeprowadzenia symulacji konkretnego pożaru lasu potrzebne są dane przestrzenne określające topografię terenu. Dodatkowo konieczne jest wczytanie danych opisujących pogodę, wilgotność i wiatry występujące w danym momencie. Wszystkie wczytane warstwy danych tworzą środowisko, w którym przeprowadzana jest symulacja pożaru.

Najnowszym systemem klasyfikacji paliw w Stanach Zjednoczonych jest system FCC (*Fuel Characteristics Classification System*). Umożliwia on użytkownikom na tworzenie własnych katalogów obszarów paliwowych i klasyfikowania ich zgodnie z ich możliwościami podtrzymywania ognia i konsumpcją paliwa [7]. System FCC definiuje obszary paliwowe jako stosunkowo jednorodne jednostki krajobrazowe stanowiące unikalne środowisko spalania. Model dzieli obszar paliwowy na sześć poziomych warstw. Każda warstwa (korony drzew, krzewy, niska roślinność, paliwa drewniane, śmieci i paliwa podłoża) podzielona jest na dwie lub więcej kategorii, które wskazują na wspólne cechy spalania. Sy-

stem pozwala na tworzenie i modyfikowanie warstw przestrzennych danych, wnioskowanie ilościowe na podstawie charakterystyki paliwa (jego fizycznych, chemicznych i strukturalnych właściwości) oraz określanie prawdopodobnych parametrów rozwoju pożaru dla każdego opisanego środowiska paliwowego. Ponadto zawiera oznakowanie paliwa zgodnie z systemem NFFL i NFDRS.

2.2.2. Modele rozprzestrzeniania się pożaru stosowane w Australii

Istnieje kilka systemów wspomagania decyzji używanych w Australii przez różne stany jak również przez prywatne agencje zarządzania gruntami i koordynujące zabezpieczenie przeciwpożarowe terenów wiejskich. Używane są na szeroką skalę systemy określające zagrożenie pożarowe tzw. *Forest McArthur Fire Danger Rating System* i *McArthur Grassland Fire Danger Rating System*. Systemy te zostały opracowane przez Alana McArthur w latach 60-tych XX wieku [8,9]. Na podstawie nomogramów skonstruowanych w USA opracował ruchome nomogramy do oceny zagrożenia pożarowego roślinności lasów australijskich. Nomogramy wskazują na prawdopodobieństwo zapłonu roślinności w zależności od temperatury, względnej wilgotności i prędkości wiatru. Są one używane do zasygnalizowania niebezpieczeństwa pożaru na dużych obszarach leśnych. W kolejnych latach algorytmy użyte we wskaźnikach zostały przetransformowane do użycia w maszynach cyfrowych [10,11].

W Zachodniej Australii rozpowszechnione są tablice zagrożeń pożarowych uwzględniające dwa typy paliw określających dane drzewostanu eukaliptusowego [12].

2.2.3. Modele rozprzestrzeniania się pożaru stosowane w Kanadzie

Systemy wspomagania decyzji w Kanadzie zostały opracowane na podstawie analizy pożarów, ale stosuje się je do wszystkich roślin i są bardziej kompleksowe niż w Australii. Obecna forma kanadyjskiego systemu bezpieczeństwa przeciwpożarowego obszarów leśnych CFFDRS (*Forest Fire Danger Rating System*) składa się z dwóch głównych podsystemów, które są wykorzystywane szeroko w tym kraju. Pierwszy z nich jest systemem pogodowym FWI (*Canadian Fire Weather Index System*) [13,14], natomiast drugi FBP (*Canadian Fire Behaviour Prediction System*) służy do symulacji rozprzestrzeniania się pożaru. System FBP bazuje na prostych modelach matematycznych i jest skonstruowany w oparciu o modele fizyczne i eksperymentalne. W tym systemie paliwa są podzielone na pięć głównych dużych grup (iglaste, liściaste, drzewa mieszane, drew-

nica zrębowa i trawy), z ogólnej liczby 16 odrębnych typów paliwa [15].

2.2.4. Modele rozprzestrzeniania się pożaru stosowane w Europie

W Europie brakuje jednolitego systemu określania zagrożenia pożarowego. Zróżnicowany klimat i ukształtowanie terenu w Europie wpływa na to, że istnieje tu niezwykle duża różnorodność roślinności. Natomiast w poszczególnych krajach opracowano i wdrożono systemy, które są adekwatne do danych warunków klimatycznych. W krajach śródziemnomorskich istnieje system klasyfikacji paliwa o nazwie *Prometheus*. System ten upraszcza i dostosowuje system amerykańskiej klasyfikacji NFFL do warunków Morza Śródziemnego. Głównym kryterium klasyfikacji paliwa w tym systemie jest rodzaj i wysokość roślinności [16,17]. W sumie system klasyfikacji składa się z siedmiu rodzajów paliw.

Pozostałe kraje europejskie, które mają inne warunki pogodowe niż śródziemnomorskie, opracowały swoje własne systemy klasyfikacji paliwa. Na przykład w Szwajcarii, dostosowano do Alp szwajcarskich amerykańską wersję modeli paliwowych [18]. Podobnie w Anglii [19] i Portugalii [20] powstały własne systemy paliwowe.

Ponieważ pożary lasów i terenów niezagospodarowanych są poważnym problemem w krajach Unii Europejskiej (jak pokazano szczególnie dotyczy to krajów leżących na południu Europy), zdecydowano o utworzeniu Europejskiego Systemu Informacji o Pożarach Lasu (*European Forest Fire Information System – EFFIS*). W ramach tego systemu funkcjonuje podsystem zagrożenia pożarowego lasów Europy (*European Forest Fire Risk Forecasting System – EFRFS*). Podsystem ten został opracowany jako jednolita platforma wspólnego systemu oceny zagrożenia pożarowego dla krajów wspólnoty europejskiej. Ustalanie zagrożenia pożarowego dokonuje się codziennie w sezonie występowania pożarów. Ocena wystąpienia pożaru odbywa się na podstawie sześciu różnych metod określenia zagrożenia pożarowego: portugalskiej, hiszpańskiej, francuskiej, włoskiej i kanadyjskiej. Dane meteorologiczne pochodzą z Meteo-France. Uzyskane są one za pomocą Modelu Cyrkulacji Globalnej (ARPEGE) [21]. Z bieżącymi prognozami zagrożenia pożarowego dla krajów europejskich można zapoznać się na stronach internetowych Instytutu Środowiska i Zrównoważonego Rozwoju (*Institute for Environment and Sustainability - IES*) działającego w ramach Centrum Badawczego (*Joint Research Centre*) mającego swoją siedzibę w Isprze we Włoszech [22]. W ostatnich latach do obliczeń wskaźnika zagrożenia pożarowego wykorzystuje się dane uzyskiwane z satelitów.

2.2.5. Modele rozprzestrzeniania się pożaru stosowane w Polsce

Pomimo licznych prób testowania zagranicznych metod szacowania ryzyka zagrożenia pożarowego w Polsce pojawiło się przekonanie o potrzebie wypracowania własnych metod w tej dziedzinie. Polska posiada specyficzne uwarunkowania klimatyczne i tylko własne badania mogą i powinny gwarantować poprawność otrzymanych wyników.

W Polsce problematyką prognozowania zagrożenia pożarowego lasów zaczęto się interesować dopiero w latach 60-tych XX wieku. Prace zapoczątkowano w Zakładzie Ochrony Przeciwpożarowej Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa. W latach 80-tych w Instytucie Badawczym Leśnictwa powstała metoda określania zagrożenia pożarowego, nazywana metodą IBL [23]. W miarę coraz lepszego rozpoznawania tematu, metoda ta ulegała kolejnym modyfikacjom. W obecnej chwili, najlepiej stan dorobku polskich badań w tej dziedzinie przedstawia praca Szczygła [21].

W 2006 roku Rozporządzeniem Ministra Środowiska [24] powstał system określający potencjalne zagrożenie pożarowe lasów polskich. Lasy Państwowe podzielono na 42 strefy prognostyczne nie obejmujące obszarów górskich. Dane do systemu są zbierane przez 132 automatyczne leśne stacje meteorologiczne. Ośrodek obliczeniowy znajduje się w Instytucie Badawczym Leśnictwa w Sękocinie Starym koło Warszawy. Bieżące prognozy zagrożenia pożarowego można znaleźć na stronach internetowych Lasów Państwowych [25].

Obok systemu informującego o zagrożeniu pożarowym podjęto również próby realizacji oprogramowania do symulacji rozprzestrzeniania się ognia w kompleksach leśnych [21]. Oprogramowanie *Model Pożaru Lasu* wyróżnia cztery modele paliwowe: ściółkę, pokrywę wrzosową, pokrywę trawiastą oraz pożar całkowity drzewostanu. Daje ono pewne wskazówki postępowania dla zespołów strażackich w trakcie trwania akcji ratowniczej. Omawiane oprogramowanie zostało wdrożone na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych i Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Zielonej Górze [21].

2.2.6. Ograniczenia klasyfikacji paliw

Jak przedstawiono w poprzednich podrozdziałach istnieje wiele systemów klasyfikacji paliw na świecie. Najważniejsze systemy zostały scharakteryzowane w tabeli 1.

Analizując istniejące systemy modeli paliwowych trzeba podkreślić, że paliwa nie są łatwe do klasyfikacji. Są one strukturalnie złożone i różnią się w szerokim zakresie swoich cech fizycznych jak i zachowaniu w trakcie pożaru. Wielu autorów zwraca

Tabela 1.

Właściwości głównych modeli paliwowych, wg [26] uzupełniona o dane z Polski

Table 1.

Properties of the main fuel classification systems, according to [26] supplemented by data from Poland

System klasyfikacji paliwa Fuel classification system	Liczba typów paliwa Number of fuel types	System decyzyjny \ model rozprzestrzeniania się ognia Decision suport system \ fire model	Kraj zastosowania Country of application	System opisu System description
NFDRS	20	NFDRS \ model Rothemela	USA	Szeroko skalowy system bezpieczeństwa przeciwpożarowego
NFFL	13 ^a	BEHAVE, FARSITE \ model Rothemela	USA	BEHAVE: lokalna skala zachowania się ognia FARSITE: dołączono pożar koron drzew
FCCS	216 ^b	Modele zachowania ognia, modele oddziaływania ognia	USA	Ramy teoretyczne budowy klasyfikacji paliwa
McArthur	3	System oceny zagrożenia pożarowego McArthur'a	Australia	Nomogramy do oszacowania rozwoju pożaru
FBP	16	Kanadyjski system FBP	Kanada	Do opisu zachowania się ognia rozwinięto badania eksperymentalne pożarów
Prometheus	7	Model Rothemela EFFIS	Europa ^c	Bazuje na NFFL. Adaptowany do warunków basenu morza Śródziemnomorskiego Ocena zagrożenia dla krajów europejskich
IBL	4	System oceny zagrożenia pożarowego	Polska	Ocena zagrożenia pożarowego, opracowanie IBL

^a – opcje rozwoju systemu przez użytkowników

^b – nowe zespoły paliwowe dodawane periodycznie

^c – kraje leżące w basenie morza Śródziemnego

cało uwagę na istotne ograniczenia występujące przy klasyfikacji modeli paliwowych [27,28,29].

a. Poniżej w punktach wymieniono główne z podnoszonych ograniczeń. *Modele paliwowe są specyficzne dla danego miejsca geograficznego na ziemi.* Klasyfikacja każdego typu paliwa jest specyficzna dla danej lokalizacji geograficznej i nie może być w sposób prosty przeniesiona do zastosowania w innych miejscach klimatycznych. Adoptowanie określonych modeli paliwowych do innych stref klimatycznych prowadzi do słabych wyników jak np. adoptowanie systemu kanadyjskiego do strefy klimatycznej Nowej Zelandii [30].

b. *Ograniczone zastosowanie.* Klasyfikacji paliwa może być zastosowana do konkretnych celów, które były brane pod uwagę podczas tworzenia danej klasyfikacji. Ponieważ klasyfikacje paliwa są przeznaczone do specyficznych aplikacji programowych, obejmują one tylko część składników paliwa wymaganych przez stosowane algorytmy oprogramowania symulacyjnego, które obsługują. Większość modeli paliwowych jest ograniczona do przewidywania rozwoju pożaru i nie bierze pod uwagę charakterystyki paliwa potrzebnej do innych zastosowań jak np. rozprzestrzenia-

nia się ognia w koronach drzew [31,32]. Ponadto, większość modeli paliwowych nie jest szczególnie przydatna do przewidywania skutków pożaru, które są zależne od czasu trwania ognia na danym obszarze, oraz wpływu na zanieczyszczenia atmosfery.

c. *Dezorientacja wynikająca z różnych systemów klasyfikacji.* Fakt że w USA jest 20 modeli paliwa NFDRS, jak również 13 modeli reakcji na ogień NFFL powoduje dezorientację. Oba systemy bazują na modelu rozprzestrzeniania się pożaru Rothemela, ale rozwój i wdrażanie obu wymienionych systemów było różne. Dlatego zestaw liczb, które reprezentują paliwa dla każdego układu równań (np. modele paliwowe) mogą być różne. Oczywiście istnieją tablice, które pokazują możliwości przejścia z jednego systemu na drugi ale trzeba być bardzo ostrożnym, aby nie popełnić błędu [33].

d. *Trudne do mapowania.* Chociaż mapy paliwa są niezbędne do kontrolowania rozprzestrzeniania się ognia w wielu przestrzennych i czasowych skalach, mapowanie ich jest trudne i kosztowne [34]. Problemem jest tu duża zmienność paliwa w czasie i przestrzeni, stąd też mapowanie paliw jest niezwykle poważnym wyzwaniem.

2.2.6. Metody tworzenia map paliwowych

Początkowo mapy paliwowe były robione poprzez bezpośrednią klasyfikację roślinności w terenie [35]. W latach 1940-1950 zaczęto wykorzystywać zdjęcia lotnicze [36]. Obecnie ze względu na kompromis pomiędzy kosztami i dokładnością analiza zdjęć lotniczych jest najczęściej stosowanym rozwiązaniem w zakresie mapowania roślinności. Mimo, że jest ona nieco bardziej czasochłonna niż nowsze podejścia, jest szeroko stosowana w wielu krajach na świecie [37]. Obecnie wykorzystuje się do tworzenia map paliwowych na dużych obszarach urządzenia badające roślinność w sposób bierny (analiza zdjęć w różnych pasmach widma światła widzialnego) [38], jak i czynny np. badania wiązką radarową z zakresu 0.1-1 m [39] bądź poprzez skanowanie wiązką światła laserowego (LIDAR) [40].

3. Modele paliwowe

Matematyczne modele zachowania ognia potrzebują do obliczeń wielu parametrów paliwa. Wraz z rozwojem takich modeli jak model rozprzestrzeniania się pożaru powierzchni lasu Rothermela [3], pojawiły się modele paliwowe, czyli po prostu zbiory opisów parametrów paliwa, niezbędnych do wykorzystania w modelach liczących np. zachowanie pożaru w paliwie lub ryzyko pożarowe. Podstawowe parametry jakie powinny być zawarte w takim modelu są następujące:

- obciążenie dla każdej klasy średnicy cząstki paliwa (t/akr lub t/ha),

- współczynnik powierzchni to objętości dla każdej klasy wielkości (1/ft lub 1/m),
- głębokość warstwy paliwa (ft lub cm),
- ciepło właściwe paliwa (BTU/lb lub kJ/kg),
- wilgotność wygaszenia (%).

Pierwszy tego typu zbiór modeli wprowadził Rothermel opracowując swój matematyczny model przewidywania rozprzestrzeniania się pożaru w paliwach roślinnych. Opisał on parametry dla 11 paliw. Rothermel w swoich modelach utrzymał na stałym poziomie właściwości cząstki paliwa (całkowitą i efektywną zawartość minerałów, ciepło właściwe i gęstość cząstki). Wilgotność wygaszenia nie została przypisana dla każdego paliwa osobno i wynosi stale 30%. Poszczególne modele różniły się przede wszystkim obciążeniem paliwa względem klasy wielkości, głębokością warstwy paliwa i rozmiarem cząstki paliwa. Rothermel wyodrębnił i opisał następujące modele paliw: trawa krótka, trawa długa, gęste krzaki i krzewy, gęste zarośla krzewów i małych drzew, trawy i poszycie leśne, ściółka leśna, ściółka leśna razem z gałęziami i martwymi częściami roślin, ściółka lasów liściastych, wyrąbane lub powalone drzewa w 3 formach: tylko pojedyncze, w połowie lub wszystkie powalone.

Albini [41] dodał do 11 modeli Rothermela jeszcze 2 inne: martwe krzaki i krzewy oraz południowe poszycie, krzewy leśne. Ponad to w modelach Albiniego wilgotność wygaszenia jest ustalana dla każdego modelu osobno.

Tabela 2.

Zbiór modeli Albiniego i Andersena wg [42]

Table 2.

The set of models by Albini and Anderson [42]

Model paliwa Fuel model	Typ paliwa Fuel type	Parametry paliwa Fuel parameters				Głębokość paliwa [stopy] Fuel depth (ft)	Wilgotność martwego paliwa [%] Moisture of extinction dead fuels (%)
		Fuel loadings (t/ha)					
		Obciążenie w klasach		[t/ha]			
		1 h 1 h	10 h 10 h	100 h 100 h	Żywe Live		
1	Trawy Krótka trawa (1 stopa)	0.75	0.00	0.00	0.00	1.0	12
2	Zdrewniałe (trawy i poszycie)	2.00	1.00	0.50	0.50	1.0	15
3	Wysoka trawa (2.5 stopy)	3.01	0.00	0.00	0.00	2.5	25
	Krzewy						
4	Krzaki (6 stóp)	5.01	4.01	2.00	5.01	6.0	20
5	Gęste pola krzewów (2 stopy)	1.00	0.50	0.00	2.00	2.0	20
6	Zarośla krzewów i małych drzew	1.50	2.50	2.00	0.00	2.5	25
7	Południowe poszycie, krzewy leśne	1.13	1.87	1.50	0.37	2.5	40
	Ściółka leśna						
8	Ściółka leśna	1.50	1.00	2.50	0.00	0.2	30
9	Ściółka lasów liściastych	2.92	0.41	0.15	0.00	0.2	25
10	Ściółka leśna, zeschnięte grube gałęzie	3.01	2.00	5.01	2.00	1.0	25
	Wyrąbane (powalone) pnie						
11	Pojedyncze powalone pnie	1.50	4.51	5.51	0.00	1.0	15
12	Gęsto powalone pnie	4.01	14.03	16.53	0.00	2.3	20
13	Pełen wyrąb	7.01	23.04	28.05	0.00	3.0	25

Anderson [42] opisał modele wymienione przez Albiniego w celu łatwiejszego wyboru. Parametry modeli pozostały bez zmian, a w opisie modeli uwzględniono jedynie obciążenie paliwa względem klas wielkości, głębokość warstwy paliwa, i wskaźnik temperatury wygaszenia paliwa.

W systemie NFDRS klasyfikuje się paliwa przez przypisanie ich do 4 klas opóźnienia związanego z czasem pochłaniania bądź odprowadzaniem wilgoci w naturalnym środowisku leśnym. W naturalnym otoczeniu zawartość pary wodnej w powietrzu zależy od warunków pogodowych. Wraz ze zmianą warunków pogodowych, z pewną zwłoką czasową, ulega zmiana wilgotności paliwa leśnego. Poszczególne czasy wymienione w tabeli 2 1-hr, 10-hr, 100-hr oznaczają liczbę godzin i określają tzw. *timelag* czyli liczbę godzin jaką zajmie cząstce paliwa osiągnięcie 63% wilgotności równowagi, przy warunkach środowiska 80°F i 20% wilgotności. Dodatkowo stosuje się również klasę 1000-hr dla średnicy cząstki paliwa powyżej 3 cali, ale w tej tabeli nie jest ona uwzględniona [43,44]. Klasy te są w oczywisty sposób powiązane ze średnicą masy paliwowej. Trawa będzie wilgotniała zdecydowanie szybciej niż grube pnie drzew. Krótkie omówienie tej klasyfikacji znajduje się w dodatku A pracy.

Kilka lat później Andrews [45], Burgan i Rothermel [6] opracowali pierwszą wersję programu do przewidywania rozprzestrzeniania i modelowania pożaru roślinności. Zmodyfikowano 13 paliwowy zbiór modeli Andersona wprowadzając parametr ciepła właściwego cząstki jako zmienny, różniący się pomiędzy modelami, a nie tak jak poprzednio stały niezależnie od modelu. Na podstawie tych założeń powstały programy FARSITE [46] i BEHAVEPLUS [47], które pozwalają dodatkowo rozgraniczyć ciepło właściwe dla martwych i żywych paliw. Dla porównania w oryginalnym zbiorze modeli dla 13 paliw wartość ciepła właściwego cząstki pozostawała stała dla paliw martwych i żywych i wynosiła zawsze 8000 BTU/lb, zatem przyczyniło się to przede wszystkim do zwiększenia precyzji w budowaniu niestandardowego modelu paliw, a co za tym idzie w obliczeniach [48].

Wymienione oprogramowanie ma również możliwości tworzenia niestandardowego modelu paliwowego użytkownika. Mimo iż technicznie model paliwowy zawiera wszystkie dane wejściowe do modelu rozprzestrzeniania ognia Rothermela, to i tak użytkownik na wartość wiele z nich nie będzie miał wpływu tworząc własny niestandardowy model paliwowy. Zmienne takie jak: efektywna zawartość minerałów, lub gęstość cząstki paliwa pozostają bez zmian. Podobnie jest ze współczynnikiem powierzchni do objętości, został on zawarty w parametrach modelu paliwowego, lecz nie może być zmieniany przy tworzeniu niestandardowych modeli.

Oryginalny zbiór 13 modeli paliwowych funkcjonował dobrze przy przewidywaniu rozprzestrzeniania pożaru i intensywności ognia, jedynie w okresie szczytu sezonu pożarowego. Częściowo było to związane z suchymi warunkami, co prowadziło do powstania bardziej jednolitego kompleksu paliwowego. Modele te mają spore braki w stosunku do innych przypadków, w modelowaniu pożaru, jego rozwoju czy efektów spalania, oraz przede wszystkim modelowania przeniesienia się ognia z powierzchni na korony drzew i jego rozprzestrzeniania. Powszechnie korzystanie z modelu Rothermela i chęć posiadania większej liczby opcji w doborze modelu paliwowego doprowadziły do utworzenia nowego zbioru modeli paliwowych.

Nowy zbiór Scotta i Burgana wprowadził następujące zmiany [48]:

- zwiększał dokładności przewidywania przebiegu pożaru poza sezonem pożarowym,
- zwiększał liczby modeli paliwowych stosowanych dla obszarów o wysokiej wilgotności. Wykorzystując model Rothermela, jedynym sposobem aby pogodzić kompleksy paliwa, które spalają się dobrze w warunkach wysokiej wilgotności jest modyfikacja wilgotności parametru wygaszenia,
- zwiększał liczby modeli dla ściółki leśnej oraz ściółki z trawą lub krzewami,
- zawierał przewidywanie przeniesienia ognia powierzchni na ogień korony. Zwiększenie precyzji w modelowaniu pożaru powierzchni prowadzi do zwiększenia precyzji modelowania pożaru koron oraz oceny zagrożeń,
- powodował wzrost zdolności do symulacji zmian w zachowaniu pożaru m. in. poprzez zaoferowanie znacznie większej liczby modeli paliwowych, zwłaszcza zdominowanych drewnem warstw paliwa.

Scott i Burgan w swojej wersji zbioru modeli paliwowych założyli, że przede wszystkim z braku możliwości ingerencji w parametry cząstki paliwa oraz we współczynnik powierzchni do objętości, pozostawia te parametry stałe, przypisując im wartości zgodne z opublikowanymi przez Rothermela. Zgodnie z ich założeniami nowy model wśród zmiennych parametrów uwzględniał:

- obciążenie paliwa względem klasy wielkości i kategorii,
- współczynnik powierzchni do objętości dla żywych drzewiastych i trawiastych roślin oraz dla martwych 1-hr,
- głębokość warstwy paliwa,
- wilgotność wygaszenia dla martwych paliw,
- ciepło właściwe dla martwych i żywych paliw.

Jako wartości stałe zgodnie z założeniami Rothermela potraktowano:

- a. współczynnik powierzchni do objętości dla martwych paliw 10-hr równy 109 1/ft a dla 100-hr równy 30 1/ft,
- b. całkowita zawartość minerałów równa 5,55%, a efektywna (wolna od krzemionki) równa 1%,
- c. gęstość cząstki całkowicie wysuszonego paliwa równa 32 lb/ft².

Warto dodać, że nowy zbiór modeli ma podobnie jak oryginalny 13 paliwowy zbiór zastosowanie do symulacji zachowania pożaru powierzchni tylko na froncie ognia i nie obejmuje pozostałości spalania na terenie po przejściu frontu ognia. Parametry modeli zawartych w tym zbiorze nie powinny być używane np. do modelowania konsumpcji paliwa.

Nowy zbiór modeli jest w pełni samodzielny a żaden z 13 oryginalnych modeli paliwowych Andersona [42] nie jest w nim powtórzony. Nazwy paliw odnoszą się do paliw i ich typów a nie jak poprzednio do roślinności, ponieważ jeden model może mieć zastosowanie do kilku rodzajów roślinności. Modele paliwa w zbiorze są podzielone na typy według zdolności przenoszenia ognia przez paliwo w modelu. Każdy typ paliwa posiada dwu literowy kod. Niepalne obszary jak np. zbiorniki wodne, zostały wzięte pod uwagę ze względu na potrzebę pełnego sporządzenia mapy paliwowej danego obszaru. Typy paliwa zostały uporządkowane podobnie jak w oryginalnym zbiorze 13 modeli, z zastosowaniem typów podwójnych łączonych np. Trawy-Krzewy czyli typ paliwa pomiędzy dwoma typami tutaj między trawami a krzewami. W zbiorze wyróżniono następujące typy paliwa [48]:

- a. (NB) Nonburnable – Niepalne
- b. (GR) Grass – Trawy
- c. (GS) Grass-Shrub – Trawy-Krzewy
- d. (SH) Shrub – Krzewy
- e. (TU) Timber-Understory – Wysokie drzewa-Podszycie
- f. (TL) Timber Litter – Wysokie drzewa-Ściółka
- g. (SB) Slash-Blowdown – Las wycięty, Las powalony (np. przez huragan)

W celu ułatwienia zarówno komunikacji jak i obliczeń ustalono 3 częściowy schemat referencyjny zawierający następujące dane:

- a. Numer modelu paliwowego (pomiędzy 1 a 256; do użytku w aplikacjach i do tworzenia map paliwowych),
- b. Kod modelu paliwowego (trzy znaki używane np. jako dane wejściowe do systemów modelujących pożary),
- c. Nazwa modelu paliwowego (ciąg znaków potrzebny do opisu paliwa).

Przykład oznaczenia:

Numer	Kod	Nazwa
101	GR1	Krótkie, słabe trawy klimatu suchego

Wewnątrz typów paliwa modele są posortowane według rosnącego ciepła na jednostkę powierzchni. Modele paliwowe są numerowane do 256 (8-bitowe numery) tak aby w łatwy sposób informacje na temat danego modelu paliwowego mogły być używane na mapach paliwowych oraz w aplikacjach bazodanowych. Dla każdego typu paliwa został przydzielony blok numerów (tabela 3), co w znaczący sposób ułatwia choćby tworzenie map paliwowych dla określonego terenu, w którym określenie konkretnego modelu paliwa nie jest wymagane. Nie trzeba tworzyć ogromnej skali, gdyż wszystkie numery modeli paliwa w danym bloku mogą być oznaczone tym samym kolorem co w dużym stopniu zwiększa czytelność mapy. Niewykorzystane numery są zarezerwowane dla przyszłych standardowych i niestandardowych modeli paliwowych, co pozwala w przyszłości umieszczać je w konkretnych odpowiednich blokach numerów.

Tabela 3.

System klasyfikacji paliw wg [48]

Table 3.

Fuel classification system from [48]

Typ paliwa Fuel type	Numer bloku modelu paliwa Fuel model number block	Używane w oryginalnym lub nowym zestawie Used in original or new set	Zarezerwowane dla przyszłych standardowych modeli paliwa Reserved for future standard fuel models	Dostępne dla niestandardowych modeli paliwa Available for custom fuel models
	1-13 14-89	1-13		14-89
NB	90-99	91-93, 98-99 ^a	94-95	90, 96-97
GR	100-119	101-109	110-112	100, 113-119
GS	120-139	121-124	125-130	120, 131-139
SH	140-159	141-149	150-152	140, 153-159
TU	160-179	161-165	166-170	160, 171-179
TL	180-199	181-189	190-192	180, 193-199
SB	200-219 220-256	201-204	205-210	200, 211-219 220-256

^a przerwa w sekwencji numerowania NB jest dopasowaniem do konwencji przyjętej w oprogramowaniu FARSITE, gdzie numer 98 funkcjonuje jako *otwarta woda*, a 99 jako *skała*.

W nowym zbiorze wszystkie modele, które zawierają żywą roślinność trawiastą są modelami dynamicznymi. W sekcji modeli paliwa opisującej typ modelu paliwa widać, który z nich zawiera roślinność trawiastą, a tym samym jest modelem dynamicznym.

Metodę dynamicznego przetwarzania modeli paliwowych opisał Burgan [49], a sformułowane przez niego założenia są następujące:

- a. jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielnej wynosi 120% lub więcej, całe obciążenie tej ro-

- ślinności pozostaje w klasie żywych paliw zielonych,
- b. jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielonej wynosi 30% lub mniej, paliwa zielne są traktowane jak w pełni przetworzone i całe obciążenie zostaje przeniesiony do kategorii martwej,
 - c. jeśli współczynnik wilgotności roślinności zielonej znajduje się pomiędzy 30% a 120%, wtedy część obciążenia jest przenoszona do klasy roślinności martwej. Dla przykładu jeśli współczynnik wilgotności wynosi 75% czyli połowa pomiędzy 30% a 120%, wtedy połowa obciążenia jest przeniesiona do klasy roślinności martwej, a połowa pozostaje w klasie roślinności żywej.

Obciążenie przeniesione do klasy martwej roślinności jest umieszczony w klasie dla martwych roślin zielonych, czyli klasie o najmniejszej średnicy części paliwa, zachowując stosunek powierzchni do objętości taki jak w przypadku klasy żywych roślin.

4. Wybór modelu paliwowego do symulacji rozprzestrzeniania się ognia w oprogramowaniu FARSITE

Jak już wcześniej wspomniano w pracy [2] przedstawiono symulację rozwoju pożaru posługując się oprogramowaniem FARSITE. We współpracy z pracownikami Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku do symulacji wytypowano kompleks leśny, który znajduje się w Nadleśnictwie Nowogród w powiecie Łomżyńskim. Lasy tamtejsze to przeważnie łatwo palne sosnowe bory świeże, gdzie gatunkiem przeważającym jest sosna zwyczajna (*Pinus Sylvestris*).

Do uruchomienia symulacji trzeba było wczytać pięć podstawowych warstw danych rastrowych z plików w formatach GRASS ASCII (format plików programu GRASS do edycji danych GIS) oraz ARC GRID ASCII. Wymagane warstwy to: wysokości (DEM – *Digital Elevation Model* czyli Numeryczny Model Terenu), nachylenia (*Slope*), ekspozycje (*Aspect*), paliwa (*Fuel Model*) oraz pokrycie terenu koronami drzew (*Canopy Cover*). Na podstawie numerycznego modelu terenu otrzymanego z Dyrekcji Lasów Państwowych wygenerowano warstwę wysokości, nachylenia oraz ekspozycji. Natomiast jednym z głównych problemów do rozwiązania było wygenerowanie odpowiedniej mapy paliwowej rozpatrywanego obszaru leśnego.

Ustalono, że podstawowym kryterium różnicującym paliwa powierzchni jest typ siedliska leśnego. Zgodnie z dostarczonymi danymi w badanym nadleśnictwie można było wyróżnić 14 różnych typów siedliska leśnego. Głównym siedliskiem leśnym Nadleśnictwa Nowogród jest bór świeży stanowiący około 60% lasów w badanym nadleśnictwie i to w zasadzie ten rodzaj lasu pali się najczęściej.

Kolejnym etapem tworzenia mapy paliw powierzchni było opracowanie własnych modeli paliwowych opisujących klasyfikację siedlisk leśnych i ich obciążenia biomasą pokrywę gleby. Program FARSITE daje użytkownikowi możliwość opracowania własnych modeli udostępniając prosty edytor modeli paliwowych. Przy pomocy wspomnianego edytora wygenerowano 12 nowych modeli paliwowych służących do opisanie podziału paliw powierzchni.

Powyższe modele powstały na podstawie standardowego modelu FM9 (*Fuel Model 9*) ze zbioru 13 modeli Andersona [42]. Model został stworzony do opisanie paliw powierzchni lasu liściastego jak i lasu iglastego, gdzie ściółka składa się w dużej mierze z długich igieł sosny żółtej. Wykorzystano go jednak ze względu na podobną charakterystykę spalania igieł sosny żółtej i zwyczajnej. Istotny jest również fakt, iż paliwa klasy 1hr, do których można zaliczyć igły stanowią stosunkowo duże obciążenie w stosunku do całkowitego obciążenia paliw powierzchni. Oryginalny model 9 ze zbioru Andersona nie zakłada obecności żywych roślin zielonych i drzewnych w opisie modelu, dlatego uwzględniono obciążenie tego typu roślinności w utworzonych modelach co spowodowało zmianę ich typu ze statycznego oryginalnie na dynamiczny. Ogólnie, podział ogólnego obciążenia paliw powierzchni jest, oprócz wyraźnej przewagi paliw klasy 1hr, raczej szacunkowy, ze względu na brak pełnych danych.

5. Podsumowanie

Szczegółowa symulacja rozprzestrzeniania się ognia w wybranym kompleksie leśnym przedstawiona została w pracy [2]. Ze względu na szczupłe ramy poprzedniej publikacji oraz znaczenie problematyki modeli paliwowych autor pracy postanowił jeszcze raz wrócić do tematu i przedstawić problematykę modeli paliwowych, ponieważ są to istotne dane określające poprawność wyników przeprowadzonych symulacji pożaru roślinności leśnej. Przeprowadzona w pracy [2] analiza wykazała, że największy zdecydowanie wpływ na zachowanie ognia, jego siłę i intensywność ma rodzaj paliwa powierzchni. Ilość, wilgotność, grubość warstwy to cechy, które mają znaczący wpływ na palność danego paliwa.

Uzupełniając ogólną wiedzę na temat modeli paliwowych potrzebną do posługiwania się oprogramowaniem symulacyjnym w pracy przedstawiono obecnie obowiązującą klasyfikację paliw w wybranych rejonach świata. Ze względu na duże zaawansowanie nad tą tematyką prac w Stanach Zjednoczonych, zwrócono szczególną uwagę na klasyfikację paliw obowiązującą w tym kraju. Jednocześnie pokazano możliwości przeniesienia dotychczasowego dorobku Urzędu Leśnego Ministerstwa Rolnictwa USA z zakresu klasyfikacji paliw i oprogramowania

symulującego rozwój pożaru kompleksów leśnych na grunt polski. Bezplatne oprogramowanie FARS-ITE uwzględnia o wiele więcej elementów rozwoju pożaru niż istniejące oprogramowanie rodzime i stąd warto poświęcić mu uwagę. Oczywiście problemem pozostaje opracowanie odpowiednich dla Polski modeli paliwowych, które dobrze odzwierciedlałyby warunki klimatyczne naszego kraju. Jest to zagadnienie badawcze dla leśników i strażaków. Omawiane oprogramowanie daje możliwości opracowania i wstawiania własnych modeli paliwowych. Otrzymane wyniki symulacji przedstawione w pracy [2] są obiecujące i stąd też warto dalej popracować nad zaszczepieniem tego oprogramowania na grunt polski.

W dodatku A przedstawiono klasy martwych paliw używane w systemie amerykańskim. Tytułem uzupełnienia w dodatku B podano przeliczenie jednostek używanych w krajach anglosaskich na system SI.

Literatura

1. Czerpak T., Maciak, T., *Modelowania pożaru lasu. Część I. Metody i algorytmy modelowania pożaru lasu.*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 3/2011, Józefów, Wydawnictwo CNBOP-PIB, str. 83-94
2. Czerpak T., Maciak, T., *Modelowania pożaru lasu. Część II. Symulacja komputerowa pożaru wybranego kompleksu leśnego.* Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 3/2011, Józefów, Wydawnictwo CNBOP-PIB str. 99-111
3. Rothermel R.C., *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. U.S.*, Department of Agriculture Forest Service 1972, INT-115, str. 3-25;
4. Pyne, S.J., Andrews, P.L., Laven, R.D., *Introduction to Wildland Fire*, second edn. John Wiley & Sons, Inc., New York 1996;
5. Merrill, D.F., Alexander, M.E., *Glossary of Forest Fire Management Terms*, fourth edn. National Research Council of Canada, Canadian Committee on Forest Fire Management, Ottawa, Ontario 1987;
6. Burgan R.E., Rothermel R.C., *BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system - FUEL subsystem*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 1984, General Technical Report INT-167;
7. Ottmar, R.D., Sandberg, D.V., Riccardi, C.L., Pritchard, S.J., *An overview of the fuel characteristics classification system—quantifying, classifying, and creating fuelbeds for resource planning*, Canadian Journal of Forest Research 2007, vol.37, str. 2383–2393;
8. McArthur, A.G., *Weather and grassland fire behavior*, Australian Forestry and Timber Bureau Leaflet 1966. no.100;
9. McArthur, A.G., *Fire behavior in eucalypt forests*, Australian Forestry and Timber Bureau Leaflet 1967, no. 107;
10. Noble, I.R., *McArthur's fire-danger meters expressed as equations*, Australian Journal of Ecology 1980, vol. 5, str. 201–203;
11. Sirakoff, C., *A correction to the equations describing the McArthur forest fire danger meter*, Australian Journal of Ecology 1985, vol. 10, str. 481-482;
12. Sneeuwjagt, R.J., Pee, G.B., *Forest fire Behavior Tables for Western Australia*, Department of Conservation and Land Management 1985;
13. Van Wagner, C.E., Pickett, T.L., *Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System*, Rep. No. Forestry Technical Report 33. Canadian Forestry Service, Ottawa 1985;
14. Van Wagner, C.E., *Development and structure of the Canadian forest fire weather index system*, Rep. No. Forest Technology Report 35. Canadian Forestry Service, Ottawa 1987;
15. Lawson, B.D., Stocks, B.J., Alexander, M.E., van Wagner, C.E. *A system for predicting fire behaviour in Canadian forest*. [In:] Eighth Conference on Fire and Forest Meteorology. Society of American Foresters, Detroit 1985;
16. Riaño, D., Chuvieco, E., Salas, F.J., Palacios-Orueta, A., Bastarrica, A., *Generation of fuel type maps from Landsat TM images and ancillary data in Mediterranean ecosystems*, Canadian Journal of Forest Research, 2002, vol. 32, str.1301–1315;
17. Arroyo, L.A., Healey, S.P., Cohen, W.B., Cocero, D., *Using object-oriented classification and high-resolution imagery to map fuel types in a Mediterranean region*, Journal of Geophysical Research 2006, vol. 111, G04S04 doi:10.1029/2005JG000120;
18. Harvey, S., Riegsegger, M., Allgöwer, B., *Fuel Models for Switzerland (Swiss National Park)*, Rep. No. BBW Nr. 94.0177, EC Nr. EV5VCT-0570. Department of Geography, Zurich, 1997;
19. Kitchen, K., Marno, P., Legg, C., Bruce, M., Davies, G.M., *Developing a fire danger rating system for the United Kingdom*, Forest Ecology and Management 2006, 234S, S21;
20. Fernandes, P., Luz, A., Loureiro, C., Ferreira-Godinho, P., Botelho, H., *Fuel modeling and fire hazard assessment based on data from the Portuguese National Forest Inventory*, Forest Ecology and Management 2006, 234S;
21. Szczygieł, R., *Metoda oceny ryzyka powstania pożaru lasu wspomagająca organizację działań ratowniczych*, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary 2009;
22. Joint Research Centre, *The European Forest Fire Information System (EFFIS)*, [online], [dostęp: 8 stycznia 2012]. Dostępny w World Wide Web: <http://effis.jrc.ec.europa.eu/>

23. Karlikowski, T., *Prognozowanie zagrożenia pożarowego lasu metodą IBL*, Prace IBL, 578, str. 3-72;
24. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 58, poz. 405 i Nr 82, poz. 573)
25. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, zakładka Zagrożenia Pożarowe, [online], [dostęp: 8 stycznia 2012]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.lasy.gov.pl/>
26. Arroyo, L. A., Pascual, Manzanera, J. A., *Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing*, Forest Ecology and Management 2008, vol. 256 str.1239–1252;
27. Scott, J.H., 1999. *NEXUS a system for assessing crown fire hazard*, Fire Management Notes 59, 20–24
28. Sandberg, D.V., Ottmar, R.D., Cushon, G.H., *Characterizing fuels* [In:] the 21st Century. International Journal of Wildland Fire 2001, no 10, str. 381–387;
29. Hall, S.A., Burke, I.C., Box, D.O., Kaufmann, M.R., Stoker, J.M., *Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests*, Forest Ecology and Management 2005, no 208, str.189–209;
30. Fogarty, L.G., Pearce, G., Catchpole, W.R., Alexander, M.E., *Adoption versus adoption: lessons learned from applying the Canadian Forest Fire Danger Rating System to New Zealand*, [In:] Viegas (Eds.), Proceedings 3rd International Conference Forest Fire Research, Luso, Coimbra, Portugal 1998, str. 1011–1028;
31. Keane, R.E., Burgan, R.E., van Wagtendonk, J., *Mapping wildland fuel for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling*, International Journal of Wildland Fire 2001, no 10, str. 301–319;
32. Scott, J.H., Burgan, R., *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*, Rep. No. RMRS GTR-153. Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 2005;
33. Anderson, H.E., *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior*, Rep. No. GTR INT-122. USDA, Forest Service, Ogden, UT, 1982;
34. Keane, R.E., Burgan, R.E., van Wagtendonk, J., *Mapping wildland fuel for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling*, International Journal of Wildland Fire 2001, no 10, str. 301–319;
35. Hornby, L.G., *Fuel type mapping in region one*, Journal of Forestry 1935, vol. 33, str. 67–72;
36. Lee, H.C., *Aerial photography: a method for fuel type mapping*, Journal of Forestry 1941, vol. 39, str. 531–533;
37. James, P.M.A., Fortin, M.-J., Fall, A., Kneeshaw, D., Messier, C., *The effects of spatial legacies following shifting management practices and fire on boreal forest age structure*, Ecosystems 2007, vol. 10, str. 1261–1277;
38. Lasaponara, R., Lanorte, A., *Remotely sensed characterization of forest fuel types by using satellite ASTER data*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2007, vol. 9, str. 225–234;
39. Kononov, A.A., Ka, M.H., *Model-associated forest parameter retrieval using VHFSAR data at the individual tree level*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2008, vol. 46, str. 69–84;
40. Hyypä, J., Hyypä, H., Leckie, D., Gougeon, F., Yu, X., Maltamo, M., *Review of methods of small-footprint airborne laser scanning for extracting forest inventory data in boreal forests*, International Journal of Remote Sensing 2008, vol. 29, str. 1339–1366;
41. Albini F.A., *Estimating wildfire behavior and effects*. U.S. Department of Agriculture Forest Service 1976, General Technical Report INT-30;
42. Anderson, H.E., *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior*, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-122, 1982.
43. Bradshaw, L. S.; Deeming, J. E.; Burgan, R. E.; Cohen, J. D., compilers, *General Technical Report INT-169*, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 44 p. 1984. GTR-INT-169;
44. *Dead woody fuel timelag classes*, Forest Encyclopedia Network, [online], [dostęp: 8 stycznia 2012]. Dostępny w World Wide Web: www.forestencyclopedia.net/p/p523;
45. Andrews, P.L. *BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system- BURN subsystem*, Part 1. 1986. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-194;
46. Finney M.A., *FARSITE: Fire Area Simulator—model development and evaluation*, U.S. Department of Agriculture Forest Service 2004;
47. Andrews P. L., Bevins C. D., Seli R. C., *BehavePlus fire modeling system, version 4.0: User's Guide*. General Technical Report, RMRS-GTR-106WWW Revised. Ogden, UT: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 2008;
48. Scott J. H., Burgan R. E., *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 2005, str. 1-18;
49. Burgan R. E., *Estimating live fuel moisture for the 1978 national fire danger rating system*, Research Paper INT-226. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service 1979, Intermountain Forest and Range Experiment Station;

Dodatek A

Klasy martwych paliw

Martwe paliwa są podzielone na klasy uwzględniające średnice paliwa. Podział na klasy występuje tu pośrednio poprzez podanie czasu w jakim dana klasa paliwa osiągnie zakładaną wilgotność. Paliwo leśne zmienia swoją wilgotności (nasyca się wodą lub wysycha) pod wpływem warunków atmosferycznych środowiska w którym przebywa. Wilgotność fragmentów paliwa narażonego na wpływy atmosfery zależy od ich wymiarów. Paliwa o niewielkiej średnicy będą reagować szybko na zmiany wilgotności otoczenia, podczas gdy gałęzie i pnie o dużej średnicy będą nasycać się wodą lub schnąć odpowiednio wolno. Podział na klasy dokonuje się poprzez określenie tzw. czasu opóźnienia (*time lag*). Jest to czas potrzebny do tego, aby dane paliwo osiągnęło 63% różnicy pomiędzy początkową zawartością wilgoci i wilgotności równowagi (lub równowagi ze zmieniającymi się warunkami atmosferycznymi). Kategorie te są określane dla wartości punktu środkowego (*mid-point*) czasu dochodzenia do wartości wilgotności równowagi otoczenia, dla każdej kategorii paliwa: 1-godzinne paliwa reagują w czasie krótszym niż 2 godziny, 10-godzinne paliwa reagują w czasie od 2 do 20 godzin, 100 godzinne reagują w czasie od 20 do 200 godzin i 1000 godzinne paliwa reagują w czasie dłuższym niż 200 godzin.

Poniżej przedstawiono typowe dla swojej kategorii paliwa oraz reakcje na ogień dla każdej z wymienionych 4 klas paliwowych.

1. Paliwa charakteryzujące się 1-godzinnym czasem opóźnienia (<0,625 cm (0,25 cala) średnicy)

Paliwa charakteryzujące się 1-godzinnym czasem opóźnienia są najważniejsze przy rozpatrywaniu powierzchniowych pożarów lasów. Ich zawartości wilgoci reguluje zachowanie ognia. Jedno-godzinne paliwa obejmują ogólnie ściółkę, spadłe igły i liście, trawy, porosty i małe gałązki. W ramach tej kategorii czas reakcji zmienia się wraz ze zmianą rodzaju paliwa. Licheń, trawa, i sucha igła reagują na zmiany wilgotności otoczenia szybciej niż świeżo spadłe igły i liście z twardego drzewa. Ze względu na dużą powierzchnię w stosunku do objętości, niską wilgotności i położenie w strefie spalania, paliwa te wytwarzają niewiele dymu i mają krótki czas spalania.

2. Paliwa charakteryzujące się 10-godzinnym czasem opóźnienia (0,625 - 2,5 cm (0,25 do 1 cala) średnicy)

Paliwa charakteryzujące się 10-godzinnym czasem opóźnienia to małe gałęzie i zdrewniałe pędy. Ze względu na swoją odporność na wysychanie i większą pojemność cieplną niż paliwa kategorii 1, 10-godzinne paliwa często nie spalają się w pożarach powierzchni o małej intensywności. Kiedy wilgotność jest niska, klasa 10-godzinnych paliw może podtrzymywać pożar i prowadzić do zapalenia się większych (100 - i 1000-godzinnych) paliw.

3. Paliwa charakteryzujące się 100-godzinnym czasem opóźnienia (2,5 cm - 7,6 cm (1-3 cale) średnicy)

Do tej kategorii zalicza się długie pnie powalonych drzew i grube gałęzie. Paliwa te długo schną stąd też w większości warunków trudno ulegają zapłonowi. Dobrze się palą ale po długotrwałej suszy. Krótkotrwały opad nie zmienia tu warunków spalania. Kiedy 100-godzinne paliwo ulega zapłonowi to potrafi się palić i tlić przez wiele godzin.

4. Paliwa charakteryzujące się 1000 godzinnym czasem opóźnienia (> 7,6 cm (3 cale) średnicy)

Paliwa te, zawierają dużo spadłych gałęzi, kłody i pniaki, palą się tylko podczas długich okresów suszy lub gdy są wystarczająco podgrzane przez pożar sąsiednich paliw. Ponieważ nie palą się w każdym przypadku, mogą działać jako pasy przeciwpożarowe i blokować rozprzestrzenianie się pożaru. Jeśli się palą, mogą palić się wiele dni zanieczyszczając powietrze i tworząc warunki ponownego zapalenia paliwa.

Dodatek B

Jednostki:

ft – stopa = 30,48 centymetra

lb. – funt = ok. 0,454 kg

a – akr = ok. 0,405 ha

BTU – *British Thermal Unit* = ok. 1,055kJ

in. - cal = 2,54 centymetra

Dr hab. inż. **Tadeusz Maciak**, prof. SGSP urodził się 1949 roku w Warszawie. Studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej ukończył w roku 1973. Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Technologii Elektronowej Politechniki Warszawskiej (obecnie Instytut Mikro i Optoelektroniki). Zajmował się problemami związanymi z optoelektroniką. Pracę doktorską obronił na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej w roku 1982. W roku 1991 rozpoczął pracę na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej. W roku 1994 obronił pracę habilitacyjną na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W roku 1998 równolegle podjął pracę w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W latach 2001-2006 Dziekan specjalności „Systemy Informatyczne w Technice i Zarządzaniu” w Wyższej Szkole Ekonomiczno-Technicznej w Legionowie. W ostatnich latach jego zainteresowania koncentrują się na wykorzystaniu aparatu informatycznego w rozwiązywaniu zagadnień związanych z ogólnie pojętym bezpieczeństwem wewnętrzny państwa. Prowadzi prace związane z problematyką procesu wspomaganiu podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej. W kręgu jego zainteresowań znajdują się również wszelkiego typu symulacje komputerowe zagrożeń pożarowych oraz problematyka ewakuacji ludności z zagrożonych obiektów.

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk

prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek

dr inż. **Paweł OGRODNIK**

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

mgr inż. **Bartosz ZEGARDŁO**

Collegium Mazovia Innowacyjna Szkoła Wyższa w Siedlcach

dr hab. inż. **Anna HALICKA**, prof.PL

Politechnika Lubelska

WSTĘPNA ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ODPADÓW CERAMIKI SANITARNEJ JAKO KRUSZYWA DO BETONÓW PRACUJĄCYCH W WYSOKICH TEMPERATURACH

Preliminary assessment of utilization of sanitary ceramics wastes as an aggregate in concrete working at the high temperature

Streszczenie

Praca niniejsza stanowi kontynuację badań nad zastosowaniem odpadów ceramiki sanitarnej do produkcji betonów specjalnych. Przeprowadzone dotychczas prace badawcze autorów dowiodły, iż rozdrobnione odpady mogą spełniać rolę kruszywa do betonów. Odpowiednio zaprojektowane mieszanki betonowe przygotowane na bazie odpadów ceramicznych wykazały, że rozdrobniona stłuczka sanitarna może spełniać rolę kruszywa zarówno do betonów zwykłych jak i wysokowartościowych.

Przytoczona w niniejszym artykule szczegółowa analiza zagadnienia odporności betonów na wysokie temperatury pozwoliła autorom na postawienie tezy o potencjalnej możliwości wykorzystania kruszywa z odpadów ceramicznych również do betonów ogniotrwałych i żaroodpornych. Podstawę ku temu założeniu dała analiza składu chemicznego materiału ceramicznego oraz porównanie jej ze składem cementów żaroodpornych.

Zauważone tu podobieństwo występujących związków chemicznych skłoniło do zaprojektowania na bazie tych substratów betonu odpornego na wysokie temperatury.

W pracy niniejszej zrelacjonowano wyniki badań własnych betonu sporządzonego na bazie kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej w aspekcie jego odporności na wysokie temperatury. Tym samym badaniom poddano serie próbek betonów porównawczych przygotowanych na bazie kruszyw tradycyjnych. Analizując wyniki badań stwierdzono, że beton na kruszywie ceramicznym może być stosowany w warunkach wysokich temperatur, a jego odporność na wysokie temperatury jest wyższa niż betonów na kruszywach powszechnie stosowanych do mieszanek betonowych. Zbadane parametry wytrzymałościowe betonu na kruszywie ceramicznym po wygrzewaniu w temperaturze 1000°C przewyższały znacznie parametry wygrzewanych betonów na kruszywach tradycyjnych. Próbkę betonową przygotowaną na bazie kruszywa ceramicznego po wygrzewaniu zachowały swój kształt i spójność. Brak było na nich śladów rys i pęknięć. Pomimo pewnego spadku parametrów wytrzymałościowych charakteryzowały się wciąż wysoką wytrzymałością na ściskanie i rozciąganie.

Na podstawie wniosków z przeprowadzonych badań i analiz własnych autorzy rekomendują kruszywo powstałe z odpadów ceramiki sanitarnej w zastosowaniach do betonów pracujących w warunkach wysokich temperatur.

Summary

This article is a continuation of studies on the application of sanitary waste to produce special concretes. Research works carried out so far have shown that the shredded waste can fulfill the role of aggregates in concrete. A properly designed concrete mixes prepared from waste showed that the fragmented ceramic sanitary cullet can be used as aggregate in ordinary and high value concretes. Quoted in this article a detailed analysis of high temperature concrete resistance has allowed the authors to place their arguments about the potential use this aggregate to refractory and heat resistance concretes. The basis for this assumption given the analysis of chemical composition of ceramic material and compare it with the composition of refractory cements. Similarity observed here occurring chemical compounds led to the design based on these substrates, concrete, resistant to high temperatures. In this work authors reported their findings on the basis of concrete made with aggregates of sanitary waste in terms of its resistance to high temperatures. The same tests were a series of comparative concrete samples prepared from conventional aggregates. Analyzing the results it was concluded that the aggregate concrete ceramic can be used at high temperatures, and its resistance to high temperatures

is higher than for concrete aggregates commonly used in concrete mixes. Examined the strength parameters of concrete aggregate ceramics after annealing at a temperature substantially higher than 1000°C concrete parameters for conventional aggregates. Concrete samples prepared from ceramic aggregate after annealing preserved their shape and consistency. There were no traces and cracks. Despite a certain decrease in the strength parameters are still characterized by a high compressive strength and tensile strength. Based on the conclusions of these studies and analyzes of individual authors recommend aggregates produced from waste sanitary ceramics in applications to concrete work at high temperatures.

Słowa kluczowe: beton, żaroodporność, kruszywo, ceramika sanitarna, odpady;

Key words: concrete, heat resistance, aggregates, sanitary ceramics, recycling;

1. Wstęp

Graniczną, bezpieczną temperaturą, w której można stosować betony zwykłe na cemencie portlandzkim jest 250°C. Betony pracujące w wyższych temperaturach zalicza się do betonów specjalnych. Mają one skład skomponowany na bazie specjalnych spoiw ogniotrwałych. Rozróżnia się betony żaroodporne – przeznaczone do pracy w podwyższonych temperaturach (wyższych niż 250°C) i ogniotrwałe pracujące w wysokich temperaturach (nawet 2000°C i większych). Literatura nie wyznacza ścisłej granicy temperaturowej pomiędzy żaroodpornością a ogniotrwałością betonów. Spotyka się tu wartości 1000°C [4], 1200°C [2] lub nawet 1500°C.

2. Skład betonu a jego zachowanie się w wysokich temperaturach

Podstawowy wpływ na odporność betonu na wysokie temperatury ma spoiwo. Graniczne temperatury stosowania cementów portlandzkich w podwyższonych temperaturach wynikają z reakcji chemicznych zachodzących podczas wygrzewania. Są to:

- odparowanie wolnej wody w temperaturze około 100°C,
- usunięcie wody związanej fizycznie w temperaturze 180°C,
- usunięcie wody związanej chemicznie w temperaturze około 500°C (wodorotlenek wapnia, wchodzący w skład utworzonej podczas wiązania sieci krystalicznej, przechodzi w wolne wapno zdolne do samoczynnego powtórnego wiązania $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$),
- przemiana kwarcu w temperaturze 570°C,
- rozkład węglanu wapnia w temperaturze 700°C.

Procesem szczególnie niekorzystnym jest usunięcie wody związanej chemicznie. Reakcji tej towarzyszy znaczny wzrost objętości związków wapna o około 40%, w wyniku czego beton ulega znacznemu spękaniu tracąc swoją wytrzymałość. Powtórna ekspozycja na wilgoć atmosferyczną wywołuje wiązanie wody $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.

Bardziej odporne na wysokie temperatury są tzw. cementy glinowe zawierające w swym składzie znaczne ilości tlenku glinu Al_2O_3 . Ich odporność na działanie wysokich temperatur zależy od zawartości tlenku glinu np. cementy wysokoglinowe o zawarto-

ści 80% Al_2O_3 mogą pracować nawet w temperaturach wyższych od 1800°C. Charakterystykę składu cementów glinowych w porównaniu ze składem cementu portlandzkiego przedstawiono w Tab.1.

Na żaroodporność i ogniotrwałość betonów w dużej mierze wpływa również zastosowane kruszywo. Podobnie jak w przypadku cementów, odporność kruszywa na wysokie temperatury w dużej mierze zależy od składu chemicznego, a regulują ją często te same czynniki, jak w przypadku cementów np. zawartość tlenku glinu. Zakresy temperaturowe zastosowań różnych kruszyw oraz ich krótkie charakterystyki przedstawia Tab.2.

Procesy fizykochemiczne zachodzące w ziarnach kruszywa podczas wygrzewania prowadzą do rozluźnienia struktury wewnętrznej betonu i w konsekwencji do spadku wytrzymałości. Zależność wytrzymałości betonu od temperatury, przyjętą w normie Eurokod 2 – 1-2[6] przytoczono na Rys.1. Wynika z niego, że z betony sporządzone na bazie dwóch najbardziej popularnych grup kruszyw (kruszywa wapienne i kruszywa z dużym udziałem krzemianów) zachowują się w wysokich temperaturach podobnie, choć spadek wytrzymałości w przypadku kruszyw krzemianowych jest nieco szybszy. Początek topienia zachodzi w temperaturze 1150°C, a w 1300°C następuje całkowite zniszczenie struktury.

O zastosowaniu kruszywa do betonu żaroodpornego lub ogniotrwałego decyduje nie tylko odporność na zachodzące w wysokich temperaturach reakcje chemiczne, ale również to, w jakim stopniu odkształcalność termiczna kruszywa jest zbliżona do wiążącego je zaczynu. Większa odkształcalność termiczna kruszywa niż zaczynu powoduje wewnętrzne naprężania rozciągające prowadzące do zniszczenia struktury betonu.

Często wytyczną do zastosowania konkretnego rodzaju kruszywa do betonu pracującego w wysokiej temperaturze są poboczne cechy takie jak np. przewodność cieplna lub odporność na środowiska agresywne. Dotyczy to ogniotrwałych betonów izolacyjnych, wykorzystywanych jako wykładziny pieców i kominów przemysłowych. Warunki ich pracy wymagają odporności na wysokie temperatury oraz odporności na agresywne chemicznie środowisko.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na zachowanie się betonu podczas wygrzewania jest jego

Tabela 1.

Skład chemiczny cementów glinowych i jego wpływ na żaroodporność

Table 1

Chemical composition of the alumina cement and its influence on the heat-resistance

Składnik (Component) (%)	Cement glinowy o niskiej zawartości Al_2O_3 (Alumina cement of low Al_2O_3 content)	Cement glinowy o średniej zawartości Al_2O_3 (Alumina cement of average Al_2O_3 content)	Cement glinowy o wysokiej zawartości Al_2O_3 (Alumina cement of high Al_2O_3 content)	Cement glinowy o bardzo wysokiej zawartości Al_2O_3 (Alumina cement of very high Al_2O_3 content)	Cement portlandzki (Portland cement)
Al_2O_3	36-42	48-60	65-75	80-82	4-6
CaO	36-40	36-40	25-30	15-20	63-67
SiO_2	3-8	3-8	<0,5	<0,2	19-23
Fe_2O_3	12-20	1-3	<0,5	<0,2	2-3,5
TiO_2	≈2	≈3	-	-	≈0,5
Żaroodporność (Heat-resistance)	1200°C	1400°C	1600°C	1800°C	250°C

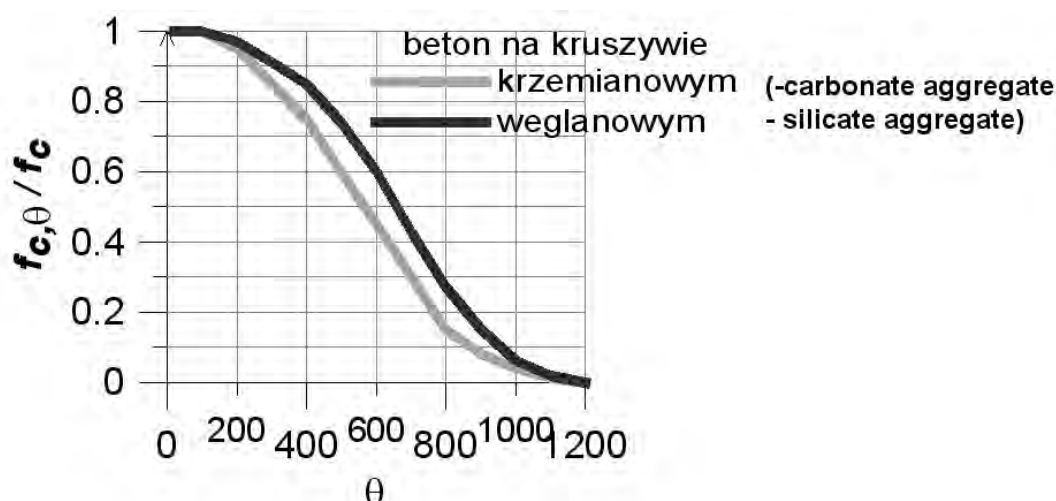
Tabela 2.

Zakresy temperaturowe zastosowań różnych kruszyw

Table 2

Temperature limit of aggregates utilization

Kruszywo (aggregate)	Zastosowanie do temperatury (Temperature limit) t_{lim} (°C)	Uwagi/charakterystyka (Notes / characteristics)
Piasek (sand)	350	Topi się w wyższych temperaturach (It melts at temperature higher than t_{lim})
Wapień (limestone)	500	Zachodzi zjawisko przejścia wodorotlenku wapna w wolne wapno (calcium hydroxide is changed to free calcium at t_{lim})
Bazalt, ganit, (basalt, granite)	900	Utrata właściwości w wyższych temperaturach [2] (Decrease of strength at temperature higher than t_{lim} [2])
Szamoto (chamotte)	1400	Uzyskuje się go przez wypalanie kaolinu lub innych glin ogniotrwałych. Główne składniki chemiczne to krzemionka i tlenek glinu (It is obtained by kaolin or other heat-resistant clay burning. The main chemical constituents are silica SiO_2 and alumina Al_2O_3)
Korund (corundum)	1900	Duża wytrzymałość mechaniczna. Odporność na środowisko agresywne chemicznie. Zawiera 96-99% Al_2O_3 (High mechanical strength. Resistance to chemically aggressive environment. It contains 96-99% Al_2O_3)
Magnezyt spiekany (sintered magnesite)	2000	Duża przewodność cieplna, duży współczynnik rozszerzalności cieplnej (The high thermal conductivity, high thermal expansion coefficient)
Fosteryt (forsterite)	2000	Uzyskiwany przez spieczenie fosterytu naturalnego (It is obtained by natural forsterite sintering)
Karborund (carborundum)	Powyżej (above) 2000	Uzyskiwany przez spiekanie piasku z koksem. Wysoka wytrzymałość mechaniczna, wysoka odporność na środowisko agresywne chemicznie. (It is obtained by sintering of sand with coke. High mechanical strength, high resistance to chemically aggressive environment)
Spiekane gliny, żuźle, keramzyt (sintered clay, slag, expanded clay)	1400	Stosowane do betonów nie przenoszących obciążeń – izolacyjnych pracujących w wysokich temperaturach. (It used as thermal insulation, not for carrying loads concrete)



Ryc.1 Zależność wytrzymałości betonu od temperatury dla betonów na kruszywie krzemianowym i węglanowym
Fig. 1 The influence of the temperature on the concrete strength

wilgotność. Woda zawarta w porach zamieniona w parę wodną wywiera ciśnienie na ścianki porów powodując wewnętrzne naprężenia rozciągające, co może prowadzić do eksplozyjnego odpryskiwania fragmentów betonu (tzw. spalling).

3. Beton na bazie kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej

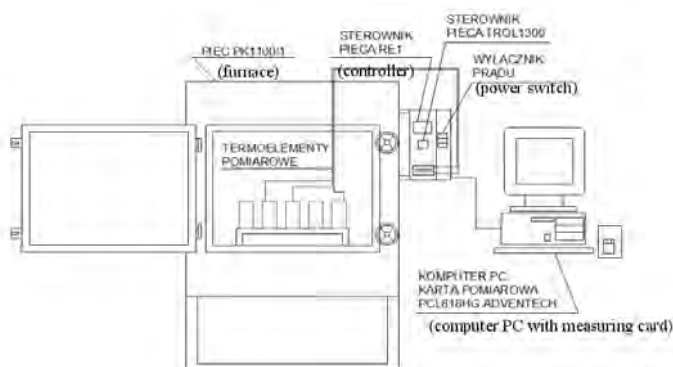
Analizując skład chemiczny ceramiki sanitarnej stwierdzić można, że zawiera ona znaczne ilości związków glinowych, podobnie jak wykorzystywany w betonach żaroodpornych cement glinowy. Fakt ten skłonił autorów do zaprojektowania betonu, który w swym składzie zawierał obydwie wymienione składniki. Zaprojektowano beton na bazie cementu glinowego o zawartości 70 % tlenku glinu oraz odpowiednio dobrane ilości kruszywa ceramicznego, przygotowanego przez zmielenie odpadów ceramiki sanitarnej i odpowiednie rozfrakcjonowanie. Opis procesu projektowania betonu oraz wyniki badań wytrzymałościowych w sposób szczegółowy przedstawiono w publikacji [1]. Skład zaprojektowanego betonu był następujący: cement glinowy 493,38 kg/m³, kruszywo frakcji 0-4mm 991,37 kg/m³, kruszywo frakcji 4-8 mm 396,55 kg/m³, woda 201,38 dm³/m³. Średnia wytrzymałość na ściskanie betonu o powyższym składzie wynosiła 90,54 MPa, a na rozciąganie 9,56 MPa.

4. Badania odporności betonu na kruszywie z odpadów ceramiki sanitarnej na działanie wysokich temperatur

4.1 Stanowisko badawcze

Badanie odporności na wysoki temperatury przeprowadzono w Zakładzie Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Zasadniczym trzonem stanowiska do wykonania badań był średnotemperaturowy piec komorowy typu PK1100/1. Szkielet pieca wykonany jest z rur kwadratowych

i nierdzewnej stalowej blachy. Warstwę izolacyjną stanowią kształtki i mata z włókien ceramicznych. Elementy grzejne pieca wykonane zostały z drutu oporowego KANTHAL A1 w kształcie spiral. Schemat stanowiska pokazano na Rys. 2 oraz na Fot. 1 i Fot. 2. Podstawowe parametry pieca zostały przedstawione w Tab. 3



Ryc. 2 Schemat pieca typu PK1100/1
Fig. 2 The scheme of the furnace type PK1100/1

Tabela 3.
Parametry pieca typu PK 1100/5

Table 3
The parameters of the furnace PK 1100/5

Parametry pieca (parameters of the furnace):	
Zasilanie (power)	230/400 [V], 50 [Hz]
Moc znamionowa (power rating)	20 [kW]
Temperatura znamionowa (temperature rating)	1100 [°C]
Objętość komory pieca (volume of furnace chamber)	0,41 [m ³]
Dopuszczalne obciążenie trzonu pieca (load limit)	100 [kg]
Wymiary przestrzeni użytkowej (dimensions of chamber)	770x750x710
Wymiary gabarytowe (overall dimensions)	1275x1770x940
Masa pieca (weight of furnace)	~450 [kg]

Ze względu na możliwość wystąpienia zjawiska spallingu, w celu zabezpieczenia pieca przed uszkodzeniem, próbki przygotowano w małych formach o wymiarach 4x4x16 i umieszczono je w piecu w specjalnie przygotowanych osłonach stalowych. Próbki wygrzewano do temperatury 1000°C.

Rejestracja i pomiar temperatury odbywał się za pomocą komputera PC który współpracuje z kartą PCL818HG ADVETECH.



Fot. 1 Stanowisko badawcze – piec do wygrzewania próbek betonowych

Photo. 1 The test station: the furnace used for heating concrete specimens



Fot. 2 Próbkę w osłonach stalowych

Photo. 2 The specimens in steel jackets

4.2 Próbkę do badań i właściwości badanych betonów

Do badania przygotowano: 3 próbki betonu na cemencie glinowym z kruszywem z ceramiki sanitarnej oraz próbki porównawcze: 2 próbki z zaczynu na cemencie glinowym, 3 próbki betonowe na cemencie portlandzkim i kruszywie żwirowym, 2 próbki z zaczynu na cemencie portlandzkim, oraz

wygrzewane w kolejnej próbie 3 próbki betonowe na cemencie glinowym i kruszywie żwirowym.

Wygrzewanie próbek poprzedzone zostało badaniami wytrzymałościowymi, wykonanymi w Laboratorium Budownictwa Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. W Tab.4 zestawiono cechy betonów (skład i właściwości wytrzymałościowe), użytych do wykonania poszczególnych serii próbek.

4.3 Przebieg badań

Ze względu na zachodzące w betonie podczas jego wygrzewania procesy fizykochemiczne literatura nakazuje podzielić schemat wprowadzania betonu do pracy w wysokich temperaturach na kilka etapów [2,3]:

- Etap pierwszy od 0 do 150°C, w którym odparowuje woda wolna – powinien on trwać 15 godzin przy założeniu przyrostu temperatury ok. 10°C/h,
- Etap drugi od 150 do 550°C, podczas którego następuje oddzielenie się wody chemicznie związanej, w którym przyrost temperatury powinien wynosić około 15°C/h,
- Etap trzeci powyżej 550°C, w którym następuje tzw. spiekanie tj. zamiana wiązań hydraulicznych na ceramiczne, w etapie tym szybkość wzrostu temperatury powinna wynosić 20÷60°C/h.

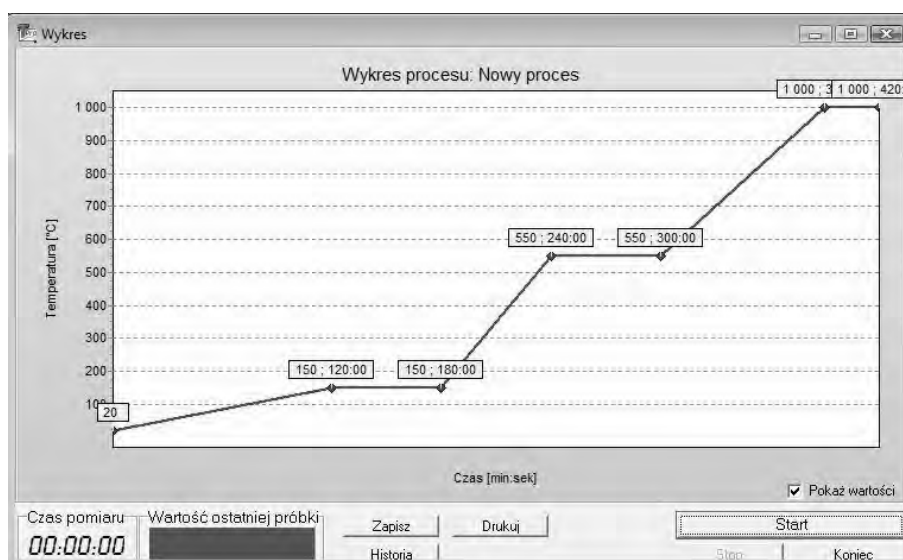
Element betonowy, po osiągnięciu granicznej temperatury każdego z etapów, powinien w niej pozostać, w zależności od jego grubości, od 24 do 72 godzin.

Ze względu na ograniczenia czasowe użycia pieca cykl wygrzewania skrócono do 8h. Założono natomiast, że próbki przed wygrzewaniem zostaną wstępnie wysuszone w suszarce laboratoryjnej w schemacie: 4h dochodzenia do temperatury 250°C oraz 4h w temp. 250°C. Cykl wygrzewania próbek w piecu ustalono w następujący sposób:

1. Dochodzenie do temp 150°C przez 2h,
2. Utrzymanie temperatury 150°C przez 1h,
3. Dochodzenie do temp 550°C przez 2h,
4. Utrzymanie temperatury 550°C przez 1h,
5. Dochodzenie do temp 1000°C przez 1,5h,
6. Utrzymanie 1000°C przez 0,5h.

Wykres przedstawiający przebieg wygrzewania próbek został przedstawiony na Rys.3.

Próbki po wygrzewaniu pozostały w zamkniętym piecu do jego całkowitego ostygnięcia. Po otwarciu pieca i usunięciu osłon bez dotykania próbek dokonano ich oględzin, co dokumentowano fotograficznie. Po ostygnięciu wykonano powtórne badania wytrzymałościowe.



Ryc.3 Wydruk komputerowy przedstawiający przebieg procesu wygrzewania próbek
Fig. 3 A computer printout showing course of heating process

Tabela 4.

Wyniki badań wytrzymałościowych betonów użytych w badaniach

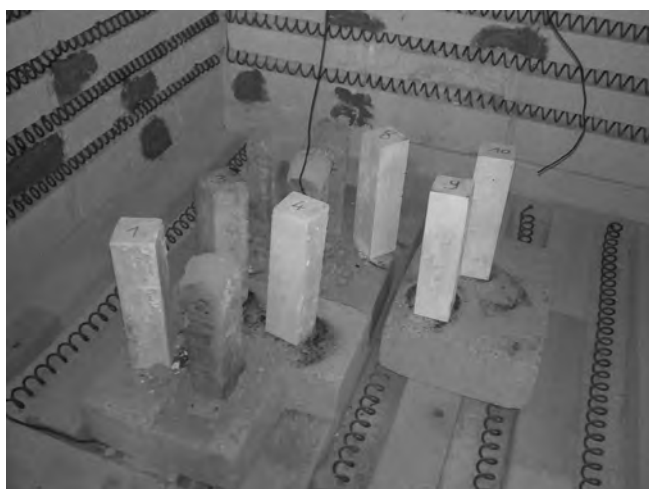
Table 4

The results of strength tests of concrete used in the study

	Skład (composition)	Liczba próbek (Number of speci- mens)	Średnia wytrzymałość przed wygrzewaniem (Average strength before heating)		Średnia wytrzymałość po wygrzewaniu (Average strength after heating)		Procentowa strata wytrzymałości po wygrzewaniu (The percentage loss of strength after heating)	
			Na ściskanie (compressive strength)	Na roz- ciąganie (tensile strength)	Na ściska- nie (compressi- ve strength)	Na roz- ciąganie (tensile strength)	Na ściska- nie (compressi- ve strength)	Na roz- ciąganie (tensile strength)
Beton na ce- mencie glino- wym i kruszy- wie ceramicz- nym (Concrete ba- sed on alumi- na cement and ceramic aggre- gate)	Cement (cement) 493,3kg/m ³ Kruszywo (aggregate) 1387,9kg /m ³ Woda (water) 201,4 kg/m ³	3	90,5MPa	9,56MPa	50,4MPa	4,6MPa	55,69	48,11
Beton na ce- mencie glino- wym i kruszy- wie żwirowym (Concrete ba- sed on alumi- na cement and gravel aggre- gate)	Cement (cement) 493,3kg/m ³ Kruszywo (aggregate) 1387,9kg /m ³ Woda (water) 201,4 kg/m ³	3	80,4MPa	7,2 MPa	0	0	100	100
Beton na ce- mencie port- landzkim i kruszywie żwirowym (Concrete ba- sed on portland cement and gravel aggregate)	Cement (cement) 493,3kg/m ³ Kruszywo (aggregate) 1387,9kg /m ³ Woda (water) 201,4 kg/m ³	3	42,8MPa	6,35MPa	0	0	100	100

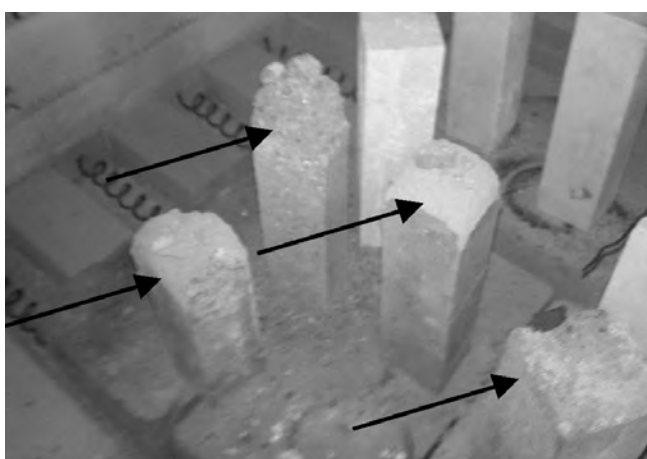
5. Wyniki badań

Widok próbek po wyjęciu z pieca przedstawiają fotografie Fot.5 i Fot.6. Wszystkie próbki wykonane na bazie cementu portlandzkiego uległy wyraźnym uszkodzeniom polegającym na samoczynnym wykruszeniu ok. 20% masy materiału w górnych częściach beleczek. Podobnemu zniszczeniu uległy próbki wykonane na bazie cementu glinowego i kruszywa tradycyjnego. Próbki wykonane na bazie cementu glinowego na kruszywie ceramicznym oraz próbki z samego zaczynu z cementu glinowego nie uległy degradacji. Próbki betonowe na bazie cementu glinowego z kruszywem z ceramiki pozostały nie naruszone, a na próbkach wykonanych z samego zaczynu wystąpiły zarysowania.



Fot. 3 Próbkami po wygrzewaniu po zdjęciu osłon: próbki koloru szarego - beton na cemencie portlandzkim, próbki koloru białego - beton na bazie cementu glinowym

Photo 3 The specimens after heating: grey specimens – concrete based on Portland cement, white specimens – concrete based on alumina cement



Fot. 4 Zniszczenia próbek na bazie cementu portlandzkiego po wygrzewaniu

Photo 4 The destruction of the specimens based on Portland cement after heating.

Wyniki badań wytrzymałościowych próbek po ostygnięciu przedstawiono w tablicy 4. Zawarto tu również obliczoną na podstawie tych wyników stratę wytrzymałości betonu po wygrzewaniu. Z zestawionych danych wynika, że jedynie próbki betonu wykonanego na bazie cementu glinowego oraz kruszywa ceramicznego zdołały przetrwać oddziaływanie wysokich temperatur. Pomimo około 50% spadku wytrzymałości, beton ten po wygrzewaniu charakteryzował się wciąż wysoką wytrzymałością zarówno na ściskanie jak i rozciąganie.

Próbki wykonane na bazie cementu glinowego i tradycyjnego kruszywa żwirowego w niedługim czasie po wygrzewaniu również nie miały śladów uszkodzeń. Po kilku dniach od wygrzewania na próbkach w ich górnych częściach pojawiły się pęknięcia. Po 7 dniach od wygrzewania górne części próbek zaczęły się samoczynnie wykruszać tak, że w efekcie nastąpiło ich samoczynne zniszczenie. Przyczyną takiego procesu najprawdopodobniej była ekspozycja na wilgoć i ponowne wiązanie wolnego wapna w ziarnach kruszywa zbudowanych ze związków wapna. Pęczniące kruszywo spowodowało początkowe spękanie i następnie wykruszenie się części próbek betonowych. Obraz zniszczenia wszystkich próbek wykonanych na bazie cementu portlandzkiego był bardzo podobny, dlatego też przyczynę zniszczenia można upatrywać w tym samym zjawisku przy czym wzrost objętości wolnego wapna mógł następować nie w kruszywie, a w samym stwardniałym zaczynie cementowym.

Analiza porównawcza zachowania się zaczynu na bazie cementu glinowego oraz sporządzonego na jego bazie betonu z kruszywem ceramicznym po wygrzewaniu wskazała na stosunkowo korzystny wpływ użytego kruszywa. Pomimo nieznacznie mniejszej wytrzymałości na ściskanie po wygrzewaniu betonu w porównaniu z zaczynem, próbki betonowe po wygrzewaniu nie były spękane.

6. Wnioski

Przedstawione wyniki badań potwierdziły wstępne założenia o możliwości wykorzystania betonu zaprojektowanego na bazie kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej do pracy w wysokich temperaturach.

Beton na cemencie glinowym i kruszywie ceramicznym pomimo stosunkowo krótkiego procesu wprowadzania do pracy w wysokich temperaturach wykazał niezmienną postać oraz finalnie wysokie parametry wytrzymałościowe bez zachwianej korelacji parametrów ściskanie-rozciąganie.

Przedstawione wyniki eksperymentu mogą stanowić podstawę do dalszych prac badawczych nad zastosowaniem kruszywa z odpadów ceramiki sanitarnej do betonów żaroodpornych.

Literatura

1. Halicka A., Zegardło B., *Odpady ceramiki sanitarnej jako potencjalne kruszywo do betonów specjalnych*, „Przegląd budowlany, 7/8 2011;
2. Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006;
3. Kielski A., *Ogólna technologia ceramiki*, Skrypty uczelniane, Kraków 1970;
4. Montgomery R., *Advanced Concrete Technology*, Elsevier 2006;
5. Węgrowski W., Przeździecka K., *Szkło i ceramika*, Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1979;
6. Eurokod 2 – 1-2 Projektowanie konstrukcji z betonu. Zasady ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe;
7. Ogrodnik P., *Wpływ temperatur występujących w czasie pożaru na przyczepność pomiędzy stalą a betonem*, Praca doktorska, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2006;

mgr inż. Barosz ZEGARDŁO - asystent Collegium Mazovia Innowacyjnej Szkoły Wyższej w Siedlcach, specjalista z zakresu technologii betonu

Wkład merytoryczny: analiza stanu wiedzy na temat betonów pracujących w warunkach wysokich temperatur; zaprojektowanie składu betonów, badania wytrzymałościowe oraz opracowanie i analiza ich wyników

Dr hab. inż. Anna HALICKA – profesor nadzwyczajny Politechniki Lubelskiej, specjalista z zakresu konstrukcji betonowych

Wkład merytoryczny: koncepcja i program badań, w tym dobór betonów; nadzór merytoryczny nad badaniami i opracowaniem wyników

kpt. dr inż. Paweł Ogrodnik

Absolwent Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej (kierunek: budownictwo). W 2001 roku rozpoczął pracę w Zakładzie Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W 2006 roku obronił rozprawę doktorską na temat „Wpływ temperatur występujących w czasie pożaru na przyczepność pomiędzy stalą a betonem”.

Wkład merytoryczny: zaprogramowanie procesu wygrzewania próbek i przeprowadzenie badań, ocena próbek po wygrzewaniu

Badania przeprowadzono w laboratoriach:

Laboratorium Budownictwa Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej
Laboratorium Szkoły Głównej Służby Pożarniczej
Laboratorium Collegium Mazovia

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Andrzej Olszyna

prof. dr hab. inż. Jarosław Rajczyk

st. kpt. mgr inż. **Robert MAZUR**¹
 Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej
 st. kpt. mgr inż. **Joanna SZEWCZYK**²
 Szkoła Główna Służby Pożarniczej
 dr **Marcin M. SMOLARKIEWICZ**³
 Szkoła Główna Służby Pożarniczej

DYDAKTYCZNE GRY DECYZYJNE W ŚRODOWISKU „RZECZYWISTOŚCI WZBOGAONEJ” NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU ‘ARES’. METODOLOGIA BADAŃ

Teaching decision games in the augmented reality environment based on ‘ARES’. The methodology of research

Streszczenie

Artykuł opisuje budowę i zastosowanie środowiska „rzeczywistości wzbogaconej” na przykładzie systemu „ARES” (ang. Augmented Reality Emergency Simulator). Pierwsza część opracowania charakteryzuje w sposób ogólny stanowisko badawcze do analizy procesu podejmowania decyzji oraz przedstawia przykładowy przebieg gry reprezentującej obszar poważnych gier decyzyjnych. Druga część opisuje metodologię badań porównujących efektywność systemu „ARES”, w odniesieniu do tradycyjnych metod kształcenia. W tym celu przedstawiono pozostałe narzędzia dydaktyczne - PANORAMĘ 360° oraz Prezentację Multimedialną - wykorzystywane w procesie szkolenia strażaków na poziomie interwencyjnym.

Summary

The article shows the architecture of “ARES” (Augmented Reality Emergency Simulator) as an example of augmented reality environment application. The first part of compilation describes experimental capacity for decision making analysis as a whole and shows an example of a game representing serious game field. The second part describes effectiveness research methodology between “ARES” and other traditional teaching aids. PANORAMA 360° and Multimedia Presentation acting as a serious decision game in research. They have been used in firefighters training process on a primary level for many years and their suitable forms for research are described in paper too.

Słowa kluczowe: gra decyzyjna, „rzeczywistość wzbogacona”, nowoczesne narzędzia wspomagające proces kształcenia, multimedialny system wspomagania decyzji, badania efektywności nauczania;

Keywords: decision game, „augmented reality”, modern educational aids, multimedia decision support system, teaching effectiveness research;

Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii informatycznych, w sposób szczególnie zauważalny na przełomie XX i XXI wieku, w erze społeczeństwa informacyjnego⁴, odciska swoje piętno niemalże na

wszystkich dziedzinach naszego życia. Gospodarka, ekonomia, przemysł to obszary, w których zastosowanie nowoczesnych technologii informatycznych jest najbardziej zauważalne. Nowoczesne rozwiązania, z jednej strony poprawiają funkcjonowanie wybranych sektorów gospodarki, z drugiej zaś, generują dodatkowe zagrożenia - zarówno techniczne jak i nietechniczne. Szeroka gama zagrożeń, z jakimi musimy żyć, w sposób permanentny narusza poczucie naszego bezpieczeństwa. Niestety nie jesteśmy w stanie wyeliminować zagrożeń otaczającego nas

¹ Merytoryczny wkład pracy – 40%

² Merytoryczny wkład pracy – 40%

³ Merytoryczny wkład pracy – 20%

⁴ Jahoka shakai (jap. *społeczeństwo informujące się przez komputer*). Określenie zaproponowane najprawdopodobniej przez Japończyka Tadeo Umesao w 1963 r., odpowiadające obecnemu terminowi społeczeństwo informacyjne. Sporna data wyznaczająca początek ery społeczeństwa informacyjnego uznawana jest za rok 1895 pierwsza projekcja filmowa, 1947 wynalezienie

nie tranzytora, czy rok 1979 raport Narodowej Akademii Nauk USA o nadejściu nowej cywilizacji informacyjnej [1].

świata, możemy jedynie ograniczyć je lub w sposób nowoczesny, adekwatny do trendów rozwojowych, walczyć z nimi.

Ekspansja zagrożeń w sposób szczególny dotyka działalności służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo powszechne. Dlatego też, konieczne jest ciągłe podnoszenie kwalifikacji zawodowych funkcjonariuszy, z wykorzystaniem nowoczesnych metod szkoleniowych. Oczywiście nie oznacza to rezygnacji z tradycyjnych, sprawdzonych metod, a jedynie ich uzupełnienie.

Do sektora tradycyjnych, powszechnie wykorzystywanych metod szkoleniowych, zaliczamy m.in. ćwiczenia poligonowe, ćwiczenia sztabowe, treningi aplikacyjne, itp. Obszar nowoczesnych, coraz częściej wykorzystywanych metod szkoleniowych, reprezentują trenażery, treningi symulacyjne⁵, poważne gry decyzyjne (ang. *serious game*), itp.

Metody szkoleniowe opierające swoje działanie na poważnych grach decyzyjnych łączą w sobie różne sposoby poznawania rzeczywistości. Absorbując w formie „zabawy” różne zmysły, w tym wzrok, słuch, podświadomie przekazują bezcenną wiedzę na temat funkcjonowania przedmiotowej rzeczywistości. Charakterystyczne właściwości gier dydaktycznych oraz możliwość ich zastosowania do budowy poważnej gry decyzyjnej stały się przedmiotem badań pracowników Szkoły Głównej Służby Pożarnej (SGSP) [5]. Dodatkowym elementem, stanowiącym o oryginalnym charakterze projektu, jest budowa poważnej gry decyzyjnej z wykorzystaniem środowiska „rzeczywistości wzbogaconej” (ang. *Augmented Reality (AR)*).

Technologia ar - środowisko pracy poważnej gry decyzyjnej

Pojęcie „rzeczywistości wzbogaconej” powstało pod koniec lat 60 ubiegłego stulecia, zaś I. Sutherland i B. Sproull uznawani są za jej twórców [7]. W roku 1968 tworzą oni pierwsze urządzenie nazywane HMD (ang. *Head Mounted Display*), umożliwiające oglądanie obrazu wygenerowanego przez komputer, dodatkowo wzbogaconego o proste figury geometryczne⁶. Pojawienie się pierwszego urządzenia HMD jest nieoficjalnie uznawane za narodziny pojęcia „wirtualnej rzeczywistości” [8] (ang. *Virtual Reality (VR)*). Prace Sutherlanda i Sproulla mają znaczący wpływ na rozwój gier, symulacji komputerowych, trenażerów oraz obecnej postaci VR.

⁵ Multimedialne Treningi Decyzyjne organizowane przez Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego Szkoły Głównej Służby Pożarnej dla pracowników „Zespołów Zarządzania Kryzysowego” z zakresu ochrony ludności i obrony cywilnej oraz dla Zespołów Prasowych z zakresu współpracy ze środkami masowego przekazu w sytuacjach kryzysowych.

⁶ Komputer dostarcza, w środowisku rzeczywistości wzbogaconej, dodatkowych informacji, które raczej poprawiają lub poszerzają świat rzeczywisty, niż zastępują go kompletnym, wirtualnym środowiskiem [1] (tłum. R. Mazur, SGSP).

Koncepcja implementacji obrazu rzeczywistego do środowiska aplikacyjnego, poszerzonego o markery reprezentujące określone obiekty lub zachowania, jest motywem przewodnim prac nad wykorzystaniem technik cyfrowej VR do budowy poważnej gry decyzyjnej. Rezultatem prac jest gra decyzyjna „ARES”, odwzorowująca działania ratowniczo-gaśnicze funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej (PSP) na poziomie interwencyjnym.

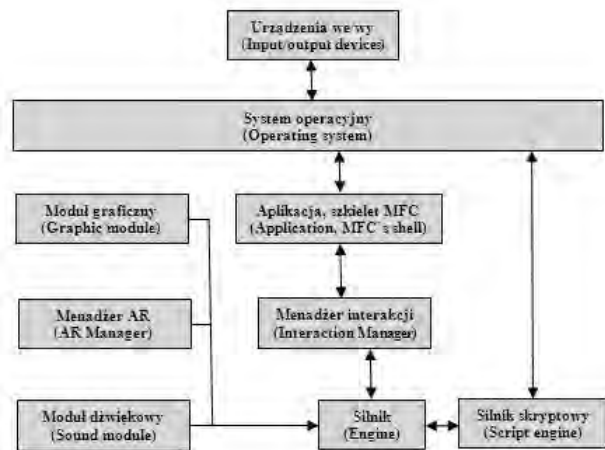
Stanowisko badawcze do analizy procesu podejmowania decyzji

Gra decyzyjna „ARES” jest elementem stanowiska badawczego przygotowanego w ramach projektu naukowo-badawczego. Stanowisko badawcze służy do analizy decyzji podjętych przez przyszłych dowódców podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych na poziomie interwencyjnym. Składa się z trzech zasadniczych części. Pierwsza to przenośne urządzenie badawcze zbudowane na bazie komputera typu laptop, służące do symulacji zdarzeń na poziomie interwencyjnym, w oparciu o grę decyzyjną „ARES”. Drugą część stanowią urządzenia peryferyjne pozwalające na interakcję z aplikacją, w tym: system znaczników, urządzenia do komunikacji (manipulator, mysz, klawiatura, itp.), urządzenia do wizualizacji (HMD, system rzutników, monitory, itp.). Ostatnie ogniwo systemu stanowi zintegrowany system urządzeń infrastruktury technicznej, znajdujący się w kompleksie pomieszczeń laboratoryjnych Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego (CEBP) SGSP, umożliwiający komunikację w systemie audio-video, pomiędzy poziomem interwencyjnym (poziom aplikacji „ARES”), a poziomem koordynującym działania ratowniczo-gaśnicze (np. Punkt Alarmowy Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej, Miejskie Stanowisko Kierowania, itp.).

Ogólny opis aplikacji

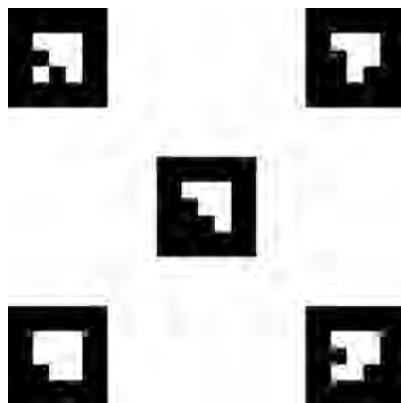
Program „ARES”, stanowiący jądro stanowiska badawczego do analizy procesu podejmowania decyzji na poziomie interwencyjnym, został przygotowany w ramach współpracy pomiędzy SGSP, a Wyższą Polską – Japońską Szkołą Technik Komputerowych (WPJSTK)⁷ [5].

⁷ Autorzy gry: założenia koncepcyjne M. Smolarkiewicz, R. Mazur, J. Szewczyk; opracowanie merytoryczne M. Smolarkiewicz, R. Mazur, J. Szewczyk, M. Maczkowski, T. Malanowicz; opracowanie graficzne: J. Szewczyk, R. Mazur, I. Szcześniak, Ł. Wilczyński, F. Starzyński; scenariusz gry: M. Maczkowski, T. Malanowicz; programowanie: Ł. Wilczyński, F. Starzyński; konsultacja techniczna, testy: M. Smolarkiewicz, R. Mazur.



Ryc. 1. Schemat blokowy aplikacji ARES [7]

Fig. 1. ARES's block diagram [7]



Ryc. 2. Znacznik zastosowany w aplikacji ARES [7]

Fig. 2. Graphic tag of ARES [7]

W celu uruchomienia aplikacji niezbędne jest zainstalowanie systemu operacyjnego MS Windows oraz wyposażenie stanowiska w dodatkowe urządzenia peryferyjne (wejścia/wyjścia). Interującym rozwiązaniem, stanowiącym o oryginalnym charakterze aplikacji, jest zastosowanie silnika skryptowego, dzięki któremu możliwe jest tworzenie różnorodnych symulacji, bez konieczności ingerencji w kod źródłowy szkieletu aplikacji MFC.

Idea funkcjonowania programu polega na pobieraniu poprzez urządzenie wejściowe, w tym przypadku kamerę cyfrową, rzeczywistego obrazu. Odpowiedzialny za pobieranie, analizę, przetwarzanie i wyświetlanie obrazu jest menadżer AR. Korzysta on z biblioteki ARToolkit, która pozwala śledzić pozycję kamery w przestrzeni trójwymiarowej względem znacznika (Rys. 2). Obraz pobrany przez kamerę analizowany jest przez odpowiednią funkcję znajdującą się w menadżerze AR. Jeżeli wraz z obrazem rzeczywistym pobrany zostanie obraz markera znajdującego się w bibliotece, wówczas menadżer AR przekaże, za pośrednictwem urządzenia wyjściowego, np. hełmu wirtualnego HMD, rzutnika, monitora, itp., rzeczywisty obraz wraz ze sztucznie wygenerowanym obrazem 2D lub 3D.

Marker przedstawiony na Rys. 2 odpowiada, oczywiście w środowisku "rzeczywistości wirtualnej", makiecie budynku mieszkalnego (Rys. 3).



Ryc. 3. Makieta budynku mieszkalnego wygenerowana przez menadżer AR

[zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 3. Dwelling house model generated by AR Manager. [photo: R. Mazur, SGSP]



Ryc. 4. Okno dialogowe do uzupełnienia danych uczestnika gry [zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 4. Query window for filling player data [photo: R. Mazur, SGSP]

Przebieg gry decyzyjnej

Aplikacja ARES zaliczana jest do kategorii poważnych gier decyzyjnych. Przeznaczona jest do prowadzenia szkoleń dla funkcjonariuszy PSP w zakresie organizacji działań ratowniczo-gaśniczych na poziomie interwencyjnym. Gra ma konstrukcję modułową. Oznacza to, że przed uruchomieniem aplikacji wczytywane są do programu, w postaci zewnętrznych plików (*.txt, *.jpg, *.mov, *.avi, itp.), elementy opisu sytuacji decyzyjnej. Dodatkowo szkielet aplikacji umożliwia edycję prawidłowych odpowiedzi na poszczególnych poziomach decyzyjnych. Dzięki tak przyjętym rozwiązaniom, autor scenariusza gry decyzyjnej ma możliwość definiowania problemów decyzyjnych, jak również edycji prawidłowych rozwiązań.

Na scenariusz gry składa się osiem sytuacji decyzyjnych połączonych ze sobą w jedną, logiczną całość, związaną z hipotetycznym, aczkolwiek wiel-

ce prawdopodobnym zdarzeniem. Przed przystąpieniem do gry uczestnik wypełnia metrykę, zgodnie z przedstawionym na Rys. 4 oknem dialogowym, wpisując rodzaj studiów (I, II, III, IV, V), przynależność do OSP (tak, nie), rodzaj wykształcenia (technikum, liceum), pochodzenie (gmina miejska/wiejska) oraz średnią z ostatniego roku akademickiego (do wyboru: 3.00 – 3.49, 3.5 – 3.99, 4.00 – 4.49, powyżej 4.49). Przedmiotowa gra pełni nie tylko rolę dydaktyczno-szkoleniową, ale jest również jednym z narzędzi badawczych weryfikujących skuteczność nauczania z wykorzystaniem przedmiotowego narzędzia, dlatego uzupełnienie danych jest warunkiem koniecznym do rozpoczęcia gry.

Sytuacje zawarte w scenariuszu zdarzenia dotyczą problemów, z jakimi spotyka się dowódca podczas organizacji działań ratowniczo-gaśniczych. Autorami scenariusza są funkcjonariusze PSP posiadający wieloletnie doświadczenie zawodowe. Bohater gry wciela się w rolę dowódcy sekcji⁸. Po otrzymaniu zgłoszenia z Punktu Alarmowego PSP udaje się na miejsce zdarzenia wraz z dwoma zastępami gaśniczymi⁹. Scenariusz zdarzenia podzielony jest na osiem niezależnych problemów decyzyjnych, jakie mogą się pojawić podczas organizacji działań ratowniczo-gaśniczych. Przez podjęcie decyzji dowódca zapoznaje się krótkim opisem, zlokalizowanym w górnej części ekranu. W każdej chwili może zrezygnować z niego, na rzecz dokładnego obejrzenia sceny, poprzez wciśnięcie przycisku <Spacja>. Podjęcie decyzji polega na wyborze spośród zawartych w bazie danych prawidłowych i nieprawidłowych alternatyw decyzyjnych.

Pierwszy problem decyzyjny dotyczy sposobu ustawienia zastępów gaśniczych, w odniesieniu do sytuacji jaką zastał dowódca po przybyciu na miejsce zdarzenia (Rys. 5).

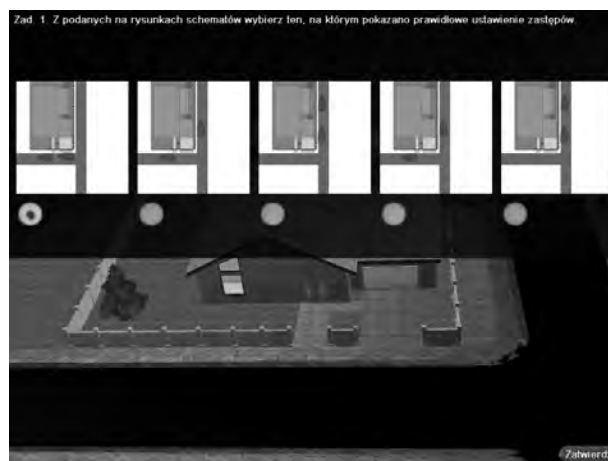


Ryc. 5. Problem ustawienia zastępów gaśniczych
[zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 5. Fire vehicles disposing problem.
[photo: R. Mazur, SGSP]

⁸ W pożarnictwie sekcja stanowi pododdział taktyczny w sile dwóch zastępów (wozów bojowych), liczący od dziewięciu do dwunastu ratowników, w tym dowódca [9].

⁹ W pożarnictwie zastęp stanowi pododdział liczący od czterech do sześciu ratowników, w tym dowódca, wyposażony w pojazd przystosowany do realizacji zadania ratowniczego [9].



Ryc. 6. Okno wyboru prawidłowego ustawienia zastępów gaśniczych. [zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 6. Checkbox for fire vehicles disposing. problem.
[photo: R. Mazur, SGSP]

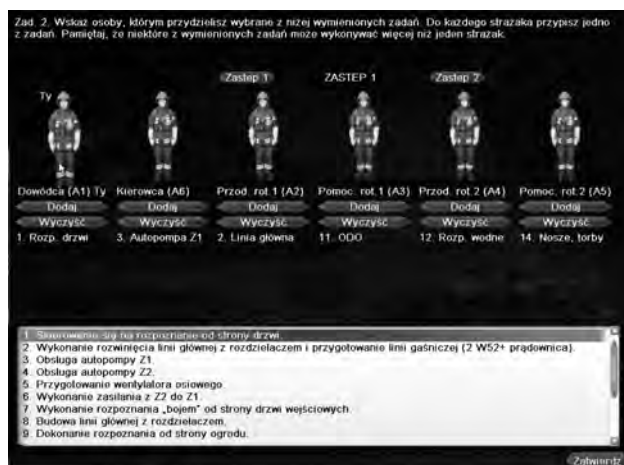
Po zapoznaniu się z sytuacją i wybraniu przycisku <Dalej>, system generuje z bazy danych kilka możliwych wariantów ustawień zastępów gaśniczych (Rys. 6). Modułowa postać aplikacji umożliwia definiowanie ilości prób, z jakich może skorzystać grający, w celu wybrania odpowiedzi prawidłowej. Z chwilą wybrania odpowiedzi błędnej, każdorazowo wyświetlony zostaje komunikat o popełnionym błędzie (Rys. 7). Stosownie do liczby podejść, po wybraniu przycisku <Zatwierdź>, możliwe jest ponowne podjęcie decyzji.

Innym typem problemów decyzyjnych jest przydzielenie strażakom, będącym w dyspozycji dowódcy, określonych do wykonania zadań (Rys. 8). Przydzielenie zadań funkcyjnym zastępom 1 (A1 – A6) i zastępom 2 (B1 – B6) polega na wybraniu numeru zastępu, przycisk <Zastęp 1> lub <Zastęp 2>, zaznaczeniu określonego zadania znajdującego się w bazie możliwych do wykonania zadań, a następnie wybraniu przycisku <Dodaj> w przypadku akceptacji lub <Wyczyść> w przypadku usunięcia zadania (Rys. 8).



Ryc. 7. Zrzut ekranu gry po podjęciu błędnej decyzji
[zdj.: R. Mazur, SGSP]

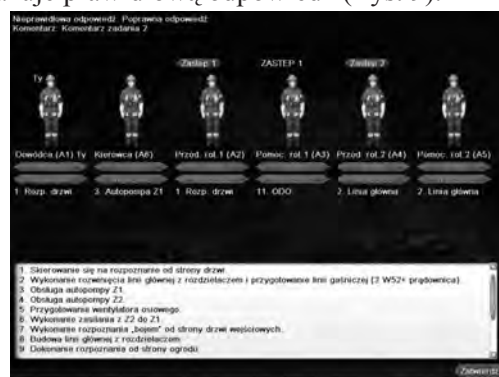
Fig. 7. Screenshot after wrong answer
[photo: R. Mazur, SGSP]



Ryc. 8. Zadanie decyzyjne nr 2. Przypisanie zadań funkcyjnym [zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 8. Decision no. 2. Ascription of fire missions for firefighters. [photo: R. Mazur, SGSP]

Podobnie jak poprzednio, w przypadku popełnienia błędu, system generuje komunikat o pomyłce oraz umożliwia, po wybraniu przycisku <Zatwierdź>, ponowne podjęcie decyzji. Z chwilą kiedy wyczerpiemy możliwość do popełnienia liczby błędów, system pokazuje prawidłową odpowiedź (Rys. 9).



Ryc. 9. Zrzut ekranu gry po wyczerpaniu dopuszczalnej liczby błędów [zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 9. Screenshot after player used all possible chances [photo: R. Mazur, SGSP]



Ryc. 10. Problem doboru bazy sprzętu ratowniczego dla ratowników [zdj.: R. Mazur, SGSP]

Fig. 10. Fire equipment selection problem [photo: R. Mazur, SGSP]

W podobny, do przedstawionego powyżej sposobu, rozwiązuje się problemy decyzyjne zawarte w zadaniach 4 – 8. Cechą odróżniającą poszczególne zadania decyzyjne jest poziom zaawansowania działań ratowniczych oraz ich szczegółowość. Nieco inaczej rozwiązuje się problem decyzyjny przedstawiony w zadaniu 3 (Rys. 10). Problem dotyczy ustalenia bazy sprzętu, w jaki mają być wyposażeni ratownicy. Do dyspozycji dowódcy, podobnie jak w poprzednich zadaniach, są dwa zastępy gaśnicze. Każdy z nich posiada kilka skrytek, wewnątrz których umieszczony jest sprzęt. Zadanie polega na wyborze określonego zastępu, skrytki oraz wskazaniu sprzętu adekwatnego do danego poziomu organizacji działań. Sprzęt może być umieszczony z prawej lub lewej strony pojazdu, w module załogi, kabinie dowódcy, w tylnej części samochodu lub na dachu. Wraz z wyborem określonego rodzaju sprzętu, dowódca tworzy bazę sprzętu osobną dla załogi zastępu 1 i zastępu 2, z której najprawdopodobniej skorzystaliby ratownicy w danej sytuacji.

Poszczególne zadania decyzyjne są niezależne względem siebie. Oznacza to, że decyzje podjęte w poprzednim zadaniu nie wpływają na przebieg działań zadania kolejnego. Elementem łączącym poszczególne problemy decyzyjne jest czas prowadzonych działań. Uruchamiany jest on z chwilą pojawienia się pierwszego zadania, a kończy się po podjęciu ostatecznych decyzji w zadaniu ostatnim. Innym elementem łączącym poszczególne problemy decyzyjne jest zastosowanie technologii AR. Dzięki niej, możliwe jest uzupełnienie rzeczywistości o makietę domku w postaci 3D. Wykorzystanie kamery cyfrowej umożliwia dowódcy przemieszczanie się po scenie na każdym etapie realizacji zadań. Kamera z reguły umieszczona jest na hełmie lub przytrzymywana w rękę. Każde zbliżenie lub oddalenie kamery od markera stwarza złudzenie obecności na miejscu prowadzonych działań (Rys. 11, Rys. 12).



Ryc. 11. Prowadzenie działań zintegrowanych. Widok od strony tarasu

[zdj.: J. Szewczyk, SGSP]

Fig. 11. Common fire operations. Terrace view [photo: J. Szewczyk, SGSP]



Ryc. 12. Prowadzenie działań zintegrowanych.
Widok od wnętrza budynku
[zdj.: J. Szewczyk, SGSP]

Fig. 12. Common fire operations. Inside view
[photo: J. Szewczyk, SGSP]

„ARES” – Najlepsze narzędzie dydaktyczne w szkoleniu strażaków na poziomie interwencyjnym?

Autorzy projektu naukowo-badawczego, w ramach którego powstała aplikacja „ARES”, założyli wykorzystanie jej jako narzędzia dydaktycznego w edukacji strażaków w zakresie optymalizacji podejmowania decyzji. Wykorzystując „rzeczywistość wzbogaconą” do symulacji rozwoju zdarzenia na poziomie interwencyjnym próbowali uzyskać wierny obraz i atmosferę miejsca zdarzenia – pożaru domu, w którym strażacy prowadzą akcję ratowniczo-gaśniczą. Ale czy stworzona gra symulacyjna jest jedynym i najlepszym z punktu widzenia edukacji narzędziem dydaktycznym? Czy oddziaływanie „rzeczywistości wzbogaconej” i obsługa aplikacji nie wpłynie na wzrost poziomu zdenerwowania i stresu u szkolących się strażaków, a tym samym skuteczność nauczania?

Poszukując odpowiedzi na nasuwające się pytania, autorzy przeprowadzili w roku 2009 badania, do których poza omówioną aplikacją dołączyli inne rodzaje pomocy dydaktycznych: Interaktywną PANORAMĘ 360° i Prezentację Multimedialną. Zadanie tych narzędzi badawczych polegało, podobnie jak w przypadku „ARES-a”, na umożliwieniu analizy i oceny „wirtualnego otoczenia” oraz rozegraniu gry decyzyjnej. Jednakże sposób przeprowadzenia gry i zebrania informacji o zdarzeniu był znacznie prostszy w obsłudze technicznej, a koszty stworzenia tych narzędzi znacznie niższe.

Interaktywna PANORAMA 360° miała za zadanie dostarczyć nie tylko informacji o zdarzeniu, ale również umożliwić lepsze orientowanie się w miejscu prowadzonych działań. Jest ona narzędziem dydaktycznym opracowanym i po raz pierwszy zaprezentowanym w roku 2004 w Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz wdrożonym jako nowoczesna forma wizualizacji na potrzeby Multimedialnych Treningów Decyzyjnych.¹⁰ Wykorzystana

¹⁰ Narzędzie opracowane w ramach pracy służącej doskonaleniu metod dydaktycznych pt. Wdrożenie nowoczesnych form wiz-

w niej technologia cyfrowej fotografii panoramicznej pozwala na zobrazowanie w poziomie miejsca lub statycznego obiektu w pełnym kącie 360°. Połączenie sekwencji wielu „panoram” oraz dołączenie map, plansz i filmów informacyjnych oraz filmów poglądowych pozwala na analizę i ocenę „wirtualnego” otoczenia. Interaktywne łączy pomiędzy poszczególnymi elementami, uzupełnione tekstowymi opisami miejsc bądź innych oglądanych w danej chwili elementów, umożliwiają „przemieszczanie się” w sztucznie stworzonej rzeczywistości, będącej obrazem rzeczywistego miejsca. Dodatkowym elementem informacyjnym, poglądowym i dydaktycznym jest możliwość wprowadzenia na obrazy panoramiczne znaków graficznych [6].

W opracowanej na rzecz projektu i badań Interaktywnej Panoramy 360° (Rys. 13-14) znalazły się sekwencyjnie ze sobą połączone zdjęcia przedstawiające „z lotu ptaka” w panoramie wewnętrznej osiedle, na którym znajduje się objęty pożarem dom i sąsiadujące z nim drogi, budynki i inne obiekty oraz w panoramie zewnętrznej palący się budynek z ustawionymi na miejscu zdarzenia zastępami strażaków, wyposażeniem samochodów gaśniczych w sprzęt ratowniczo-gaśniczy i działaniami ratowników wewnątrz palącego się domu.¹¹



Ryc. 13. Fragment okna głównego zewnętrznej PANORAMY 360° przedstawiający dom, w którym rozprzestrzenia się pożar i Zakład Dystrybucji Gazu. Obszary 1-2-3 to pola aktywne, które pozwalają na przemieszczanie się pomiędzy elementami tworzącymi całą strukturę PANORAMY.

[autor: J. Szewczyk, SGSP]

Fig. 13. The main view of PANORAMA 360° showing dwelling house where fire is spreading out and gas warehouse as well. Fields 1-2-3 are the hot spots and allow players to move between different PANORAMA` elements. All elements create the structure of PANORAMA.

[author: J. Szewczyk, SGSP]

alizacji na potrzeby Multimedialnych Treningów Decyzyjnych – Interaktywna PANORAMA 360°, nr BW/E-422-12-2004 r. Praca zbiorowa - kierownik pracy: D. Wróblewski, wykonawcy: J. Szewczyk, R. Mazur.

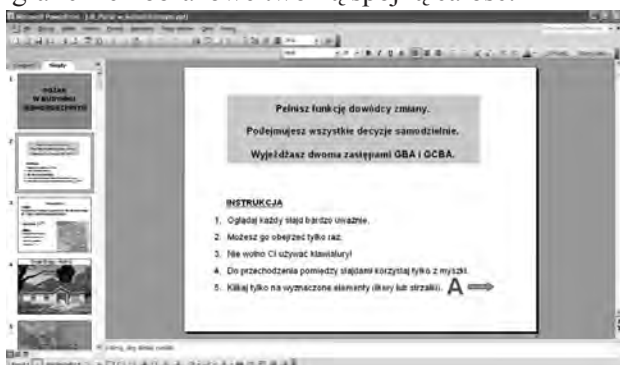
¹¹ Interaktywna Panorama 360° „Pożar domu” powstała w oparciu o scenariusz i opracowanie graficzne J. Szewczyk przy współpracy z OPALFILM. Przy jej budowie został wykorzystany z aplikacji ARES model przestrzenny domu oraz zdjęcia strażaków podczas działań ratowniczo-gaśniczych.



Ryc. 14. Fragment sekwencji wewnętrznej PANORAMY 360° przedstawiający dom, w którym rozprzestrzenia się pożar i drogi dojazdowe. Obszary 1-2-3 to pola aktywne, które pozwalają podejrzeć działania ratowników wewnątrz budynku i wyposażenie samochodów gaśniczych, [zdj.: J. Szewczyk, SGSP]

Fig. 14. Part of PANORAMA 360°'s internal sequence showing dwelling house where fire is spreading out and access road as well. Fields 1-2-3 are the hot spots and allow to take a look on fire operation inside building and fire vehicle equipment as well. [photo: J. Szewczyk, SGSP]

Głównym narzędziem dydaktycznym – wykorzystanym podczas badań łącznie z Interaktywną Panoramą 360° – była Prezentacja Multimedialna (Rys. 15-16) opracowana w programie Microsoft PowerPoint, na którą składają się 62 slajdy z podobną liczbą zadań postawioną przed ćwiczącymi, jak w grze symulacyjnej „ARES”.¹² Odpowiedni projekt prezentacji pozwala na rozgrywanie różnych wariantów działań w odniesieniu do postawionych zadań i wybór jednej z trzech opcji przy podejmowaniu decyzji. Wzajemnie uzupełniające się elementy tekstowe, graficzne i obrazowe tworzą spójną całość.



Ryc. 15. Strona startowa Prezentacji Multimedialnej „Pożar w budynku jednorodzinnym”, pełniącej funkcje gry decyzyjnej [autor.: M. Maczkowski, SGSP]

Fig. 15. The main view of “Dwelling house fire” Multimedia Presentation acting as a decision game. [author.: M. Maczkowski, SGSP]

¹² Prezentacja Multimedialna „Pożar w budynku jednorodzinnym” powstała w oparciu o scenariusz i opracowanie graficzne M. Maczkowskiego – autora scenariusza gry zawartej w aplikacji ARES.



Ryc. 16. Jedna z podstron gry decyzyjnej „Pożar w budynku jednorodzinnym” prezentująca zadanie do rozwiązania [zdj.: J. Szewczyk, SGSP]

Fig. 16. Slide of “Dwelling house fire” decision game showing a task to do. [author.: M. Maczkowski, SGSP]

Sprzęt i oprogramowanie niezbędne do pracy zarówno z Panoramą jak i Prezentacją nie wymaga szczególnie wysokich parametrów technicznych i zaawansowania (Windows, Microsoft PowerPoint, QuickTime Player) oraz umiejętności obsługi.

Metodologia badań

Przedmiotem przeprowadzonych w Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego badań była gra decyzyjna „ARES” w aspekcie narzędzia wspomagającego proces kształcenia. Cel badań zakładał ocenę odbioru gry i jej wpływu na skuteczność kształcenia z wykorzystaniem technologii „rzeczywistości wzbogaconej”, dokonaną w oparciu o wymienione poniżej czynniki:

- analiza podejmowanych decyzji (czas i ilość powtórzeń zapisane w rejestrach aplikacji „ARES”),
- reakcja badanych na wirtualne środowisko podczas symulacji zdarzenia o charakterze interwencyjnym,
- sprawdzenie przyswojonej wiedzy i porównanie efektywności nauczania w zależności od zastosowanych narzędzi badawczych.

W uszczegółowieniu celu badania sformułowano problemy badawcze. Problem ogólny miał dać odpowiedź na pytanie: W jakim stopniu wykorzystanie technik cyfrowej rzeczywistości wirtualnej wpływa na proces nauczania-uczenia się? Szczegółowe pytania badawcze dotyczyły różnic w ilości zapamiętywanych informacji, roli – jaką odgrywa „rzeczywistość wzbogacona” w przyswajaniu wiedzy i negatywnych bodźców, mogących utrudniać odbiór treści w przypadku stosowania różnych rodzajów gier symulacyjnych. Do rozwiązania problemów badawczych zostały przyjęte następujące hipotezy robocze:

1. Można przypuszczać, że wykorzystanie w grach dydaktycznych „rzeczywistości wzbogaconej” powoduje szybsze przyswajanie wiedzy, niż stosowanie narzędzi dydaktycznych opartych na prostszych technikach.
2. Należy sądzić, że wykorzystanie w grach symulacyjnych Augment Reality powoduje lepsze zapamiętywanie wiedzy, niż stosowanie narzędzi dydaktycznych opartych na prostszych technikach.
3. Wydaje się możliwe, że wykorzystanie w grach symulacyjnych „rzeczywistości wzbogaconej” skraca czas niezbędny do podjęcia decyzji o działaniu, w porównaniu ze stosowaniem innych narzędzi dydaktycznych.
4. Można przypuszczać, że technologia wykorzystana przy stworzeniu wirtualnej „rzeczywistości wzbogaconej” wywoła większe zainteresowanie i zaangażowanie, co może skutkować wzrostem poziomu przyswojonej wiedzy.
 - Przypuszczamy, że wraz ze wzrostem doświadczenia (lata studiów, liczba wyjazdów) skraca się czas niezbędny do podjęcia decyzji o działaniu oraz występuje mniej błędnych odpowiedzi.
 - Sądzimy, że osoby poddane badaniom, które ukończyły technikum, były członkami OSP oraz pochodziły z gminy wiejskiej popełnią mniej błędów przy rozwiązywaniu sytuacji problemowych.
 - Najprawdopodobniej osoby z wyższą średnią ocen popełnią mniej błędów przy rozwiązywaniu sytuacji problemowych.

W prowadzonych badaniach zakładano zmierzenie takich cech, które będą wskaźnikami rzeczywistych ludzkich zachowań, zarówno definicyjnymi jak i inferencyjnymi. Brano pod uwagę zmienne o różnym stopniu intensywności, a więc zmienne ilościowe. Za zmienną niezależną przyjęto przekaz multimedialny, bo to on jako gotowy produkt multimedialny oddziaływał na odbiorców, którzy sami nie mogli mieć już wpływu na jego kształt i treści. Zmienną zależną był natomiast odbiór tego przekazu, wskazujący na skuteczność multimedialnych narzędzi w kształceniu. Na różnice w wynikach badań mogły też wpływać zmienne pośredniczące takie jak: rok studiów, wykształcenie (technikum, liceum), przynależność do Ochotniczych Straży Pożarnych, miejsce pochodzenia (gmina wiejska, miejska), średnia ocen z ostatniego roku i liczba wyjazdów do akcji. W założeniu badawczym poszukiwano odpowiedzi na pytania dotyczące skuteczności i lepszego zapamiętywania w odniesieniu do danego rodzaju aplikacji, a nie szczegółów jej budowy. Dlatego też w badaniach skoncentrowano się na rozpatrywaniu aplikacji multimedialnych pod względem ilości zapamiętanych treści i siły zdenerwowania/stre-

su, jakie pojawiało się pod wpływem pracy z daną aplikacją.

Do rozwiązania postawionych w pracy problemów autorzy zastosowali następujące metody badawcze:

- Eksperyment kontrolowany, podczas którego zmieniały się warunki, w których badani przydzieleni losowo (z zachowaniem równowagi ilościowej i jakościowej) do trzech grup o różnych formach przekazu treści merytorycznych utrwalali swoją wiedzę, sprawdzaną bezpośrednio po zakończeniu badania z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety oraz po upływie jednego tygodnia.
- Sondaż diagnostyczny.
- Metoda obserwacyjna z wykorzystaniem środków technicznych (kamera wideo) dokumentujących przebieg badania i zachowania respondentów w czasie jego trwania.

Zastosowane w badaniach techniki symulacji komputerowej, ankiety audytoryjnej i badań dokumentów wyznaczyły rodzaj wykorzystanych narzędzi badawczych, tj. przedstawionych powyżej aplikacji „ARES”, Prezentacji Multimedialnej i Panoramy Interaktywnej 360° oraz kwestionariusza ankiety i taśm wideo z zapisanym w formacie miniDV zachowaniem respondentów podczas badań. Kwestionariusz ankiety składał się z dwóch części i zawierał 19 pytań. Pierwszą część kwestionariusza (18 pytań) obejmowały pytania testowe sprawdzające przyswojoną przez respondentów wiedzę. W części drugiej badani oceniali swój poziom zdenerwowania/stresu podczas trwania badania w trzech jego różnych fazach określając go w 4-o stopniowej skali.

Badania pilotażowe zostały przeprowadzone w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w okresie od grudnia 2008 do stycznia 2009 roku. Objęły studentów – funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej studiów stacjonarnych i niestacjonarnych Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP. W badaniach uczestniczyło ogółem 65 respondentów, a zostały one przeprowadzone w trzech równoważnych grupach z wykorzystaniem różnych technik i narzędzi badawczych:

- **GRUPA A** – Badanie z wykorzystaniem aplikacji „ARES”: 2 komputerowe stanowiska badawcze wyposażone w sprzęt do wizualizacji „wirtualnego miejsca zdarzenia” (komputer, kamera cyfrowa, znaczniki)
- **GRUPA B** – Badanie z wykorzystaniem Prezentacji Multimedialnej i Panoramy Interaktywnej 360°: 5 komputerowych stanowisk
- **GRUPA C** – Badanie z wykorzystaniem wykładu konwersatoryjnego.

Wszyscy respondenci, przed przystąpieniem do badania, zapoznani zostali z celem prowadzonych badań, a badani w grupach A i B dodatkowo z in-

strukcją dotyczącą ich przebiegu. Procedura „instrukcja – badanie” powtarzana była dla każdej grupy badanych osób.

Wyniki badań zostaną omówione w osobnym artykule złożonym w Kwartalniku CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”.

Refleksje końcowe

Niewątpliwą zaletą aplikacji ARES jest dowolność konfiguracji i wizualizacji scenariuszy zdarzeń, uwzględniających zagrożenia dla życia i zdrowia ratowników. System umożliwia ponadto podejmowanie decyzji w bezpiecznych warunkach pracy, w sposób powtarzalny, bez ponoszenia konsekwencji związanych z podjęciem decyzji. Kolejnym atutem, uzyskanym dzięki zastosowaniu budowy modułowej systemu, jest opcja badania procesu decyzyjnego w odniesieniu do wyreżyserowanych sytuacji. Dodatkowo zastosowanie zintegrowanego w funkcji czasu działania modułu symulacyjnego i decyzyjnego, umożliwia zapis parametrów symulacji dotyczących: czasu przejścia scenariusza, czasu przejścia poszczególnych sytuacji decyzyjnych, sumarycznej liczby błędów, liczby popełnionych błędów w poszczególnych sytuacjach decyzyjnych oraz szybkości reakcji przy pierwszym wyborze decyzji dla każdej sytuacji decyzyjnej i jego odczyt po zakończeniu gry.

Multimedialny charakter gry oraz zastosowanie elementów charakterystycznych dla gier dydaktycznych, dało autorom ARES-a podstawy do przeprowadzenia badań weryfikujących skuteczność nauczania z wykorzystaniem stworzonego narzędzia.

Literatura

1. Earshow R., Vince J., *Computer Graphics: Development In Virtual Environments*, San Diego 1995, s. 357;
2. Golka M., *Bariery w komunikowaniu i społeczeństwo (dez)informacyjne*, Warszawa 200, s. 79-80;
3. Goriszowski W., *Badania pedagogiczne w zarysie*, Warszawa 1996;
4. Nowak S., *Metodologia badań społecznych*, Warszawa 2006;
5. Smolarkiewicz M.M., Mazur R., Szewczyk J., Malanowicz T., Przetacznik R., Klimek S., Sorbian A., Baran T., *Praca naukowo - badawcza statutowa nt. Analiza i weryfikacja scenariuszy zdarzeń na poziomie interwencyjnym z wykorzystaniem technik cyfrowej rzeczywistości wirtualnej (KBN – Nr S/E-422/18/2006/2008)*, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2006 - 2008;
6. Szewczyk J., *Nowoczesne środki dydaktyczne w upowszechnianiu wiedzy w zakresie edukacji dla bezpieczeństwa*, „Edukacja dla Bezpieczeństwa”, Nr 1/2006, s. 24;

7. Wilczyński Ł., *Praca magisterska napisana pod kierunkiem prof. dr hab. K. Maraska nt. Tworzenie symulacji czasu rzeczywistego z wykorzystaniem skryptów i rzeczywistości wzbogaconej*, Wyższa Polsko – Japońska Szkoła Technik Komputerowych, Warszawa 2006;
8. Wodaski R., *Szaleństwa wirtualnej rzeczywistości*, Warszawa 1994, s. XVIII;
9. Rozporządzenie MSWiA z dnia 22 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo – gaśniczego [Dz. U. Nr 111, poz. 1311];

st. kpt. mgr inż. **Robert MAZUR** - absolwent Dziennych Studiów Inżynierskich (2002) oraz Uzupełniających Studiów Magisterskich (2004) na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Absolwent studiów podyplomowych Wyższej Polsko-Japońskiej Szkoły Technik Komputerowych na kierunku „Zaawansowane Multimedia w Internecie” (2006) oraz studiów III st. na Wydziale Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie (2011). W latach 2002 – 2011 pracownik Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Obecnie pracownik Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej – Krajowe Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności. Interesuję się Systemami Wspomagania Decyzji, Systemami Informacji Przestrzennej, Analityką Bazodanową.

st. kpt. mgr inż. **Joanna SZEWCZYK** - absolwentka studiów I i II stopnia Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej i Studiów Podyplomowych SGSP w zakresie zarządzania kryzysowego i ochrony ludności oraz specjalista w zakresie technik audiowizualnych. Zatrudniona w SGSP w roku 1982. Od roku 2003 jako pracownik naukowo-dydaktyczny wnosi w proces kształcenia pożarniczego nowe spojrzenie na edukację medialną i media dydaktyczne oraz metody nauczania wykorzystujące techniki kształcenia na odległość. Jest autorką nowych programów i realizatorką zajęć dydaktycznych z zakresu komunikacji kryzysowej i współpracy z mass mediami.

Marcin Mieczysław Smolarkiewicz, ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego - specjalizacja fizyka; uzyskał tytułu doktora nauk fizycznych w specjalizacji fizyka jądrowa w 2003 r. Zatrudniony w Szkole Głównej Służby Pożarniczej od 2001r.; od 2010 r. na stanowisku adiunkta, Kierownika Zakładu Badań Sytuacji Kryzysowych. Autor ponad trzydziestu publikacji o zasięgu krajowym i międzynarodowym z obszaru bezpieczeństwa, zarządzania kryzysowego, analizy ryzyka oraz metod numerycznych i statystycznych.

Recenzenci

dr inż. **Eugeniusz W. Roguski**

dr inż. **Paweł Janik**

dr hab. **Ryszard SZCZYGIEL**, prof. nadzw.
Instytut Badawczy Leśnictwa

WIELKOBSZAROWE POŻARY LASÓW W POLSCE

Large-area Forest Fires in Poland

Streszczenie

Pożary lasów są jedną z głównych przyczyn szkód ekologicznych. Szczególnie pożary katastrofalne, których powierzchnia przekracza 500 ha powodują silne zaburzenia w środowisku naturalnym, powodując długotrwałe i szkodliwe zmiany, przyczyniając się także do powstawania efektu cieplarnianego. Średnio w roku, na świecie powstaje kilkaset tysięcy pożarów lasu, w wyniku których niszczone są zasoby leśne na powierzchni 10 mln ha. Polska na tle państw europejskich odznacza się średnim ryzykiem zagrożenia pożarowego, ale cechą charakterystyczną jest dla niej duża liczba powstających pożarów lasu na stosunkowo małej powierzchni. Zdarzają się jednak lata (rok 1992), kiedy Polskę nękały pożary katastrofalne i służby ratownicze stawały przed trudnymi zadaniami opanowania żywiołu. W artykule przedstawiono charakterystykę zagrożenia lasów Polski i występowania pożarów w latach 1990-2009, z omówieniem problematyki wielkoobszarowych pożarów, przyczyn ich powstawania oraz zasad przeciwdziałania im.

Summary

Forest fires are one of the main causes of ecological damage. Especially catastrophic fires, the area of which exceeds 500ha cause strong disturbances in the natural environment, resulting in long-term and detrimental changes and contributing to the greenhouse effect. On average, several thousand forest fires occur annually all over the world, as a result of which forest resources are destroyed in the area of 10 million ha. Among European countries, Poland is characterised by medium forest fire risk, but also by a high number of forest fires in a relatively small area. However, there are years (1992), when Poland is plagued by catastrophic fires and emergency services have to face the difficult task of suppressing the fire. The article describes fire danger characteristics concerning Polish forests and occurrence of fires in the years 1990-2009, discussing the issue of large-area fires, their causes and principles of fire prevention.

Słowa kluczowe: pożar lasu, pożary katastrofalne, zagrożenie pożarowe lasu, przyczyny, profilaktyka;

Keywords: forest fire, catastrophic fires, forest fire risk, causes, prevention;

Wstęp

Pożary lasu są jedną z głównych przyczyn szkód wyrządzanych w środowisku leśnym. Ze względu na obserwowaną od wielu lat tendencję wzrostową liczby pożarów oraz rozmiar strat powodowanych zwłaszcza przez pożary wielkoobszarowe uznaje się je coraz częściej za klęskę ekologiczną. Klęskę, która nie tylko powoduje długotrwałe, szkodliwe zmiany w ekosystemie leśnym, ale również powoduje pogorszenie jakości życia społeczeństwa (w tym szczególnie zdrowia) wokół spalonych terenów.

W skali globalnej pożary lasów powodują zmiany w atmosferze wskutek emisji produktów spalania, przyczyniając się do powstawania efektu cieplarnianego. Średnio w roku powstaje kilkaset tysięcy pożarów lasu, w wyniku których niszczone są w różnym stopniu zasoby leśne świata na powierzchni 10 mln ha. Bywały też lata, że powierzchnia ta była zdecydowanie większa między innymi wskutek trudno wyobrażalnych dla polskich leśników pojedynczych pożarów wielkoobszarowych obejmujących

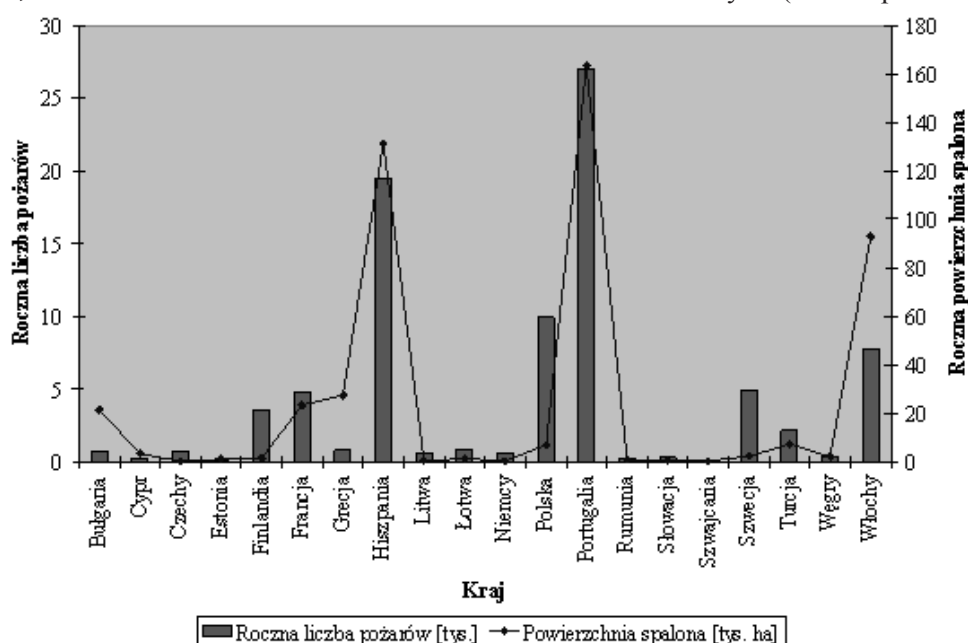
powierzchnię kilkaset tysięcy ha i więcej. Największym odnotowanym pożarem był pożar na przełomie lat 1982/83 na wyspie Borneo (Indonezja), który strawił lasy na powierzchni 3,5 mln ha. W 1987 roku w Chinach pożar objął powierzchnię 1,33 mln ha lasów. W ostatnich latach, w zasadzie co roku, tylko w różnych częściach naszego globu dochodzi wręcz do masowych pożarów o powierzchniach kilkaset ha, w wyniku których spaleni ulegają obszary leśne, zabudowania, giną ludzie, niszczone jest cała infrastruktura na drodze rozprzestrzeniania się ognia. Latem 2010 roku doszło do pożarów lasów w Rosji na ogromnych powierzchniach, w wyniku których zginęło kilkadziesiąt osób, a spaleni uległo około 2000 domów, w tym niejednokrotnie zniszczeniu uległy całe wsie. Z zagrożonych terenów ewakuowano 86 tysięcy osób. Podobne zdarzenia rozgrywały się w latach 2003 i 2005 w Portugalii i Hiszpanii, a później w Grecji.

Polska w Unii Europejskiej zaliczana jest do krajów o średnim ryzyku zagrożenia pożarowego lasu,

choć według danych Europejskiego Systemu Informacji o Pożarach Lasu (European Forest Fire Information System – prowadzonego przez Wspólnotowe Centrum Badawcze w Isprze [2009, Report No 10, Forest Fires in Europe] plasuje się na trzecim miejscu (po Portugalii i Hiszpanii) pod względem średniej rocznej liczby pożarów, a na ósmym miejscu, biorąc pod uwagę powierzchnię nim objętą – ryc. 1. Polską specyfiką jest stosunkowo duża liczba pożarów na zdecydowanie mniejszej powierzchni. W najbardziej zagrożonych państwach basenu Morza Śródziemnego przeciętnie rocznie powstaje 50 tysięcy pożarów, powodujących zniszczenie blisko 0,5 mln ha lasu.

gólnie niekorzystne warunki rozwoju oraz wszelkich zagrożeń dotyczą drzewostanów, powstałych w wyniku zalesień na najuboższych gruntach porolnych na powierzchni około 1,5 mln ha. Nieukształtowane w pełni warunki biocenotyczne właściwe dla lasu wraz z jednolitą strukturą wiekową i gatunkową w tych drzewostanach, powodują, że są one w sposób szczególnie narażone na pożary. Dominujący kierunek wiatru z zachodu powoduje zwiększony napływ zanieczyszczeń powietrza, przyczyniając się do pogorszenia zdrowotności lasów.

Potencjalnie duże i średnie zagrożenie pod względem pożarowym dotyczy około 83% polskich obszarów leśnych (w Europie 65% zasobów). Za-



Ryc. 1. Średnia roczna liczba pożarów lasu i powierzchnia spalona w wybranych krajach Europy

Fig. 1. Annual average number of forest fires and burned area in selected European countries

Według klasyfikacji pożarów pod względem ich wielkości, za pożary katastrofalne uznaje się te, których powierzchnia przekracza 500 ha. Te właśnie pożary dla prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych są najbardziej skomplikowane i angażują duże ilości sił i środków.

1. Czynniki wpływające na zagrożenie pożarowe lasów w Polsce i występowanie pożarów

Zagrożenie pożarowe lasów Polski wynika głównie z geograficznego położenia, znajdującej się na terenie ścierających się klimatów morskiego i kontynentalnego. Oddziałują też na nie stałe czynniki kształtujące bilans wodny, takie jak deficyt opadów czy powtarzające się długotrwałe susze, prowadzące do obniżenia wód gruntowych. Efektem tego jest występowanie niskiej wilgotności na rozległych obszarach kraju, prowadzące między innymi do stepowania. Większość polskich lasów rośnie na ubogich, piaszczystych glebach charakteryzujących się wysoką przepuszczalnością wód opadowych. Szczeg-

grożenie tak dużej powierzchni lasów Polski wynika przede wszystkim z:

- przeważającego udziału gatunków iglastych (76,2%), w tym szczególnie zagrożonej pożarami sosny (68,3%);
- dużego udziału najuboższych siedlisk borowych (62%) często z jednowiekowymi monokulturami sosnowymi sprzyjającymi nagromadzeniu się znacznej ilości suchej biomasy i łatwemu tworzeniu się martwej pokrywy gleby;
- znacznego udziału drzewostanów młodszych klas wieku do 60 lat (56,7%);
- oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych, których skala co prawda uległa zahamowaniu w porównaniu do tej z początku lat 90., ale w dalszym ciągu wywierających wpływ na stan sanitarny drzewostanów i ich prześwietlenie, co doprowadza do zachwaszczenia, zwiększania się masy posuszu, wzrostu ilości traw i wrzosu, co wpływa na wydłużenie się sezonu palności oraz występowania pożarów lasu praktycznie przez cały rok. Doprowadziło to też w powiązaniu ze zmianami

klimatycznymi do zwiększenia się liczby siedliskowych typów lasu szczególnie podatnych na pożary o siedlisko boru wilgotnego, boru mieszanego wilgotnego i lasu łęgowego;

- zmian klimatycznych, charakteryzujących się anomaliami pogodowymi (rekordowe temperatury powietrza, długotrwałe okresy suszy, silne wiatry, bezśnieżne zimy) sprzyjających powstawaniu pożarów kłęskowych;
- rosnącej dostępności i penetracji lasów przez społeczeństwo w celach rekreacyjnych i zarobkowych. Nadal charakterystyczne dla naszego kraju jest zbieranie owoców runa leśnego. Zawsze było ono tradycją, a obecnie często stanowi formę zarobkowania, zwłaszcza w rejonach o dużej lesistości i o znacznym bezrobociu. Z drugiej strony wzrost zamożności społeczeństwa i powszechniejsza możliwość zakupu samochodu wpływa na zwiększenie mobilności ludzi i liczniejsze odwiedzanie lasów, co w konsekwencji wpływa na wzrost zagrożenia pożarowego, gdyż to człowiek jest sprawcą prawie wszystkich pożarów.

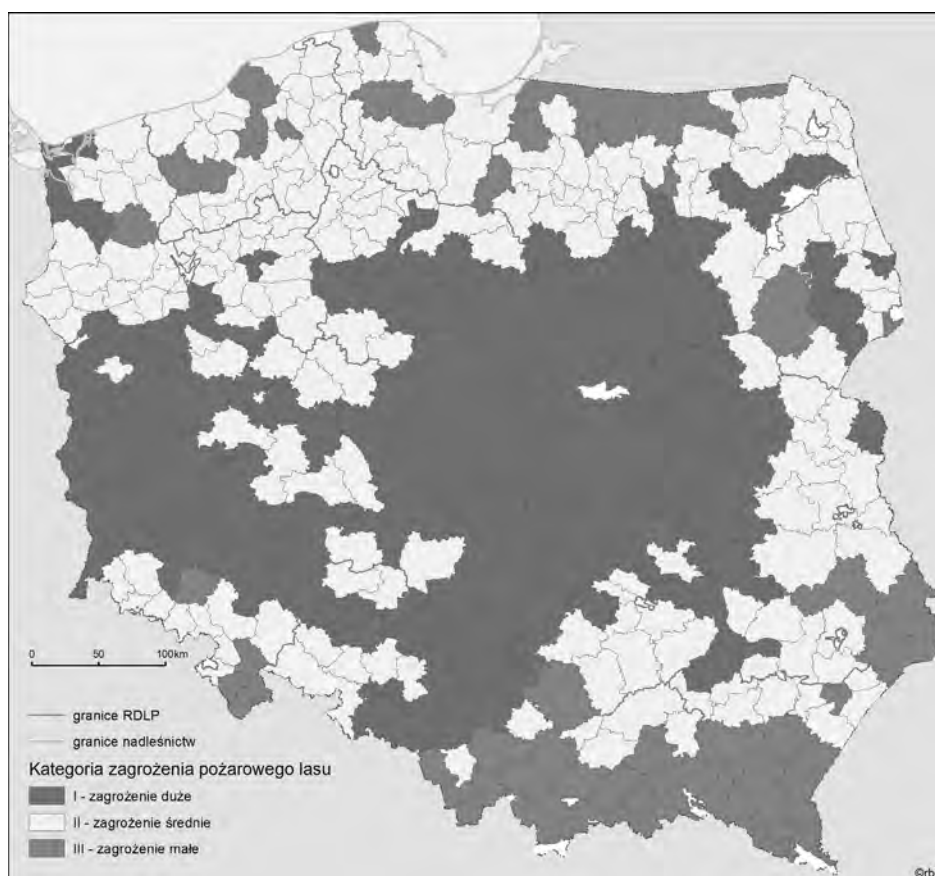
1.1 Klasyfikacja lasów pod względem zagrożenia pożarowego

Klasyfikacji obszarów leśnych pod względem zagrożenia pożarowego dokonuje się zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 lipca

2010 r., zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 137, poz. 923). Opracowana przez Instytut Badawczy Leśnictwa [Szczygieł R. i in. 2008] nowa metoda zaliczania lasów do kategorii zagrożenia pożarowego umożliwia klasyfikację nadleśnictw, regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych, parków narodowych, gmin, powiatów, podregionów (grupa powiatów) i województw. Zaliczenia do kategorii zagrożenia pożarowego lasu dokonuje się na podstawie następujących kryteriów:

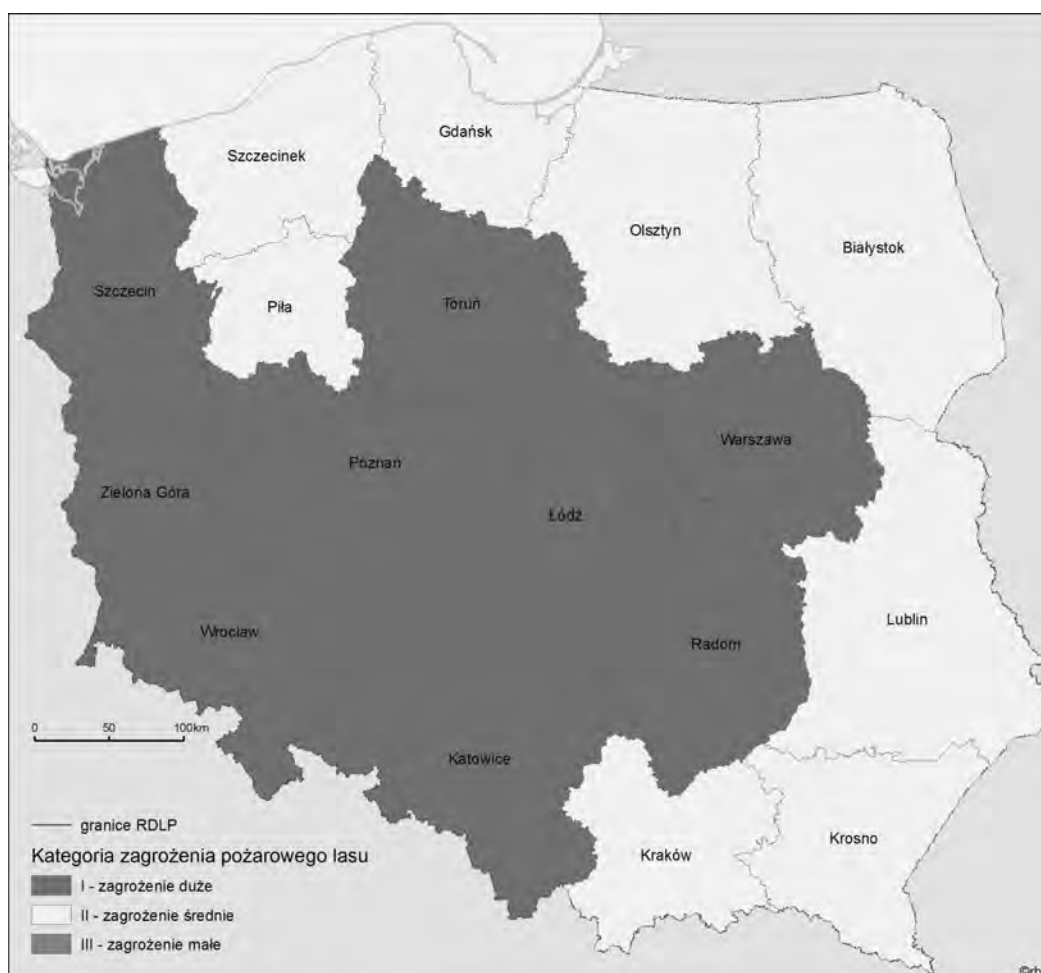
- średniej rocznej liczby pożarów lasu w okresie ostatnich 10 lat przypadających na 10 km² powierzchni leśnej;
- udziału procentowego powierzchni drzewostanów rosnących na siedliskach boru suchego, boru świeżego, boru mieszanego świeżego, boru wilgotnego, boru mieszanego wilgotnego i lasu łęgowego;
- średniej wilgotności względnej powietrza i procentowego udziału dni z wilgotnością ściółki mniejszą niż 15% mierzonej o godz. 9⁰⁰ w punktach prognostycznych;
- średniej liczby mieszkańców przypadających na 0,01 km² powierzchni leśnej.

Na rycinie 2 przedstawiono wyniki klasyfikacji zagrożenia pożarowego nadleśnictw, a na rycinie 3 regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych.



Ryc. 2. Klasyfikacja zagrożenia pożarowego lasu według nadleśnictw. [Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J. 2008. Kategoryzacja zagrożenia pożarowego lasów Polski. Raport IBL (III etap), Sękocin Stary]

Fig. 2. Classification of forest fire risk (Forest District level) [Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J. 2008. Classification of forest area in Poland according to the fire risk of forest fires. FRI Report (III stage), Sękocin Stary]



Ryc. 3. Klasyfikacja zagrożenia pożarowego lasu według regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych [Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J. 2008. Kategoryzacja zagrożenia pożarowego lasów Polski. Raport IBL (III etap), Sękocin Stary]

Fig. 3. Classification of forest fire risk (Regional Directorate level) [Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J. 2008. Classification of forest area in Poland according to the fire risk of forest fires. FRI Report (III stage), Sękocin Stary]

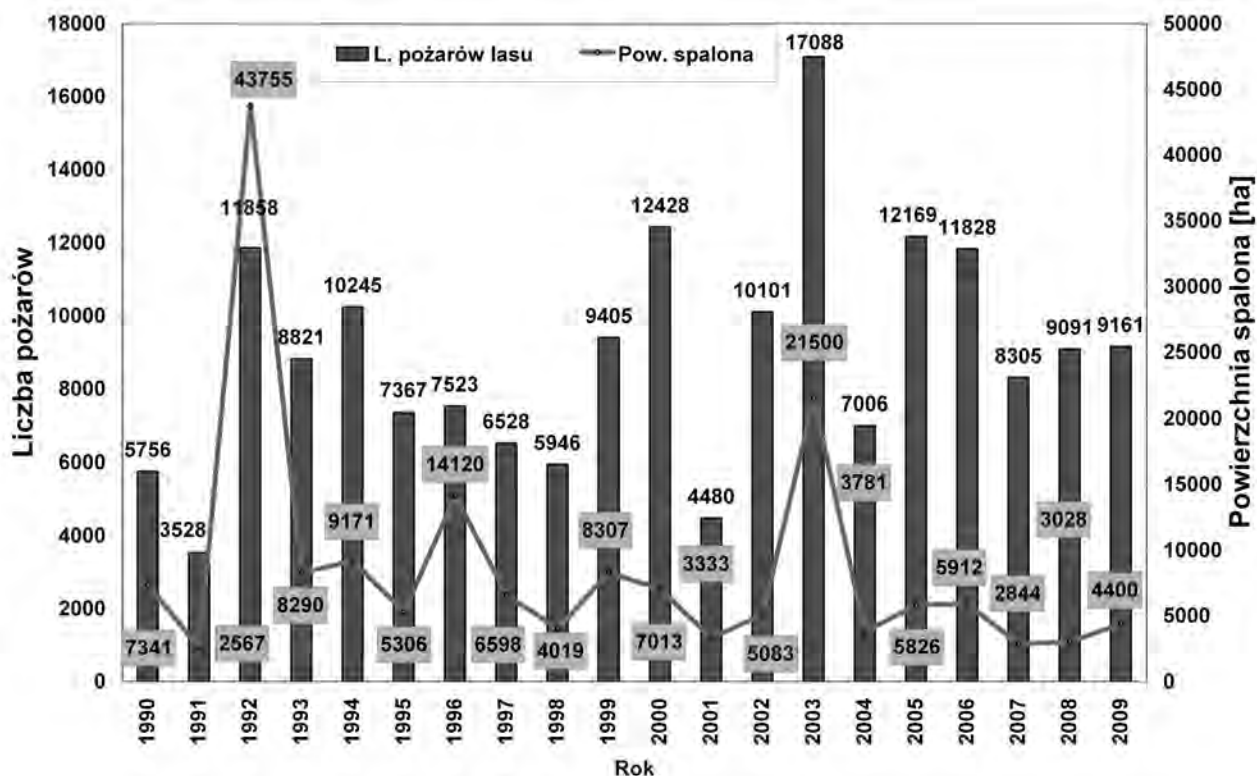
Pierwszej klasyfikacji lasów Polski pod względem zagrożenia pożarowego dokonano w 1975 roku [Karlikowski T., Łonkiewicz B. 1975], uwzględniając tylko nadleśnictwa. W ciągu ponad 30 lat, procent nadleśnictw zaliczonych do I (najwyższej) kategorii zagrożenia pożarowego wzrósł z 21 do 40. Biorąc pod uwagę klasyfikację regionalnych dyrekcji LP można zaobserwować, że są one tylko w I i II kategorii zagrożenia pożarowego lasu, a zniknęła III kategoria, do której (według wcześniejszej metody) zaliczone były jeszcze kilka lat temu dwie regionalne dyrekcje. Te dwa fakty potwierdzają rosnącą tendencję potencjalnego zagrożenia pożarowego lasów Polski.

1.2. Występowanie pożarów lasu w latach 1990-2009

W ostatnim dwudziestolecu w polskich lasach powstało 178634 pożary na powierzchni 172194 ha. W lasach będących pod zarządem Lasów Państwowych odnotowano 87565 pożarów, w wyniku których spaleni uległo 72572 ha. Pożary te stanowiły

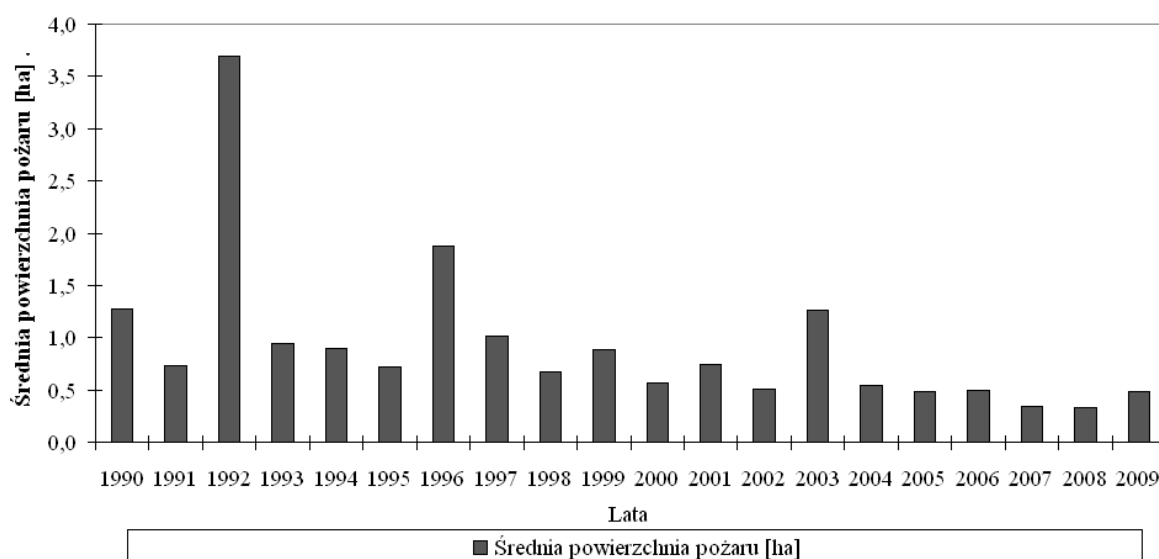
49% wszystkich powstałych w tym czasie w kraju i objęły 42% łącznej powierzchni spalonej. Na rycinie 4 przedstawiono liczbę pożarów lasu i powierzchnię spaloną w Polsce w analizowanym okresie, a na rycinie 5 średnią powierzchnię pojedynczego pożaru.

Najwięcej pożarów lasów odnotowano w 2003 roku, kiedy wybuchło 17088 pożarów, a następnie: w 2000 (12428), 2005 (12169), 1992 (11858) i 2006 (11828). Średnio rocznie powstawały 8932 pożary. Średnia ta była przekroczona dziesięciokrotnie w latach 1990-2009. Pod względem wielkości powierzchni objętej ogniem dominował rok 1992, kiedy spaleni uległo 43755 ha lasu. Ponad połowę mniej lasów żywioł objął w 2003 roku (21500 ha). Średnio rocznie pożary trawiły powierzchnię 8610 ha i była ona przekroczona czterokrotnie (lata: 1992, 1994, 1996 i 2003). Średnia powierzchnia przypadająca na jeden pożar wynosiła 0,96 ha i była ona wyższa w latach: 1990, 1992, 1996, 1997 i 2003. Najwyższą (3,69 ha) odnotowano w 1992 roku, a najniższą (0,33 ha) w roku 2008. Biorąc pod uwagę formę własności lasu, średnia pojedynczego pożaru w la-



Ryc. 4. Występowanie pożarów lasów w Polsce w latach 1990-2009
[wg danych Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych]

Fig. 4. Total number of fires on high forest and area burned in Poland in the period 1990-2009
[Source: General Directorate of State Forest National Forest Holding]



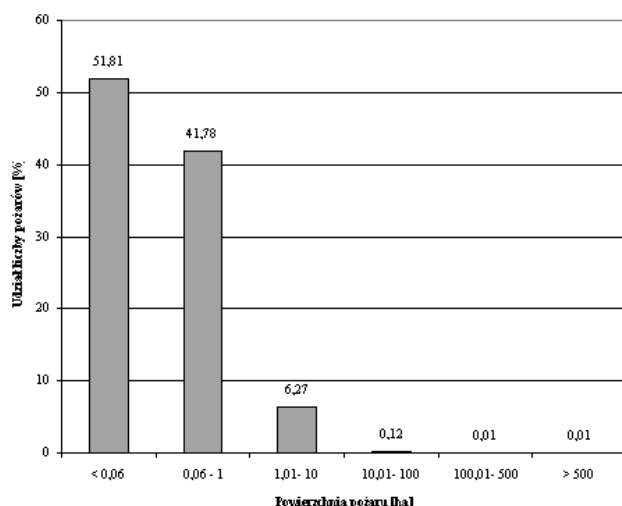
Ryc. 5. Średnia powierzchnia pożaru lasów w Polsce w latach 1990-2009
Fig. 5. Average area of forest fire in Poland in the period 1990-2009

sach Państwowych była około dwukrotnie mniejsza niż w lasach innych właścicieli. Na rycinie 6 przedstawiono procentowy rozkład występowania pożarów według ich wielkości. Z ryciny wynika, że przeważają pożary zarodkowe (do 0,05 ha) i małe (do 1 ha), które stanowią aż 93% wszystkich. Pożary średnie (do 10 ha) stanowią nieco ponad 6%, a pożary katastrofalne to tylko około 0,01% ogółu.

Zdecydowana większość pożarów lasu w Polsce powstaje od marca do września. W zależności

od warunków meteorologicznych w danym roku nasilenie występowania pożarów przypada na miesiące wczesnowiosenne (kwiecień-maj) oraz w okresach suszy letniej (lipiec – sierpień). Na przykład w 2000 roku pożary wiosenne stanowiły aż 70% ogółu. W maju tego roku miesięczna liczba pożarów osiągnęła rekordową wartość (5296). W miesiącach letnich liczba ta osiągała zbliżone wartości w roku 1994 i 2006 (około 5000). Ogólne ocieplenie klimatu i związane z tym występowanie ciepłych oraz co

raz częściej bezśnieżnych zim powoduje wydłużanie się okresu występowania pożarów w czasie dawniej uważanym za niepalny, tj miesiące jesienne i zimowe. Przykładem może być sytuacja z roku 1999, w którym maksimum występowania pożarów przypadło na wrzesień (2106). W porównaniu do lat 1990 – 2009 był to ponad dziesięciokrotny wzrost liczby pożarów powstających w tym miesiącu. W ostatnim dziesięcioleciu pożary powstają praktycznie przez cały rok, a pożary zimą stanowią około 7% ogółu.



Ryc. 6. Występowanie pożarów lasów w Polsce w latach 1990-2009 według wielkości

[wg danych Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych]

Fig. 6 Occurrence of forest fires in Poland in the period 1990-2009 in terms of burned area (source: General Directorate of State Forest National Forest Holding)

2. Opis przykładowych wielkoobszarowych pożarów lasów

Pożary wielkoobszarowe obejmujące powierzchnię ponad 500 ha lasu były notowane po zakończeniu działań wojennych w latach 1946-48. Brak jest jednak dokładnych danych o ich rozmiarach i miejscach powstania. Pierwszy pożar klęskowy, o którym istnieją dokładne dane, wybuchł na powierzchni 1162 ha w Nadleśnictwie Lubsko 3 sierpnia 1982 roku. Dziesięć lat później zdarzyły się w Polsce najbardziej tragiczne, jak do tej pory, pożary katastrofalne. Długotrwała susza panująca w 1992 roku objęła swoim zasięgiem 80% powierzchni kraju i spowodowała obniżenie poziomu wód gruntowych, co wpłynęło negatywnie na kondycję lasów i wysuszenie roślinności. Ten fakt, oraz ekstremalne warunki meteorologiczne (wysokie temperatury i niskie wilgotności względne powietrza, silne wiatry o zmiennych kierunkach) wyjątkowo sprzyjały rozprzestrzenianiu się pożarów z niespotykaną dotąd w warunkach polskich intensywnością. Sygnałem nadchodzącej czarnej serii pożarów był pożar 2 czerwca w Nadleśnictwach Wronki i Potrzebowice, który objął powierzchnię 573 ha. W dniach 9 i 10 sierpnia powstały pożary: w Nadleśnictwie Szprotawa (2260 ha),

w Nadleśnictwie Potrzebowice (5130 ha) i nadleśnictwach: Gniewkowo, Cierpiszewo i Solec Kujawski (3000 ha). 26 sierpnia doszło do największego pożaru lasu w powojennej historii Polski w nadleśnictwach: Rudy Raciborskie, Kędzierzyn i Rudzinek trwającego 18 dni, który objął swoim zasięgiem 9060 ha. Ze względu na warunki powstania tego pożaru, charakterystykę jego rozprzestrzeniania się, czas trwania, złożoność działań ratowniczo-gaśniczych, a nade wszystko na wielkość jego powierzchni omówiono go szczegółowo w odrębnym rozdziale. Pożar ten należy uznać także za reprezentatywny w większości jego faz przebiegu, dla pozostałych pożarów wielkoobszarowych, jak i ze względu na warunki pogodowe, które panowały w tym czasie na terenie kraju.

Oprócz tych największych pożarów powstały jeszcze pożary klęskowe w nadleśnictwach: Lubsko (565 ha), Herby (443 ha), Olkusz (822 ha) i na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego (około 1000 ha), gdzie pożar strawił oprócz powierzchni leśnej, setki hektarów łąk i torfowisk.

W sierpniu 1992 roku powstało łącznie 1744 pożary na powierzchni 29460 ha. Tylko cztery z nich objęły powierzchnię 19450 ha. Odnotowano także 75 pożarów średniej wielkości (powyżej 10 ha) na łącznej powierzchni 2732 ha. Rok 1992 nie powtórzył się jak do tej pory. W zasadzie nie wystąpiły do 2010 roku pożary klęskowe, z wyjątkiem jednego w Nadleśnictwie Chrzanów (rok 1996), który objął powierzchnię około 540 ha, w tym około 350 ha lasów państwowych.

2.1. Analiza rozprzestrzeniania się pożaru w Rudach Raciborskich

W dniu powstania pożaru (26 sierpnia 1992 r.) do chwili zatrzymania pożaru (30 sierpnia) temperatura powietrza wahała się od 31,3 do 38 °C w ciągu dnia. Wilgotność względna powietrza dochodziła do poziomu dwudziestokilku procent. Zachmurzenie było małe (do trzech w dziesięciostopniowej skali) i wiał wiatr południowo-zachodni, skręcający na południowy i południowo-wschodni z prędkością od 6m/s do 18m/s. Były to warunki ekstremalnie sprzyjające powstaniu pożaru i jego rozprzestrzenianiu.

Drzewostany, w których powstał pożar i się rozprzestrzeniał, stanowiły zdegradowane wskutek szkód przemysłowych bory, charakteryzujące się dużą ilością posuszu i zdziczałą pokrywą dna lasu (trawy), występującą aż na 92% całej powierzchni. Warstwa murszowa dochodziła miejscami nawet do ok. 20 cm i w dużej mierze decydowała o całkowitym obciążeniu ogniowym (ilości palnej biomasy), które według szacunków (zależnie od klasy wieku i typu siedliskowego) wahało się od 52 do 85 ton masy ulegającej spalaniu w przeliczeniu na 1 hektar. Obciążenie to decydowało o bilansie energetycznym pożaru, zadymieniu, wartości temperatur spalania

plamieniowego i bezplamieniowego, czasie trwania tych temperatur, jak również o ilości środków gaśniczych potrzebnych do ugaszenia ognia. Obciążenia te były zdecydowanie wyższe od występujących w podobnych warunkach w innych rejonach Polski i skrajnie mogły je przewyższać nawet 2-3 krotnie.

Pożar, będący przedmiotem analizy był bardzo rzadkim z rodzajów leśnych pożarów całkowitych, określanym w literaturze jako pożar „plamisty” lub „cętkowy”. Pożary takie występują w okresie długotrwałych susz i w skrajnie ekstremalnych warunkach meteorologicznych. Są one intensyfikowane przez silne podmuchy powietrza (wiatry lub powstające prądy konwekcyjne), które powodują duże ilości przerzutów ognia z pierwotnego ogniska pożaru, tworząc tym samym nowe punkty zapaleń na obszarze leśnym. W tabeli 1. przedstawiono analizę rozprzestrzeniania się pożaru, w której wykorzystano model matematyczny pożaru lasu [Szczygieł R. 1991].

nia odegrał udział sosny, której igliwie zawiera olejki eteryczne odznaczające się temperaturą zapalenia około 50 °C, gdy pozostałe materiały leśne mają temperaturę zapalenia 260-300 °C. Wydzielające się olejki tworzyły swego rodzaju „mieszaniny wybuchowe” i powodowały tak zwane „fuknięcia”, mogące pulsacyjnie i raptownie przyspieszać prędkość frontu pożaru, a towarzyszące im wstępujące prądy konwekcyjne (ich szybkość przewyższała prędkość panującego wiatru i mogła dochodzić do 30-40m/s) zdolne były przerzucać palące się materiały na odległość 600-800 metrów. W skrajnych sytuacjach odległość ta mogła dochodzić nawet do 1 kilometra. W takich przypadkach prędkość frontu pożaru, jak wykazały analizy modelowe, sięgała maksymalnie do 3,9 km/h, co miało miejsce około godziny 16⁰⁸ w dniu 26 sierpnia. Wtedy ogień zaskoczył interweniujące jednostki gaśnicze i zginęli ludzie. Takich prędkości później nie notowano i wahały się one maksymalnie od 0,858 do 2,238 km/h. Najbardziej intensywnie

Tabela 1.

Analiza rozprzestrzeniania się pożaru w Kuźni Raciborskiej (powstanie pożaru 26.08.1992 r. – godz. 13⁴⁵)

Table 1.

Analysis of fire spreading in Kuźnia Raciborska (fire broke at 13⁴⁵, 26th of August 1992)

Data	Godz.	Czas trwania		Powierzchnia całkowita pożaru	Powierzchnia pożaru w fazach	Obwód pożaru		Średnia prędkość frontu pożaru		Przyrost powierzchni pożaru	Przyrost obwodu pożaru
		pożaru	fazy			w fazach	całkowity	w fazach			
		min	min	ha	ha	m	m	m/min	km/h	ha/min	m/min
26.08	14 ⁵⁰	65	65	40	40	2331	2331	14.7	0.882	0.615	35.881
26.08	15 ⁴⁵	120	55	80	40	2415	4746	18.0	1.080	0.727	43.909
26.08	16 ⁰⁸	143	23	180	100	3647	8393	65.0	3.9	4.347	158.565
26.08	17 ⁵⁸	253	110	600	420	7685	16078	31.5	1.89	3.818	69.863
26.08	22 ⁰⁰	495	242	2200	1600	14937	31015	25.3	1.518	6.611	61.723
27.08	1 ⁰⁰	675	180	3500	1900	16379	47394	37.3	2.238	10.555	90.994
27.08	9 ⁰⁰	1155	480	5500	2000	16745	64139	14.3	0.858	4.166	34.885
27.08	19 ⁰⁰	1755	600	5700	200	5269	69408	3.6	0.216	0.333	8.782
28.08	8 ⁰⁰	2535	780	6000	300	6470	75978	3.4	0.204	0.385	8.295
28.08	15 ⁰⁰	2955	420	6100	100	3586	79464	3.5	0.210	0.238	8.538
28.08	23 ⁵⁰	3485	530	7100	1000	11895	91359	9.2	0.552	1.886	22.443
29.08	8 ⁰⁰	3975	490	74	300	6504	97863	6.2	0.372	0.612	13.273
30.08	10 ⁰⁰	5535	1560	8978	1578	14842	112705	3.9	0.234	1.011	9.514

Pożar w Kuźni Raciborskiej, wchodząc do lasu od strony torów kolejowych frontem kilkuset metrów objął powierzchnię około 180 ha (po 143 minutach od powstania) i był pożarem już rozbudowanym, mogącym samoistnie kształtować warunki swojego rozprzestrzeniania (np. wzrost prędkości i zmiany kierunku wiatru w środowisku pożaru, wzrost temperatury powietrza, spadek jego wilgotności itp.). Sprzyjały temu warunki drzewostanowe: duży udział (33%) drzewostanów w wieku do 40 lat, piętro podrostów i podszytów oraz łany wysokich traw. Czynniki te decydowały o dynamice pożaru i pionowym zasięgu plamieniowej strefy spalania. Dużą rolę w rozprzestrzenianiu się og-

ne rozprzestrzenianie się pożaru miało miejsce od godziny 16⁰⁰ (26 sierpnia) do godziny 1⁰⁰ (27 sierpnia), kiedy prędkości frontu, przyrosty powierzchni i obwodu pożaru były największe. Następny wzrost, lecz o zdecydowanie mniejszej intensywności, zanotowano w momencie zmiany kierunku wiatru na południowy, kiedy nastąpiło przejście pożaru na kompleksy Nadleśnictwa Rudziniec, obręb Rachowice. Prędkość frontu wynosiła wtedy około 0,372 -0,552 km/h. Temperatura pożaru w strefie plamieniowym maksymalnie wynosiła około 400 °C. Średni czas oddziaływania temperatur na glebę wynosił od kilku godzin (przy działaniu środków gaśniczych)

do kilkunastu dni w przypadku spalania pokładów torfu. Gruba warstwa murszu wpływała na „uporczywość” pożaru i powstawanie ponownych zarzewi ognia na obszarach gdzie wydawało się, że ogień został zlokalizowany i ugaszony. Biorąc pod uwagę obciążenie pokrywy dna lasu, wartość opałową materiałów leśnych oraz ciepło parowania wody, w skrajnych warunkach do całkowitego przerwania procesu spalania należałoby podać około 30 litrów wody na 1 m², co przekraczało możliwości organizacyjno-operacyjne, takiego podawania środków gaśniczych. Akcja dogaszenia i zabezpieczenia pożaryska przed wtórnymi rozgorzeniami trwała do 12 września. W akcji ratowniczej uczestniczyło 567 pojazdów straży pożarnej, 30 samolotów i śmigłowców, 25 czołgów i spychaczy. Łącznie uczestniczyło w niej około 11 tysięcy osób, rannych zostało 159, a lżejszych obrażeń doznało 1858 osób.

Z analiz przeprowadzonych przez Fraszewskiego [Fraszewski D. 1994] wynika, że cztery wymienione pożary wielkoobszarowe objęły drzewostany przede wszystkim na najbardziej podatnych na pożary siedliskach borowych, w tym boru świeżego (od 64% udziału w spalanej powierzchni w Szprotawie do 99% w lasach soleckich). Natomiast w Rudach Raciborskich był to bór mieszany wilgotny – 51% i bór mieszany świeży – 25%. Ogień zniszczył głównie drzewostany sosnowe, w których gatunek ten stanowił od 90% udziału do 100% (lasy soleckie). Uwzględniając wiek lasu, płonęły w zdecydowanej większości drzewostany I-II klasy.

3. Przyczyny pożarów lasu

Przyczyną zdecydowanej większości pożarów leśnych jest bezpośrednia działalność człowieka. Wśród przyczyn dominują podpalenia (43%), których udział wśród ogółu przyczyn w ostatniej dekadzie lat ma wyraźną tendencję wzrostową. Nieostrożność osób dorosłych i pożary, których przyczyn nie ustalono stanowią po około dwudziestokilku procent. Następne w kolejności przerzuty z gruntów nieleśnych stanowią około 8% przyczyn z tym, że wskutek nich w latach 2000-2009 wzrosła blisko dwukrotnie powierzchnia spalona.

3.1. Przyczyny powstawania katastrofalnych pożarów lasu

Pożarem katastrofalnym może stać się każdy pożar lasu z winy człowieka oraz sprzyjających warunków pogodowych i terenowych. Analizując okoliczności powstania pożarów wielkoobszarowych możemy wyodrębnić różne rodzaje przyczyn, które tworzą związek przyczynowo-skutkowy, których następstwem jest katastrofalny pożar lasu. Z reguły jest też tak, że o tym, jakie rozmiary przybierze pożar nie decyduje tylko jedna przyczyna, ale wiele różnych okoliczności ze sobą powiązanych, często określanych jako splot zdarzeń. Do najistotniej-

szych przyczyn wpływających na powstanie pożaru wielkoobszarowego lasu należą:

3.1.1. Warunki meteorologiczne

Występowanie pożarów lasu jest ściśle związane z warunkami pogodowymi, które wpływają na stan wilgotności leśnych materiałów palnych, szczególnie jej martwych składników (pokrywa ściółkowa i trawiasta). Stan tzw. pogody pożarowej, kiedy powstaje około 60% pożarów lasu, charakteryzują: wilgotność ściółki wynosząca $\leq 12\%$, temperatura powietrza $\geq 24^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna powietrza $\leq 40\%$, małe zachmurzenie i brak opadu atmosferycznego. Im bardziej przekroczone są te wartości i im dłuższy jest okres bez opadu tym rośnie prawdopodobieństwo powstania pożarów wielkoobszarowych. Wszystkie pożary katastrofalne, które odnotowano w ostatnim dwudziestolecu powstały, kiedy temperatura powietrza przekraczała 30°C (osiągała maksymalne wartości $37-38^{\circ}\text{C}$), wilgotność względna powietrza spadała do poziomu $25-30\%$, utrzymywana się długotrwała susza, zachmurzenie było małe, a wilgotność ściółki była mniejsza niż 10% , osiągając w niektórych przypadkach wartości minimalne rzędu $6-8\%$.

Czynnikiem, który ma zasadniczy wpływ na rozprzestrzenianie się pożaru lasu jest prędkość wiatru i jego kierunek. Pożary katastrofalne występują przy silnych, porywistych wiatrach o prędkościach często przekraczających 10 m/s i wiejących ze zmiennych kierunków. Wpływa to na częste zmiany kierunków rozprzestrzeniania się ognia i powoduje tworzenie się prądów konwekcyjnych rozgrzanego powietrza, co sprzyja powstawaniu tzw. burz ogniowych i przerzutom zarzewi ognia na znaczne odległości. Jest to charakterystyczne do zmian frontów atmosferycznych, kiedy okres upalnej pogody dobiega końca i nadchodzi front burzowy. W wielu przypadkach pożarów wielkoobszarowych ta zmiana pogody przyczynia się w jakimś stopniu do wystąpienia pożaru i później przy wystąpieniu opadu do jego opanowania (np. pożary w Potrzebowicach i Rudach Raciborskich). Oczywiście czas tych zmian frontalnych może być różny.

3.1.2. Warunki siedliskowo – drzewostanowe

Warunki siedliskowo – drzewostanowe w miejscu powstania pożaru wpływają istotnie na rodzaj pożaru lasu i decydują czy z w miarę „bezpiecznego pożaru pokrywy gleby” (wszystkie pożary leśne w swoim początkowym stadium są takim rodzajem pożaru) może dojść do przekształcenia w pożar całkowity drzewostanu. Pożary wielkoobszarowe są właśnie takim rodzajem, a o tym decyduje przede wszystkim siedliskowy typ lasu, skład gatunkowy i wiek drzewostanu.

Drzewostany rosnące na siedliskach boru suchego, boru świeżego, boru mieszanego świeże-

go, boru wilgotnego, boru mieszanego wilgotnego są najczęściej nawiedzane przez pożary (78% pożarów) i te siedliska palą się przede wszystkim wskutek pożarów wielkoobszarowych. Analizy podatności siedliskowych typów lasu na występowanie pożarów [Szczygiel R. i in. 2007], których miernikiem był wyliczany wskaźnik palności, będący ilorazem procentowej liczby pożarów na danym siedlisku do powierzchni drzewostanów rosnących na nim. Dla ogólnej liczby pożarów i siedlisk wartość tego wskaźnika wynosi 1. Zatem odchylenie od tej wartości w górę lub w dół świadczy o większej lub mniejszej przeciętnej palności danego siedliska. Wskaźnik palności był największy dla boru suchego - 4,39; następnie dla boru wilgotnego - 1,81; boru świeżego - 1,66; boru mieszanego świeżego - 1,30 i boru mieszanego wilgotnego - 1,18. Wartość powyżej jedności osiągnął on też dla lasu łęgowego - 1,03.

Z racji składu gatunkowego polskich lasów oczywiście drzewostany sosnowe palą się najczęściej (86% pożarów). Wskaźnik palności dla tych drzewostanów, w których sosna jest gatunkiem panującym wynosił 1,24, gdy np. dla dębu, klonu i wiązu wynosił 0,77, a dla brzozy 0,61. Szczególna podatność sosny wynika z dużej zawartości żywicy w drewnie, olejków eterycznych w igliwiu oraz szybkiego zamierania dolnych partii gałęzi.

Wskutek naturalnego oczyszczania się sosny następuje duże nagromadzenie się łatwopalnej biomasy na pokrywie gleby. Istotny jest także w propagacji ognia udział innych gatunków szczególnie w warstwie podrostu i podszytu. Szczególną rolę odgrywa w niej świerk i jałowiec, ułatwiając przejście pożaru z dna lasu w korony drzewostanu i przeistoczenie się w pożar całkowity.

Ze względu na wiek drzewostanu większym zagrożeniem pożarowym odznaczają się drzewostany młodszych klas wieku, szczególnie I i II kw. Wskaźnik palności dla tych klas wynosi odpowiednio 2,30 i 1,13. Około 68% pożarów powstaje w drzewostanach w wieku do 60 lat. W młodych drzewostanach o pełnym zwarcie koron i niskiej odległości gałęzi od podłoża, zdecydowanie łatwiej dochodzi do pożarów całkowitych, które ze względu na dużą ilość biomasy o korzystnej pod względem spalania strukturze przestrzennej rozprzestrzeniają się z bardzo dużymi prędkościami i są trudne do zatrzymania. W konsekwencji ogień jest w stanie objąć duże masywy lasu i doprowadzić do pożaru całkowitego drzewostanów starszych. Sytuacja taka miała miejsce w przypadku czterech katastrofalnych pożarów w 1992 roku, w trakcie których spaleni uległo 61% drzewostanów I i II klasy wieku. Drzewostany III klasy i starsze stanowiły 28%, a pozostałe powierzchnie tylko 11%.

3.1.3. Czynniki wynikające z niedoskonałości funkcjonowania systemu ochrony przeciwpożarowej

Czynniki te w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na najistotniejszy parametr, rzutujący zarówno na rozwój sytuacji pożarowej i skuteczność akcji ratowniczej, jakim jest czas. Do grupy tych czynników, które wywierają wpływ na rozmiar pożaru, a w skrajnych warunkach mogą przyczynić się do powstania pożaru wielkoobszarowego, można zaliczyć przede wszystkim:

- późne wykrycie pożaru i zaalarmowanie sił ratowniczych;
- szybkie wykrycie pożaru i powiadomienie jednostek ratowniczych stwarza duże szanse podjęcia efektywnych działań gaśniczych, kiedy pożar jest w zarodku. Każde opóźnienie na tym etapie organizowania akcji ratowniczej wpływa na rozmiar pożaru i straty. Przy szczególnie korzystnych warunkach do rozprzestrzeniania się ognia, czas swobodnego rozwoju pożaru wynoszący 30-45 minut może spowodować przyrost powierzchni objętej spalaniem nawet do kilkunastu ha. Kolejna zwłoka powoduje już wielokrotnienie tego przyrostu, gdyż wpływ czasu trwania pożaru na powierzchnię pożaru ma charakter wykładniczy wyrażony drugą potęgą;
- dostępność terenu, wynikająca zarówno z charakteru obszaru leśnego (np. tereny poligonowe, tereny z niewybuchami, zapadliska np. w przypadku pożaru w Nadleśnictwie Olkusz), złego stanu dojazdów pożarowych lub niedostatecznie zorganizowanej sieci komunikacyjnej w lesie, ale także trudności w dostępności ze względu na rodzaj sprzętu pożarniczego. Bywa często, że do gaszenia pożarów lasu dysponowane są samochody gaśnicze nie przydatne w trudnych warunkach terenowych. Problemem jest to, że jednostki Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego nie dysponują odpowiednią liczbą takich pojazdów;
- kłopoty związane ze znalezieniem pożaru przez interweniujące jednostki ratownicze w trudnych warunkach jakie stwarza las szczególnie w obcym terenie. Rozwiązaniem jest wtedy doprowadzenie jednostek przez służbę leśną;
- niewystarczającą ilość sił i środków dysponowanych do pożaru. Przy sprzyjających warunkach pogodowych, utrzymującego się od dłuższego czasu dużego zagrożenia pożarowego i w przypadku powstania pożaru w lesie zaliczonym do I kategorii zagrożenia pożarowego bezwzględną zasadą powinno być wysłanie w I rzucie do zgłoszonego pożaru kilku jednostek, by ich działania przyniosły oczekiwany skutek;
- brak rozpoznania sytuacji na miejscu pożaru i błędy taktyczne prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. Właściwy wybór taktyki gaszenia i dostosowania do niej metod gaśniczych daje rozpozna-

nie sytuacji pożarowej, które jest podstawowym obowiązkiem kierującego akcją;

- braki w zaopatrzeniu w wodę dla celów gaśniczych;
- dużą liczbę pożarów w tym samym czasie. W takiej sytuacji przy niewystarczającej ilości sił własnych konieczne jest dysponowanie jednostek z innych rejonów, co wydłuża czas podjęcia działań gaśniczych lub podejmowanie decyzji o ich kolejności, uwzględniając istniejące zagrożenia poszczególnych zdarzeń.

4. Przeciwdziałanie powstawaniu wielkoobszarowych pożarów lasu

W gospodarce leśnej należy dążyć do minimalizacji potencjalnego zagrożenia pożarowego, poprzez wyhodowanie takich drzewostanów, które byłyby możliwie w jak największym stopniu uodpornione naturalnie na powstawanie i rozprzestrzenianie się pożarów. Jeśli pozwalają na to warunki przyrodniczo-leśne powinno dążyć się do stopniowej przebudowy drzewostanów iglastych na bardziej odporne drzewostany liściaste, wykorzystując możliwości produkcyjne istniejących siedlisk. Ważnym elementem, który powinien być wykorzystany w tych działaniach, jest ochrona bioróżnorodności i zwiększanie retencyjności obszarów leśnych. Jedną z zalecanych form działań hodowlanych jest wykonywanie pasów biologicznych, szczególnie w podatnych na pożary wielkoobszarowe jednowiekowych monokulturach sosnowych. Pasy te nie tylko pełnią rolę zapór ograniczających rozprzestrzenianie się ognia, ale stanowią też domieszkę uodparniającą drzewostan. Gatunki liściaste i krzewy powinny być dobierane pod kątem dostosowania ich do żyzności siedliska, zapobieżenia rozwojowi wrzosów i traw lub tworzenia się martwej pokrywy ściółkowej, jako szczególnie podatnych na pożary. Zabiegi takie są dość kosztowne i powinny mieć charakter długoplanowych działań. Przy odnawianiu lasu zalecane jest wprowadzanie maksymalnej liczby gatunków domieszkowych i pomocniczych, a na wielkoobszarowych pożaryskach stosowanie podziału powierzchni na mniejsze części pasami wielu rzędów gatunków liściastych. Opracowywane plany urządzania lasu powinny w możliwie maksymalnym stopniu uwzględniać aspekt ochrony przeciwpożarowej.

Bardzo ważnym w działalności profilaktycznej jest prowadzenie działalności informacyjnej i edukacji społecznej mającej na celu ograniczenie liczby pożarów. Niestety, ta forma prewencji ze względu na jej ograniczony jak dotąd zakres nie przynosi spodziewanych rezultatów. Większy nacisk kładzie się na działania związane z organizacją gaszenia pożarów niż z zapobieganiem im. Dotyczy to nie tylko naszego kraju. Działania informacyjno-edukacyjne wymagają profesjonalnego przygotowania i znacznych nakładów finansowych, by osiągnęły zakłada-

ny skutek. Służby ratownicze do podnoszenia umiejętności powinny wykorzystywać ćwiczenia prowadzone podczas symulowanych pożarów leśnych, które pozwalają nie tylko zapoznać się z terenem, ale doskonalić współpracę i koordynację wspólnych działań, co jest niezwykle istotne podczas gaszenia rzeczywistych pożarów wielkoobszarowych. Ćwiczenia takie są w stanie w pewnym stopniu wypełnić lukę w niedostatecznym szkoleniu strażaków w zakresie gaszenia pożarów lasu.

W sytuacji, gdy jednak dojdzie do powstania pożaru, kluczowym dla organizowania działań ratowniczo-gaśniczych jest odpowiednie przygotowanie terenów leśnych na taki wypadek. Przygotowanie to polegające na stworzeniu, odpowiedniej do skali zagrożenia pożarowego, infrastruktury umożliwiającej bezzwłoczną lokalizację pożaru, zaalarmowanie sił, szybkie podjęcie działań i skuteczne ich przeprowadzenie. Zasady organizacyjno-technicznego przygotowania obszarów leśnych określają rozporządzenia:

- Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719),
- Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 roku w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 58, poz. 405).

Natomiast szczegółowe zasady przygotowania jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych ustala instrukcja ochrony przeciwpożarowej obszarów leśnych, która obecnie podlega nowelizacji.

Obserwacja obszarów leśnych

Drzewostany zaliczone do I kategorii zagrożenia pożarowego powinny być obserwowane przynajmniej z dwóch punktów, a II kategorii przynajmniej z jednego. Podstawę systemu obserwacji tworzą dostrzegalnie pożarowe (tradycyjne i telewizyjne), uzupełnianego przez patrolowanie lotnicze i w miarę potrzeb patrol przeciwpożarowe naziemne. System powinien pokrywać swoim zasięgiem cały obszar leśny, aby nie było tzw. martwych pól obserwacji. Projektuje się go dla terenu regionalnej dysekcji LP, w uzgodnieniu z sąsiednimi dysekcjami, uwzględniając granice kompleksów leśnych, a nie granice administracyjne nadleśnictw.

Alarmowanie

W celu niezwłocznego zaalarmowania jednostek ratowniczych musi być zorganizowana sieć alarmowa, którą w Lasach Państwowych tworzą punkty alarmowo-dyspozycyjne nadleśnictw i rdLP. Punkty te powinny być utworzone w nadleśnictwach I i II kategorii zagrożenia pożarowego lasu. Podstawowym zadaniem punktu alarmowo-dyspozycyjne-

go jest nadzór nad funkcjonowaniem systemu obserwacyjnego, ustalanie miejsc zauważonych pożarów, powiadomienie o pożarze sił ratowniczych własnych i Państwowej Straży Pożarnej oraz w okresach dużego zagrożenia pożarowego sporządzanie prognozy rozprzestrzeniania się pożaru.

Dojazdy pożarowe

Aby jednostki ratownicze mogły dotrzeć do pożaru na obszarze leśnym powinna być utworzona sieć komunikacyjna tzw. dojazdów pożarowych, która umożliwi sprawne planowanie i organizowanie akcji gaśniczej. Założeniem do budowy tej sieci powinna być istniejąca sieć dróg publicznych przebiegających w lesie, rozmieszczenie biologicznych pasów przeciwpożarowych, punktów czerpania wody oraz naturalnych i sztucznych przerw w drzewostanach.

Pas drogowy dojazdu pożarowego powinien mieć szerokość 10 m, aby zapewnić możliwość mijania się pojazdów oraz wietrzenie i odwodnienie drogi. Drogi dojazdowe powinny być oznakowane. Ich stan powinien być sprawdzany minimum przed sezonem pożarowym, po zakończeniu wywózki drewna, po przejściu huraganu i po zakończeniu akcji ratowniczo-gaśniczych. Dojazdy pożarowe muszą zapewnić przejezdność i dlatego zabronione jest na nich składowanie drewna lub innych materiałów.

Wyposażenie sprzętowe

Mimo, że ustawowy obowiązek gaszenia pożarów lasu spoczywa na Państwowej Straży Pożarnej, nadleśnictwa muszą być wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy przydatny w ograniczaniu rozprzestrzeniania się ognia, gaszeniu i dogaszaniu pożarów. Ilość i rodzaj sprzętu przeciwpożarowego zależy od kategorii zagrożenia pożarowego lasu i wynika również ze sporządzanych przez nadleśnictwo sposobów postępowania na wypadek pożaru.

Sprzęt może być rozmieszczony w więcej niż jednym miejscu na terenie nadleśnictwa, co musi być uzgodnione z komendantem powiatowym (miejskim) Państwowej Straży Pożarnej. Ponadto dyrektor regionalnej dyrekcji LP, w zależności od zagrożenia pożarowego i innych czynników mających wpływ na szczególne niebezpieczeństwo pod względem pożarowym dużych kompleksów leśnych, powinien ustalić dodatkowe wyposażenie w inny sprzęt przydatny do gaszenia pożarów lasu (np. spychacze, cysterny na wodę itp.). W porozumieniu z dyrektorami regionalnymi Dyrektor Generalny Lasów Państwowych podejmuje decyzję o czarterze statków powietrznych do gaszenia pożarów lasu.

Zaopatrzenie wodne

Lasy Państwowe są zobowiązane zapewnić wymagane przepisami ujęcia wody do celów gaśniczych,

przystosowanych do jej poboru sprzętem pożarniczym. Minimalna ilość wody ze zbiornika naturalnego lub sztucznego powinna wynosić nie mniej niż 50m³, a z hydrantu lub studni głębinowej 600 l/min. Zapas ten powinien być zapewniony przez cały rok. Przy projektowaniu nowych lub renowacji istniejących urządzeń wodno-melioracyjnych i rozbudowie małej retencji na obszarach leśnych należy uwzględnić także potrzeby ochrony przeciwpożarowej poprzez budowę ujęć wody.

Pasy przeciwpożarowe

Obszary leśne położone w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych, obiektów lub terenów stwarzających zagrożenie pożarowe powinny być oddzielone pasami przeciwpożarowymi, których sposób urządzenia zależy od rodzaju istniejącego niebezpieczeństwa. Pasy przeciwpożarowe wykonuje się także w celu podziału dużych zwartych kompleksów leśnych na mniejsze części. Pasy przeciwpożarowe dobrze wykonane i utrzymane mają za zadanie ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i mogą też służyć jako miejsca do tworzenia linii obrony i zatrzymania pożaru.

Wykorzystanie lotnictwa

Aby umożliwić właściwe wykorzystanie statków powietrznych, które są przydatne w działaniach gaśniczych przy dużych pożarach lasu i z uwagi także na dostępność terenów leśnych konieczne jest tworzenie lądowisk operacyjnych, gwarantujących efektywne wykorzystanie lotnictwa. Lądowiska takie powinny być szczególnie lokalizowane na terenach o dużym zagrożeniu pożarowym.

Sposoby postępowania na wypadek pożaru

Dokumentem spinającym całość przedsięwzięć organizacyjno-technicznych nadleśnictwa, będących zbiorem procedur, dokumentów i niezbędnych informacji, umożliwiających sprawne zorganizowanie akcji gaśniczej są sposoby postępowania na wypadek pożaru. Obowiązek sporządzenia i posiadania sposobu postępowania na wypadek pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia wynika z art. 4 ust 1, pkt 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Dokument ten podlega stałej aktualizacji i uzgodnieniu do 15 marca każdego roku z właściwą terenowo komendą powiatową PSP.

5. Podsumowanie

Bezpieczeństwo, również i to pod względem pożarowym, ma swoją cenę i to z reguły wysoką, jak wysoką często dociera to do naszej świadomości po katastrofalnych wielkoobszarowych pożarach lasu, które nie tylko niszczą las, ale bywa także jego sąsiedztwo w tym życie i dobra materialne lokalnej społeczności. Głównym zadaniem służb odpowie-

działnych za zabezpieczenie przeciwpożarowe lasów powinna być działalność prewencyjna, zmierzająca do ograniczenia liczby pożarów, bo praktycznie nie da się ich wyeliminować. W sytuacji, gdy pożar powstanie, działania administracji leśnej i służb ratowniczych mają na celu minimalizację strat. Aby to osiągnąć obszary leśne muszą być na takie zadanie przygotowane, a jednostki gaśnicze dysponować potencjałem technicznym i operacyjnym zdolnym przeciwdziałać temu zagrożeniu. Od pamiętnego 1992 roku minęło już ponad 18 lat i na przestrzeni tego czasu nie doszło do tak tragicznych pożarów lasu, chociaż warunki pogodowe sprzyjały powstawaniu pożarów. Wcześniej pożary katastrofalne występowały przeciętnie co 10 lat. W ostatniej dekadzie były lata o rekordowych liczbach pożarów, z których żaden nie przekształcił się w pożar wielkoobszarowy. Ten fakt każe dobrze oceniać funkcjonujący w Polsce system ochrony przeciwpożarowej lasu i skuteczność podejmowanych działań ratowniczo-gaśniczych i to zarówno sił własnych Lasów Państwowych, ochotniczych straży i Państwowej Straży Pożarnej. Ponośzone corocznie przez Lasy Państwowe nakłady (ok. 70 mln zł) na ochronę przeciwpożarową lasu oraz przeznaczone środki budżetowe i samorządowe na Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy przynoszą pozytywny efekt wyrażony powierzchnią przypadającą na pojedynczy pożar poniżej 0,5 ha. To wszystko brzmi optymistycznie, ale należy pamiętać, że przy każdej nadarzającej się sytuacji, gdy nastąpi spłot niesprzyjających zdarzeń, gdy nad tą sytuacją nie będziemy w stanie zapanować może się powtórzyć Kuźnia Raciborska. Wszystkie zalecenia zawarte w niniejszym opracowaniu, jeśli będą prawidłowo realizowane, mogą do tego nie dopuścić.

Literatura

1. Fraszewski D., *Kierunki zagospodarowania terenów po wielkich pożarach lasów*, Raport IBL, Warszawa 1994;

2. Karlikowski T., Łonkiewicz B., *Badania i ustalenie kryteriów oceny zagrożenia pożarowego lasu w oparciu o warunki meteorologiczne i skład gatunkowy drzewostanu*, Raport IBL, Warszawa 1975;
3. Szczygieł R., *A model of forest fire. 10^{eme} Congres Forestier Mondial*, Proceedings actas No. 2, Paris. 1991;
4. Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J., *Kategoryzacja zagrożenia pożarowego lasów*. Raport IBL (II etap), Sękocin Stary, 2007;
5. Szczygieł R., Ubysz B., Kwiatkowski M., Piwnicki J., *Kategoryzacja zagrożenia pożarowego lasów Polski*, Raport IBL (III etap), Sękocin Stary 2008;
6. *Forest Fires in Europe*, Report No 10, EUR 24502 EN – 2010. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability 2009.

dr hab. Ryszard SZCZYGIEL, 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.

Recenzenci

dr hab. Marzena Półka, prof. SGSP
prof. dr hab. inż. Tytus Karlikowski

mł. bryg. mgr inż. **Jacek ZBOINA**
Z-ca Dyrektora CNBOP PIB
ds. certyfikacji i dopuszczeń

PRAWO NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ

– system monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia

Law to safety and fire protection - system of monitoring changes in the regulation on the approval certificates

Streszczenie

W artykule przedstawiono system monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia wdrożony przy nowelizacji w 2010 roku. W artykule opisano i przedstawiono innowacyjność podejścia do zagadnienia, jakim jest nowelizacja przepisu prawa w randze rozporządzenia, które reguluje zasady dopuszczania wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej w Polsce. Opisano ponadto unikalny wdrożony system monitoringu zmian wymagań, a także internetową aplikację służącą zgłaszaniu uwag przez podmioty zainteresowane, jak również wykorzystywaną do analizy potrzeb i na bieżąco przygotowywania kolejnych nowelizacji przepisu.

Summary

This article presents a system of monitoring changes in the regulation for the approval of certificates which was implemented in the amendment in 2010. This article presents innovative approaches to the subject, which is an amendment to a rule of law in the rank of the Regulation that governs the rules of product admission used in fire protection in Poland. Moreover it describes a unique implemented system of monitoring changes of requirements and internet application used by stakeholders to report comments, as well as used for the analysis of needs and current preparation of next amendment of the provision.

Słowa kluczowe: ochrona przeciwpożarowa, bezpieczeństwo, dopuszczenia wyrobów, ocena zgodności, badania;

Keywords: fire protection, security, approval of products, conformity assessment, testing;

Wstęp

W nawiązaniu do publikowanych wcześniej w naszym kwartalniku wielu artykułów, zarówno dotyczących świadectw dopuszczenia, wymagań techniczno-użytkowych (WTU), a także ich nowelizacji, w poniższym artykule w kilku słowach o unikatowym podejściu do nowelizacji przepisu, jakim jest rozporządzenie MSWiA dotyczące świadectw dopuszczenia¹ i stworzonym system monitorowania zmian w tym rozporządzeniu. Przedstawiając system monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia konieczne jest

krótkie przypomnienie ważnych faktów dotyczących „budowy” przepisów dotyczących oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej i unikalności aktualnie stworzonych „narzędzi ich aktualizacji”, tj. systemu monitorowania skutków zmian, bieżącego zbierania uwag i potrzeb, a także przygotowywania zmian na potrzeby nowelizacji przepisu. Na poniższym rysunku przedstawiono ogólne informacje dotyczącą ewolucji przepisów dotyczących dopuszczeń wyrobów poczynając od 1982 roku, od kiedy to przez blisko 10 lat prowadzono badania i atestację wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

Jak można zaobserwować na powyższym rysunku, w latach 1982 - 2012 system oceny zgodności wyrobów stosowanych na potrzeby ochrony przeciwpożarowej ulegał czterokrotnie istotnym zmianom. Zmiany te poza trybem oceny zgodności i za-

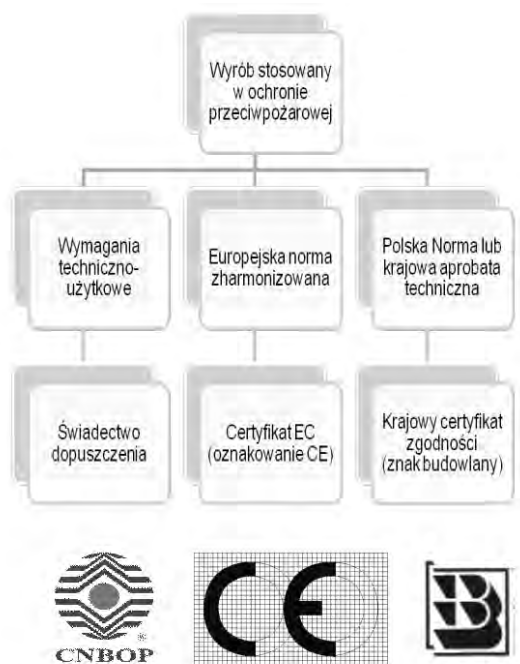
¹ rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 85 poz. 553)

kresu badań wyrobów (odpowiednio atestacja – dopuszczenia – certyfikacja i dopuszczenia) polegały przede wszystkim na zmianach w grupach wyrobów objętym zakresem dopuszczenia i zmianie wymagań stawianych im w procesie dopuszczenia.



Ryc. 1 Dopuszczenia wyrobów stosowanych na potrzeby ochrony przeciwpożarowej w latach 1982-2012 (źródło opracowanie własne)

Fig. 1 Approval of the products used for fire protection in the years 1982 - 2012



Ryc. 2 Idea dopuszczeń i certyfikacji wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej na przykładzie wyrobów budowlanych (Źródło: opracowanie własne)

Fig. 2 The idea of approvals and certification of products used in fire protection on the example of construction products.

Odnosząc się do aktualnego systemu dopuszczeń wyrobów² wprowadzanych do użytkowania lub wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej, podkreślić należy, iż koreluje on z systemem wymagań zasadniczych określonych pra-

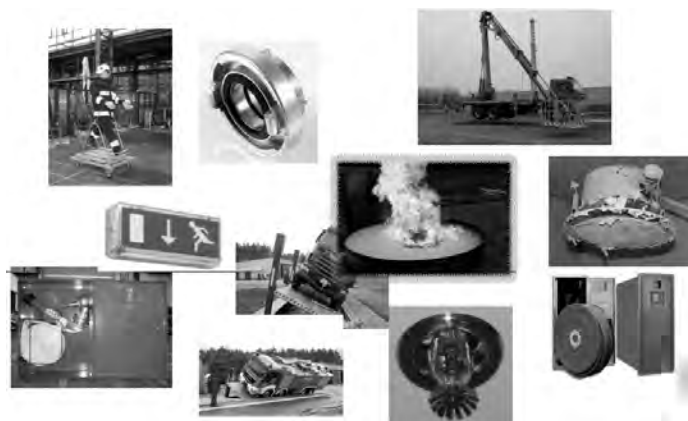
² Na podstawie Art. 7 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U.2002 Nr147, poz. 1229 z późniejszymi zmianami)

wem UE³. Na poniższym rysunku przedstawiono ogólną ideę dopuszczania i certyfikacji wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej dla wyrobów będących wyrobami budowlanymi w rozumieniu ustawy o wyrobach budowlanych⁴.

Jakie wyroby?

To wydaje się proste pytanie, tym niemniej sprawa liczne problemy zarówno w ramach „stosowania” rozporządzenia dotyczącego świadectw dopuszczenia⁵, jak i w ramach prac nad jego nowelizacją. Mimo, iż w załączniku do tego rozporządzenia wyszczególniono zarówno listę wyrobów (w 15 grupach), jak i stawiane tym wyrobom w ramach procesu dopuszczenia wymagania techniczno-użytkowe, w praktyce właściwa interpretacja w powiązaniu z innymi przepisami dotyczącymi wymagań zasadniczych⁶ stwarza pewne problemy. Stąd liczne zapytania kierowane również do CNBOP - PIB w sprawie.

Systemową odpowiedzią z naszej strony na te zapytania jest publikacja dokumentów o charakterze pomocniczym, tj. standardów CNBOP PIB seria - ocena zgodności poświęconych właśnie zagadnieniom dotyczącym dopuszczania i certyfikacji wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej. Standardy CNBOP PIB - ocena zgodności dostępne są na naszej stronie internetowej www.cnbop.pl.



Ryc. 3 Przykłady wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej dopuszczanych i certyfikowanych w CNBOP PIB.

(źródło zdjęcia ogólnie dostępne i zdjęcia CNBOP PIB)

Fig. 3 Examples of products used in fire protection approved and certified by CNBOP PIB

³ Dyrektywy nowego podejścia UE

⁴ ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. Nr 92, poz. 881)

⁵ rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające 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. 85 poz. 553)

⁶ w szczególności wymagań zasadniczych dla wyrobów budowlanych, środków ochrony indywidualnej,...

System monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia

Faktem jest, iż podejście do nowelizacji tego przepisu w 2010 roku i kontynuowanie tego kierunku jest niezwykle innowacyjne i przy tym kompleksowe z punktu widzenia wymagań na rzecz bezpieczeństwa, potrzeb ratowników a także uwzględnia aktualne możliwości producentów i dostawców wyrobów.

Na czym ta innowacyjność i unikalność podejścia polega?

Jak wygląda proces nowelizacji przepisów od strony legislacyjnej, formalnej, udziału w tych pracach zainteresowanych podmiotów, konsultacji, etc. Większość czytelników zapewne wie. Jest to, bez wątpienia, trudny proces w wyniku, którego powstają konkretne zapisy przepisów, które po wejściu w życie mają określone skutki, konsekwencje. Ocena skutków regulacji jest jednym z trudniejszych zadań w ramach tworzenia, czy nowelizacji przepisów, bowiem najtrudniej w długiej i krótkiej perspektywie ocenić, w jaki sposób i na jakie podmioty przepis będzie miał wpływ. W przypadku opisywanej nowelizacji z 2010 roku i aktualnych prac unikalność polega przede wszystkim:

- na ciągłości tego procesu – rozpoczęty w 2008 roku nie przerwanie trwa do dziś, (mimo opublikowania nowelizacji w 2010 roku);
- identyfikacji potrzeb przez samych użytkowników końcowych, (a nie przez urzędników, producentów etc.);
- opisanie potrzeb poprzez określenie wymagań dla wyrobów (WTU);
- bieżące zbieranie uwag (przy użyciu nowoczesnych i powszechnie dostępnej aplikacji internetowej) od wszystkim zainteresowanych podmiotów;
- bieżące analizowanie, uwzględnienie lub odrzucanie propozycji zmian WTU, przygotowywanie propozycji nowelizacji WTU, jak i treści przepisu.

Przygotowanie nowelizacji w 2010 roku

W ramach przygotowywania nowelizacji rozporządzenia o świadectwach dopuszczenia, która została opublikowana rozporządzeniem z dnia 27 kwietnia 2010 roku zmieniającym rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. powołano zespół, którego zadaniem było opracowanie propozycji nowelizacji WTU. Decyzja o nowelizacji wynikała z analizy potrzeb Państwowej Straży Pożarnej, a także innych jednostek ochrony przeciwpożarowej, jak również analizy problemów w trakcie procesów dopuszczania wyrobów prowadzonych przez jednostkę badawczo-rozwojową PSP – Centrum Naukowo-Badawcze

Ochrony Przeciwpożarowej Państwowego Instytut Badawczy. Jednym z jasno postawionych przed zespołem celów było zapewnienie, aby wymagania techniczno-użytkowe były adekwatne do aktualnych potrzeb jednostek ochrony przeciwpożarowej. Dlatego właśnie po przeprowadzeniu analizy tych potrzeb Komendant Główny PSP podjął decyzję o powołaniu specjalnego zespołu do opracowania propozycji nowelizacji WTU. Metodyka prowadzenia prac nad nowelizacją tych wymagań była unikalna, a sformułowane wnioski końcowe, poza zasadniczym celem prac zespołu niezwykle ważne. Co istotne i niecodzienne w skład przedmiotowego zespołu weszli przede wszystkim strażacy pełniący służbę w jednostkach ratowniczo-gaśniczych.

Unikalność podejścia do nowelizacji przedmiotowego przepisu polegała ponadto na przyjęciu tezy, iż jest to rozporządzenie dla straży pożarnej i dlatego wymagania dla wyrobów będą odzwierciedleniem potrzeb jednostek ochrony przeciwpożarowej, jeżeli określą je sami strażacy. Zatem sami użytkownicy zdefiniowali swoje potrzeby a specjaliści, urzędnicy, rzeczoznawcy opisali te potrzeby językiem wymagań w przepisie. Innym unikalnym założeniem przy nowelizacji było określenie wymagań, ale nie narzucanie rozwiązań, jednocześnie pozostawiając propozycję rozwiązań spełniających postawione wymagania producentom wyrobów.

Kolejnym ważnym założeniem prac nad nowelizacją była teza, iż przepis należy tak sformułować (wymagania techniczno-użytkowe dla wyrobów), aby dostosować go do wciąż zmieniających się potrzeb jednostek ochrony przeciwpożarowej, przy konsekwentnym działaniu polegającym na tym, iż te potrzeby muszą zdefiniować sami użytkownicy a nie w ich zastępstwie producenci, dostawcy, urzędnicy, czy specjaliści innych branż. Założono także, iż nowelizacja wymagań nie może spowodować obniżenia poziomu ochrony strażaka-ratownika, ratowanych, a także obniżenia poziomu ochrony przeciwpożarowej w obiektach budowlanych. Kolejne kierunki przyjęte przy nowelizacji to ograniczenie wymagań do tych najważniejszych, usunięcie wymagań nieprecyzyjnych, usunięcie wymagań aktualnie już nie istotnych dla straży pożarnej.⁷ Mając na uwadze przyjęte podczas tej nowelizacji przybliżone jw. założenia łatwiej będzie w dalszej części wyjaśnić, dlaczego, pomimo opublikowania w 2010 roku nowelizacji, zespół nie przestał pracować do dziś a kolejne zadania dla niego są systematycznie określone, a jego praca nadal nadzorowana i kontrolowana jej postępy.

⁷ nadbryg. Marek Kowalski Z-ca Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej Rozporządzenie dla straży pożarnej Kwartalnik CNBOP PIB Bezpieczeństwo i technika Pożarnicza nr 2008/3

Monitorowanie skutków nowelizacji

Po opublikowaniu nowelizacji w 2010 roku prace zespołu nie zostały zaniechane, a jedynie nieco skorygowano ich charakter i postawiono przed nim kolejne cele. Po pierwsze, wskazano potrzebę monitorowania skutków nowelizacji rozporządzenia dotyczącego świadectw dopuszczenia. Po drugie, wskazano potrzebę bieżącego zbierania uwag, od zainteresowanych podmiotów, na potrzeby przygotowywania kolejnych nowelizacji. Na potrzeby monitorowania tych skutków, a także na potrzeby skutecznego zbierania uwag stworzono specjalną aplikację internetową pozwalającą na zgłaszanie propozycji zmian w przepisie dotyczącym świadectw dopuszczenia wraz z możliwością przedstawiania propozycji konkretnych zapisów i ich uzasadnienia.

Bieżące zbieranie uwag, przygotowanie kolejnych nowelizacji

Na potrzeby sprawnego i bieżącego zbierania uwag, od zainteresowanych podmiotów, w celu przygotowywania kolejnych nowelizacji, stworzono i wdrożono aplikację internetową, która działa pod adresem internetowym - <http://www.monit.straz.gov.pl>. (na stronie internetowej Komendy Głównej Państwowej Straży pożarnej)



Ryc. 4. Strona główna - Aplikacji internetowej do monitorowania zmian w rozporządzeniu.
(źródło <http://www.monit.straz.gov.pl>)

Fig. 4 Home page of a web application to monitor changes in the regulation.

Po wejściu na stronę internetową <http://www.monit.straz.gov.pl> i uruchomieniu aplikacji (na stronie głównej po kliknięciu – *Wprowadzanie uwag*) mamy możliwość wyboru grupy wyrobów, a dalej samych wyrobów, a także możliwość zgłaszania uwag do treści przedmiotowego rozporządzenia. Po dokonaniu wyboru wyrobu do którego chcemy wnieść propozycję, do wypełnienia mamy 3 pola (*Uwagi, opinie - Propozycje zapisów - Uzasadnienie proponowanych zmian*). Po wprowadzeniu swoich propozycji i/lub uwag przed przesłaniem tej informacji koniecznym jest podanie danych obowiązkowych (*instytucja/osoba fizyczna – nazwa/imię nazwisko – telefon kontaktowy*). Następnie po kliknię-

ciu przycisku – *Zatwierdź* uwaga zostaje przesłana i trafia do bazy uwag.



Ryc. 5 Wprowadzanie uwag - Aplikacji internetowej do monitorowania zmian w rozporządzeniu.
(źródło <http://www.monit.straz.gov.pl>)

Fig. 5 Putting comments in web application to monitor changes in the regulation.

Zgłaszane uwagi trafiają do wskazanych admira-torów - zespołu ds. nowelizacji, który na bieżąco je analizuje, rozpatruje i przygotowuje propozycje zapisów nowelizacji

Podsumowanie

Faktem jest, iż system dopuszczeń wyrobów wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy, które mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania od lat jest ważnym narzędziem na rzecz bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej w RP. Przez kolejne lata system dopuszczeń stosowanych w ochronie przeciwpożarowej ewoluował i istotnie ewoluuje nadal. Aktualnie system dopuszczeń jest szeroko powiązany z obowiązkową certyfikacją w ramach prawa UE (wymagania zasadnicze dla wyrobów), normalizacją, a także coraz skuteczniejszą kontrolą i nadzorem rynku wyrobów i usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej.

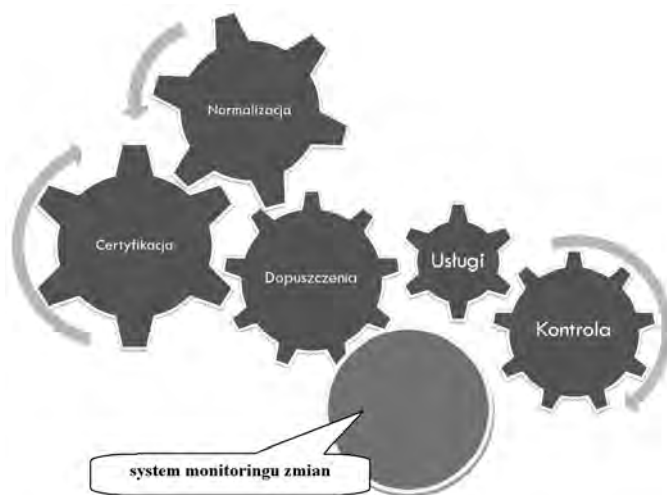
Wdrożenie wyżej opisanego – systemu monitorowania zmian w rozporządzeniu dotyczącym świadectw dopuszczenia, jest innowacyjnym i unikalnym rozwiązaniem pozwalającym na efektywne nowelizowanie prawa na rzecz bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej. Przygotowanie i wdrożenie tego systemu monitorowania zmian znacząco wzmacnia rolę dopuszczeń wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej, zapewniając bieżącą możliwość odpowiadania na zgłaszane potrzeby. Tym samym należy stwierdzić, iż w powiązaniach systemu dopuszczeń pojawił się kolejny ważny element, istotny dla jego ciągłego doskonalenia, jakim jest system monitorowania zmian, zgłaszania uwag, analizy po-

trzeb i na bieżąco przygotowywania kolejnych nowelizacji przepisu.



Ryc. 6 Powiązania systemu dopuszczeń z obowiązkową certyfikacją (wymagania zasadnicze dla wyrobów), normalizacją a także kontrolą i nadzorem rynku wyrobów i usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej. (źródło opracowanie własne)

Fig. 6 Relationship of approval system with mandatory certification (essential requirements for products), standardization and market control and supervision of products and services for fire protection.



Ryc.7. Powiązania systemu dopuszczeń z system monitoringu zmian. (Źródło opracowanie własne)

Fig. 7 Relationship of the approval system with system of monitoring changes.

Literatura

1. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380, z późniejszymi zmianami);
2. 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);
3. Rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające 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. 85 poz. 553);
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie szczegółowych czynności wykonywanych podczas procesu dopuszczania, zmiany i kontroli dopuszczenia wyrobów, opłat pobieranych przez jednostkę uprawnioną oraz sposobu ustalania wysokości opłat za te czynności (Dz. U. Nr 143 poz. 1001);
5. Kowalski M., *Rozporządzenie dla straży pożarnej*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza nr 03/08, Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej, Józefów 2008;
6. Standardy CNBOP-PIB 0001:2011, wydanie 3 Ocena zgodności wyrobów budowlanych służących do ochrony przeciwpożarowej;
7. Standardy CNBOP-PIB 0002:2010, wydanie 2 ocena zgodności wyrobów wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej.

ml. bryg. mgr inż. Jacek Zboina

Urodzony w 1975 roku, absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (SGSP) w zakresie Inżynierii Bezpieczeństwa (studia inżynierskie ukończone w 1999 rok, magisterskie w 2001 rok) – funkcjonariusz, oficer Państwowej Straży Pożarnej. Po ukończeniu studiów w latach 1999-2002 pracownik SGSP. Od 2002 roku pracownik Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej Państwowego Instytutu Badawczego (CNBOP PIB) na stanowisku specjalisty, a następnie starszego specjalisty, ds. systemów sygnalizacji alarmu pożarowego i automatyki pożarniczej. Od 01.01.2006 roku. Kierownik Jednostki Certyfikującej CNBOP PIB. Od 01.06.2009 roku do chwili obecnej Z-ca Dyrektora CNBOP PIB ds. certyfikacji i dopuszczeń.

Recenzenci

bryg. dr inż. Waldemar Wnęk

st. bryg. mgr inż. Piotr Wojtaszewski

mł. kpt. mgr inż. **Mateusz FLISZKIEWICZ**¹

mł. kpt. mgr inż. **Andrzej KRAUZE**²

SGSP, Katedra Techniki Pożarniczej

Zakład Informatyki i Łączności

dr hab. inż. **Tadeusz MACIAK** prof. SGSP³

SGSP, Politechnika Białostocka

MODELOWANIE ROZWOJU POŻARU I ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DYMU PRZY WYKORZYSTANIU NUMERYCZNEJ MECHANIKI PŁYNÓW, NA PRZYKŁADZIE OPROGRAMOWANIA FDS

Modeling of fire development and spread of smoke by using numerical fluid mechanics, on the FDS example

Streszczenie

Program *Fire Dynamics Simulator* (**FDS**) wykorzystuje metody obliczeniowe numerycznej mechaniki płynów **CFD**. Model **CFD**, zastosowany w programie **FDS** pozwala badać rozwój pożaru w złożonych geometriach. **CFD** opisuje ruch płynu na podstawie rozwiązań układu równań różniczkowych cząstkowych Naviera-Stokesa. Wykorzystują one zasady zachowania masy, pędu i energii. W ramach sprawdzenia możliwości praktycznego wykorzystania programów komputerowych **CFD** w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, została wykonana symulacja komputerowa rozwoju pożaru oraz rozprzestrzeniania się dymu w obiekcie handlowym, z uwzględnieniem działania mechanicznej wentylacji oddymiającej. Symulację wykonano w programie *Fire Dynamics Simulator*.

Summary

Fire Dynamics Simulator (**FDS**) is a computational fluid dynamics (**CFD**) model of fire-driven fluid flow. The software solves numerically a form of the Navier-Stokes equations appropriate for low-speed, thermally-driven flow, with an emphasis on smoke and heat transport from fires. **FDS** is a powerful tool designed for particular fire hazard analysis and solving issues connected with fire safety engineering. Its practical application supports designing non-standard buildings abide by the rules of fire safety. This article describes general outline and main problems connected with using fire safety engineering tools like **FDS**. As a check, a practical usage of **CFD** computer programs in fire safety engineering, computer simulation was made of fire growth and spread of smoke in the building trade, including the operation of mechanical smoke ventilation.

Słowa kluczowe: numeryczna mechanika płynów, Fire Dynamics Simulator, inżynieria bezpieczeństwa pożarowego, rozwój pożaru, rozprzestrzenianie się dymu;

Keywords: computational fluid dynamics, Fire Dynamics Simulator, fire safety engineering, fire growth, spread of smoke;

¹ Wkład merytoryczny: obsługa narzędzia do symulacji, obsługa komputerów i zaprogramowanie klastra obliczeniowego, przeprowadzenie obliczeń numerycznych przy pomocy programu komputerowego, przegląd piśmiennictwa;

² Wkład merytoryczny: postawienie praktycznego problemu projektowego do rozwiązania, wybór metody obliczeń, przeprowadzenie obliczeń analitycznych, opracowanie planu pracy, logiki oraz układu i treści artykułu, opracowanie wniosków;

³ Wkład merytoryczny: nadzór merytoryczny nad częścią badawczą, nadzór nad poprawnością merytoryczną tekstu.

1. Wprowadzenie

Dzisiejsze narzędzia pozwalają modelować zarówno pożary wewnętrzne, pożary niedowentylowane z symulacją zjawisk rozgorzenia i wstecznego ciągu płomienia, jak i pożary strumieniowe oraz powierzchniowe. Przy wykorzystaniu programów komputerowych bazujących na metodach obliczeniowej mechaniki płynów **CFD** (*Computational Fluid Dynamics*), możliwe jest m.in.:

- modelowanie zjawiska rozprzestrzeniania się dymu oraz gorących gazów pożarowych przy określonych przez użytkownika warunkach brzegowych,
- modelowanie wpływu instalacji oddymiania (grawitacyjnego, mechanicznego, strumieniowego) na rozprzestrzenianie się dymu lub weryfikacja efektywności wymienionych instalacji, poprzez wprowadzanie warunków brzegowych jako powierzchni o stałym strumieniu (wentylacja mechaniczna) lub stałym ciśnieniu (klapy dymowe),
- definiowanie właściwości czujek i tryskaczy, symulacja czasu zadziałania czujek dymu i ciepła oraz wpływu ich zadziałania na warunki brzegowe (np. uruchomienie wentylatorów, otwarcie klap dymowych).

Programy komputerowe wykorzystujące technikę **CFD**, pozwalają wprowadzić odpowiednią reakcję spalania oraz właściwości materiałów spalanych, a w szczególności: skład chemiczny paliw, ciepło rozkładu i spalania paliwa. Najczęściej, opierając się na powszechnie uznanych wytycznych projektowych wprowadza się pożar o konkretnej krzywej rozwoju, określonej przez współczynnik rozwoju pożaru oraz wartość maksymalną strumienia ciepła. Dodatkowo po obliczeniu liniowej prędkości rozprzestrzeniania się pożaru oraz stosując odpowiednie funkcje programu, można ustawić promienisty i proporcjonalny względem mocy, wzrost powierzchni pożaru. Ponadto możliwe jest zdefiniowanie ułamka masowego dymu, który warunkuje ilość powstającego dymu z 1 kg spalonego paliwa, właściwą gęstość optyczną dymu, która warunkuje intensywność pochłaniania promieniowania widzialnego przez dym o danym stężeniu oraz np. jeszcze ułamek masowy tlenku węgla, warunkującego ilość powstającego tlenku węgla z 1 kg spalonego paliwa. Wyniki symulacji odczytujemy przede wszystkim ze szczegółowych przekrojów lub dokładnie określonych punktów pomiarowych. Dodatkowo dla pewności wyniki można sprawdzić w tekstowych plikach wyjściowych, które generuje program. Programy pozwalają również na zdefiniowanie warunków atmosferycznych, w szczególności: ciśnienia atmosferycznego, wilgotności powietrza, kierunku i siły wiatru oraz temperatury powietrza, co oczywiście może być przydatne w przypadku modelowania np. wentylacji pożarowej działającej w oparciu o klapy dymowe lub

okna oddymiające. W wyniku przeprowadzenia symulacji można uzyskać następujące dane:

- temperaturę, zasięg widzialności, nadciśnienie, podciśnienie, prędkości przepływu gazów, stężenia toksycznych i obojętnych gazów np. CO , O_2 , CO_2 , N_2 ,
- moc pożaru, czas zadziałania tryskaczy, czas zadziałania czujek dymu i temperatury.

W wyniku symulacji uzyskuje się czas po którym występują przekroczenia wartości granicznych ocenianych parametrów. Otrzymany wynik umożliwia porównanie z wcześniej obliczonym wymaganym bezpiecznym czasem ewakuacji. Taka analiza pozwala ocenić czy w obiekcie są zachowane warunki do ewakuacji, na wypadek pożaru.

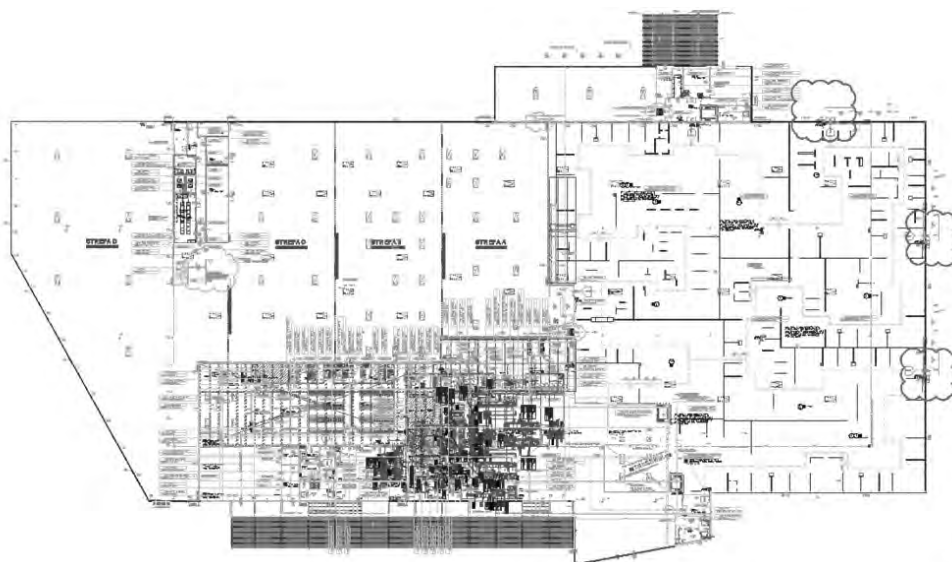
W artykule zaprezentowano przykład symulacji rozwoju pożaru oraz rozprzestrzeniania się dymu w obiekcie handlowym, z uwzględnieniem działania mechanicznej wentylacji oddymiającej. Symulacja została wykonana przy wykorzystaniu programu *Fire Dynamics Simulator*.

2. Przykład symulacji

W ramach sprawdzenia możliwości praktycznego wykorzystania programów komputerowych **CFD** w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, została wykonana symulacja komputerowa rozwoju pożaru oraz rozprzestrzeniania się dymu w obiekcie handlowym, z uwzględnieniem działania mechanicznej wentylacji oddymiającej. Celem analizy było skontrolowanie czy w tzw. wymaganym bezpiecznym czasie ewakuacji na wyznaczonych drogach ewakuacyjnych i pomieszczeniach wieloprzestrzennych w rozpatrywanym budynku, nie zostaną przekroczone wartości graniczne, uniemożliwiające ewakuację ludzi z wyznaczonego obszaru. Określone wartości graniczne definiowane są poprzez: temperaturę oraz zasięg widzialności. Symulację przeprowadzono w pomieszczeniu o powierzchni około 7500 m² i kubaturze około 35 000 m³. Rozpatrywane pomieszczenie (antresola na której eksponowane są zaaranżowane wnętrza mieszkalne) podzielono na 4 strefy dymowe (zbiorniki dymu). Założono, że pożar powstał w jednej ze stref dymowych.

W pierwszej kolejności zostały sformułowane założenia wyjściowe dla instalacji wentylacji oddymiającej. Kryteria projektowe przyjęto według [4]. Dla obliczeń projektowych przyjęto wartości jak dla powierzchni handlowej chronionej standardowymi tryskaczami (czułość reagowania określona współczynnikiem $\text{RTI} > 80$), tj.:

- powierzchnię pożaru – 10 [m²],
- P - obwód pożaru – 12 [m],
- Q_w - maksymalną moc pożaru (jako konwekcyjny strumień ciepła) – 5000 [kW] (oznaczenie: Q_w),
- podział na 4 strefy dymowe o podstawie kurtyn dymowych 3 [m] od podłogi,



Ryc. 1. Widok rzutu rozpatrywanej kondygnacji (antresola) w aplikacji typu CAD
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 1. View of the mezzanine in CAD applications.
(Source: own work.)

- Y – wysokość podstawy warstwy dymu – 3,1 [m],
- wysokość pomieszczenia – ok. 4,60 [m],
- C_e – współczynnik zasysania powietrza do warstwy dymu – 0,21 [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-5/2} \cdot \text{s}^{-1}$],
- ρ_0 – gęstość powietrza – 1,22 [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],
- C_w – ciepło właściwe powietrza – 1,01 [$\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$],
- θ – przyrost temperatury dymu [$^{\circ}\text{K}$],
- T_0 – temperatura otoczenia [$^{\circ}\text{K}$],
- d – głębokość warstwy dymu w stosunku do podstaw wentylatorów – 1,5 [m],
- T_1 – temperatura bezwzględna dymu ($T_0 + \theta$) [$^{\circ}\text{K}$],
- Czas uruchomienia tryskaczy – ok. 220 [s] przy mocy pożaru ok. 2300 [kW] – na podstawie [5],
- γ – współczynnik bezwymiarowy.

W oparciu o powyższe wartości przeprowadzono obliczenia w celu uzyskania podstawowej wydajności wentylacji oddymiającej. Obliczenia zostały wykonane zgodnie z zaleceniami normy [4].

Obliczenie masowej ilości dymu wpływającej do warstwy dymu:

$$M = C_e \times P \times Y^{3/2} = 0,21 \times 12 \times 2\sqrt{3,1^3} = 13,76 \text{ kg/s} \quad (4)$$

Przyrost temperatury dymu w stosunku do temperatury otoczenia:

$$\Theta = \frac{Q_w}{M \cdot C_w} = \frac{5000}{13,76 \cdot 1,01} = 360 \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad (5)$$

Przy czym rzeczywista temperatura warstwy dymu po uruchomieniu tryskaczy jest zbliżona lub niższa od temperatury uruchomienia tryskaczy.

Objętościowa ilość dymu, jaką należy odprowadzić ze strefy dymowej:

$$V_L = \frac{M \cdot (T_0 + \Theta)}{\rho_0 \cdot T_0} = \frac{13,76 \cdot (288 + 360)}{1,22 \cdot 288} =$$

$$25,40 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1} = 91400 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1} \quad (6)$$

Wymagana minimalna powierzchnia dla otworów uzupełniających powietrze (przy 5 m/s) dla strefy dymowej objętej pożarem (z uwzględnieniem podwyższonej temp. dymu wg obliczeń).

$$V_d = V_L \times \frac{T_0}{T_0 + \Theta} = 25,40 \times \frac{288}{288 + 360} = 11,29 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1} \quad (7)$$

$$F = \frac{V_d}{5} = \frac{11,29}{5} = 2,26 \text{ m}^2 \quad (8)$$

W rzeczywistości w związku z niską temperaturą dymu nie przekraczającą 70 – 100°C, wymagana powierzchnia otworów uzupełniających powietrze dla oddymianej strefy dymowej wyniesie ok. 3,8 m².

Dopuszczalny przepływ dymu przez pojedynczy punkt wyciągowy:

$$V_{\max} = 4,16 \cdot \gamma \cdot d^{5/2} \cdot (T_1 - T_0 / T_1)^{1/2} = 8,6 \text{ m}^3 \times \text{s}^{-1} = 31.000 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1} \quad (9)$$

gdzie: T_1 – temperatura warstwy dymu [$^{\circ}\text{K}$], T_0 – temperatura otoczenia [$^{\circ}\text{K}$]

Minimalna ilość punktów wyciągowych (wentylatorów wyciągowych):

$$N \geq V_L / V_{\max} = 3 \quad (10)$$

Minimalna dopuszczalna odległość między punktami wyciągowymi:

$$S_{\min} = 0,9 * V_{\max}^{1/2} = 2,6 \text{ m} \quad (11)$$

Na podstawie powyższych założeń uzyskano wymaganą wydajność wentylacji wyciągowej dla jednej strefy dymowej równą $91.400 \text{ m}^3 \times \text{h}^{-1}$. W rozpatrywanej strefie dymowej rozmieszczono równomiernie 6 wentylatorów (w dwóch rzędach po 3 wentylatory w odległościach od ścian i kurtyn dymowych po ok. 10 m), o wydajnościach $6 \times 15.000 \text{ m}^3/\text{h}$ i powierzchni $0,2 \text{ m}^2$. Podstawa kurtyn (ścianek kurtynowych) znajduje się na wysokości 3 m od podłogi, czyli 10 cm poniżej obliczonej podstawy warstwy dymu w strefie dymowej. Przyjęto powierzchnię otworów napowietrzających równą powierzchni wszystkich otworów drzwiowych wychodzących bezpośrednio na zewnątrz budynku (3 szt. drzwi zewnętrznych o wymiarach geometrycznych otworów równych $1,8 \times 2,0 \text{ m}$ na poziomie antresoli), a także 1 szt. drzwi zewnętrznych w poziomie parteru, w rejonie schodów ruchomych, co zapewnia wystarczający dopływ powietrza uzupełniającego, nawet przy jednoczesnym działaniu niezależnych systemów wentylacji mechanicznej we wszystkich strefach oddymiania. Istotnym warunkiem jest prędkość przepływu powietrza uzupełniającego wpływającego do podstawy warstwy dymu z prędkością, która nie powinna przekroczyć 1 m/s . Przy takich założeniach wstępnych do wentylacji oddymiającej, symulacja komputerowa przeprowadzona w celu sprawdzenia poprawności powyższych założeń, powinna umożliwić sprawdzenie następujących danych:

- stopnia widzialności i temperatury na wysokości $1,8 \text{ m}$ dla założonego czasu ewakuacji,
- temperatury dymu na wysokości podstawy warstwy dymu, tj. $3,1 \text{ m}$,
- temperatury dymu pod stropem.

Kolejnym etapem było przygotowanie modelu rozpatrywanej części budynku. Wprowadzenie trójwymiarowej geometrii zostało wykonane na podstawie rzutów i przekrojów. Użyto siatki regularnej sześcienniej o boku 10 cm - w okolicach źródła pożaru i miejsc gdzie występują największe przepływy oraz 20 cm dla pozostałych obszarów rozpatrywanej geometrii budynku. Obszar obliczeniowy został podzielony na 12 siatek obliczeniowych. Rozmiar siatki dobrano w oparciu o [6], [7]. Rysunek 4 przedstawia widok trójwymiarowej geometrii obiektu, która została wykonana w programie typu CAD.

W przypadku nie pokrycia się ścian, okien, drzwi lub innych elementów konstrukcyjnych budynku z siatką programu FDS, został przyjęty bardziej niekorzystny przypadek z uwagi na rozprzestrzenianie się dymu.



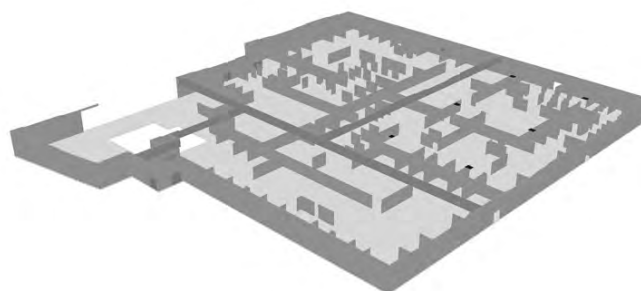
Ryc. 2. Widok geometrii antresoli w aplikacji typu CAD, tuż przed zaimportowaniem do programu FDS.

(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 2. View of the mezzanine in CAD application, just before importing into the FDS.

(Source: own work)

Na rysunku 5 przedstawiony został widok geometrii w programie do wizualizacji wyników symulacji SmokeView (przekrój porzecznym na wysokości stropu).



Ryc. 3. Widok modelu obiektu w programie Smokeview.

(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 3 View of the model in Smokeview application

Niebieskie kwadraty przedstawiają lokalizację wentylatorów. Kurtyny dymowe widać na rysunku w postaci podłużnych elementów w kolorze brązowym.

W symulacji przyjęto początkową temperaturę wewnątrz i na zewnątrz obiektu równą 20°C . Parametry wiatru nie zostały wprowadzone do obliczeń symulacji komputerowej, ponieważ obiekt jest szczelnie odizolowany od otoczenia zewnętrznego. Właściwości materiałów budowlanych przyjęto w symulacji na podstawie [8]. W tabeli 2 przedstawiono wartości przyjętych współczynników dla poszczególnych materiałów.

Tabela 1.

Właściwości materiałów budowlanych, wprowadzonych do programu FDS.

(Źródło: opracowanie własne na podstawie [8].)

Tabela 1.

Properties of building materials, made to the FDS.

(Source: own elaboration based on [8].)

Material (Material)	Gęstość (Density) [kg/m ³]	Ciepło właściwe (Specific Heat) [kJ/kg·K]	Współczynnik przewodzenia ciepła (Thermal conductivity) [W/m·K]
żelbet	2500	0,84	1,70
błoczki betonowe	800	0,84	0,30
plyta gipsowo-kartonowa	1000	1,00	0,30
szkło	2500	0,84	0,80
stal	7850	0,44	58
tynek wapienny	1700	0,84	0,70

Czas symulacji przyjęto na podstawie obliczonego wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji. Krok czasowy został ustalany automatycznie przez program i wyniósł 0,07071 s.

Przewidywany czas ewakuacji użytkowników obiektu został obliczony na podstawie [9]. Dostępny bezpieczny czas ewakuacji (z ang. **ASET** – *Available Safe Escape Time*), to wyliczony czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym tolerowane, graniczne kryteria bytowe nie są przekroczone w określonej przestrzeni w budynku. Wymagany bezpieczny czas ewakuacji (z ang. **RSET** – *Required Safe Escape Time*), to wyliczony czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym użytkownicy, w określonych przestrzeniach w budynku, są w stanie osiągnąć bezpieczne miejsce. W tabelach 3 i 4 zaprezentowano obliczenie wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji, zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie [9].

Tabela 2.

Obliczenie wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji, cz.1.

(Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].)

Tabela 2.

Calculation of the required safe evacuation time, part 1.

(Source: own elaboration based on [9].)

Projektowy scenariusz zachowań i rodzaj użytkownika (Design behavioral scenarios and occupancy types)	
Kategoria	B1
Gotowość użytkowników	Czuwający
Znajomość użytkowników	Niezaznajomieni
Gęstość użytkowników	Wysoka
Wydzielenia / złożoność	Jedno lub kilka
Efekt jakości systemu alarmowego na pierwsze-wstępne reakcje (Effect of alarm system on pre-movement)	
Poziom systemu alarmowego	A2 dwuetapowy system alarmowy: automatyczny system wykrywania pożaru w całym budynku przekazuje alarm do osób zarządzających budynkiem lub do ochrony, rozgłoszenie alarmu dla wszystkich użytkowników w zagrożonych przestrzeniach następuje ręcznie lub samoczynnie po upływie ustalonego czasu opóźnienia, jeśli wstępny alarm nie zostanie skasowany
Efekt złożoności budynku na czas ewakuacji (Effect of building complexity on evacuation time to a protected escape route)	
Poziom budynku	B2 (na przykład prosty, wielokondygnacyjny budynek biurowy) przedstawia prosty budynek, z wieloma przegrodami wewnętrznymi i zazwyczaj wielokondygnacyjny, z większością cech projektowanych zgodnie z warunkami techniczno-budowlanymi i prostym wewnętrznym rozplanowaniem.
Klasyfikacja systemu zarządzania bezpieczeństwem pożarowym i wpływ na czas ewakuacji (Classification of fire safety management characteristics and effects on evacuation time)	
Poziom zarządzania	Poziom Zarządzania M1: z wysokim poziomem wyszkolenia personelu oraz z możliwą nieobecnością pracowników dozoru na kondygnacji budynku. Może nie być niezależnego audytu.

Tabela 3.

Obliczenie wymaganego bezpiecznego czasu ewakuacji, cz.2.

(Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].)

Tabela 3.

Calculation of the required safe evacuation time, part 1.

(Source: own elaboration based on [9].)

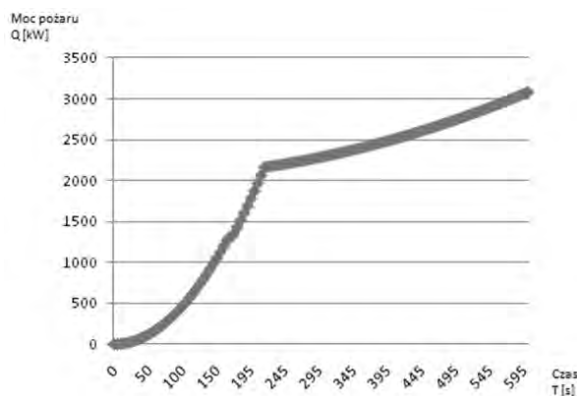
Obliczenie Wymaganego Bezpiecznego Czasu Ewakuacji - WBCE (Calculation of Required Safe Escape Time RSET)	
Obliczenie czasu detekcji pożaru	Dane producentów i normowe: td – czas detekcji pożaru: 60 s.
Obliczenie czasu alarmowania	ta – czas alarmowania: 3 s. Zainstalowany dźwiękowy system ostrzegawczy.
Obliczenie czasu pierwszych-wstępnych reakcji	Kategoria scenariuszy i modyfikacje: B1 czuwający, niezaznajomieni - M1 B2 A1. tp-wr - czas reakcji: 120 + 30 + 30 = 180 s
Obliczenie czasu przejścia	Prędkość na drodze poziomej – 1,2 m/s. Obliczenie długości drogi do najdalej położonego wyjścia ewakuacyjnego z antresoli przy założeniu, że jedne drzwi ewakuacyjne są niedostępne: długość drogi w poziomie – ok. 71 m (czas przejścia 71 m : 1,2 m/s = 60 s). Przepustowość przez wszystkie drzwi ewakuacyjne o łącznej szerokości 14,4 m według [10] wynosi 1,33 osób/m/s co umożliwia przejście w ciągu sekundy 19,15 osób. Powierzchnia rozpatrywanej części obiektu wynosi ok. 7876 m ² , zgodnie z rozporządzeniem [11], przyjęto maksymalną liczbę użytkowników wg wskaźnika: 4m ² /osobę (jak dla pomieszczeń handlowo-usługowych). Stąd maksymalna liczba osób przebywających w tym obszarze wynosi: 1969 osoby. Czas przejścia wszystkich użytkowników przez drzwi wyjściowe: 1969 : 19,15 = 103 s tp – czas przemieszczania: 163 s
WBCE=td+ta+tp-wr+tp = 406 s	

Założono, że pożar powstaje w okolicach dwóch wyjść ewakuacyjnych (na antresoli), w przestrzeni handlowej z meblami (dział mebli i wyposażenia kuchni/jadalni). Uznano, że pożar w tym obszarze jest najbardziej niekorzystny ze względu na występowanie dużej ilości materiałów oraz lokalizację w pobliżu wyjść ewakuacyjnych. Na podstawie [4], przyjęto gęstość mocy pożaru 625 kW/m² i powierzchnię pożaru 5 m². Moment zadziałania tryskaczy - 220 s, przyjęto zgodnie z [5]. Do symulacji wprowadzono szybki rozwój pożaru (współczynnik $\alpha=0,04689$ zgodnie z Procedurami **KG PSP** [13], do momentu zadziałania tryskaczy), oraz wolny (współczynnik $\alpha=0,00293$ zgodnie z Procedurami **KG PSP** [13], po zadziałaniu tryskaczy). Zmiana mocy pożaru w czasie przebiega według zależności:

$$q = a * t^2 \quad (12)$$

gdzie q – ilość wydzielającego się ciepła,
 a – stała określająca przebieg krzywej rozwoju pożaru,
 t – czas od momentu powstania pożaru

Zgodnie z tym założeniem uruchomienie tryskaczy, które znajdują się na wysokości 4,5 metra nastąpi po około 220 sekundach przy mocy pożaru 2300 kW. W rozpatrywanej przestrzeni handlowej występować mogą meble i artykuły wyposażenia kuchni oraz jadalni, między innymi: meble kuchenne, dywany i wykładziny podłogowe, obrusy, tkaniny, zasłony, lampy, oświetlenie oraz galanteria kuchenna. W związku z tym do analizy przyjęto jako materiał spalany piankę poliuretanową, z uwagi na najwyższy współczynnik dymotwórczości. Właściwości palne pianki poliuretanowej zostały dobrane na podstawie [12]. Poniżej znajduje się wykres zmiany mocy pożaru w funkcji upływu czasu, dla rozpatrywanego scenariusza.



Ryc. 4. Zmiana mocy pożaru w funkcji upływu czasu
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 4. Change of fire power as a function of time.
(Source: own work)

W celu sprawdzenia warunków ewakuacji w badanym czasie, analizie poddano następujące parametry symulowanego pożaru:

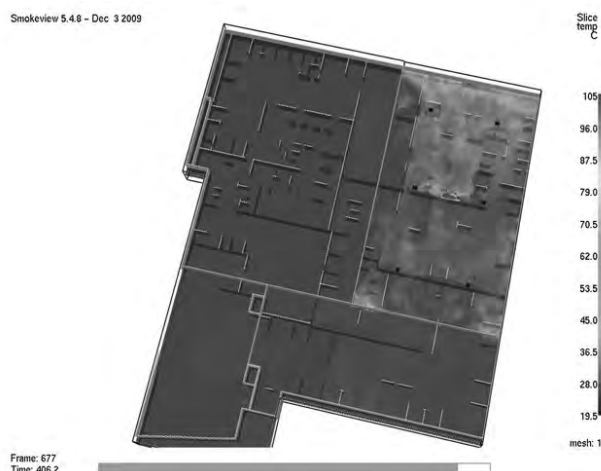
- Zasięg widzialności - sprawdzono dla znaków fluorescencyjnych na wysokości 1,8 m od poziomu podłogi.
- Temperatura - na wysokości 1,8 m od poziomu podłogi i na 2,5 m.

Wartości graniczne sprawdzanych parametrów:

- Temperatura – 60 °C (333 K, możliwość poparzenia górnych dróg oddechowych przy wysokiej wilgotności powietrza, wartość przyjęta zgodnie z [9] oraz Procedurami KG PSP [13]),
- Temperatura - 200 °C (473 K, na wysokości 2,5 m nad poziomem posadzki (parametr określający warunki do ewakuacji zgodnie z [9] oraz Procedurami KG PSP [13]),
- Zasięg widzialności – 10 m dla krawędzi elementów budowlanych i fluorescencyjnych znaków ewakuacyjnych, 15 m dla znaków podświetlanych (parametry określające warunki do ewakuacji zgodnie [9] oraz Procedurami KG PSP [13]).

Wyniki symulacji zostały przedstawione za pomocą przekrojów poziomych badanych parametrów pożaru. Przekroje przedstawiają analizowane parametry w momencie przekroczenia wartości granicznych oraz po przewidywanym czasie ewakuacji. Kolorem czarnym zaznaczone zostały wartości graniczne poszczególnych parametrów pożaru. Uzyskano następujące wyniki symulacji:

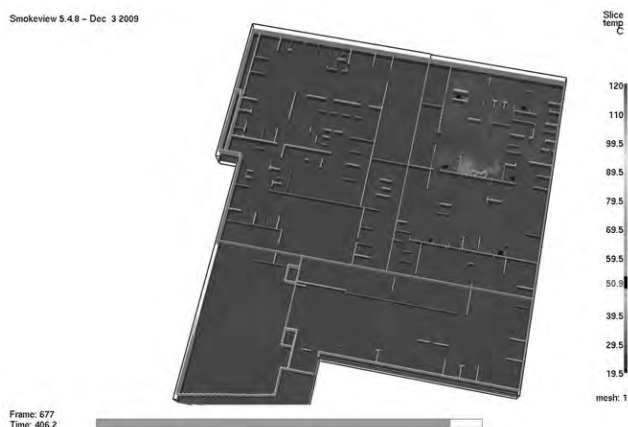
- Rozkład temperatury na wysokości 2,5 m, na poziomie antresoli, po przewidywanym czasie ewakuacji. Wartości graniczne temperatury na wysokości 2,5 m nie zostaną przekroczone.



Ryc. 5. Rozkład temperatury na wysokości 2,5 m, na poziomie antresoli.
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 5. The temperature distribution at a height of 2.5 m, on the mezzanine.
(Source: own work.)

- Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m, na poziomie antresoli. Po czasie przewidywanym czasie ewakuacji, wartości graniczne temperatury nie zostaną przekroczone.

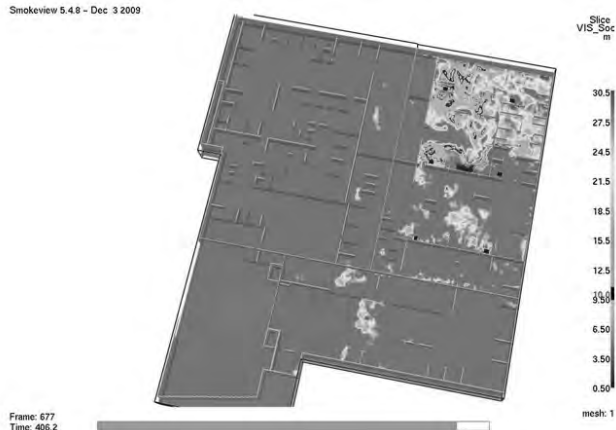


Ryc. 6. Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m, na poziomie antresoli.
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 6. The temperature distribution at a height of 1.8 meters on the mezzanine.
(Source: own work.)

- Spadek zasięgu widzialności na wysokości 1,8 metra, na poziomie antresoli. Po przewidywanym czasie ewakuacji, czyli po 406 sekundach od momentu powstania pożaru, zasięg widzialności spadł punktowo poniżej wartości granicznych, w zaledwie kilku miejscach strefy dymowej, w której powstał pożar. W sąsiednich strefach dymowych nie obserwuje się spadku zasięgu widzialności poniżej wartości granicznej.

Smokeview 5.4.8 - Dec 3 2009



Ryc. 7. Spadek zasięgu widzialności na wysokości 1,8 metra na poziomie antresoli
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 7. Decrease in range of visibility at a height of 1.8 meters on the mezzanine.

(Source: own work)

Tabela 4.

Tabela z zestawieniem otrzymanych wyników analizy komputerowej

(Źródło: Opracowanie własne)

Tabel 4.

Summary table of results of computer analysis
(Source: own work.)

Rozpatrywany parametr, wartość graniczna (The relevant parameter, the critical limit)*	Czas (time) [s]**	Obszar na jakim rozpatrywany parametr został przekroczony (The area in which the parameter under consideration was exceeded)
Temperatura – wys. 1,8 m	WBCE	Nie występuje przekroczenie
Temperatura – wys. 2,5 m	WBCE	Nie występuje przekroczenie
Zasięg widzialności - wys. 1,8 m	WBCE	Przekroczenie występuje punktowo w zaledwie kilku miejscach rozpatrywanej strefy dymowej, co nie powinno pogorszyć warunków ewakuacji. W sąsiednich strefach dymowych warunki dla ewakuacji zostają zachowane.

* Za warunki krytyczne uznaje się przekroczenie temperatury 60°C (333 K) na wysokości 1,8 m, 200°C (473 K) na wysokości 2,5 m oraz widzialność poniżej 10 m na wysokości 1,8 m. Biorąc pod uwagę błąd wyznaczania temperatury wynoszący około 15%, obserwowano czy nie zostały przekroczone temperatury odpowiednio: 51°C (324 K) i 170°C (443 K).

** skrót WBCE oznacza tzw. wymagany bezpieczny czas ewakuacji, który dla tego scenariusza wynosi 406 sekund.

- Rozkład temperatury dymu na wysokości warstwy dymu – 3,1 m, na poziomie antresoli. Temperatura osiąga maksymalną wartość 99,5°C (372,5 K, bezpośrednio nad pożarem).

Smokeview 5.4.8 - Dec 3 2009



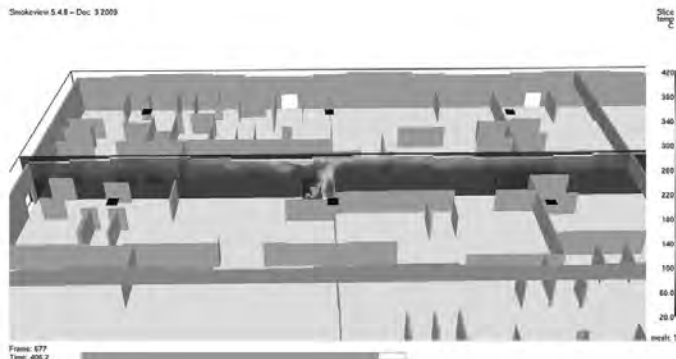
Ryc. 8. Rozkład temperatury dymu na wysokości warstwy dymu - 3,1 m, na poziomie antresoli.
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 8. The temperature distribution of smoke in the smoke layer height - 3.1 m, on the mezzanine.

(Source: own work)

- Rozkład temperatury dymu w przekroju pionowym, na poziomie antresoli.

Smokeview 5.4.8 - Dec 3 2009



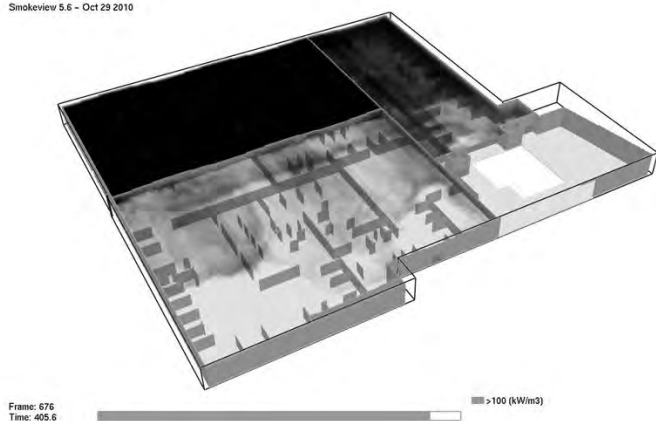
Ryc. 9. Rozkład temperatury dymu w przekroju pionowym, na poziomie antresoli.
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 9. Smoke temperature distribution in vertical section, on the mezzanine.

(Source: own work)

Przenikanie dymów do sąsiednich stref dymowych po 406 sekundach (WBCE).

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Ryc. 10. Przenikanie dymów do sąsiednich stref dymowych po 406 sekundach (WCBE)
(Źródło: Opracowanie własne)

Fig. 10. The penetration of smoke to adjacent smoke zones after 406 seconds (WCBE)
(Source: own work)

4. Podsumowanie

Na podstawie przyjętych założeń do określania wymaganej wydajności instalacji wentylacji oddymiającej i dokonanej na ich podstawie symulacji komputerowej metodą **CFD** wynika, że obliczeniowa wydajność wentylacji oddymiającej wynosząca 92.000 m³/h jest wystarczająca do zapewnienia w wyliczonym czasie ewakuacji, równym 406 sekund, dostatecznego zasięgu widzialności na poziomie 1,8 metra co najmniej 10 m. Spadek zasięgu widzialności występuje wyłącznie punktowo, w niewielkim obszarze strefy dymowej, w której powstał pożar. W związku z powyższym dym nie będzie stanowił zagrożenia dla ludzi podczas ewakuacji. Rozpatrywana wentylacja oraz zastosowane tryskacze, zapewniają ponadto zachowanie bezpiecznych wartości temperatury na poziomie 1,8 metra i 2,5 metra. Uzyskano następujące wyniki:

- po przewidywanym czasie ewakuacji utrata zasięgu widzialności w strefie w której powstał pożar występuje wyłącznie punktowo w niewielkim obszarze,
- w sąsiednich strefach dymowych, warunki uważane za akceptowalne dla ewakuacji zostają zachowane,
- w obliczonym czasie ewakuacji dym na poziomie 1,8 m nie przekracza dopuszczalnej wartości temperatury, wynoszącej 60°C (333 K),
- temperatura dymu na wysokości 2,5 m, po 406 sekundach osiąga najwyższą wartość wynoszącą 105°C (378 K, w kolumnie konwekcyjnej),
- temperatura dymu na wysokości podstawy warstwy dymu na 3,1 m po obliczonym czasie ewakuacji wynosi maksymalnie 99,5°C (372,5 K nad pożarem), natomiast bezpośrednio pod stropem maksymalnie około 220°C (493 K, w kolumnie konwekcyjnej).

Należy podkreślić, że do symulacji komputerowej przyjęto niekorzystne założenia, tj.:

- normowy, pożar pianki poliuretanowej (materiał wysoko dymotwórczy),
- po zadziałaniu tryskaczy, dalej rozwijający się pożar z małą prędkością.

Natomiast wykonana symulacja potwierdza, że przy założeniu wolnego rozwoju pożaru po zadziałaniu tryskaczy (co jest właściwe z uwagi na stosunkowo niskie usytuowanie tryskaczy – ok. 4,5 m od podłogi) nie występuje sytuacja w zakresie znacznego obniżania się warstwy dymów. Wskazuje na to m.in., tylko punktowe przenikanie dymów do sąsiednich stref dymowych. Reasumując powyższe ustalenia można przyjąć, że założona wydajność wentylacji pożarowej jest wystarczająca dla zapewnienia odpowiednich warunków ewakuacji z kondygnacji będącej przedmiotem analizy, na wypadek założonego scenariusza pożarowego.

Literatura

1. McGrattan K., McDermott R., Hostikka S., Floyd J., *Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model*. NIST Special Publication 1018-5, 2010;
2. McGrattan K., Hostikka S., Floyd J., McDermott R., NIST Special Publication 1019-5. *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*. 2010;
3. McGrattan K., McDermott R., Hostikka S., Floyd J., NIST Special Publication 1018-5, *Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide. Volume 3: Validation*. 2010;
4. BS 7346-4:2003. Komponenty systemów oddymiania i usuwania ciepła. Część 4: Zalecenia funkcjonalne i metody obliczeniowe dla systemów oddymiania i usuwania ciepła opartych na stabilnych pożarach projektowych. Wytyczne postępowania;
5. Fire Code Reform. Fire Safety in Shopping Centres, 1998, Final Research Report. Project 6. Australia;
6. NUREG 1824, United States Nuclear Regulatory Commission: Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant applications, Volume 6 Fire Dynamics Simulator. 2007.
7. Gobeau N., Ledin H.S., Lea C.J., *Guidance for HSE Inspectors: Smoke movement in complex enclosed spaces - Assessment of Computational Fluid Dynamics*, Health and Safety Laboratory, 2002;
8. PN-EN ISO 6946:2008. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania;
9. PD 7974-6:2004. The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6: Human factors: Life safety

strategies-Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6);

10. Check Scot and NI 5588-11 Approwed Document B według British Standard code for building.
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku, w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r., z późn. zm.);
12. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition. 2002;
13. Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Biuro Rozpoznawania Zagrożeń: Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż określono to w przepisach techniczno-budowlanych. 10.2008.

ml. kpt. mgr inż. Andrzej Krauze

absolwent SGSP, studiów dziennych dla strażaków w służbie kandydackiej, rok ukończenia studiów inżynierskich: 2009, studiów magisterskich: 2011.

Po ukończeniu studiów inżynierskich zatrudniony w JRG SGSP jako Dowódca Sekcji, od 10.2010 zatrudniony na stanowisku młodszego specjalisty w Zakładzie Informatyki i Łączności od 05.2011 zatrudniony na stanowisku Asystenta w Zakładzie Informatyki i Łączności.

ml. kpt mgr inż. Mateusz Fliszkiewicz

absolwent SGSP, studiów dziennych dla strażaków w służbie kandydackiej, rok ukończenia studiów inżynierskich: 2009, studiów magisterskich: 2011.

Po ukończeniu studiów inżynierskich zatrudniony w JRG SGSP jako Dowódca Sekcji, od 03.2012 zatrudniony na stanowisku Asystenta w Zakładzie Informatyki i Łączności.

Dr hab. inż. Tadeusz Maciak, prof. SGSP urodził się 1949 roku w Warszawie. Studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej ukończył w roku 1973. Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Technologii Elektronowej Politechniki Warszawskiej (obecnie Instytut Mikro i Optoelektroniki). Zajmował się problemami związanymi z optoelektroniką. Pracę doktorską obronił na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej w roku 1982. W roku 1991 rozpoczął pracę na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej. W roku 1994 obronił pracę habilitacyjną na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W roku 1998 równolegle podjął pracę w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W latach 2001-2006 Dziekan specjalności „Systemy Informatyczne w Technice i Zarządzaniu” w Wyższej Szkole Ekonomiczno-Technicznej w Legionowie. W ostatnich latach jego zainteresowania koncentrują się na wykorzystaniu aparatu informatycznego w rozwiązywaniu zagadnień wewnętrzny państwa. Prowadzi prace związane z problematyką procesu wspomaganie podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej. W kręgu jego zainteresowań znajdują się również wszelkiego typu symulacje komputerowe zagrożeń pożarowych oraz problematyka ewakuacji ludności z zagrożonych obiektów.

Recenzenci

prof. dr hab. Inż. Mirosław Kosiorek

prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk

Nevdah D. A.

Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций
МЧС Республики Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Fire safety of buildings and structures for different functional purposes

Резюме

В статье представлен реализуемый на территории Республики Беларусь механизм проектирования системы противопожарной защиты объектов на основе оценки параметров пожарной опасности. Представлен алгоритм учета влияния технических средств противопожарной защиты на требования к пределам огнестойкости конструкций сооружений. Приведено сравнение подходов, изложенных в Еврокодах, с национальными нормами.

Summary

The engineering mechanism of fire protection system of facilities translatable on the territory of the Republic of Belarus based on a parameter estimation of fire danger, is implemented in the article.

The algorithm taking into account the effect of fire protection system features for requirements on the fire resistance rating of constructions is implemented. Comparisons of approaches stated in Eurocodes with national standards are described

Ключевые слова: параметры пожарной опасности, оценка пожарного риска, пожарная нагрузка;

Keywords: parameter of fire danger, fire risk estimate, fire load;

Введение

В соответствии с техническим регламентом Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» при проектировании зданий и сооружений должна проводиться оценка пожарного риска.

Основные этапы, принципы и порядок оценки пожарного риска изложены в стандарте Республики Беларусь СТБ 11.05.03-2010 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования». Стандарт заменяет действующий ранее аналогичный предварительный стандарт.

Под оценкой пожарного риска в стандарте понимается количественное описание выявленных источников пожарной опасности и сравнение опасных параметров с нормативными (критическими) значениями.

1. Методы оценки и анализа пожарной опасности

Разработка и введение стандарта направлены на реализацию подхода к проектированию противопожарной защиты зданий и сооружений на основе опасных параметров, что может быть отражено следующей схемой (рисунок).

Оба подхода на равных условиях допускается применять при подтверждении соответствия проектной документации существенным требованиям пожарной безопасности, действующим в Республике Беларусь.

Следует отметить, что на территории Республики Беларусь действует ТКП EN 1991-1-2-2010 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости», который также разрешает к применению методы расчета температуры пожара в помещениях и устанавливает их область применения. Однако положения ТКП EN 1991-1-2 основаны на предположении соответствия требованиям соответствующих Европейских

ких стандартов для систем автоматического пожаротушения, сигнализации, оповещения и дымоудаления, что затрудняет их применение в сложившейся практике проектирования в Республике Беларусь.

Воздействия для определения огнестойкости» приведен в таблице 1.



Рисунок 1. Методы проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений

СТБ 11.05.03 использует перечень опасных параметров и их нормативные значения, содержащиеся в ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования», что не накладывает никаких ограничений на его применение в национальной системе нормирования.

Параллельно с разработкой СТБ 11.05.03 проведена разработка стандарта Беларуси СТБ 2129-2010 «Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки». Указанный стандарт устанавливает методику перехода от пожарной нагрузки к расчетной пожарной нагрузке в зависимости от способа размещения пожарной нагрузки, параметров вентиляции, наличия технических средств противопожарной защиты: систем пожаротушения, пожарной автоматики, удаленности от пожарного депо, параметров внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения и т.д.

Сравнительный анализ положений СТБ 2129-2010 «Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки» и ТКП EN 1991-1-2-2010 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия.

Несмотря на некоторые отличия, конечный результат оценки расчетной пожарной нагрузки при прочих равных условиях не отличается более чем на 15 %.

Расчетная пожарная нагрузка применяется для оценки параметров возможного пожара в здании (температура пожара, тепловой поток в конструкции) и является одним из основных факторов, определяющих требования:

- к пределам огнестойкости конструкций зданий;
- параметрам путей эвакуации;
- интенсивности автоматических установок пожаротушения;
- параметрам систем удаления дыма и т.д.

В свою очередь, применение, например, различных технических средств противопожарной защиты влияет на величину расчетной пожарной нагрузки.

Так, например, в таблице 2 приведены коэффициенты, учитывающие наличие в здании (части здания, выделенной противопожарными преградами) различных технических средств противопожарной защиты.

Таблица 1.

Сравнения положений СТБ 2129-2010 и ТКП EN 1991-1-2-2010

№ п/п	Параметр, учитываемый при определении расчетной пожарной нагрузки	СТБ 2129-2010 «Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки»	ТКП EN 1991-1-2-2010 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости»
1	Способ размещения пожарной нагрузки (с воздушными прослойками, спрессованные, в закрытых объемах и т.д.)	+	-
2	Проемность помещения	+	+
3	Применяемые технические средства противопожарной защиты	+	+
4	Вероятность возникновения пожара	-	+
5	Вероятность выполнения своих функций противопожарными преградами, конструкциями здания	+	-
6	Свойства материалов конструкций зданий	-	+

Таблица 2.

Значения коэффициентов для различных технических средств противопожарной защиты

Средства противопожарной защиты объекта	Значение коэффициента c_i	Обозначение коэффициента c_i
А. Автоматические установки пожаротушения		c_1
Установки водяного пожаротушения:		
спринклерные	0,63	
дренчерные	0,61	
Установки пенного пожаротушения	0,59	
Установки газового пожаротушения	0,57	
Установки порошкового и аэрозольного пожаротушения	0,59	
Без автоматической установки пожаротушения	1,0	c_2
Б. Наружное противопожарное водоснабжение		
Без наружного противопожарного водоснабжения	1,5	
Наружное противопожарное водоснабжение от противопожарных резервуаров	0,87	
Наружное противопожарное водоснабжение от кольцевой сети с расходом до 20 л/с включительно	0,8	
Наружное противопожарное водоснабжение от кольцевой сети с расходом более 20 л/с	0,7	c_3
В. Внутреннее противопожарное водоснабжение		
Без внутреннего противопожарного водоснабжения	1,5	
С внутренним противопожарным водоснабжением с расходом до 5 л/с включительно	0,9	
С внутренним противопожарным водоснабжением с расходом свыше 5 л/с	0,8	c_4
Г. Системы пожарной сигнализации		
Без системы пожарной сигнализации	1,5	
Система пожарной сигнализации с дымовыми пожарными извещателями	0,73	
Система пожарной сигнализации с тепловыми пожарными извещателями	0,87	c_5
Функции автоматической пожарной сигнализации выполняет автоматическая установка пожаротушения	1,0	
Д. Удаленность от пожарного депо (с учетом примечания 3)		
Менее 2 км	0,61	
От 2 до 3 км	0,78	
От 3 до 10 км	1	
Свыше 10 км	1,5	
При обслуживании здания объектовой ПАСЧ (ПАСП) (при условии расстояния до здания менее 2 км. При больших расстояниях значения принимаются с учетом удаленности)	0,5	

Средства противопожарной защиты объекта	Значение коэффициента c_i	Обозначение коэффициента c_i
Е. Другие параметры		
Наличие в здании незадымляемых лестничных клеток	0,9	c_6
Выход из помещений непосредственно наружу	0,9	c_7
Наличие системы принудительного удаления дыма	0,9	c_8
Вывод сигнала о пожаре на пульт диспетчеризации и контроля:		c_9
Без вывода сигнала	1,5	
С выводом сигнала	1,0	
Установка пожарной автоматики с адресным указанием очага пожара	0,9	c_{10}
Установка пожарной автоматики без адресного указания очага пожара	1,0	

Из приведенной таблицы можно сделать вывод, что конструкция зданий, расположенных на территории предприятий, обслуживаемых объектовыми аварийно-спасательными подразделениями применяются минимальные требования к пределам огнестойкости, а к зданиям без систем автоматической пожарной сигнализации, противопожарного водоснабжения - максимальные.

2. Выводы

Таким образом, наличие в здании технических средств противопожарной защиты в значительной степени влияет на требования к пределам огнестойкости конструкций, что позволяет собственнику делать экономически обоснованный выбор между различными вариантами обеспечения пожарной безопасности.

Переход к такому механизму стал возможным благодаря введению на территории республики обязательных требований о подтверждении расчетом уровня обеспечения пожарной безопасности людей в зданиях с учетом динамики опасных факторов пожара и расчетного количества людей, а также о необходимости вывода сигнала от систем пожарной автоматики на пульта диспетчеризации и контроля аварийно-спасательных служб, что, кроме, непосредственно оперативности передачи информации о пожаре, позволило значительно повысить вероятность выполнения своих функций техническими средствами противопожарной защиты.

3. Заключение

В заключение следует отметить, что общий сравнительный анализ норм проектирования Республики Беларусь с аналогичными европейскими документами показывает, что принципы нормирования требований пожарной безопасности практически не отличаются. Это подтверждают и зарубежные проектные организации, осуществляющие проектирование объектов на территории Республики Беларусь.

Литература

1. ТКП EN 1991-1-2-2010 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости»;
2. СТБ 11.05.03-2010 «Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования»;
3. СТБ 2129-2010 «Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки»;
4. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».

Recenzenci

prof. dr hab. inż. Marek Konecki
dr inż. Stefan Wilczkowski

mgr inż. **Jolanta JANICKA**
dr inż. **Elżbieta MIELICKA**
Instytut Włókiennictwa
mgr inż. **Dorota ZAGRABA**
mgr inż. **Andrzej KĘDZIORA**
ZOSP RP Wytwórnia Umundurowania Strażackiego

DZIANINY TRUDNO PALNE NA WYROBY BIELIŻNIANE PRZEZNACZONE DLA UŻYTKOWNIKÓW W ZAGROŻENIU POŻAROWYM

Flame retardant knitted fabrics for underwear products for users in fire risk zone

Streszczenie

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki badań obejmujące wybrane asortymenty wyrobów bieliznianych, jako produkty konfekcjonowane z dzianin, których priorytetową cechą są właściwości trudno palne.

Badania projektowania strukturalno-technologicznego dzianin prowadzono w sposób kompleksowy w odniesieniu od przeznaczenia wyrobów i określenia ich funkcji. Z uwagi na to, że przedmiotem prac było dostosowanie bielizny, jako warstwy pododzieżowej, niezbędnej do uzupełnienia ubioru do warunków użytkowania w środowisku zagrożonym pożarem i wysokimi temperaturami, funkcje wyrobów usytuowano w następującej kolejności: ochronne, biofizyczne, ergonomiczne i estetyczne.

Wynikiem tych działań jest opracowana technologia wytwarzania dzianin oraz dokumentacja techniczno-technologiczna konstrukcji i konfekcjonowania wyrobów bieliznianych z tych dzianin, przeznaczonych na warstwę pododzieżową ubioru zabezpieczającego użytkownika w zagrożeniu pożarowym. Wyroby bielizniane mogą być konfekcjonowane z dzianiny wykonanych z układów przędz: Nomex T 450 + wiskoza FR lub metaaramid + wiskoza FR przy zastosowaniu splotu interlokowego i o parametrach strukturalnych, których wynikiem są masy powierzchniowe dzianin w zakresie 215 – 245 g/m².

Summary

This paper presents the results of the selected ranges of underwear products, as products made of knitted fabrics, which a priority feature of the properties are flame retardant.

The research of structural and technological design of knitted fabrics was carried out in a comprehensive manner for the intended use of products and define their functions. Owing to that the purpose was to adapt the work clothes, as an underwear layers, which are necessary to complete the outfit to the condition of using in potentially fire and high temperatures, the functions of products situated in the following order: safety, biophysical, ergonomic and aesthetically.

The result of these activities is designed the technology of knitting fabrics and technical documentation of construction of underwear products destined for underwear layer of protective clothing.

Underwear products can be made of yarn: Nomex T-450 + FR viscose or viscose FR meta-aramid + FR viscose using interlock stitch and structural characteristics which result in aerial density of knitted fabrics of 215 - 245 g/m².

Słowa kluczowe: przędze trudno palne, struktura dzianiny, konfekcjonowanie, wyroby ochronne, komfort użytkowania;
Keywords: slow-burning yarns, structure of knitted fabrics, making-up, protective products, utility comfort;

1. Wprowadzenie

Problematyka związana z zapewnieniem bezpieczeństwa ludzi i ochrony ich mienia stanowi priorytet w każdej dziedzinie życia i również odnosi się to do bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Wyroby włókiennicze, z uwagi na częste narażenia podczas użytkowania na oddziaływanie różnych źródeł ciepła, stwarzają realne niebezpieczeństwo zapalenia i są bardzo istotnym czynnikiem przenoszącym

plomień, a więc powodującym rozprzestrzenianie się pożaru [4]. Możliwość ograniczenia palności zarówno samych włókien jak i wyrobów gotowych jest przedmiotem zainteresowania producentów m.in.: odzieży ochronnej dla różnych grup zawodowych, w szczególności dla strażaków.

Z tego względu trwają intensywne prace nad materiałami trudno zapalnymi, chroniącymi użytkownika i mienie. Jednym z kierunków jest dyna-

miczny rozwój w produkcji surowców włókienniczych pod kątem doskonalenia ich właściwości specjalnych [13], [14].

Kompleksowe wyposażenie służb pożarniczych poza podstawowym umundurowaniem składa się z szeregu różnych asortymentów wyrobów, wśród których znajdują się materiały dziane.

W związku z powyższym w niniejszej publikacji przedstawiono wyniki badań obejmujące wybrane asortymenty wyrobów bieliznianych, jako produkty konfekcjonowane z dzianin, których priorytetową cechą są właściwości trudno palne.

Badania projektowania strukturalno-technologicznego dzianin prowadzono w sposób kompleksowy, a mianowicie w odniesieniu od przeznaczenia wyrobów niezbędne było określenie ich oczekiwanych funkcji. Z uwagi na to, że przedmiotem prac było dostosowanie bielizny, jako warstwy pododzieżowej, niezbędnej do uzupełnienia ubioru do warunków użytkowania w środowisku zagrożonym pożarem i wysokimi temperaturami, cechy tych wyrobów usytuowano w następującej kolejności:

- funkcje ochronne związane są z zagrożeniami środowiska zewnętrznego, którego oddziaływanie musi być rozpatrywane w powiązaniu ze stopniem ochronności zewnętrznej warstwy odzieży,
- funkcje biofizyczne związane są z przewidywanym mikroklimatem otoczenia oraz indywidualnym wydatkiem energetycznym, wynikającym z dynamiki wykonywanych czynności (ruchliwość),
- funkcje ergonomiczne spełnione są poprzez racjonalne projektowanie konstrukcji i dostosowanie formy wyrobu do wymiarów człowieka wykonującego określone czynności,
- funkcje estetyczne to przede wszystkim atrakcyjność wizualna, kolorystyka, trwałość barwy oraz kształtu w procesie użytkowania i konserwacji.

2. Zakres i metodyka badań

Mając na uwadze funkcje jakie mają spełniać wyroby bielizniane, opracowano dzianiny, w których uwzględniono:

- dobór odpowiednio modyfikowanych przędz o cechach trudno palnych,
- zaprojektowanie określonych struktur dzianin,
- procesy obróbki chemicznej i wykończalniczej środkami ekologicznymi nie obciążającymi środowiska naturalnego.

Następnie zaprojektowano i opracowano ergonomiczne konstrukcje wyrobów bieliznianych.

Z punktu widzenia cech ochronnych wymagania dotyczące bielizny nie zostały dotąd sparametryzowane w dokumentacji normalizacyjnej skupiającej się głównie na wymaganiach i metodach pomiarów materiałów warstw zewnętrznych bądź jako zestawów warstw i z tych względów prowadzone prace

znajdowały odniesienie do aktualnie funkcjonujących norm [16].

W 2008 roku pojawiły się dwie nowe normy określające wymagania dla odzieży ochronnej: PN-EN ISO 14116:2008 [5] i PN EN ISO 11612:2008 [6], w związku z czym prowadzone prace zostały odniesione do wymagań zawartych w drugiej z wymienionych pozycji.

W pierwszym etapie prac badaniami objęto materiały dziane, na które zastosowano różnorodne asortymenty przędz o deklarowanych przez producentów [1], [2], [15], [17] cechach trudno palnych: przędze mieszkankowe Protex + bawełna, przędze 100% aramidowe i przędzę 100% modyfikowaną celulozową. Wymienione asortymenty przędz stosowano w dzianinach w postaci jednorodnej, a także w układach o różnym udziale procentowym.

Struktury dzianin zaprojektowano w oparciu o sploty lewoprawy i dwuprawy i ich pochodne, ustalając takie parametry dziania, aby uzyskać, założoną wcześniej, masę powierzchniową dzianin bieliznianych w zakresie 170-250 g/m².

W efekcie zaprojektowano 10 asortymentów dzianin różnorodnych pod względem surowcowym i strukturalnym, które poddawano procesom wykończenia, w wyniku których otrzymano dzianiny w kolorach zastosowanych przędz, melanżowe pochodzące z układu kolorów przędz i wybarwione jednolicie. Wszystkie asortymenty dzianin wykończono w wersji struktury gładkiej, a wybrane asortymenty również jako dzianinę jednostronnie drapaną.

Dzianiny poddano badaniom laboratoryjnym pod kątem określenia funkcji, które mają spełniać wyroby z niej wykonane. W związku z tym wyznaczano wskaźniki charakteryzujące właściwości strukturalne i fizjologiczne, decydujące o komforcie użytkowania tj:

- zmianę wymiarów po praniu w kierunku wzdłużnym i poprzecznym,
- higroskopijność,
- opór pary wodnej,
- przepuszczalność powietrza według metod badawczych wymienionych w tabeli 1. oraz właściwości ochronne
- odporność na zapalenie wyrobów włókienniczych przeznaczonych na odzież ochronną wg PN-EN ISO 15025:2005 [7],
- odporność cieplną w temperaturze 180°C. wg ISO 17493:2000 [3].

Badania prowadzono w akredytowanych laboratoriach badawczych Instytutu Włókiennictwa.

W celu kompleksowej oceny, po wykonaniu partii informacyjnej wybranych asortymentów dzianin i konfekcjonowaniu z nich kompletów bielizny letniej i zimowej, wyroby zostały przekazane do oceny w doświadczalnym użytkowaniu w dwóch jednostkach Państwowej Straży Pożarnej. Kryterium wybo-

ru tych jednostek była liczebność interwencji wyjazdowych do akcji.

Z uwagi na potrzebę właściwego ukierunkowania prac projektowych opracowania konstrukcji i założeń technologicznych konfekcjonowania wyrobów bieliznianych o właściwościach trudnopalnych została opracowana ankieta skierowana do szerokiej rzeszy strażaków z pytaniami odnośnie oczekiwań użytkowników w stosunku do tego typu wyrobów.

Opracowywanie ankiety konsultowano z przedstawicielami Biura Logistyki Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie.

W celu uzyskania reprezentatywnych danych w badaniach ankietowych uczestniczyła liczna grupa strażaków z jednostek Państwowej Straży Pożarnej i z jednostek Ochotniczych Straży Pożarnych z różnych regionów kraju. Ogółem na przekazane ankiety odpowiedzi udzieliło 1849 osób. Uzyskane wyniki wykorzystano opracowując technologię konfekcjonowania wyrobów bieliznianych jako komplety:

- bielizny letniej (podkoszulek z krótkimi rękawami, spodenki),
- bielizny zimowej (podkoszulek z długimi rękawami, kalesony, spodenki).

3. Wyniki badań właściwości strukturalnych, użytkowych i ochronnych dzianin

W tabeli 1. przedstawiono wyniki badań wskaźników charakteryzujących właściwości strukturalne i użytkowe dzianin po obróbce wykończalniczej, która dla Prób 1, 2, 2A, 3, 4, 6 i 7 obejmowała proces prania i stabilizacji, zaś Próby 1A, 3A, 5 i 6A poddano procesowi barwienia, prania i stabilizacji. Prowadzona obróbka wykończalnicza znalazła odzwierciedlenie w zmianach struktury dzianin, szczególnie w jej masach powierzchniowych, co z kolei miało wpływ na uzyskane wyniki badań wyznaczanych wskaźników użytkowych takich jak: higroskopijność, opór pary wodnej i przepuszczalność powietrza.

Właściwości ochronne określono, poprzez wyznaczanie odporności na zapalenie powierzchniowe wyrobów włókienniczych, dla wszystkich wykonanych prób dzianin. Natomiast odporność cieplną w temperaturze 180°C. dla wybranych prób wykonanych we wszystkich układach surowcowych jakie zaprojektowano w pracy. Reprezentantami tych układów surowcowych były Próby 1, 3, 4, 5, 6A i 7. Wyniki badań zamieszczono w tabeli 2.

Badania ankietowe odnośnie oczekiwań użytkowników – strażaków w stosunku do wyrobów bieliznianych pozwoliły na uzyskanie informacji w zakresie:

- rodzaju dzianiny (m.in. struktura, kolor),
- konstrukcji podkoszulek letnich i zimowych,
- konstrukcji bokserów i kalesonów,
- wykończeń wyrobów.

Działania te były przydatne do przygotowania konstrukcji, przepisów konfekcjonowania i przygotowania partii wyrobów bieliznianych do oceny w doświadczalnym użytkowaniu. Komplety bielizny letniej (podkoszulek z krótkimi rękawami i spodenki) zostały wykonane z dwóch asortymentów dzianiny gładkiej, pierwszy wytwarzany z układu przędz Nomex T 450 i wiskoza FR oraz drugi z układu metaaramid i wiskoza FR.

Natomiast bieliznę zimową (podkoszulek z długimi rękawami, spodenki i kalesony) konfekcjonowano z dzianin drapanych wykonanych z układu przędz metaaramid i wiskoza FR oraz z przędzy mieszkankowej Protex + bawełna. Wzory kompletów wyrobów bieliznianych letnich i zimowych przedstawiono na rysunku 1.

Użytkowanie prowadziły w okresie zimowym i letnim, 16 osobowe grupy strażaków, którzy przedstawili wyniki oceny bielizny według opracowanego arkusza badań. W oparciu o te raporty i dodatkowo przeprowadzone rozmowy, użytkownicy wskazali jako najbardziej użytkowo przydatne wyroby konfekcjonowane z gładkiej dzianiny czarnej wykonanej z przędz z włókien metaaramidowych i wiskozy FR, co wskazywało na wybór dzianiny wytwarzanej wg Próby 6A.



Rys.1. Wzory wyrobów bieliznianych z dzianin o właściwościach trudno palnych

Fig. 1. The samples of underwear goods made of flame retardant knitting materials

Wyniki badań wskaźników strukturalnych i użytkowych dzianin wykonanych

Tabela 1.

Tabel 1

Structural an usage indicators results of knitting materials

Lp.	Nr próby Wskaźnik	Próba 1	Próba 1A	Próba 2	Próba 2A	Próba 3	Próba 3A
1.	Rodzaj surowca	Protex M + bawełna	Protex M + bawełna	Protex M + bawełna + Beltron	Protex M + Bawełna + Beltron	Protex M + bawełna + Beltron bawełna	Protex M + bawełna + Beltron bawełna
2.	Kolor dzianiny	surowo biały	czarny marengo	melanżowy szaro-surowo biały	melanżowy szaro-surowo biały	melanżowy szaro-surowo biały	melanżowy niebiesko-biały
3.	Splot	interlok	interlok	lewoprawy podwójnie nabierany	lewoprawy pojedynczo nabierany	interlok 1x1	interlok 1x1
4.	Masa powierzchniowa [g/m ²]	224	228	200	190	203	230
5.	Średnia higroskopijność [%] Współczynnik zmienności [%]	6,38 15,8	5,91 7,1	7,58 13,0	6,18 3,2	8,36 9,6	10,0 7,7
6.	Średni opór pary wodnej [m ² Pa/W]	3,01	3,89	3,52	2,42	3,16	3,52
7.	Średnia przepuszczalność powietrza [mm/s] Współczynnik zmienności [%]	1169 4,4	527 5,7	1309 3,2	1348 1,9	808 2,5	1050 3,5
8.	Zmiana wymiarów po praniu w kierunku: wzdłużnym [%] poprzącym [%]	-3,5 -4,5	-5,5 +4,0	-8,0 +1,0	-6,5 -0,5	-3,5 -6,0	-5,0 -6,0

Tabela 1. c.d.

Tabel 1. continuation

Lp.	Nr próby Wskaźnik	Próba 4	Próba 5	Próba 6	Próba 6A	Próba 7	Metoda badania
1.	Rodzaj surowca	Nomex T 450 wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	Conex + Bekinox wiskoza FR	
2.	Kolor dzianiny	surowo biały	czarny	melanżowy czarno-biały	czarny	melanżowy granatowo-biały	
3.	Splot	interlok 1x1	interlok 1x1	interlok 2x2	interlok 2x2	interlok 2x2	
4.	Masa powierzchniowa [g/m ²]	215	245	215	245	200	PN-P-04613:1997
5.	Średnia higroskopijność [%] Współczynnik zmienności [%]	15,2 5,5	13,0 5,7	13,7 3,9	14,8 5,4	14,0 3,9	PN-80/P-04635
6.	Średni opór pary wodnej [m ² Pa/W]	2,05	2,62	2,55	2,40	1,38	PN-EN 31092:1998 + Ap1:2004
7.	Średnia przepuszczalność powietrza [mm/s] Współczynnik zmienności [%]	1280 2,4	997 7,6	1500 1,4	1243 3,6	1795 3,0	PN-EN ISO 9237:1998
8.	Zmiana wymiarów po praniu w kierunku: wzdłużnym [%] poprzącym [%]	-4,0 -0,5	-3,5 +2,5	-7,0 -2,5	-4,5 -2,0	-12,0 +1,5	PN-EN ISO 5077:2008

Tabela 2.

Wyniki badań wskaźników ochronnych dzianin wykonanych

Tabela 2.

Protective indicators results of knitting materials

Lp.	Nr próby Wskaźnik	Próba 1	Próba 1A	Próba 2	Próba 2A	Próba 3	Próba 3A
1.	Rodzaj surowca	Protex M + bawełna	Protex M + bawełna	Protex M + bawełna + Beltron	Protex M + Bawełna + Beltron	Protex M + bawełna + Beltron bawełna	Protex M + bawełna + Beltron bawełna
2.	Splot	interlok	interlok	lewoprawy podwójnie nabierany	lewoprawy pojedynczo nabierany	interlok 1x1	interlok 1x1
3.	Odporność na zapalenie powierzchniowe w kierunku wzdłużnym i poprzecznym ¹	ocena pozytywna ²	ocena pozytywna ²	ocena pozytywna ²	ocena pozytywna ²	ocena pozytywna ²⁾	ocena pozytywna ²
4.	Odporność cieplna w temperaturze 180°C						
4.1	Zmiana wyglądu	próbki lekko pociemniały i zeszywniały			próbki lekko pociemniały	próbki lekko pociemniały	
4.2	Zmiana wymiarów w kierunku: wzdłużnym [%] poprzecznym [%]	duży skurcz -8,0			-6,3 -4,4	-6,4 -4,4	
5	Ocena ogólna: dzianina wykazuje cechy ochronne „+”, nie wykazuje „-”	-	-	-	-	-	-

Tabela 2. c.d.

Tabela 2. continuation

Lp.	Nr próby Wskaźnik	Próba 4	Próba 5	Próba 6	Próba 6A	Próba 7	Metoda badania
1	Rodzaj surowca	Nomex T 450 wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	metaaramid wiskoza FR	Conex + Bekinox wiskoza FR	
2	Splot	interlok 1x1	interlok 1x1	interlok 2x2	interlok 2x2	interlok 2x2	
3	Odporność na zapalenie powierzchniowe w kierunku wzdłużnym i poprzecznym ¹⁾	ocena pozytywna ²⁾	ocena pozytywna ²⁾	ocena negatywna ²⁾	ocena pozytywna ²⁾	ocena pozytywna ²⁾	PN-EN ISO 15025:2005
4	Odporność cieplna w temperaturze 180°C						ISO 17493:2000
4.1	Zmiana wyglądu	próbki lekko pociemniały	próbki nie zmieniły wyglądu		próbki nie zmieniły wyglądu	próbki nie zmieniły wyglądu	
4.2	Zmiana wymiarów w kierunku -wzdłużnym [%] -poprzecznym [%]	-1,1 -1,3	-0,5 -1,6		-1,1 -1,3	-0,5 -2,1	
5	Ocena ogólna: dzianina wykazuje cechy ochronne „+”, nie wykazuje „-”	+	+	-	+	+	

1). Odporność na zapalenie powierzchniowe w kierunku wzdłużnym i poprzecznym – określana w oparciu o ocenę wskaźników zgodnie z normą PN-EN ISO 15025:2005 obejmującą następujące elementy badania:

- Czy płomień sięga górnej lub pionowej krawędzi próbki?
- Jaki jest czas następczego spalania płomieniowego [s]?

- Czy następcze żarzenie rozszerza się poza powierzchnię objętą płomieniem?
- Jaki jest czas następczego żarzenia [s]?
- Czy wystąpiły szczątki?
- Czy wystąpiły płonące szczątki?
- Czy powstała dziura

2). Wg wymagań normy PN-EN ISO 11612:2008

4. Analiza wyników badań pod kątem wyboru optymalnych asortymentów dzianin trudno palnych

Mając na uwadze funkcje jakie mają spełniać dzianiny na wyroby bieliżniane dla strażaków, analizę wyników badań przeprowadzono przede wszystkim pod kątem oceny właściwości ochronnych i cech charakteryzujących komfort użytkowy. Z dokonanej analizy wynika, że właściwości te w dużej mierze uzależnione są od zastosowanych układów surowcowych, splotu, którym wykonano dzianiny, od prowadzonej obróbki wykończalniczej i wynikającej z tych działań technologicznych uzyskanej masy powierzchniowej dzianin. W związku z tym można wnioskować, że:

- o właściwościach ochronnych poszczególnych asortymentów dzianin zdecydował układ surowcowy, gdyż w dzianinach w których występowały włókna bawełniane nie uzyskano odporności cieplnej w temperaturze 180°C. (wg wymagań normy PN-EN ISO 11612:2008). Pozytywną ocenę tego wskaźnika posiadają dzianiny wytworzone z układu przędz trudno palnych.
- na właściwości ochronne miał również wpływ zastosowany splot interlokowy, układ przędz 1 x 1 jest korzystniejszy niż 2 x 2, z uwagi na lepszy w nim układ surowcowy (bardziej wyrównany przemienny układ dwóch surowców sąsiadujących oczek). W próbie 6A właściwości te uzyskano dzięki obróbce wykończalniczej (barwieniu) próby 6; po wykurczeniu się przędzy wiskozowej, na powierzchni uwypukliły się oczka z przędzy aramidowej i zwiększyła się gramatura dzianiny.
- zastosowane układy surowcowe mogą zagwarantować dobre właściwości fizjologiczne wyrobów konfekcjonowanych z dzianin, ponieważ świadczy o tym poziom uzyskanych wartości oznaczanych wskaźników takich jak: higroskopijność, opór pary wodnej i przepuszczalność powietrza.
- wszystkie asortymenty dzianin, które wykazują właściwości ochronne, poza próbą 7, posiadają również dobre cechy użytkowe w zakresie stabilności wymiarowej po praniu.
- mając na uwadze wyniki wszystkich aspektów badań, jakimi objęto w pracy dzianiny, na wyroby bieliżniane o właściwościach ochronnych trudno palnych mogą być wykorzystane dzianiny wytwarzane wg **próby 4, 5 i 6A**.

Z pośród dzianin pozytywnie ocenionych pod kątem prowadzonych badań technologicznych i laboratoryjnych wytypowano do wdrożenia w warunkach przemysłowych jeden asortyment dzianiny tj. **próbę 6A**, dla którego rozszerzono badania i ze względu na bezpośredni kontakt wyrobów ze skórą wyznaczano użytkowe wskaźniki chemiczne

(poziom wskaźników objęty wymaganiami normy PN- EN 340:2006 w zakresie punktu 4.2 [12]):

- odporność wybawień na pot alkaliczny i kwaśny wg PN-EN ISO 105-E04:2009 [8],
- obecność amin aromatycznych wg PN-EN 14362-1:2005 [9]

oraz dodatkowe parametry cech ochronnych określające odporność na:

- działanie promieniowania cieplnego zgodnie z normą PN-EN ISO 6942:2005 [10],
- przenikanie ciepła przy działaniu płomienia zgodnie z normą PN-EN 367:1996 [11].

Wyniki badań tych wskaźników potwierdzają wymagany poziom odnośnie materiałów przeznaczanych na wyroby o właściwościach ochronnych, a ich wartości liczbowe wraz z metodyką wyznaczania zamieszczono w tabeli 3. i 4.

Tabela 3.

Badania chemiczne dzianiny trudno palnej

Tabel 3.

Chemical results of flame retardant knitting material

Badany parametr	Próba 6A	Metoda badań wg norm	Warunki badania
pH ekstraktu wodnego	6,8	PN-EN ISO 3071:2007	Typ zastosowanego roztworu: woda dejonizowana o pH 5,2 temperatura roztworu 23,1°C
Odporność wybawień: -pot alkaliczny	a/ 5 b/ 4 – 5 c/ 4 – 5	PN-EN ISO 105-E04:2009	
Odporność wybawień: -pot kwaśny	a/ 5 b/ 4 – 5 c/ 4 – 5	PN-EN ISO 105-E04:2009	
Oznaczanie amin aromatycznych	nie wykryto	PN-EN 14362-1:2005	Metoda chromatografii gazowej, badano 22 aminy aromatyczne

a/ zmiana barwy danej próbki

b/ zabrudzenie bieli tkaniny towarzyszącej - poliamid

c/ zabrudzenie bieli tkaniny towarzyszącej- wiskoza

Tabela 4.

Badanie dzianiny poddanej działaniu promieniowania cieplnego i przenikania ciepła przy działaniu płomienia

Tabel 4.

Heat transfer radiation for knitting material

Badania dzianiny Próba 6A	Działanie promieniowania cieplnego wg PN-EN ISO 6942:2005	Przenikanie ciepła przy działaniu płomienia wg PN-EN 367:1996
Wskaźnik	RHTI 24	HTI 24
Wartość średnia	13,5	9
Najniższy pojedynczy wynik	13,3	8,1
Wymagania wg PN-EN ISO 11612: 2008	RHTI 24 min max C1 7,0 < 20,0 C2 20,0 < 50,0 C3 50,0 < 95,0 C4 95,0	HTI 24 min max B1 4,0 < 10,0 B2 10,0 < 20,0 B3 20,0

5. Podsumowanie

Zrealizowane w pracy badawczej pozwoliły na opracowanie dzianin trudno palnych, których właściwości zostały potwierdzone w instrumentalnych badaniach laboratoryjnych. Wynikiem tych działań jest opracowana technologia wytwarzania dzianin oraz dokumentacja techniczno-technologiczna konstrukcji i konfekcjonowania wyrobów bieliznianych z tych dzianin, przeznaczonych na warstwę pododzieżową ubioru zabezpieczającego użytkownika w zagrożeniu pożarowym.

Wyroby bielizniane mogą być konfekcjonowane z dzianiny wykonanych z układów przędz:

- Nomex T 450 + wiskoza FR
- metaaramid + wiskoza FR

przy zastosowaniu splotu interlokowego 1x1 lub 2x2 i o parametrach strukturalnych, których wynikiem są masy powierzchniowe dzianin w zakresie 215 – 245 g/m².

Pozytywny wynik prac był podstawą uruchomienie produkcji dzianiny trudno palnej, w pierwszym etapie dzianiny z układu przędz metaaramid + wiskoza FR, którą w procesie obróbki wykończalniczej wybarwiano na kolor czarny. Z tej partii dzianin konfekcjonowano komplety bielizny i przedstawiono jako ofertę handlową dla strażaków OSP i PSP.

Potwierdzeniem uzyskanych efektów jest również uzyskany Certyfikat Zgodności Nr 8/AC-097/2010 wydany przez Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX” w Łodzi dla bielizny o właściwościach trudno palnych i termoizolacyjnych wykonanej z dzianiny o składzie surowcowym metaaramid + wiskoza FR w kolorze czarnym. Certyfikat deklaruje, że bielizna przeznaczona jest do noszenia pod odzieżą ochronną przez strażaków

OSP i PSP oraz innych osób pracujących w środowisku stwarzającym zagrożenie pożarowe. Wyroby spełniają wymagania zawarte w normie PN-EN ISO 11612:2008 p. 6.2.1, 6.3, 7.2 i 7.3. „Odzież ochronna. Odzież chroniąca przed czynnikami gorącymi i płomieniem”.

Ponadto dodatkowym sukcesem było zdobycie na SAWO 2010 - XX Międzynarodowych Targach Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa w Poznaniu ZŁOTEGO MEDALU SAWO przez współtwórców opracowanej technologii bielizny o właściwościach trudno palnych i termoizolacyjnych. Medal został przyznany przez Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej w kategorii sprzęt ratowniczy i wyposażenie straży pożarnych.

Literatura

1. Cyniak D, Czekalski J, Jackowski T, Kowalski J, Maj R, *Przędze mieszkankowe trudnopalne przeznaczone na techniczne wyroby uszczelniające*, Przegląd Włókienniczy nr 5, 2007 r.;
2. Du Pont Nomex® - materiały informacyjne firmy Du Pont, www.dupont.cm;
3. ISO 17493: 2000 Clothing and equipment fore protection against heat – Test metod for convective heat resistance Rusing a hot air circulating oven.
4. Machnikowska-Kiereś E., *Wymagania stawiane wyrobom włókienniczym w zakresie palności*, Materiały konferencyjne XXIII Seminarium Polskich Kolorystów, Elbląg, 03-06.10.2007 r.
5. PN-EN ISO 14116:2008 „Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i płomieniem. Materiały, układy materiałów i odzież o ograniczonym rozprzestrzenianiu płomienia”.
6. PN EN ISO 11612:2008 „Odzież ochronna. Odzież chroniąca przed czynnikami gorącymi i płomieniem”.
7. PN-EN ISO 15025: 2005 „Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i płomieniem. Metoda badania ograniczonego rozprzestrzeniania płomienia”.
8. PN-EN ISO 105-E04:2009 „Tekstyli. Badania odporności wybarwień. Odporność wybarwień na działanie potu”.
9. PN-EN 14362-1:2005 „Tekstyli. Metody oznaczania niektórych amin aromatycznych pochodzących z barwników azowych”.
10. PN-EN ISO 6942: 2005 „Odzież ochronna. Ochrona przed gorącym i ogniem. Metoda badania: Ocena materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania cieplnego”.
11. PN-EN 367: 1996 „Odzież ochronna. Ochrona przed ciepłem i płomieniem. Metoda wyznaczania przenikania ciepła przy działaniu płomienia”.

12. PN-EN 340:2006 „*Odzież ochronna. Wymagania ogólne*”.
13. Praca zbiorowa „*Możliwości nadawania właściwości trudno palnych dzianym materiałom włókienniczym poprzez zastosowanie specjalnych surowców i technik wykończalniczych*”, Instytut Włókiennictwa, 2007 r.
14. Praca zbiorowa, *Technologia wyrobów dziewiarskich zabezpieczających użytkownika w zagrożeniu pożarowym*, projekt celowy nr 6 ZR7 2008C/07115, Instytut Włókiennictwa, 2010 r.
15. Praca zbiorowa, *Compact yarns*, E! 3814 Kompakt, UZCHV Spolsin, Ceska Trebova, Republika Czeska, 2009 r.
16. Szejna M., *Odzież chroniąca przed płomieniem i czynnikami gorącymi – wymagania i metodyka badań*, Przegląd Włókienniczy nr 12, 2010 r.
17. *Waxman Fibres Ltd – Kaneceron* - wydawnictwo firmy Waxman Fibres Ltd (England) , 2005 r.

mgr inż. Jolanta Janicka, pracownik naukowo-badawczy Instytutu Włókiennictwa, a w latach 1978-2007 ITTD „TRICOTEXTIL” w Łodzi. Współautor 31 publikacji z czasopismach branżowych i 33 referatów z zakresu dziewiarstwa i pończosznictwa. Współtwórca 5 patentów oraz 2 zgłoszeń patentowych. Członek Międzynarodowej Federacji Technologów Dziewiarzy IFKT i Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów.

dr inż. Elżbieta Mielicka, kierownik Zakładu Naukowego Technologii Dziewiarskich i Odzieżownictwa Instytutu Włókiennictwa - adiunkt. W la-

tach 1986-2007 pracownik ITTD „TRICOTEXTIL” w Łodzi. Koordynator i wykonawca prac badawczych z zakresu dziewiarstwa oraz autor szeregu publikacji w periodykach krajowych i zagranicznych. Prezydent polskiej sekcji International Federation of Knitting Technologists.

mgr inż. Dorota Zagrabą, absolwentka Politechniki Łódzkiej. Od 2001 roku Dyrektor ZOSP RP Wytwórni Umundurowania Strażackiego w Brzezinach, członek Zarządu Ogólnopolskiego Stowarzyszenia Producentów Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych i Sprzętu Ratowniczego. Współautor zrealizowanych przez ZOSP RP WUS i przy współpracy z jednostkami badawczymi projektów dotyczących środków ochrony indywidualnej dla strażaków. Koordynator projektu obejmującego odzież - bieliznę dla górników.

mgr inż. Andrzej Kędziora, absolwent Politechniki Łódzkiej. Od 2003 roku Koordynator Produkcji w ZOSP RP Wytwórni Umundurowania Strażackiego w Brzezinach. Współautor zrealizowanych przez ZOSP RP WUS i przy współpracy z jednostkami badawczymi projektów dotyczących środków ochrony indywidualnej dla strażaków: kominiarek, rękawic i bielizny.

Recenzenci

dr inż. Stefan Wilczkowski

dr Tomasz Węsierski

st. kpt. mgr inż. **Arkadiusz KIELIN**
Zastępca Dowódcy JRG-6
KM PSP w Krakowie

RATOWNICTWO CHEMICZNO-EKOLOGICZNE

Analiza akcji przy ulicy Powstańców

Chemical and ecological rescue

Analysis of the action in Cracow at the Powstańców str.

Streszczenie

W artykule dokonano analizy akcji jaka miała miejsce w dniu 30.05.2011 r. przy ul. Powstańców w Krakowie gdzie rozszczelnieniu uległ zawór denny w cysternie samochodowej przewożącej stężony kwas azotowy nr ONZ 2031. Przedstawiono problematykę związaną z kierowaniem działaniami przy tego typu zdarzeniach, dysponowaniem sił i środków, doбором odpowiednich urządzeń pomiarowych i sprzętu do zabezpieczenia ratowników pracujących w strefie zagrożenia. Omówiono trudności jakie wystąpiły podczas pracy ze sprzętem do przepompowywania substancji niebezpiecznych. Przypomniano także właściwości fizykochemiczne kwasu azotowego oraz zagrożenia, z którymi mogą spotkać się ratownicy biorący udział w działaniach ratowniczych z tym kwasem.

Summary

In the article, there was made an analysis of the action which took place on 30.05.2011 at the Powstancow street in Krakow. There was an unsealing of the bottom valve in the tank vehicle. The vehicle was transporting the concentrated nitric acid, number: UN 2031.

The article describes the issues of the managing during that kind of rescue actions according the forces and resources control, choosing the proper measurement tools and all the equipment which provides the safety of the rescue team. The author described all the problems which appeared while using the hazardous substances pumping equipment. There were also recalled physicochemical properties of the nitric acid and all the threats that can face members of the rescue team during their contact with that acid.

Słowa kluczowe: ratownictwo, ratownictwo chemiczne, kwas azotowy;

Keywords: rescue, chemical rescue, nitric acid;

Rozwój cywilizacyjny, a co za tym idzie także rozwój transportu drogowego, stawia przed służbami ratowniczymi coraz to nowe wyzwania. Choć zdarzenia te (np. wypadki cystern przewożących substancje niebezpieczne) występują sporadycznie, nie można wykluczyć, że strażacy w trakcie swojej wieloletniej służby nie spotkają się z tego typu zdarzeniami. Biorąc pod uwagę tylko rok 2011 Specjalistyczne Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego woj. małopolskiego (tj. SGRchem-eko Kraków i SGRchem-eko Tarnów) brały udział w jednym poważnym zdarzeniu z kwasami każda. SGRchem Tarnów w sierpniu 2011 r. prowadziła działania związane z ugaszeniem palącej się cysterny samochodowej przewożącej nitrozę (mieszanina dwóch stężonych kwasów: azotowego i siarkowego), natomiast SGRchem-eko Kraków brała udział w zdarzeniu związanym z rozszczelnieniem cysterny przewożącej stężony kwas azotowy. Problematyka akcji związanych z usuwaniem tego zdarzeń tj.: trudności

z uszczelnieniem wycieków, niebezpieczeństwo dla życia i zdrowia ratowników stwarzane przez substancje niebezpieczne, nieprzewidziane problemy ze sprzętem mogące wystąpić podczas tego typu zdarzeń, itp., sprawiają, że każdymi spostrzeżeniami, wnioskami oraz problemami występującymi podczas tego typu akcji należy się dzielić w gronie strażaków. Stare przysłowie mówi, że najlepiej się uczyć na błędach innych.

W dniu 30.05.2011 r. o godzinie 20:39 Dyżurny Operacyjny Stanowiska Kierowania Komendanta Miejskiego w Krakowie przyjął zgłoszenie o rozszczelnionej cysternie przewożącej stężony kwas azotowy. Do zdarzenia miało dojść na ul. Powstańców. Ulica ta znajduje się w rejonie operacyjnym Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej nr 7. Zgodnie z „Procedurą dysponowania i dowodzenia siłami i środkami KSRG w działaniach ratowniczych z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego” KW PSP w Krakowie (drugi stopień – dysponowa-

nie plutonu lub Grupy ratownictwa chemiczno-ekologicznego na terenie działania KP/KM PSP, w której zdarzenie z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego powstało), dyżurny SKKM w Krakowie na podstawie otrzymanego zgłoszenia zadysponował jednocześnie do działań siły i środki JRG-7 w sile GBArt 2,5/24 i GBArt 2,4/40 SPARTAN oraz SGRchem-eko „KRAKÓW 6” z JRG-6. Po dotarciu do miejsca zdarzenia pierwszy KDR udał się na rozpoznanie i stwierdził, że rozszczelnieniu uległ zawór denny jednej z komór cysterny, która przewoziła 24000 litrów kwasu azotowego (trzy komory po 8000 litrów) o stężeniu 65% nr ONZ 2031. Kwas, który wylewał się z cysterny silnie dymił. W wyniku zaistniałego zdarzenia nie ucierpiały żadne osoby.

Po dotarciu na miejsce akcji zamiarem taktycznym pierwszego Kierującego Działaniem Ratowniczym było:

- Zamknięcie ruchu na ul. Powstańców – tym odcięciem działań zajęła się Policja i Straż Miejska,
- Ograniczenie rozprzestrzeniania się rozlanego kwasu poprzez rozsypanie sorbentu znajdującego się na samochodach ratowniczo-gaśniczych, które jako pierwsze dotarły do miejsca akcji. W późniejszym etapie akcji wykorzystano do tego celu piasek, który dowiozły do miejsca zdarzenia samochody kwatermistrzowskie,
- Rozstawienie kurtyn wodnych („małych” z nasadami 52) w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się oparów kwasu. Głównym zadaniem kurtyn wodnych było nie dopuszczenie aby opary kwasu przedostały się w pobliże Hipermarketu. Wodę podawano z wydajnością ok. 200 l/min każda.

- Wezwanie na miejsce zdarzenia Specjalistycznej Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego „KRAKÓW 6”

O godz. 20:50 na miejsce działań przybył Oficer Operacyjny Miejskiego Stanowiska Kierowania, który przejął dowodzenie. Podtrzymał decyzje pierwszego KDR i polecił wyznaczyć strefę zagrożenia oraz zabezpieczyć studzienki kanalizacyjne w promieniu 30 m od miejsca zdarzenia.

Na miejsce akcji została zadysponowana Grupa Operacyjna Komendanta Miejskiego PSP w Krakowie.

Po dotarciu na miejsce SGRchem-eko o godz. 21:10, pomiarowy ponownie wyznaczył strefę zagrożenia wokół cysterny przy użyciu elektronicznych urządzeń pomiarowych (GASMAN wyskalowany na NO_2 oraz TETRA 3 wyskalowany na NO_2 i O_2), które wskazywały w pobliżu cysterny stężenie przekraczające 5 ppm ($\approx 9,5 \text{ mg/m}^3$). Rota zabezpieczona w ubrania przeciwochłapaniowe Plastiklos zabezpieczyła studzienki kanalizacyjne przy pomocy specjalnych worków napełnianych wodą. Strefa zagrożenia sięgała do 100m (w najdalszym miejscu od rozszczelnionej cysterny zgodnie z kierunkiem wiatru) od miejsca zdarzenia i była wyznaczona na granicy NDS dla NO_2 tj. 5 mg/m^3 ($\approx 2,6 \text{ ppm}$). Rota zabezpieczona w chemoodporne ubrania gazoszczelne MSA Auer Vautex Elite podwiesiła pod cysterną plandekę typu „Responder” w celu ograniczenia wycieku i przystąpiła do próby uszczelnienia zaworu. Plandeka miała za zadanie wychwycić wypływający kwas, który wyciekał z cysterny z natężeniem ok. 15 l/min. Po kilku minutach opary kwasu



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny miejsca zdarzenia (skala 1:1000)

Fig. 1. Situation draft

„strawiły” sznurek (była to linka parczana o średnicy ok. 5mm), na którym podwieszona była plandeka, ratownicy musieli podwiesić ją na drutach (użyto do tego „zwykłego” drutu wykorzystywanego do taśmowania pożarniczych węży tłocznych - znajdował się on na wyposażeniu SLRchem). O godz. 21:15 na miejsce akcji zostały zadysponowane samochody kwatermistrzowskie, które przywiozły wapno do neutralizacji kwasu oraz piasek do ograniczenia rozlewu. W celu neutralizacji kwasu, który przedostał się do kanalizacji, wsypano do studzienek kanalizacyjnych ok. 200 kg wapna. Ze względu na brak możliwości uszczelnienia wycieku, KDR podjął decyzję o przystąpieniu do przepompowania kwasu do cysterny zastępczej. Do tego celu użyto pompy perystaltycznej DEPA ERLO z węzłem hypalonowym oraz kwasoodpornych węży LILA. Po ok. pięciu minutach pompowania pompa uległa uszkodzeniu (zostały wybite bezpieczniki).

Prawdopodobną przyczyną uszkodzenia pompy było przedostanie się kwasu do komory, gdzie znajduje się wąż perystaltyczny, rolki, żel smarujący. Kwas wszedł w reakcję z żelazem smarującym (po otwarciu komory hermetyzacji żel był koloru czarnego) i uszkodził wąż oraz „bieżnię” (przyczyna uszkodzenia nie została jednoznacznie sprecyzowana przez firmę serwisującą, do której została zabrana pompa po akcji). Pompa była miesiąc wcześniej na przeglądzie serwisowym, który mógł być przeprowadzony niewłaściwie (być może przyczyną była podwinięta lub pęknięta uszczelka lub uszkodzony zawór odpowietrzający – przypis autora).

Po tym zdarzeniu Dowódca SGRchem-eko polecił przebroić układ i do pompowania użyć pompy zanurzeniowej (kwasowej) MAST. W trakcie prowadzenia działań zmieniły się warunki atmosferyczne (wiatr zmienił kierunek) dlatego KDR polecił zmienić miejsce usytuowania kurtyn wodnych oraz podać dwa mgłowe prądy wody z drabiny mechanicznej w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się oparów kwasu azotowego na pobliski hipermarket. Po chwili jednak zrezygnowano z tego zamiaru ze względu na słabą skuteczność i mogące się pojawić problemy z zasilaniem w wodę jednocześnie kurtyn wodnych i prądów mgłowych.

Na bieżąco monitorowano zasięg strefy zagrożenia oraz dokonywano niezbędnych pomiarów przyrządem GASTMAN wyskalowanym na NO_2 . Przy pomocy papierków lakmusowych sprawdzano pH rozlanego kwasu (papierki lakmusowe wskazywały pH 1 lub 2). Czynności te wykonywała jedna osoba - pomiarowy.

Przepompowano 4000 litrów kwasu. Po zakończeniu pompowania (ok. godz. 1:00) dokonano dekontaminacji wstępnej sprzętu użytego w akcji. Następnie ubrania ochronne i sprzęt (węże, pompy) przetransportowano do jednostki, wykorzystując do tego celu przyczepkę biologiczną, gdzie dokonano

dekontaminacji właściwej. Wodę po dekontaminacji zneutralizowano do pH bliskiego 7 i wypuszczono do kanalizacji. Dyżurny Operacyjny nawiązał kontakt z MPWiK Kraków w celu otrzymania informacji czy oczyszczalnia ścieków odnotowała jakiegokolwiek zanieczyszczenia wody, która spływa z kanalizacji. MPWiK po dokonaniu swoich pomiarów poinformowało SKKM w Krakowie, że żadnych niepokojących zmian nie odnotowano.

O zaistniałym zdarzeniu poinformowano telefonicznie WIOŚ i PIOŚ.

Akcja trwała 8 godzin i 22 minuty.



Ryc. 2. Pomiarowy wyznaczający strefę zagrożenia

Fig. 2. Rescuer marking out danger zone

Czas pracy ratowników w chemoodpornych ubraniach gazoszczelnych Auer Vautex Elite (typ 1a ET) wynosił jednorazowo od 20 do 30 minut, natomiast ratownicy wchodzili do strefy kilkakrotnie. Była to praca wymagająca dużego wysiłku psychofizycznego, wymagająca częstych podmiian ratowników w strefie zagrożenia. Ze względu na fizyczne zmęczenie ratowników, KDR podjął decyzję o skierowaniu na miejsce akcji wszystkich ratowników, pełniących w tym dniu służbę (z JRG nr 1 KM PSP w Krakowie wyposażoną w sprzęt do dekontaminacji masowej), którzy posiadają specjalistyczne przeszkolenie z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego. Po przyjeździe na miejsce zdarzenia realizowali oni zadania w strefie zagrożenia.

W trakcie prowadzonych działań zużyciu (odbarwieniu i rozwarstwieniu) uległa plandeka „Responder” oraz uszkodzeniu pompa DEPA ERLO. Do neutralizacji kwasu zużyto 200 kg wapna oraz 800 kg piasku do ograniczenia rozlewu rozcieńczonego kwasu. Ratownicy pracowali w chemoodpornych ubraniach gazoszczelnych AUER Vautex Elite. Łączny czas pracy większości ubrań w strefie zagrożenia wynosił ponad 120 minut na każde ubranie.



Ryc. 3. Ratownicy pracujący na rozszczelnionej cysternie – obok cysterna zastępcza, do której przepompowano kwas

Fig. 3. Rescuers working on the unsealed tank and a spare tank vehicle



Ryc. 4. Obszar zgrupowania sił i środków poza strefą zagrożenia – miejsce ubierania ratowników w ubrania CUG

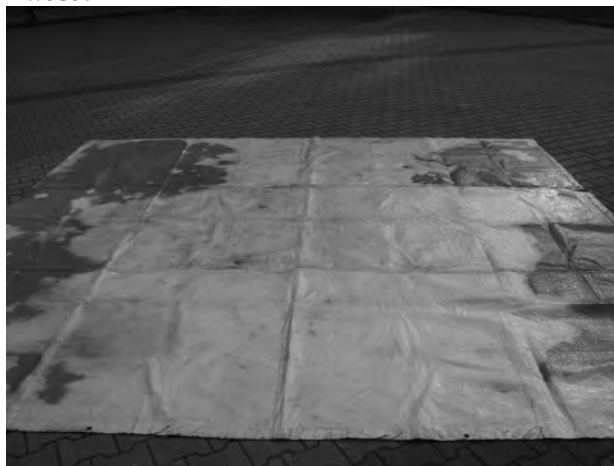
Fig. 4. Reception and departure centre outside the danger zone with a place for changing into chemical protective suits

Po dokonaniu dekontaminacji właściwej, dokonano próby szczelności ubrań, które brały udział w akcji. Z 6-ściu ubrań próby nie przeszło 5 szt. Nieszczelności wystąpiły: w 4 ubraniach w miejscu łączenia rękawic z kombinezonem oraz na samych rękawicach, jedno ubranie zostało mechanicznie uszkodzone na wysokości ok. 1 cm nad butem. Nie wykluczono także możliwości przedostania się kwasu do wnętrza ubrania np. podczas rozbierania ratownika poza strefą zagrożenia.

Zwrócono się z prośbą do firmy MSA SAFETY AUER o dodatkowe przebadanie ubrań gazoszczelnych, które brały udział w zdarzeniu i wydanie opi-

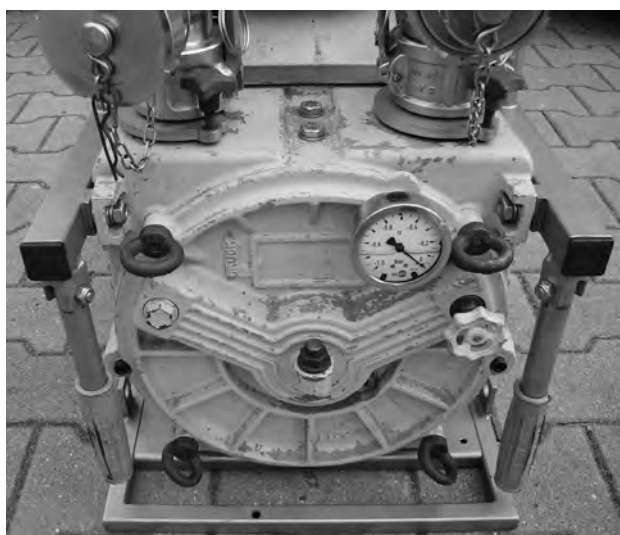
nii czy nadal nadają się do dalszego użytkowania przez Państwową Straż Pożarną. Uszkodzone ubrania zostały naprawione przez Firmę MSA SAFETY i dopuszczone do dalszego użytkowania po pozytywnym przejściu próby szczelności.

W wyniku przeprowadzonego przez Policję dochodzenia po tym zdarzeniu ustalono, że podczas przeglądu okresowego, w firmie serwisującej cysterny do przewozu substancji niebezpiecznych, pod zawór denny założono uszczelkę gumową zamiast teflonowej. Podczas transportu kwasu azotowego uszczelka gumowa uległa uszkodzeniu (została „strawiona” przez kwas) co spowodowało wyciek kwasu.



Ryc. 5. Zniszczona plandeka „Responder”

Fig. 5. Damaged “Responder” covering



Ryc. 6. Uszkodzona pompa – widoczne elementy „strawione” przez opary kwasu

Fig. 6. Pump with a visible damages consumed by the acid fumes

Tabela 1.
**Zadysponowane siły i środki KM PSP
w Krakowie**

Tabela 1.
**A list of rescuers and equipment from
the Municipal Headquarters of the State Fire
Service in Cracow deployed to the accident**

Lp.	JRG	Samochód	Ilość osób	Czas zadysponowania
	7	GBARt 2,5/24	5	20:40
	7	GBARt Spartan 2,4/40	4	20:40
	7	SCD-30	2	20:40
	7	SLKw	1	21:15
	6	GBARt 2,5/16	6	20:49
	6	SLRt	3	20:49
	6	SLRchem	2	20:49
	6	SCRchem	3	20:49
	6	SLOp	2	20:49
	KM PSP	SLRR	3	20:43
	KM PSP	SLOp	1	21:35
	2	SLOp	1	22:03
	2	SLKw	2	23:45
	2	SLOn	2	21:14
	1	SLRchem	3	21:05
	1	SLKw	2	21:20
	5	SPGaz	2	22:25

Wnioski

- Użycie kurtyn wodnych skutecznie ograniczało rozprzestrzenianie się oparów kwasu azotowego;
- Wsypanie wapna do studzienek kanalizacyjnych skutecznie zneutralizowało kwas, który dostał się do instalacji kanalizacyjnych – MPWiK nie stwierdziło żadnego zanieczyszczenia na swoich stacjach;
- Zmienny wiatr utrudniał precyzyjne wyznaczenie strefy zagrożenia;
- Zadysponowanie do działań ratowników posiadających przeszkolenie z zakresu ratownictwa chemiczno-ekologicznego z JRG-1 pozwoliło efektywniej rozłożyć siły ratowników pracujących w strefie zagrożenia;
- Plandeka „Responder” skutecznie zatrzymała wyciekający kwas. Na płaskim utwardzonym terenie (takim jak w przypadku opisanej akcji) można było pokusić się o podłożenie pod rozszczelniony zawór np. chemoodpornych kuwet, wanien itp.;
- Przy zakupie chemoodpornej plandeki typu „Responder” należy rozważyć możliwość dokupienia sznurka, linki itp., który także będzie posiadał odporność chemiczną;

- Należałoby rozważyć możliwość przeprowadzenia ćwiczeń dla Specjalistycznych Grup Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego z zakresu przepompowywania substancji niebezpiecznych z użyciem prawdziwych mediów np. niektórych kwasów (małe stężenia) itp. pozwoliłoby to sprawdzić sprzęt w warunkach zbliżonych do tych występujących podczas prawdziwego zdarzenia i uniknąć ewentualnych „niespodzianek” w trakcie prowadzenia działań. Moglibyśmy brać przykład z francuskich strażaków, którzy szkolą się np. na prawdziwych izotopach promieniotwórczych (choć o małej promieniotwórczości).

Właściwości fizykochemiczne kwasu azotowego

Czysty kwas azotowy jest bezbarwną cieczą. Podczas dłuższego przechowywania ulega częściowemu rozkładowi i zabarwia się na żółto lub brązowo; rozkład ten przyspiesza podwyższona temperatura i światło. Na powietrzu dymi, można zaobserwować wydzielanie brunatnego tlenku azotu(IV):



Stężony roztwór kwasu azotowego ma silne działanie korodujące, jest on bardzo aktywny chemicznie, a reakcje mogą być gwałtowne, nawet wybuchowe. Może spowodować zapłon materiałów palnych. Rozcieńczanie stężonego kwasu azotowego jest procesem egzoenergetycznym. Jest mocnym kwasem – ulega całkowitej dysocjacji po dodaniu minimalnej ilości wody. Kwas azotowy(V) i jego sole są bardzo silnymi utleniaczami.

Działanie na organizm człowieka - w postaci par i dymów – działanie drażniące i duszące, w postaci ciekłej – żrące. Pary kwasu azotowego powodują przekrwienie spojówek, kaszel, pieczenie gardła, uczucie duszności (obrzęk głośni, skurcz oskrzeli), krwioplucie (wczesne objawy zatrucia). Następnie po okresie utajenia (do 48 godzin) może wystąpić toksyczny obrzęk płuc. Działanie miejscowe roztworu powoduje martwicę koagulacyjną skóry i śluzówek (oczu i przewodu pokarmowego). W ciężkich rozległych oparzeniach możliwość wystąpienia wstrząsu, hemolizy i uszkodzenia nerek. Powikłania: zapalenie płuc i oskrzeli, krwawienie i/lub perforacje przewodu pokarmowego, zmiany bliznowate po oparzeniach z upośledzeniem funkcji zależnie od lokalizacji oparzeń [3].



Ryc. 7. Oznakowanie cystern i autocystern - pomarańczowe tablice ostrzegawcze z numerami rozpoznawczymi 80/2031 oraz nalepka ostrzegawcza nr 8 wg RID/ADR.

Fig. 7. Tank vehicle marking – orange warning plate with UN number 80/2031 and a warning plate with 8 number according to RID/ADR

Informacje na temat podstawowych właściwości fizyczno-chemicznych kwasu azotowego [3].

Tabela 2.

Tabel 2.

The nitric acid physicochemical properties

Wygląd	ciecz bezbarwna lub żółta do brązowej
Zapach	ostry, charakterystyczny
pH	< 1 (2,5 wynik badania podczas akcji)
Temperatura topnienia przy stężeniu 98%	-41,16 °C
Początkowa temperatura wrzenia przy stężeniu 98%	ok. 83,4 °C
Temperatura zapłonu	substancja niepalna
Palność	substancja niepalna
Granice wybuchowości	substancja nie wybuchowa
Prężność par	6370 Pa przy stężeniu 98%
Gęstość w 20°C	1,513 g/cm ³
Rozpuszczalność w wodzie w 20°C	0,5 kg/ dm ³
Temperatura samozapłonu	substancja niepalna
Lepkość w 20°C	0,75 mPas przy stężeniu 98%
Stężenie (dot. Nr UN 2031)	zawiera ponad 55%, ale nie więcej niż 70% czystego kwasu

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego;
2. Wytyczne Komendanta Głównego PSP do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym, Warszawa kwiecień 2007;
3. Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej – kwas azotowy;
4. Informacja ze zdarzenia.

St. kpt. mgr inż. **Arkadiusz Kielin** – absolwent studiów inżynierskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (2003). Uzupełniające studia magisterskie ukończył w Wyższej Szkole Ubezpieczeń i Bankowości (2005). Swoje życie zawodowe związał z Krakowem, gdzie Pracuje w Komendzie Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej na stanowisku Zastępcy Dowódcy JRG – 6.

Recenzenci

dr Tomasz Węsierski

bryg. mgr inż. Tomasz Krasowski

dr **Tomasz WĘSIERSKI**

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

mgr inż. **Monika NAGRODZKA**

Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi

Państwowy Instytut Badawczy

WYPADEK KOLEJOWY W SZCZYGŁOWICACH. PRZEBIEG ZDARZENIA ORAZ ANALIZA ZAGROZEŃ RZECZYWISTYCH ORAZ POTENCJALNYCH

The rail accident in Szczygłowice. The case study and an analysis of potential hazards

Streszczenie

Nie jest tajemnicą iż stan polskich torowisk nie należy do najlepszych, zwłaszcza na terenie województwa śląskiego. Prędkość dopuszczalna pociągów na odcinku między Knurów a Szczygłowicami wynosi zaledwie 30 km/h. Niestabilność nasypu kolejowego było przyczyną wypadku jaki zdarzył się w okolicach Szczygłowic 23 maja 2002 r. w wyniku którego wykołeniu uległ pociąg towarowy posiadający w swym składzie między innymi cysternę zawierającą amoniak oraz n-oktanol. Cysterna z n-oktanołem uległa wywróceniu na bok oraz rozszczelnieniu w sposób umożliwiający wyciek praktycznie połowy zawartości cysterny. Cysterna z amoniakiem uległa natomiast zsunięciu jedną oś z toru.

W artykule dokonano analizy zagrożeń występujących na miejscu zdarzenia jak i również działań ratowniczych tam przeprowadzonych. Uwzględniono między innymi właściwości fizykochemiczne chemiczne 1-oktanolu oraz amoniaku. Na podstawie dostępnej dokumentacji tekstowej oraz zdjęciowej udostępnionej przez KM PSP w Gliwicach oszacowano wielkość rozszczelnienia oraz ładunku przewożonego w wykołonych wagonach. W analizie uwzględniono panujące warunki atmosferyczne. Wykorzystując program ALOHA 5.4.1.2 dokonano wyznaczenia wielkości strefy zagrożenia toksykologicznego oraz wybuchowego dla 1-oktanolu dla zaistniałej wielkości rozszczelnienia (33 x 8 cm). Dodatkowo dokonano analizy hipotetycznego zagrożenia jakie miałyby miejsce w przypadku analogicznego rozszczelnienia cysterny z amoniakiem oraz w przypadku gdy uszkodzeniu uległyby zawory wyładowcze cysterny. Drugie założenie było o tyle istotne, iż w przypadku innego układu wagonów w składzie pociągu wywróceniu uległaby cysterna z amoniakiem. Zważywszy na dużo większą odporność cystern ciśnieniowych największe prawdopodobieństwo uszkodzenia istniałoby właśnie dla zaworów wyładowczych.

Publikacja posiada naukowe elementy analizy wplecione w ocenę działań ratowniczych mających miejsce podczas tego zdarzenia. Zważywszy na stosunkowo niedługi czas prowadzenia działań oraz stosunkowo niewielkie zmiany w wyposażeniu jakie nastąpiły w tym okresie publikacja posiada element praktyczny możliwy do wykorzystania przez ratowników w analizie podobnych zdarzeń.

Summary

It is no secret that condition of trackways are insufficient especially in Silesia. Speed limit on the section between Knurów and Szczygłowice is only 30 km/h. Instability of the railway embankment was the cause of an accident that happened around Szczygłowice (23 May 2002) resulting in the derailment of a goods train. The tank with 1-octanol was tipping to one side and broken and almost half of the content leaked. The tank with ammonia derailed only with one axle without failure. This article analyzes the potential and real hazards in time of rescue operation taking into account inter alia physical and chemical properties of 1-octanol and ammonia. On the basis of the available text and photo documentation from City Headquarters of State Fire Service in Gliwice was possible to estimate size of the leakage of cargo carried in the derailed cars. The analysis takes into account the prevailing weather conditions. Using the ALOHA 5.4.1.2 were determined toxicological and flammable zones for 1-octanol leakage (33 x 8 cm). In addition an analysis of a hypothetical risk for ammonia tank damage was made especially with assumption of failure of discharge valves which is the most probable. The publication is a scientific analysis braided into the assessment of rescue operations taking place during this event. Because of relatively small changes in basic equipment that have occurred since 2002 the publication has a practical element capable of being used by rescuers in the analysis of similar events.

Słowa kluczowe: ratownictwo chemiczne, ryzyko związane z amoniakiem, 1-oktanol, strefa zagrożenia, wyciek;

Keywords: chemical rescue, ammonia hazards, 1-octanol, danger zone, leakage;

23 maja 2002 roku o godz. 14.18 w okolicach Szczygłowic na dwutorowym szlaku kolejowym Zabrze Makoszowy-Leszczyny uległ wypadkowi pociąg towarowy, którego prawdopodobną przyczyną była niestabilność nasypu kolejowego. W wypadku tym uległ wykolejeniu elektrowóz, cysterna z 1-oktanołem oraz trzy wagony towarowe (zdj. 1-3). Elektrowóz oraz cysterna kolejowa z 1-oktanołem leżały wywrócone na skarpie, na prawym boku w kierunku jazdy pociągu. Wypadek zauważył dyżurny ruchu PKP PLK o godzinie 14:20. Na miejsce zdarzenia zadysponowane zostały zastępy ratownicze JRG Knurów. Z cysterny kolejowej leżącej na około 15 metrowym nasypie z dużą intensywnością wylewał się 1-oktanol. W bliskim sąsiedztwie rozszczelnionej cysterny znajdowała się cysterna z amoniakiem nie wykazująca jednakże oznak uszkodzenia.



Fot. 1. Wykolejona część składu pociągu [1]
Photo 1. Derailed part of the train [1]



Fot. 2. Widok na wykolejoną cysternę z 1-oktanołem oraz na stojącą na torowisku cysternę z amoniakiem [1]
Photo 2. View on the derailed tank with 1-octanol and standing on the trackway tank with ammonia [1]



Fot. 3. Miejsce rozszczelnienia cysterny z 1-oktanołem [1]
Photo 3. Place of discharge of 1-octanol [1]

Przebieg akcji ratowniczej

Akcja ratownicza rozpoczęła się od godziny 14:43 (23 maja 2002 r.) od przybycia na miejsce zdarzenia zastępów JRG Knurów (GCBA 5/24; SLRt; SLKw) wraz z zastępcą dowódcy jednostki. Zakończenie dwudniowych działań miało miejsce o godzinie 12:10 dnia następnego wraz z protokolarnym przekazaniem miejsca zdarzenia przedstawicielom PKP. Do zdarzenia zadysponowano również zastępy JRG Gliwice-Łabędy (GCBA 5/24; SRT (RW-2); SCRChem, SLOp) oraz JRG Katowice-Piotrowice (GBA 2/25, SRT, SCRChem, SOp). Poszczególne elementy przebiegu działań ratowniczo-gaśniczych w rozbiu na dni przedstawiono odpowiednio w tabeli 1 oraz 2 [1].

Tabela 1.

Przebieg działań ratowniczych w dniu 23 maja 2002 r.[1]

Table 1.

The course of rescue operations in on 23 May 2002 [1]

Godzina	Działania ratownicze
14:43	Przybycie na miejsce akcji pierwszych zastępów (JRG Knurów: GCBA 5/24; SLRt; SLKw) 23 minuty po zauważeniu wypadku przez dyżurnego PKP PLK. Ocena sytuacji na miejscu zdarzenia wraz z podjęciem wstępnych działań zabezpieczających. Zadysponowano pomoc medyczną dla poszkodowanego maszynisty
14:53	Wydano polecenie zadysponowania cysterny samochodowej oraz kolejowej w związku z wyciekiem 1-oktanolu
15:10	Przyjazd pierwszego plutonu chemicznego z JRG Gliwice Łabędy

Godzina	Działania ratownicze
15:25	Zadysponowano ZSR KWK Knurów wraz z 50 beczkami o pojemności 50 litrów. Zadysponowano liny stalowe celem zabezpieczenia cysterny z amoniakiem
16:01	Zbieranie i pompowanie do zbiorników chemoodpornych 1-oktanolu
17:05	Przyjazd pierwszego pociągu ratunkowego oraz zadysponowanie drugiego pociągu stacjonującego we Wrocławiu
18:31	Zadysponowanie na miejsce zdarzenia przedstawicieli WIOŚ
18:40	Przejęcie przez policję zadysponowanej cysterny samochodowej z RINNEN Kędzierzyn Koźle
19:00	Rozpoczęto przepompowywanie 1-oktanolu do podstawionej cysterny samochodowej
19:40	Cysterna kolejowa z 1-oktanolem zostaje opróżniona. Trwa odczepienie części składu pociągu przez pracowników PKP.
20:50	Powrót plutonów chemicznych JRG Katowice -Piotrowice oraz Gliwice-Łabędy do macierzystych jednostek
22:30	Powrót zastępu JRG Knurów oraz podmiana ratowników przez zastęp JRG Gliwice

Tabela 2.

**Przebieg działań ratowniczych
w dniu 24 maja 2002 r. [1]**

Table 2.

**The course of rescue operations
in on 24 May 2002 [1]**

Godzina	Działania ratownicze
01:25	Przybycie na miejsce akcji pociągu ratunkowego z Wrocławia
02:30	Zdjęcie trakcji nad uszkodzonymi wagonami
07:05	Powrót zastępu JGR Knurów celem dokonania podmiany
9:12	Kontrola ciekłu wodnego przez pracowników WIOŚ oraz rozpoczęcie prac podnoszenia cysterny
10:10	Podniesienie cysterny. Ustawienie jej na torach.
12:10	Zakończenie działań ratowniczych i przekazanie protokolarnie miejsca zdarzenia pracownikom PKP

Teren działań został podzielony na dwa odcinki bojowe (rys. 1). Zakres działań odcinka OB. I obejmował teren nasypu kolejowego wraz z wykołojonymi wagonami. Miejsce działań odcinka OB. II był natomiast teren pod nasypem, gdzie w ramach działań prowadzono zbieranie oraz przepompowywanie 1-oktanolu. Przybyła na miejsce karetka pogotowia udzieliła jedynie pomocy medycznej maszyniście elektrowozu.

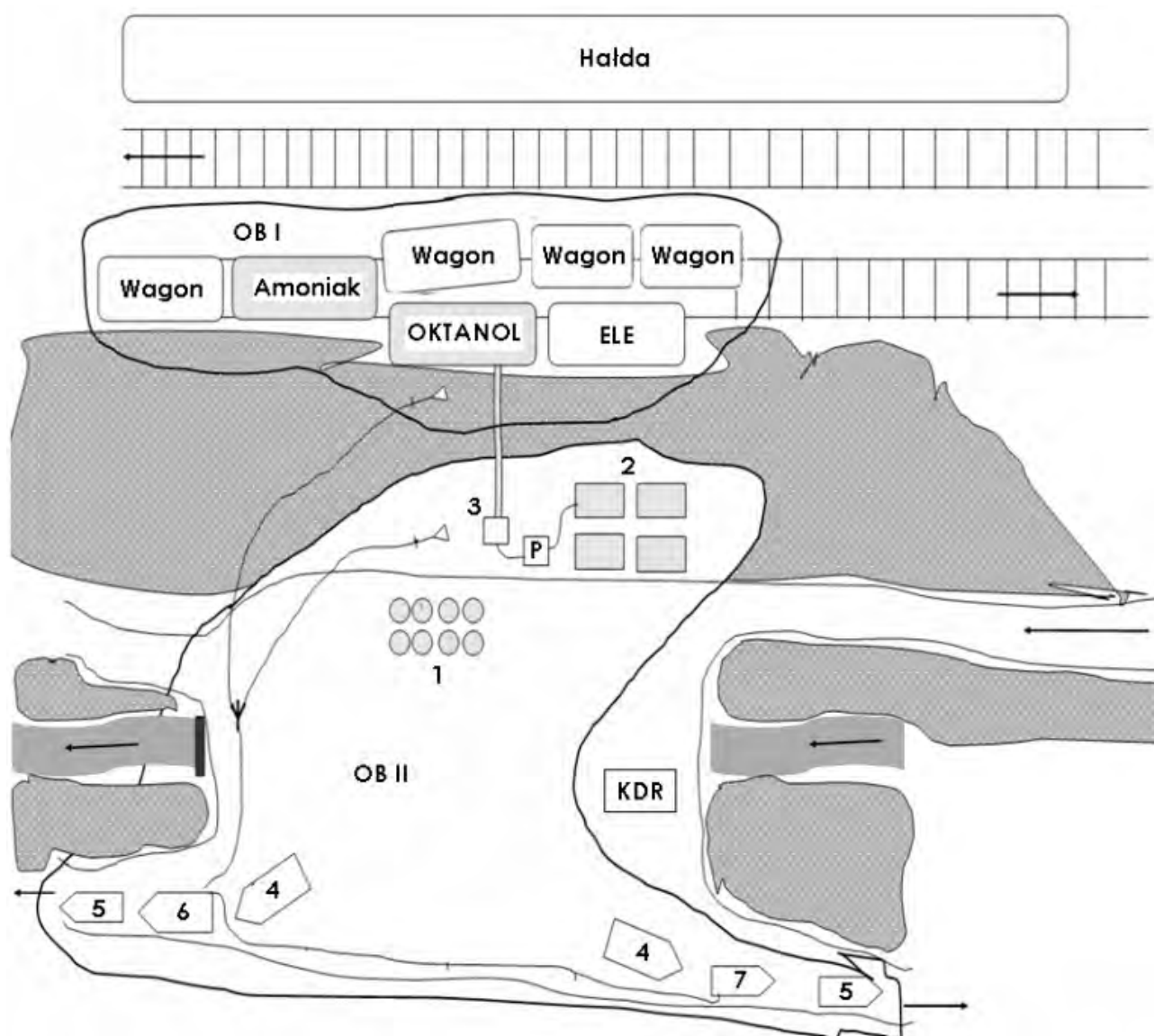
Warunki atmosferyczne panujące na miejscu zdarzenia

Pierwszego dnia prowadzenia działań w jego początkowej fazie panowała temperatura 26°C. Wiatr wiał w kierunku północno-wschodnim z prędkością 2 m/s. Niebo było bezchmurne. Wilgotność względna powietrza wynosiła 58% natomiast ciśnienie 1007 hPa. Zważywszy na fakt likwidacji bezpośrednich skutków rozszczelnienia cysterny w pierwszym dniu działań tylko dane pogodowe z tego dnia będą brane pod uwagę w części obliczeniowej niniejszej publikacji.

Analiza zagrożeń występujących na miejscu zdarzenia

W wyniku wykołojenia rozszczelnieniu uległa cysterna z 1-oktanolem. Znajdująca się niedaleko cysterna z amoniakiem uległa wykołojeniu jedynie jedną osi. Oszacowane rozszczelnienie cysterny z 1-oktanolem miało wielkość przybliżoną polem prostokąta o wymiarach 33 x 8 cm. Analizę wielkości zagrożenia wykonano z użyciem programu ALOHA 5.4.1.2. Analiza uwzględnia maksymalne parametry zagrożenia jakie mogłoby mieć miejsce w przypadku uwolnienia się 1-oktanolu oraz amoniaku przez rozszczelnienie o wymiarach 33 x 8 cm. Dla prowadzonej akcji, obejmującej jedynie rozszczelnienie cysterny z 1-oktanolem, zagrożenie było zdecydowanie mniejsze niż przewidywania programem ze względu na niemożliwość równomiernego gromadzenia się rozlewiska 1-oktanolu w tych warunkach, a także szybką akcją zbierania wyciekającej cieczy za pomocą rynien. Biorąc pod uwagę profil terenowy skarpy, wyciek substancji zajmowałby powierzchnię nie większą niż 30 m². Dla amoniaku dodatkowo zostanie wykonana analiza dla uszkodzenia górnego zaworu wyładowczego o średnicy 80 mm, charakterystycznego dla tego typu wagonów. Rozpatrzony zostanie najbardziej niekorzystny wariant cysterny leżącej bokiem. W warunkach przyczyn zaistniałego wypadku, przy innym układzie wagonów w składzie pociągu, tak duże i tego typu rozszczelnienie cysterny amoniaku byłoby bardzo mało prawdopodobne. Wynika to z faktu dużo większej odporności mechanicznej cystern ciśnieniowych. Jednakże uszkodzenia takiego nie da się wykluczyć. Z większym prawdopodobieństwem natomiast mogłoby dojść do uszkodzenia zaworów wyładowczych zwłaszcza w przypadku osunięcia się cysterny w dół nasypu. Znane są również przypadki BLEVE (bez fireball) cystern zawierających amoniak których przyczyną było uszkodzenie mechaniczne cysterny podczas wypadku (Lieven, Francja 21 sierpnia 1968; Crete, USA 18 luty 1969; Crumming, USA, 29 kwietnia 1969 Huston, USA, 11 maj 1976) [2].

Granicę strefy toksycznej określono względem NDS oraz NDSCh. Aczkolwiek warto rozważyć czy



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny działań ratowniczych podczas pierwszego dnia usuwania skutków wykołowania się pociągu pod Szczygłowicami. Poszczególne symbole oznaczają: 1) beczki o pojemności $V = 50 \text{ dm}^3$ 2) zbiorniki chemoodporne o pojemności $V = 2500 \text{ dm}^3$ 3) zbiornik odbioru cieczy z rynien spustowych 4) SCRCHEM 5) SRT 6) GPR 5/24 7) GBA 2/25 P – pompa perystaltyczna; OB. I – odcinek bojowy I; OB. II – odcinek bojowy II; ELE – elektrowóz

Fig. 1. Sketch of rescue operations during the first day of removing the effects of a train derailment in Szczygłowice. The various symbols are: 1) barrels with a capacity of $V = 50 \text{ dm}^3$ 2) chemical resistant tanks with a capacity of $V = 2500 \text{ dm}^3$ 3) tank receiving liquid from the gutter 4) SCRCHEM 5) SRT 6) GPR 5/24 7) GBA 2/25 P - peristaltic pump, OB. I – first operational sector; OB. II – second operational sector; ELE - locomotive

w zupełności bezpieczną granicą ewakuacji podczas akcji ratowniczych mógłby stanowić ERPG-2 wykorzystywany do sporządzania raportów bezpieczeństwa [3].

Zagrożenie wynikające z rozszczelnienia cysterny z 1-oktanołem

1-oktanol jest substancją działającą drażniącą na skórę i oczy. Nie stanowi jednak poważnego zagrożenia toksykologicznego i nie nadano mu numeru ONZ. Potwierdzają to wartości LD_{50} zarówno dla królika jak i szczura, które są wyższe od 5000 mg/kg masy ciała [4]. Temperatura wrzenia wahająca się w przedziale $188\text{--}198^\circ\text{C}$ powoduje, iż ciecz ta

w warunkach zbliżonych do standardowych ma bardzo niewielką prężność par wynoszącą niewiele ponad $0,3 \text{ hPa}$ (20°C). Temperatura zapłonu wynosząca 82°C sugeruje, iż mamy do czynienia z cieczą palną znajdującą się w III klasie niebezpieczeństwa pożarowego a zatem stosunkowo mało podatną na zapłon mechaniczny. Jednak w przypadku zaistnienia dostatecznie silnego źródła zapłonu podczas wykołowania można byłoby się spodziewać pożaru rozlewiska o powierzchni około 30 m^2 . Do czasu przybycia sił ratowniczych (23 minuty) istniałoby w takiej sytuacji ryzyko osłabienia konstrukcji stalowej cysterny i eskalacji wycieku. Obliczenia wskazują, iż strumień ciepła powodujący osłabienie konstrukcji

stalowej ($11,6 \text{ kW/m}^2$) oddziaływałyby w odległości około 13 m., a więc powodowałyby również zagrożenie uszkodzenia cysterny z amoniakiem we wstępnej fazie wycieku (rys 2).



Ryc 2. Zasięg symulowanego oddziaływania strumienia ciepłego (czarna linia przerywana) o mocy $11,6 \text{ kW/m}^2$ w przypadku zaistnienia pożaru rozlewiska 1-oktanolu we wstępnej fazie zdarzenia

Fig. 2. The simulated range of heat flux $11,6 \text{ kW/m}^2$ (red dashed line) in the case of fire of leakage of 1-octanol in the initial phase

Po przybyciu na miejsce zdarzenia, zgodnie z zasadami bezpieczeństwa, położono warstwę piany na rozlewisko, zabezpieczając je przed przypadkowym zapłonem. Mimo posiadania grupy hydroksylowej w strukturze długi łańcuch węglowodorowy powoduje stosunkowo niewielką polarność jego cząsteczki, o czym świadczy niewielka rozpuszczalność w wodzie wynosząca zaledwie $0,3 \text{ g/dm}^3$. Tak więc nie powinno obserwować się bardzo widocznych skutków niszczenia pian niealkoholoodpornych.

Określając możliwy rozmiar rozlewiska z wykorzystaniem oprogramowania ALOHA 5.4.1.2, szacuje się, iż w sprzyjających warunkach penetracji mogłoby osiągnąć nawet 120 metrów średnicy (teren płaski, nieprzeziąkliwy). Ukształtowanie terenu oraz ustawienie rynien odprowadzających umożliwiło jednak bardzo znaczną redukcję terenu rozlewiska, przy czym do czasu przyjazdu jednostek ratowniczych rozlewisko miało przypuszczalnie powierzchnię nie większą niż 30 m^2 . Wykorzystując model gazu ciężkiego wartość TEEL-1 (NDSCH, NDS, NDSP nie są określone) wynosząca 50 mg/m^3 powinna zostać przekroczona w okolicach 38 metra od rozszczelnienia, jednakże ze względu na ograniczenie stosowanego modelu obliczeń wartość ta jest znacznie przybliżona. Biorąc pod uwagę fakt, iż prężność par 1-oktanolu jest bardzo niewielka można by pokusić się również o zastosowanie modelu Gaussa, słusznego również dla gazów bardzo rozrzedzonych. W takiej sytuacji strefa wynosiłaby 83 metry. Pierwszą strefę zagrożenia wybuchem przy 4,5-krotnej różnicy gęstości par 1-oktanolu względem powietrza bezpiecznie byłoby ustalić już przy wartości 10% DGW, co sugeruje również program. Tak niski próg granicy strefy jest zasadny ze względu na fakt, iż standardowo wykonując pomiar ra-

townik przeprowadza go w pozycji stojącej. Przy takiej gęstości par względem powietrza stężenie przypowierzchniowe byłoby zdecydowanie wyższe, niż wskazywałby przyrząd pomiarowy. Wartość 900 ppm odpowiadająca 10% DGW byłaby przekroczona w odległości 60 metrów od rozszczelnienia w najbardziej niekorzystnym wariancie (model Gaussa). Są to wartości stosunkowo niewielkie, a zatem ewakuacja znajdującego się w pobliżu osiedla mieszkaniowego nie była konieczna i w trakcie działań jej nie przeprowadzono.

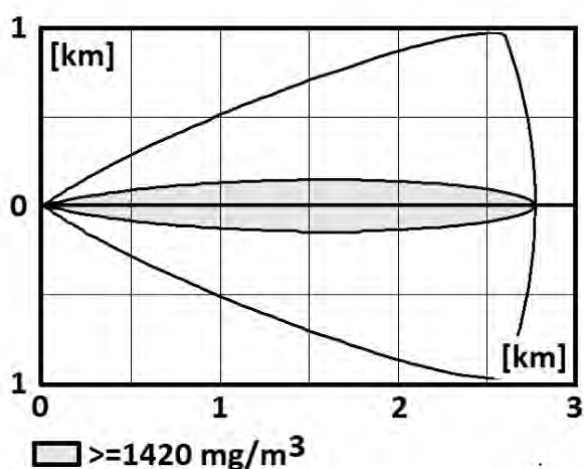
Zagrożenie związane z cysterną amoniaku

Tak, jak wcześniej wspomniano w trakcie zdarzenia nie doszło do rozszczelnienia cysterny z amoniakiem oraz jej mechanicznego uszkodzenia, a zatem nie stanowiła bezpośredniego zagrożenia w miejscu akcji w przypadku nie zaistnienia pożaru lub przypadkowego uszkodzenia np. w trakcie operacji pociągu ratunkowego. Wykonane zostaną jednak obliczenia hipotetyczne dla rozszczelnienia takiej wielkości, jakie miało miejsce w przypadku cysterny z 1-oktanołem ($33 \times 8 \text{ cm}$) oraz przy uszkodzeniu górnego zaworu wyładowczego o średnicy 80 mm. Tablica znamionowa wagonu wskazuje, iż w pełni załadowany wagon mógł przewozić 31700 kg ciekłego amoniaku w zbiorniku o pojemności 49480 dm^3 .

a. Rozszczelnienie wielkości $33 \times 8 \text{ cm}$ w cysternie z amoniakiem

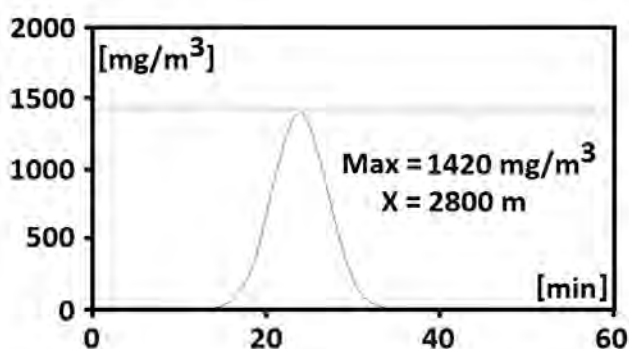
Strefę zagrożenia wyznaczono względem wartości NDSCH równej 28 mg/m^3 . Dodatkowo określono strefę względem LOAEL (70 mg/m^3), a więc najniższego stężenia, przy którym obserwuje się drażnienie górnych dróg oddechowych [5]. Stosując model Gaussa dla gazów lekkich, jakim jest amoniak, okazuje się, iż dla panujących warunków pogodowych w obydwu wypadkach strefa zagrożenia przekraczałaby wartość 10 km, a więc znajdowałaby się poza zakresem obliczeniowym modeli. Tak duża strefa oznaczałaby konieczność ewakuacji praktycznie całego miasta Knurów w przypadku uwolnienia ciekłego. Jednakże dla przypadku pojedynczej cysterny otwór o wielkości $33 \times 8 \text{ cm}$ spowodowałby, iż czas emisji dwufazowej amoniaku wynosiłby zaledwie 2 minuty, a zatem nie byłoby możliwości podjęcia jakichkolwiek działań zapobiegawczych, zwłaszcza iż czas utrzymywania się chmury byłby stosunkowo krótki. W znacznie mniejszym stężeniu amoniak mógłby się jednak utrzymywać dłużej w pomieszczeniach zamkniętych. Zatem przeprowadzenie ewakuacji i wietrzenie pomieszczeń po przejściu chmury wydaje się koniecznością. Wypadków śmiertelnych można byłoby się spodziewać po przekroczeniu wartości LCL_0 , która wynosi 1420 mg/m^3 przy czasie ekspozycji wynoszącym 4 h. Strefa taka znajdowałaby się w odległości 2,8 km od miejsca emisji (rys. 3). W odległości 2,8 km stężenie wynoszą-

ce 1420 mg/m^3 utrzymywałoby się zaledwie minutę przy czasie utrzymywania się chmury wynoszącym 20 min., co sugeruje, iż nie istniałoby ryzyko zaistnienia wypadków śmiertelnych w tym miejscu (rys. 4).



Ryc. 3. Prognostyczna strefa wg. modelu Gaussa w której przekroczona zostałaby wartość $LCL_0 = 1420 \text{ mg/m}^3$. Uwolnienie z rozszczelnienia o wymiarach 33 x 8 cm.

Fig. 3 Forecasted zone (with Gaussian model) in which would be exceeded the value $LCL_0 = 1420 \text{ mg/m}^3$. Leakage through the hole of dimensions 33 x 8 cm



Ryc. 4. Prognostyczna wartość stężenia amoniaku w funkcji czasu w odległości 2,8 km od rozszczelnienia cysterny. Wielkość rozszczelnienia 33 x 8 cm. Model obliczeniowy Gaussa

Fig. 4. Forecasted value of ammonia concentration as a time function (with Gaussian model) at a distance of 2,8 km from the point of leakage. Leakage through the hole of dimensions 33 x 8 cm

Charakterystykę wyrażającą śmiertelność w funkcji przyjętej dawki amoniaku drogą inhalacji można przedstawić funkcją probitową w postaci $P_r = -35,9 + 1,85 \ln(C^2 t)$ przy czym wartość podlogarytmiczna wyraża nam ładunek toksyczny określony w $\text{ppm}^2 \cdot \text{min}$ [6]. Wartość tą możemy uzyskać całkując krzywą zależności stężenia od czasu. Aby zaistniało 50% ryzyko zajścia wypadku śmiertelnego w przypadku krótkiej 30 sekundowej ekspozycji stężenie amoniaku powinno wynosić 89378 ppm (67840 mg/m^3).

Czas ten nie jest przypadkowy gdyż tyle czasu standardowo można dać potencjalnej ofierze na znalezienie ukrycia przez co można zrozumieć znalezienie się w pomieszczeniu zamkniętym. W pomieszczeniach tych stężenie gazu powinno być przeciętnie o jeden rząd wielkości mniejsze niż na zewnątrz. Przy krótkim czasie uwalniania się z cysterny (2 minuty) czas przejścia chmury będzie stosunkowo niewielki i dla odległości mniejszej od kilometra będzie mniejszy od 13 minut. Średni czas utrzymywania się maksymalnego stężenia (założymy $x > 90\% c_{\max}$) w danym punkcie odległym o X od rozszczelnienia będzie krótki i będzie rosł w miarę zwiększania się odległości. Dla odległości w promieniu 1 km od rozszczelnienia będzie wynosił około 30 s. Analizując tabelę 3. wynika, iż 50%-owe prawdopodobieństwo zajścia wypadku śmiertelnego znajdowałoby się w odległości około 550 metrów od rozszczelnienia. Biorąc pod uwagę fakt, iż większe osiedle mieszkaniowe znajduje się w odległości 1,5 km od miejsca zdarzenia półminutowy czas ekspozycji w terenie otwartym dawałby mniejsze niż 1% prawdopodobieństwo zajścia wypadku śmiertelnego (1%-owe prawdopodobieństwo zajścia wypadku śmiertelnego dla 30 sekundowej ekspozycji odpowiada wartości stężenia 47615 ppm). Amoniak ze względu na swoje właściwości palne stanowi również pewne zagrożenie wybuchowe. Aczkolwiek ze względu na bardzo wysoką wartość minimalnej energii zapłonu oraz DGW ryzyko takie jest stosunkowo niewielkie. Wartość DGW zostałaby krótkotrwale przekroczona na przestrzeni 654 m. od rozszczelnienia. Powstały wybuch mógłby spowodować zniszczenia infrastruktury szklanej w promieniu 686 metrów.

Tabela 3.

Maksymalne stężenie amoniaku po czasie $t_{\max}$ występujące w odległości X od miejsca rozszczelnienia w terenie otwartym wg. Modelu Gaussa. Rozszczelnienie 33 x 8 cm

Table 3.

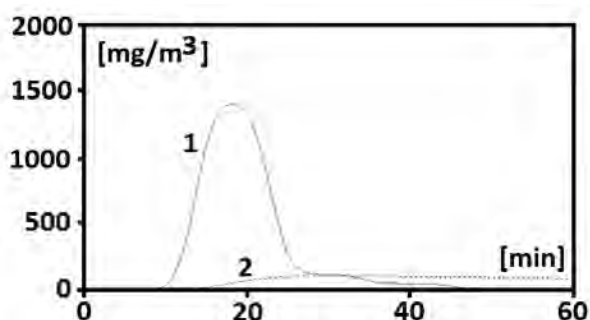
Maximal ammonia concentration after a time $t_{\max}$ occurring at a distance X from the point of leakage (open country, Gaussian model). Leakage through a hole 33 x 8 cm

x [m]	$c_{\max}$ [mg/m^3]	$c_{\max}$ [ppm]	$t_{\max}$ [s]
300	400000	575294	150
400	188000	270388	200
500	100000	143824	250
600	60000	86294	300
700	43600	62707	350
800	32400	46599	400
900	24800	35668	450
1000	18800	27039	500

x [m]	$c_{\max}$	$c_{\max}$	$t_{\max}$
1200	11800	16971	600
1500	6800	9780	750
2000	3200	4602	1000
2800	1420	2042	1400

b. Rozszczelnienie górnego zaworu wyladowczego o średnicy 8 cm

W przypadku uszkodzenia górnych zaworów wyladowczych zasięg strefy toksycznej byłby niższy niż w poprzednio rozpatrywanym przypadku. Rozpatrując mniej korzystny scenariusz, dla wagonu wywróconego na bok przekroczone NDSCH byłoby również poza granicą 10 km. Wartość LOAEL przekroczona zostałaby w promieniu 8,1 km natomiast LCL_0 w odległości 1,65 km. Dla wartości $LCL_0 = 1420 \text{ mg/m}^3$ osiąganej na zewnątrz, wewnątrz budynków panowałoby stężenie około 120 mg/m^3 osiągnięte po czasie około 25 min (rys. 5). Wartość LD_{50} dla półminutowego czasu ekspozycji zostałaby przekroczona na 196 metrze. Czas uwolnienia wynosiłby jednak już 32 minuty a czas ekspozycji całkowitej około 40 min. Wartość DGW natomiast zostałaby krótkotrwale przekroczona w obrębie 183 m. Zaistnienie wybuchu mogłoby spowodować przekroczenie wartości ciśnienia o 1 psi (6,895 kPa) na dystansie 166 metrów powodując zniszczenia infrastruktury szklanej.



Ryc. 5. Prognozowana wartość stężenia amoniaku w funkcji czasu w odległości 1,65 km od rozszczelnienia cysterny. Wielkość rozszczelnienia – uszkodzone górne zawory wyladowcze cysterny o $\Phi = 80 \text{ mm}$. Cysterna wywrócona na boku. Model obliczeniowy Gaussa

Fig. 5. Forecasted value of ammonia concentration as a time function (with Gaussian model) at a distance of 1,65 km from the point of leakage. Leakage through the upper discharge valve $\Phi = 80 \text{ mm}$

Również i w tym przypadku trudno mówić o możliwości podjęcia skutecznych bezpośrednich działań zapobiegawczych ze względu na krótki czas ekspozycji oraz wielkość zagrożenia z którym dane byłoby zetknąć się ratowników.

c. Ryzyko zaistnienia zjawiska BLEVE-fireball

Amoniak ze względu na swoje właściwości palne oraz niską temperaturę krytyczną może ulegać zjawisku BLEVE. Aczkolwiek mimo teoretycznie palnych właściwości amoniaku nie są znane przypadki „fireball”. Zjawisko BLEVE mogłoby mieć miejsce w przypadku zaistnienia pożaru rozlewiska 1-oktanolu jak i również mechanicznego uszkodzenia cysterny [2]. Znane są przypadki wybuchu BLEVE nawet po pewnym czasie od wypadku (Crumming, USA, 29 kwietnia 1969) [2,7]. W przypadku oddziaływania termicznego określonego w części dotyczącej hipotetycznego pożaru 1-oktanolu, powstający strumień cieplny mógłby doprowadzić do osłabienia konstrukcji cysterny lub też zbytniego wzrostu ciśnienia wewnątrz i w konsekwencji jej BLEVE. Zewnętrzne źródło zapłonu związane z pożarem 1-oktanolu mogłoby teoretycznie spowodować fireball aczkolwiek jak wcześniej wspomniano nie są znane takie przypadki [2,8]. Stąd też obliczenia wymiarów fireball oraz zasięgów strumieni cieplnych nie przeprowadzono.

Wnioski

Na skutek wypadku doszło do rozszczelnienia cysterny z 1-oktanolem o pojemności $V = 50 \text{ m}^3$. W wyniku podjętych działań udało się przepompować 25 m^3 substancji do podstawionej cysterny zastępczej. Monitorowanie przepływającego obok cieku wodnego odbywające się pomiędzy 24 a 27 maja 2002 nie wykazało zagrożenia toksykologicznego uwolnionym 1-oktanolem. Ze względu na skuteczne zbieranie i odprowadzanie rynnami wyciekającej substancji, likwidację zagrożenia pożarowego poprzez położenie zabezpieczającej warstwy piany, ściągnięcie dźwigu kolejowego, działania PSP na miejscu zdarzenia wydają się nie budzić żadnych kontrowersji. Pomimo udziału w wypadku cysterny z amoniakiem brak podjęcia ewakuacji był również zasadny ze względu na brak uszkodzenia tejże cysterny. Również samo zagrożenie związane z 1-oktanolem jak wykazały obliczenia nie stanowiło w żaden sposób niebezpieczeństwa dla znajdującego się w odległości ok. 1,5 km. osiedla mieszkaniowego.

Hipotetycznie przeprowadzone obliczenia dla katastrofy z udziałem cysterny z amoniakiem wykazały natomiast, iż ze względu na skalę uwolnienia (wariant 1 – rozszczelnienie wielkości $33 \times 8 \text{ cm}$ tak jak u cysterny z 1-oktanolem, wariant 2 – uszkodzenie górnych zaworów wyladowczych cysterny leżącej na boku) nie byłoby możliwe przeprowadzenie szybkich i sprawnych działań ewakuacyjnych. Bardzo krótki czas przejścia chmury toksycznej dawałby jedynie możliwość przeprowadzenia ewakuacji i dekontaminacji tuż po jej przejściu. Konieczne byłoby wietrzenie mieszkań ze względu na dużo dłuższy czas utrzymywania się w nich par gazu. Natomiast w samym czasie przejścia chmury w przypad-

ku niemożliwości przeprowadzenia wcześniejszej skutecznej ewakuacji ze względu na dużo mniejsze stężenie substancji wewnątrz pomieszczeń wskazane byłoby by ludność pozostawała w domu.

Warto również podjąć dyskusję czy bezpieczną granicą ewakuacji podczas akcji ratowniczych powinno ustalać się intuicyjnie dla NDSch i NDS. Wartość taką stanowiłby ERPG-2 wykorzystywany do sporządzania raportów bezpieczeństwa [3]. Wartość tą stanowi maksymalne stężenie substancji w powietrzu, poniżej którego prawie każda osoba może być ekspozowana przez czas do 1 godziny bez poważnego nieodwracalnego efektu zdrowotnego lub symptomów które mogą wpływać na zdolność do podjęcia działań ochronnych. Podejście takie pozwalałoby na bardziej racjonalny dobór sił i środków w przypadku poważnych katastrof przemysłowych.

Podziękowania

Autorzy pragnęliby serdecznie podziękować Panu asp. sztab. Józefowi Jaworkowi, Zastępcy dowódcy JRG Knurów, za wszelką okazaną pomoc przy ustalaniu szczegółów zdarzenia będącego przedmiotem niniejszej publikacji.

Literatura

1. M. Luszczyk, K. Sierantowicz, J. Jaworek, J. Kozłowski, *Analiza zdarzenia „Wypadek kolejowy w miejscowości Szczygłowice”*, KM PSP w Gliwicach, Gliwice, czerwiec 2002 r.;
2. Abbasi T., Abbasi S. A., *The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management*, J. Hazardous Materials, 141 (2007) pp. 489-517;
3. Markowski A. S., *Zapobieganie stratom w przemyśle, Cz. III. Zarządzanie bezpieczeństwem procesowym*, Politechnika Łódzka, 2000;
4. *Karta charakterystyki substancji 1-oktanol*, Polskie Odczynniki Chemiczne, Gliwice czerwiec 2008 r.;
5. Tarkowski X. M., Tarkowski S., *Amoniak. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego*, Podstawy i metody oceny środowiska pracy 2 (26) 2003;
6. Borysewicz M., Furtek A., Potemski S., *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi*, Instytut Energii Atomowej Otwock-Świerk 2000 r.;
7. <http://www.fireengineering.com/articles/print/volume-155/issue-4/features/bleve-facts-risk-factors-and-fallacies.html>
8. Abbasi T., Abbasi S. A., *The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) is fifty y and lives on!*, J. Loss Prevention, 21 (2008) pp. 485-487.

Dr Tomasz Węsierski jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Pracę doktorską w zakresie chemii fizycznej obronił w 2007 r. Od września 2008 r. jest związany z Państwową Strażą Pożarną. Obecnie jest adiunktem w Zakładzie ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Specjalność – ochrona przeciwpożarowa i usuwanie zagrożeń technicznych i chemicznych.

Recenzenci

dr inż. Bogdan Zaleski

dr inż. Adam Majka

Wskazówki dla Autorów

Maszynopis: Maszynopis w języku ojczystym Autora nie powinien przekraczać 22 stron (formatu A4, Times New Roman 12 pkt.), pisany bez podziału na kolumny, (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami). Artykuły prosimy przysyłać w wersji drukowanej oraz w postaci elektronicznej w formacie Word.

Autor: Przy nazwisku autora/ów należy podać pełną nazwę i adres instytucji, a w przypadku autora wiodącego także adres korespondencyjny (tel., fax oraz e-mail) - do wiadomości redakcji.

Tytuł: Tytuł powinien być krótki i zwięzły. (Times New Roman 16 pkt).

Abstrakt: Abstrakt w języku angielskim i polskim (lub języku ojczystym i angielskim), długości do 250 słów, powinien odzwierciedlać strukturę i treść pracy. (Times New Roman 10 pkt)

Słowa kluczowe: Należy podać słowa kluczowe, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, zawierające łącznie do 10 wyrazów. Słowa kluczowe nie powinny być powtórzeniem tytułu.

Tekst: Struktura artykułu musi odpowiadać ogólnym zasadom przygotowywania publikacji naukowych. Wstęp powinien zawierać syntetyczną prezentację stanu wiedzy na dany temat oraz określenie celu i zakresu pracy. Informacje na temat materiałów i metod badań powinny umożliwiać powtórzenie procedur i otrzymanie porównywalnych wyników. Wyniki powinny być przedstawione wyczerpująco i jasno, a ich interpretacja porównana z wynikami innych autorów. Zakończenie powinno przedstawiać jasno sformułowane wnioski wynikające z uzyskanych wyników i ich interpretacji.

Literatura: Odwołania do literatury w tekście artykułu powinny zawierać nazwisko autora i rok publikacji. W dołączonym spisie „Literatura” należy zamieścić wszystkie cytowane pozycje w porządku alfabetycznym wg nazwisk (pierwszego z autorów w przypadku prac zespołowych), wymieniając wszystkich autorów. Nazwiska pisane cyrylicą powinny być podane w transkrypcji zgodnie z normą PN-83/N-01201. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. Tytuły czasopism należy podawać w pełnym brzmieniu.

Tabele, ryciny, ilustracje: Tabele należy dodatkowo przygotować w oddzielnym załączniku. Rysunki, zasadniczo czarno-białe, należy nadsyłać w formie gotowej do druku. Wszystkie tytuły, opisy i podpisy tabel i rysunków muszą być maksymalnie krótkie ze względu na konieczność dublowania ich w wersji angielskiej.

Copyright: Razem z korektą autor przesyła do Wydawcy oświadczenie, że składa przedłożoną wersję do druku, przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP oraz, że praca nie była wcześniej publikowana, a także że praca nie narusza praw autorskich innych osób.

Egzemplarze autorskie: Autor (razem ze współautorami) otrzymuje bezpłatnie po 1 egzemplarzu autorskim swojej pracy. Podobnie autorzy recenzji otrzymują 1 egzemplarz autorski

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przysyłać na adres:

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

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

Kwartalnik CNBOP

e-mail: jcybulska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Requirments for authors

Manuscripts should not exceed 22 pages (A4 size) of standard typescript, 40,000 total characters including spaces and should be written in Polish or in the other conference language. A paper manuscript should come along with an electronic one in the Word format.

Author: The name of the author/authors should be accompanied by the name and address of the institution, also by his/her correspondence address (phone, fax and e-mail) - information only for Secretary of Edition.

Title: The title should be short and concise.

Abstract: The abstract should be in English and polish or in the mother's tongue of the author and English, have no more than 250 words, depict the paper's structure and contain the most essential information.

Key words: The paper should include key words or phrases (in English and mother's tongue of the author) counting in total no more than 10 words. The key words should not repeat the title of the paper.

Text: The main body of the article should follow the general rules of scientific writing and be adequately structured. The Introduction should define the scope of the work in relation to other relevant works done in the same field. Material and Methods content should allow the replication of observations/experiments. Results should be presented with clarity and precision, followed by Discussion containing interpretation of obtained results.

References: Literature citations in the text should contain the name of the author and the year of publication. At the end of the paper, under the "References" heading all items men-

tioned in the text should be placed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors. The names and titles written in Cyrillic alphabet should be given in transliteration according to the PN-83/N-01201 standard. It is recommended to refer to the reviewed publications only. Journal titles should be given in full.

Tables, figures and illustrations: Tables should be in the text **and additionally prepared separately, out of the text** (and sent as an enclosure). Figures, black-white as a rule should be printing ready, taking not too much space. Photographs are allowed provided that they contribute essential information to the text. If a figure is to be minimized in size, its legend should be big enough to make it readable after minimizing.

Copyright: Along with the correction, the author shall send to the Publisher a declaration form by which he/she sends a paper to press and confirms that the paper has not been published before. The authors are requested to attach to their scientific papers a declaration that the paper does not infringe other persons' copyrights.

Author's copies: The author (and the co-authors) receives for free 1 author's copies of the article.

We invite Authors, regardless of their affiliation, to submit their papers.

The papers should be sent to:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpozarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213
05-420 Józefów k/Otwocka
CNBOP's Quarterly
e-mail: jcybulska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Dr hab. inż. Ewa Małgorzata Rudnik

Skrócony życiorys naukowy

Przebieg kariery naukowej

- **1986 rok** - magister inżynier chemii, Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej,
- **1997 rok** - doktor nauk technicznych, Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego w Warszawie,
- **1999 rok** - podyplomowe studia w zakresie zarządzania gospodarką europejską (Szkola Główna Handlowa, Warszawa we współpracy z Groupe HEC, Jouy en Josas, Francja)
- **2009 rok** - doktor habilitowany nauk chemicznych, Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej.

Praca

1986-2011 r - Instytut Chemii Przemysłowej im. Prof. Ignacego Mościckiego w Warszawie, kierownik Zespołu, profesor nadzwyczajny
2011- Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, profesor nadzwyczajny, zastępca dyrektora ds. naukowo-badawczych

Współpraca międzynarodowa

07/-09/2002 - pobyt studyjny jako gość naukowy na zaproszenie do GSF- National Research Center for Environment and Health (GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit), badania dot. analizy termicznej i oceny ekotoksykologicznej materiałów opartych na surowcach odnawialnych, Niemcy, Neuherberg/k Monachium,

03/2007-02/2009 - stypendium Marie Curie (Marie Curie Fellowships), 6 Program Ramowy UE, Grecja; Agricultural University of Athens, badania dot. biodegradacji materiałów polimerowych w glebie.

- Jest autorką **monografii** w języku angielskim „**Compostable polymer materials**” wydaną przez międzynarodowe wydawnictwo naukowe Elsevier (Oxford, 2008, 214 stron).
- Jest też autorką i współautorką **71 publikacji** (w tym **41 w czasopismach z Listy Filadelfijskiej**) oraz współautorką **4 patentów**.

Cytowania

Liczba cytowań (bez autocytowań) do 2011 roku wyniosła **225**.

Inne osiągnięcia

- Wyróżniona przez zespół międzynarodowego czasopisma Journal of Thermal Analysis and Calorimetry za działalność naukową w zakresie analizy termicznej i umieszczona w gronie wybitnych naukowców z całego świata w monografii „**Who is who in thermal analysis**” (wyd. G.Liptay i J.Simon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2004).
- 2006 rok – laureatka konkursu w ramach 6 PR UE i uzyskanie **stypendium Marie Curie** (Marie Curie Fellowships).
- **Recenzent** publikacji naukowych w zagranicznych czasopismach z Listy Filadelfijskiej (m.in. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *Thermochimica Acta*, *Process Biochemistry*).
- wielokrotnie zapraszana przez **Komisję Europejską** jako **ekspert** do oceny projektów badawczych w ramach 6 i 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej.

Curriculum Vitae

Personal data

Born 06.07.1971 in Kiel

Educational background

08/77-06/81 Elementary Schools in Kiel and Bornheim
06/81-05/82 Mesa Elementary School in Boulder, Colorado, USA
06/82-05/90 High School St.-Ursula-Gymnasium in Brühl
28.05.90 Diploma (Abitur)



Military Service

10/90-09/92 German Army, Corps of Engineers, Officer Candidate

Scientific background

10/92-09/98 Student of Mechanical Engineering at RWTH Aachen University, specialised in Thermal Process Engineering
02/95-05/98 Student Assistant at Institute of Energy- and Mass Transfer of RWTH Aachen University
06/98-09/98 Student Assistant at Chair of Thermal Process Engineering of RWTH Aachen University
30.09.98 Diploma (Dipl.-Ing.)
Thesis: „Analysis of fibre-bed coalescers for the removal of micro-droplets from liquid-liquid mixtures“
10/98-03/02 Scientific Assistant at Chair of Thermal Process Engineering of RWTH Aachen University, work on liquid-liquid separation technologies
25.07.2003 Graduation as Doctor of Engineering (Dr.-Ing.) at RWTH Aachen University
Thesis: „A novel model for the lay-out of fibre-bed coalescers“

Fire department career

09/94-12/04 Member of City of Aachen Volunteer Fire Department
04/02-07/04 Trainee at City of Dortmund Professional Fire Department
(sections at Fire Departments of Gelsenkirchen, München, Hamburg and Dortmund, North-Rhine Westphalia Institute of Fire Department in Münster, Hamburg Fire Service College, Administrative Academy of Berlin and District Council of Cologne)
07.07.04 Graduation
07/04-07/06 Project Coordinator of safety preparedness programme for Soccer World Cup 2006 safety
11/05-today Head of Training Department (further on project coordination of WC 2006 programme)
04/07-12/08 State of North-Rhine Westphalia, Ministry of Interior
Project Coordinator for the introduction of TETRA radio system
08/11-today Head of Institute for Fire Service and Rescue Technology (IFR)

Curriculum Vitae



Personal information

First name(s) / Surname(s) **Rainer Koch**

Telephone(s) +49-231-50-29490

Mobile: +49-173-8905518

Fax(es) +49-231-50-10030

E-mail drkoch@stadtdo.de

Nationality German

Desired employment / Occupational field

Work experience

Dates 1989 onwards

Occupation or position held

Full Professor, Faculty of Mechanical Engineering, University of Paderborn.
 scientific Head and Deputy of the Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie (Institute for Fire Service and Rescue Technologies [IFR]/Fire Department Dortmund (volunteer)
 Research Group 'Computer aided Design and Planning' (C.I.K.), Optimisation of design- and planning-processes within computer-aided engineering, Virtual/Augmented Reality, database technologies and mobile applications

Main activities and responsibilities

Name and address of employer

University of Paderborn, Faculty of Mechanical Engineering,
 Pohlweg 47-49, D-33098 Paderborn, Germany

Type of business or sector

research

Dates

1985 - 1989

Occupation or position held

Deputy Head of Department

Main activities and responsibilities

CAD/CAM-development and consulting

Name and address of employer

rhv/DAT, 3 Georg-Glock-Str., D-40474 Düsseldorf
 (address at date of first employment at this company)

Type of business or sector

Software Provider and Consulting

Dates

1978 – 1985

Occupation or position held

Research assistant

Main activities and responsibilities

Computer aided Planning of industrial Plants
 CAD/CAM evaluation and consulting

Name and address of employer

RWTH Aachen University, Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany
 Chair of Production Engineering

Type of business or sector

Research

Education and training

Dates

1985

Title of qualification awarded

Dr.-Ing.

Principal subjects/occupational skills covered

Research on new IT-applications,
 teaching and publications,
 organisation of a small research group

Name and type of organisation providing education and training

RWTH Aachen University, Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany
 Chair of Production Engineering



Logo of IFK (Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie der Feuerwehr Dortmund). The logo consists of the letters 'IFK' in a stylized, bold, orange-red font. Above the letters is a horizontal bar with a yellow-to-orange gradient. Below the letters, the full name of the institute is written in a smaller, black, sans-serif font.



XIX Giełda Wynalazków Nagrodzonych na Światowych Wystawach Wynalazczości

6 marca 2012 r. w Muzeum Techniki NOT w warszawskim Pałacu Kultury i Nauki uroczystie otwarto wystawę najnowszych technologii, urządzeń, rozwiązań i wyrobów wyróżnionych w 2011 roku na światowych wystawach i targach innowacji oraz wynalazczości. Głównym celem Giełdy jest promocja osiągnięć rodzimej nauki i techniki z zakresu innowacyjnych rozwiązań techniczno-technologicznych. Podczas uroczystości inauguracyjnej Giełdy prof. Jacek Guliński, Podsekretarz Stanu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wręczył 39 statuetek instytucjom najbardziej aktywnym w promocji wynalazków na świecie, nagrodzonym za wynalazki złotymi medalami z wyróżnieniem oraz młodym wynalazcom za zdobycie złotych medali. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy został wyróżniony Statuetką za międzynarodowe osiągnięcia wynalazcze oraz Dyplomami Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za innowacyjne rozwiązania. Nagrodzone zostały następujące projekty:

- „Środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk”,
- „Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa)”,
- „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”,
- „Regionalne zarządzanie bezpieczeństwem – narzędzie wspomagające zarządzanie – „PomRisc”.

Stoisko Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego odwiedził prof. Jacek Guliński, Podsekretarz Stanu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Nagrodzone projekty wzbudziły duże zainteresowanie mediów. Na stoisku Instytutu odbywały się bezpośrednie rozmowy i wywiady wystawców z dziennikarzami m.in. Polskiej Agencji Prasowej, TVN, TVP Nowa, TVPInfo.

GRAND PRIX i ZŁOTE MEDALE SAWO 2012

W dniach 24-26 kwietnia 2012 r. podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO, które odbędą się na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich CNBOP PIB uhonorowany zostanie prestiżowymi nagrodami „Grand Prix i Złote Medale SAWO”.

Nagrody przyznawane są przez **Ministra Pracy i Polityki Społecznej, Głównego Inspektora Pracy, Dyrektora Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego i Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej** w kategoriach: **ochrony indywidualne, sprzęt ratowniczy i wyposażenie straży pożarnych, zabezpieczenia przeciwpożarowe, edukacja i prewencja, inne wyroby i rozwiązania techniczne związane z tematyką targów SAWO.**

Produktowi zwiększającemu bezpieczeństwo pracy osób i sprawność jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej przypada w udziale **Medal Prezesa Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP.**

Podczas Uroczystej Gali w dniu 24 kwietnia br., Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy za innowacyjne rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo pracy osób i sprawność jednostek Ochotniczej Straży Pożarnej, rozwiązania w zakresie edukacji i prewencji oraz inne wyroby otrzyma:

MEDAL PREZESA ZARZĄDU GŁÓWNEGO ZWIĄZKU OCHOTNICZYCH STRAŻY POŻARNYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

za „Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów Stałych Urządzeń Gaśniczych Tryskaczowych”

GRAND PRIX SAWO

przyznany przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Inne wyroby i rozwiązania związane z tematyką Targów SAWO” dla Kwartalnika CNBOP - PIB „BEZPIECZEŃSTWO I TECHNIKA POŻARNICZA”

ZŁOTY MEDAL SAWO

przyznany przez **Ministra Pracy i Polityki Społecznej** w kategorii **„Edukacja i prewencja”** dla „Szkolenia dla projektantów, instalatorów i konserwatorów Systemów Sygnalizacji Pożaru”

**Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych
w 2011 roku**

**KRYSZTAŁOWA STATUETKA DLA CNBOP-PIB PRYZNANA PRZEZ MINISTRA
NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO**



Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy **otrzymał kryształową statuetkę** Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za **transfer wiedzy, innowacyjne rozwiązania w dziedzinie technologii i myśli technicznej** podczas XVIII Krajowej Wystawy - Giełda Wynałazków Nagrodzonych w 2010 roku na Międzynarodowych Targach Wynałazczości.

**BRĄZOWY MEDAL PRYZNANY CNBOP - PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH
TARGACH WYNAŁAZCZOŚCI CONCOURS LEPINE W PARYŻU**



Dla CNBOP-PIB za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami” oraz „Regionalne zarządzanie bezpieczeństwem – narzędzie wspomagające zarządzanie – „PomRisc”

**NAGRODA DLA CNBOP-PIB W KATEGORII
„ŚRODKI OCHRONY LUDNOŚCI I ZABEZPIECZENIA MIENIA”**



Dla CNBOP-PIB za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

NOMINACJA DO GODŁA TERAZ POLSKA



Dla CNBOP-PIB w kategorii „Przedsięwzięć Innowacyjnych” za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

**SREBRNY MEDAL PRYZYKNANY CNBOP - PIB
NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011**



Za dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa), opracowane w CNBOP-PIB w ramach realizacji projektu nr O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

**MEDAL IM MARII SKŁODOWSKIEJ CURIE
W KONKURSIE WYNAŁAZKÓW CHEMICZNYCH**



Medal im. Marii Skłodowskiej Curie w Światowym Konkursie Wynalazków Chemicznych przyznany przez Międzynarodową Federację Stowarzyszeń Wynalazców dla CNBOP-PIB za **środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.**

**ZŁOTY MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM PRYZYKNANY CNBOP - PIB
NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011**



Złoty medal z wyróżnieniem przyznany Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej PIB na Międzynarodowej Wystawie Innowacji IWIS 2011 w Warszawie za **środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.**

**SREBRNY MEDAL DLA CNBOP-PIB NA 60 JUBILEUSZOWYCH
ŚWIATOWYCH TARGACH WYNAŁAZCZOŚCI, BADAŃ NAUKOWYCH I NOWYCH
TECHNIK „BRUSSELS INNOVA 2011”**



Za „**Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa)**”, realizowane w ramach projektu O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.