

Jacek Roguski^{a)*}, Dorota Szulczyńska^{a)}

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

^{*} *Corresponding author / Autor korespondencyjny: jroguski@cnbop.pl*

The Use of Innovative Technologies in Rescue and Firefighting Activities of the State Fire Service in Order to Increase the Safety of Officers and Protect the Environment

Wykorzystanie innowacyjnych technologii w działaniach ratowniczo-gaśniczych PSP w celu podnoszenia bezpieczeństwa funkcjonariuszy i ochrony środowiska

ABSTRACT

Aim: The aim of the article is to present examples of rescue and firefighting activities carried out by PSP / national rescue and firefighting system (KSRG) with the use of innovative techniques and technologies resulting from the research and development projects carried out by teams of contractors, which included CNBOP-PIB as a leader or member of the consortium. In practice, the implementation of the obtained results allows for the actual and formal safety of firefighters-rescuers and other participants in rescue and firefighting operations, which is one of the basic duties of research and development units operating in the field of broadly understood fire protection, civil protection and crisis management.

Introduction: Achieving the above goal is possible through the use of innovative techniques and technologies in rescue and firefighting operations, which allow reducing the risk of accidents and failures. Due to rational technical solutions, it is also possible to limit or even completely eliminate overloads of the osteoarticular system. The planned effect, which is to increase the safety level of rescue and firefighting operations, can also be achieved with the use of organizational and technical methods resulting from the selection of optimal methodologies, including those in logistics activities.

Methodology: The article presents the possibilities of using products created as a result of the implementation of projects financed by the National Centre for Research and Development (NCBiR) related to the improvement of activity management and the use of innovative design solutions for equipment used in the planned activities. The considerations were based on the results of development activities carried out by consortia in which CNBOP-PIB participated.

Summary: In literature, innovation is the implementation of a new or significantly improved product (or service), process, new marketing method or a new method of organization in the field of business practices, workplace organization or relations with the environment. Products (and services), processes and methods (technical, organizational and marketing) can be called innovations if they are new or significantly improved, at least from the point of view of rescue and firefighting activities carried out by PSP/KSRG.

Conclusions: Effective use of the results of projects financed by NCBiR is one of the fastest ways to implement organizational and technical innovations in system activities. According to the authors, in order to increase the rational use of funds allocated to the implementation of research and development projects, a more active participation of the operator is recommended (in terms of content). The use of innovative technologies, even on a national scale, allows achieving measurable effects in terms of increasing the functionality, usability of products, modernization of existing systems, improvement of technologies used in rescue and firefighting operations, optimization of working conditions and time, and protection of the natural environment by reducing technogenic situations.

Keywords: innovative technologies, organization of rescue and firefighting activities, effectiveness of activities

Type of article: review article

Received: 01.06.2021; **Reviewed:** 08.06.2021; **Accepted:** 21.06.2021;

Authors' ORCID ID's: J. Roguski – 0000-0002-7848-053X; D. Szulczyńska – 0000-0001-8003-8452;

The authors contributed the equally to this article;

Please cite as: SFT Vol. 57 Issue 1, 2021, pp. 100–113, <https://doi.org/10.12845/sft.57.1.2021.7>;

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

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest prezentacja przykładów działań ratowniczo-gaśniczych realizowanych przez PSP/ krajowy system ratowniczo-gaśniczy (KSRG) przy wykorzystaniu innowacyjnych technik i technologii powstałych w wyniku zrealizowanych projektów naukowo-badawczych i prac rozwojowych przez zespoły wykonawców, w skład których jako lider lub członek konsorcjum wchodziło CNBOP-PIB. W praktyce wdrożenie uzyskanych efektów pozwala na zapewnienie faktycznego oraz formalnego bezpieczeństwa strażakom-ratownikom oraz innym uczestnikom działań ratowniczo-gaśniczych, co jest

jednym z podstawowych obowiązków jednostek naukowo-badawczych działających w obszarze szeroko pojętej ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i zarządzania kryzysowego.

Wprowadzenie: Osiągnięcie powyższego celu możliwe jest poprzez zastosowanie innowacyjnych technik i technologii w działaniach ratowniczo-gaśniczych, które pozwalają na ograniczenie ryzyka wystąpienia wypadku i awarii. Dzięki racjonalnym rozwiązaniom technicznym istnieje także możliwość ograniczenia, a nawet całkowitej eliminacji przeciążeń układu kostno-stawowego. Planowany efekt, jakim jest podniesienie poziomu bezpieczeństwa działań ratowniczo-gaśniczych, można osiągnąć także z wykorzystaniem metod organizacyjno-technicznych wynikających z wyboru optymalnych metodyk, między innymi w działaniach logistycznych.

Metodologia: W artykule przedstawiono możliwości zastosowania produktów powstałych w wyniku realizacji projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju związanych z doskonaleniem zarządzania działaniami oraz wykorzystania innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych sprzętu wykorzystywanego w planowanych działaniach. Rozważania oparto na wynikach prac rozwojowych realizowanych przez konsorcja, których członkiem było CNBOP-PIB.

Podsumowanie: W ujęciu literaturowym innowacja jest to wdrożenie nowego lub istotnie ulepszonego produktu (wyrobu lub usługi), procesu, nowej metody marketingu lub nowej metody organizacji w zakresie praktyk biznesowych, organizacji miejsca pracy bądź relacji ze środowiskiem. Produkty (wyroby i usługi), procesy i metody (techniczne, organizacyjne i marketingowe) mogą zostać nazwane innowacjami, jeśli są nowe lub istotnie ulepszone przynajmniej z punktu widzenia działań ratowniczo-gaśniczych realizowanych przez PSP/KSRG.

Wnioski: Efektywne wykorzystanie rezultatów projektów finansowanych przez NCBiR jest jedną z najszybszych możliwości wdrażania innowacji organizacyjno-technicznych do działań systemowych. Zdaniem autorów w celu zwiększenia racjonalności wykorzystania środków finansowych przeznaczonych na realizację projektów badawczych i prac rozwojowych wskazany jest bardziej aktywny udział gestora (w zakresie merytorycznym). Zastosowanie innowacyjnych technologii, wykorzystywanych nawet w skali krajowej, pozwala na osiągnięcie mierzalnych efektów w zakresie zwiększenia funkcjonalności, użyteczności produktów, unowocześnienia istniejących systemów, udoskonalenia technologii stosowanych w działaniach ratowniczo-gaśniczych, optymalizacji warunków i czasu pracy oraz ochrony środowiska naturalnego dzięki ograniczeniu sytuacji technogennych.

Słowa kluczowe: innowacyjne technologie, organizacja działań ratowniczo-gaśniczych, efektywność działań

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 01.06.2021; **Zrecenzowany:** 08.06.2021; **Zaakceptowany:** 21.06.2021;

Identyfikatory ORCID autorów: J. Roguski – 0000-0002-7848-053X; D. Szułczyńska – 0000-0001-8003-8452;

Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu;

Proszę cytować: SFT Vol. 57 Issue 1, 2021, pp. 100–113, <https://doi.org/10.12845/sft.57.1.2021.7>;

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

Introduction

The definition of innovation according to the Oslo Manual [1] includes the notion of novelties on a global scale, novelties in the scale of the market in which the enterprise operates and new products only from the point of view of a given enterprise. In terms of definition, the concept of innovation (Latin *innovare* – renew) was introduced in the 1930s. J. Schumpeter considered the introduction of a new product to the market, the use of new production methods and the introduction of organizational changes to be an innovation [2]. There is also another definition that defines innovation as the implementation of a new or significantly improved product (service) or process, a new organizational or marketing method in business practice, workplace organization or in relations with the environment. A new or significantly improved product is implemented when it is introduced to the market. New processes, organizational methods or marketing methods are implemented when they are actually used in the company's operations [3]. In principle, the concept of innovation may work differently depending on the country. Taking into account the above issues, the following types of innovation can be distinguished [1]:

1. Product innovations – which is implementing new or significantly improved products. An innovative product should be created with the use of new or improved technologies. Product modernization process should ensure obtaining better technical (tactical and technical) features or functional functionality.

Wprowadzenie

Definicja innowacji według podręcznika Oslo Manual [1] obejmuje pojęcie nowości na skalę światową, nowości w skali rynku, na którym działa przedsiębiorstwo oraz nowości tylko z punktu widzenia danego przedsiębiorstwa. W ujęciu definicyjnym pojęcie innowacji (łac. *innovare* – odnawiać) zostało wprowadzone w latach trzydziestych ubiegłego wieku. J. Schumpeter za innowację uznał wprowadzenie na rynek nowego produktu, wykorzystanie nowych metod wytwarzania, a także wprowadzenie zmian organizacyjnych [2]. Istnieje również inna definicja, która określa innowację jako wdrożenie nowego lub istotnie ulepszonego produktu (wyrobu, usługi) lub procesu, nowej metody organizacyjnej lub marketingowej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub w stosunkach z otoczeniem. Nowy lub istotnie ulepszony produkt zostaje wdrożony, gdy jest wprowadzony na rynek. Nowe procesy, metody organizacyjne lub metody marketingowe zostają wdrożone, kiedy rozpoczyna się ich faktyczne wykorzystywanie w działalności przedsiębiorstwa [3]. Zasadniczo pojęcie innowacji może funkcjonować w odmienny sposób w zależności od kraju. Biorąc pod uwagę powyższe zagadnienia, można wyróżnić następujące rodzaje innowacji [1]:

1. Innowacje produktowe – polegające na wdrażaniu nowych lub istotnie ulepszonych produktów. Innowacyjny produkt powinien powstawać przy wykorzystaniu nowych lub udoskonalonych technologii. Proces modernizacji wyrobu powinien zapewnić uzyskanie lepszych cech technicznych (taktyczno-technicznych) lub funkcjonalności użytkowej.

2. Process innovations – which is introducing changes in the production technology, as well as managing the distribution of services while maintaining cost optimization, work organization or minimizing the impact on the environment. Process innovations also include the scope of supporting (auxiliary) activities in the areas of logistics, accounting and IT.
3. Organizational innovations – which is the modernization of organizational structures, procedures in the field of organization and management. Innovations in the field of work organization and the division of tasks and decision-making powers are a way to optimize management and maximize the use of human resources. The introduced changes may contribute to an increase in the effectiveness of the organization / enterprise, while having a positive impact on the organization and occupational health and safety.

All of the concepts considered meet the above definition requirements and can be treated as innovative solutions applicable in the fire protection system.

In terms of the system, at individual organizational levels of the rescue and firefighting system, an analysis and identification of threats is carried out, maintaining readiness to conduct rescue operations, undertaking actions limiting and eliminating fires, natural disasters, breakdowns, accidents, technical and chemical disasters, accidents, communication disasters, incidents requiring the use of specialized rescue equipment [4]. An integral part of the state security organization is the national firefighting and rescue system (KSRG). The system includes fire protection units, other services, inspections, guards, institutions and entities that have voluntarily agreed to cooperate in rescue operations under a civil law agreement. The organizer of KSRG is the Chief Commander of the State Fire Service, while the subjective and objective scope of management and the scope of its activities are specified in the Regulation of the Ministry of Science and Higher Education (MNiSW) on the detailed organization of the national firefighting and rescue system. The system covers only entities established to operate as part of an organized rescue and firefighting system and applies to rescue operations and auxiliary rescue operations that cover the entire territory of Poland. The main tasks of the national firefighting and rescue system include [5]:

- preparing the organizational and technical conditions for conducting activities by rescue and firefighting units of the State Fire Service and fire protection units included in this system,
- disposing of forces and resources of rescue and firefighting units and other units included in this system,
- determining the scope, methods and forms of operations by units during fires and natural disasters and cooperation with other units and rescue services in the elimination of local threats,
- undertaking organizational and technical initiatives to improve the alarm system and disposing of rescue and firefighting units.

Therefore it can be assumed that the national firefighting and rescue system is a set of organizational, planning, training,

2. Innowacje procesowe – polegające na wprowadzaniu zmian w technologii wytwarzania, a także zarządzania dystrybucją usług przy jednoczesnym zachowaniu optymalizacji kosztów, organizacji pracy lub minimalizacji wpływu na środowisko. Innowacje procesowe obejmują również zakres działalności wspomagającej (pomocniczej) w obszarach logistycznych, księgowości czy obszaru IT.
3. Innowacje organizacyjne – polegające na modernizacji struktur organizacyjnych, procedur postępowania w zakresie organizacji i zarządzania. Innowacje w zakresie organizacji pracy oraz podziału zadań i uprawnień decyzyjnych są sposobem na optymalizację zarządzania oraz maksymalizację wykorzystania zasobów ludzkich. Wprowadzone zmiany mogą przyczynić się do wzrostu efektywności funkcjonowania organizacji/przedsiębiorstwa, wywierając przy tym korzystny wpływ na organizację oraz bezpieczeństwo i higienę pracy.

Wszystkie z rozpatrywanych pojęć spełniają przedstawione powyżej wymagania definicyjne i mogą być traktowane jako rozwiązania innowacyjne znajdujące zastosowanie w systemie ochrony przeciwpożarowej.

W ujęciu systemowym na poszczególnych poziomach organizacyjnych systemu ratowniczo-gaśniczego dokonywana jest analiza i rozpoznawanie zagrożeń, utrzymywanie gotowości do prowadzenia działań ratowniczych, podejmowanie działań ograniczających i likwidujących pożary, klęski żywiołowe, awarie, wypadki i katastrofy techniczne oraz chemiczne, wypadki i katastrofy komunikacyjne, zdarzenia wymagające stosowania specjalistycznego sprzętu ratowniczego [4]. Integralną częścią organizacji bezpieczeństwa państwa jest krajowy system ratowniczo-gaśniczy (KSRG). System skupia jednostki ochrony przeciwpożarowej, inne służby, inspekcje, straże, instytucje oraz podmioty, które dobrowolnie w drodze umowy cywilnoprawnej zgodziły się współdziałać w akcjach ratowniczych. Organizatorem KSRG jest komendant główny Państwowej Straży Pożarnej, natomiast zakres podmiotowy i przedmiotowy kierowania oraz zakres jego działania określa rozporządzenie MNiSW w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. System obejmuje wyłącznie podmioty powołane do działania w ramach zorganizowanego systemu ratowniczo-gaśniczego i dotyczy działań ratowniczych oraz pomocniczych czynności ratowniczych, które swym zasięgiem obejmują obszar całej Polski. Do głównych zadań krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego należy [5]:

- przygotowanie organizacyjno-technicznych warunków prowadzenia działań przez jednostki ratowniczo-gaśnicze Państwowej Straży Pożarnej oraz jednostki ochrony przeciwpożarowej włączone do tego systemu,
- dysponowanie siłami i środkami jednostek ratowniczo-gaśniczych oraz innych włączonych do tego systemu,
- określenie zakresu, metod i form prowadzenia działań przez jednostki w czasie pożarów i klęsk żywiołowych oraz współdziałania z innymi jednostkami i służbami ratowniczymi przy likwidacji miejscowych zagrożeń,
- podejmowanie inicjatyw organizacyjno-technicznych usprawniających system alarmowania i dysponowania jednostkami ratowniczo-gaśniczymi.

and material-technical undertakings, carried out not only by the Chief Commander of the State Fire Service, but also by commanders of other field units and their subordinate and subordinate forces along with organizational elements into an appropriate, interdependent functional system that meets the following conditions:

- the forces and means, as well as the elements of the system, are organized in such a manner that they are related to each other in certain interdependencies,
- all the forces and means, as well as individual elements of the system, have specific tasks to fulfil and thus contribute to the performance of the proper function by the system (as a whole).

The Chief Commander of the State Fire Service supervises the activities of voivodship commanders and the functioning of organizational units. In this respect, his tasks include: appointing, determining the seats, standards for the number and equipment of rescue and firefighting units, periodic control of the activities of the units and defining patterns and methods of keeping documentation in subordinate units [6].

Performing these tasks [7] requires ensuring actual and formal safety for firefighters-rescuers and other participants of rescue and extinguishing operations. It is possible through the use of innovative techniques and technologies, which – used in rescue and firefighting operations – allow reducing the risk of an accident and failure, and due to rational technical solutions, they allow reducing or even completely eliminating injuries and overloads of the osteoarticular system.

Another way to achieve the planned effect, which is to increase the safety level of rescue and firefighting operations, is the selection of optimal organizational and technical methods, inter alia, in logistics activities. Logistic solutions in rescue operations in many aspects were adopted by analogy to the mechanisms functioning in the army [8].

Logistics as a field of business and science appeared relatively recently. Therefore, so far no precise definition has been formed defining the area of its interests. The definition of the meaning of logistics should also be specified in case of fire brigades. In this area, logistics is understood as planning, organizing and coordinating all processes supporting the effective and reliable implementation of the main process – in terms of systems theory as a logistic subsystem, i.e. as the implementation of all processes supporting rescue operations, including their supply.

Based on the above organizational and legal assumptions, in the article the authors presented examples of rescue and firefighting activities carried out by the State Fire Service/KSRG using innovative techniques and technologies, which were created as part of research and development projects, in which CNBOP-PIB was the leader or a member of the consortium:

1. Project 0013/R/ID2/2011/01 called "Optimization of procedures, dislocation of bases and improvement of technical solutions of equipment used by Polish rescue services in the field of counteracting natural hazards, with particular emphasis on floods – flood protection sleeves".

Można zatem przyjąć, że krajowy system ratowniczo-gaśniczy to zespół przedsięwzięć organizacyjno-planistycznych, szkoleniowych i materiałowo-technicznych, realizowanych nie tylko przez komendanta głównego Państwowej Straży Pożarnej, ale i komendantów pozostałych ogniw terenowych oraz podległych i podporządkowanych im sił wraz z elementami organizacyjnymi ujętymi w odpowiedni, współzależny układ funkcjonalny, który spełnia następujące warunki:

- siły i środki oraz elementy układu są zorganizowane tak, że pozostają ze sobą w określonych związkach współzależności,
- wszystkie siły i środki oraz poszczególne elementy układu mają do spełnienia określone zadania i przyczyniają się w ten sposób do wykonania przez system (jako całość) właściwej funkcji.

Komendant główny Państwowej Straży Pożarnej nadzoruje działalność komendantów wojewódzkich i funkcjonowanie jednostek organizacyjnych. W tym zakresie do jego zadań należy: powoływanie, ustalanie siedzib, norm liczebności i wyposażenia jednostek ratowniczo-gaśniczych, okresowa kontrola działalności jednostek oraz określenie wzorów i sposobów prowadzenia dokumentacji w jednostkach podległych [6].

Realizowanie tych zadań [7] wymaga zapewnienia faktycznego oraz formalnego bezpieczeństwa strażakom-ratownikom oraz innym uczestnikom działań ratowniczo-gaśniczych. Możliwe jest to poprzez zastosowanie innowacyjnych technik i technologii, które – wykorzystane w działaniach ratowniczo-gaśniczych – pozwalają na zmniejszenie ryzyka wystąpienia wypadku i awarii, a dzięki racjonalnym rozwiązaniom technicznym pozwalają na ograniczenie, a nawet całkowitą eliminację kontuzji i przeciążeń układu kostno-stawowego. Innym sposobem osiągnięcia planowanego efektu, jakim jest podniesienie poziomu bezpieczeństwa działań ratowniczo-gaśniczych, jest wybór optymalnych metod organizacyjno-technicznych między innymi w działaniach logistycznych. Rozwiązania logistyczne w działaniach ratowniczych w wielu aspektach przyjęte zostały przez analogię do mechanizmów funkcjonujących w wojsku [8].

Logistyka jako dziedzina biznesu i nauki pojawiła się stosunkowo niedawno. Dlatego też pojęcie to nie doczekało się jeszcze precyzyjnej definicji określającej obszar jego zainteresowań. Zdefiniowanie zakresu znaczeniowego logistyki należy określić także w przypadku działań straży pożarnej. W tym obszarze logistyka rozumiana jest jako planowanie, organizowanie i koordynowanie wszelkich procesów wspierających efektywną i niezawodną realizację procesu głównego – w ujęciu teorii systemów jako podsystem logistyczny, czyli jako realizacja wszelkich procesów wspierających działania ratownicze, w tym również ich zaopatrywanie.

Na podstawie powyższych założeń organizacyjno-prawnych autorzy zaprezentowali w artykule przykłady działań ratowniczo-gaśniczych realizowanych przez PSP/KSRG wykorzystujących innowacyjne techniki i technologie, które powstały w ramach projektów naukowo-badawczych i prac rozwojowych, w których CNBOP-PIB było liderem lub członkiem konsorcjum:

1. Projekt 0013/R/ID2/2011/01 pt. „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby

2. Project DOBR BIO4/051/13087/2013 called "Development of a methodology for continuous supervision of the operation of selected areas of firefighting equipment in terms of reliability and effectiveness".
3. Project DOBR BIO4/047/13419/2013 called "A comprehensive logistic security system for multi-entity rescue operations".
4. Project DOB-BIO6/06/113/2014 called "Mobile turbine rescue and firefighting system".

- ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi – rękawy przeciwpowodziowe".
2. Projekt DOBR BIO4/051/13087/2013 pt. „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”.
 3. Projekt DOBR BIO4/047/13419/2013 pt. „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”.
 4. Projekt DOB-BIO6/06/113/2014 pt. „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”.

Flood protection systems

For years, floods have been one of the most important research issues in the field of crisis management and civil protection. A scientific consortium led by CNBOP-PIB undertook the project 0013/R/ID2/2011/01 called "Optimization of procedures, dislocation of bases and improvement of technical solutions of equipment used by Polish rescue services in the field of counteracting natural hazards, with particular emphasis on floods - flood protection sleeves", under which:

- the flood protection sleeve was modified,
- the so-called specialized anti-flood kit (WZP) was developed,
- a local flood warning system (LSOP) was designed for the selected area,
- a training system in the field of flood protection employees was prepared for rescuers and public administration.

Work on the project was aimed at increasing the effectiveness in fighting floods by introducing new and innovative products and solutions. Project results made a decisive contribution to reducing the scope of logistics activities and facilitating the management of activities, as well as qualitatively and quantitatively reducing the possibilities of ergonomic and environmental hazards. The complex of these activities also allowed for a significant reduction of the risk of overloading the osteoarticular system in rescuers and a relative reduction in the time of implementation of protective measures. The tangible effects of the project include the development of an innovative flood protection sleeve and a specialized anti-flood kit consisting of a floating rescue vehicle (amphibious vehicle) named Wydra (ang. *otter*) and a trailer with flood control equipment. According to the design assumptions, the use of this vehicle is an excellent solution in the event of natural disasters such as floods, flooding, but also in situations where the lives of people and animals are at risk or property is evacuated. In addition to the above, it is possible to equip the vehicle with additional equipment that allows for maintenance works, such as desludging, mowing in hard-to-reach places, pushing sediments with the use of a winch or a blade. The vehicle is equipped with an innovative drive system, in which the diesel engine drives a highly efficient hydraulic pump that acts as a continuously variable transmission, driving the road wheels (speed on paved roads up to 50 km/h) and screw

Systemy przeciwpowodziowe

Powodzie od lat należą do najważniejszych zagadnień badawczych w obszarze zarządzania kryzysowego i ochrony ludności. Konsorcjum naukowe, którego liderem było CNBOP-PIB, podjęło się realizacji projektu 0013/R/ID2/2011/01 pt. „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi – rękawy przeciwpowodziowe”, w ramach którego:

- dokonano modyfikacji rękawa przeciwpowodziowego,
- opracowano tzw. wyspecjalizowany zestaw przeciwpowodziowy (WZP),
- zaprojektowano lokalny system ostrzegania przed powodzią (LSOP) dla wybranego obszaru,
- przygotowano system szkoleń dla ratowników i pracowników administracji publicznej z zakresu ochrony przeciwpowodziowej.

Prace nad projektem miały na celu zwiększenie skuteczności w walce z powodziami poprzez wprowadzenie nowych i innowacyjnych produktów i rozwiązań. Wyniki projektu w zdecydowany sposób przyczyniły się do zmniejszenia zakresu działań logistycznych i ułatwienia zarządzania działaniami oraz jakościowego i ilościowego ograniczenia możliwości zagrożeń ergonomicznych i środowiskowych. Kompleks tych działań pozwolił także na istotne ograniczenie zagrożenia powstania przeciążeń układu kostno-stawowego u ratowników oraz relatywne skrócenie czasu realizacji działań zabezpieczających. Jako wymierne efekty projektu należy uznać opracowanie innowacyjnego rękawa przeciwpowodziowego oraz wyspecjalizowanego zestawu przeciwpowodziowego składającego się z pływającego pojazdu ratowniczego (amfibii) o nazwie Wydra oraz przyczepy ze sprzętem do prowadzenia akcji przeciwpowodziowej. Zgodnie z założeniami projektowymi użycie tego pojazdu stanowi doskonałe rozwiązanie w przypadku klęsk żywiołowych, takich jak powódzie, podtopienia, ale także w sytuacji zagrożenia życia ludzi i zwierząt lub ewakuacji dobytku. Oprócz powyższych działań przewidziano możliwość wyposażenia pojazdu w dodatkowy sprzęt pozwalający na prace konserwacyjne, takie jak odmulanie, koszenie w trudno dostępnych miejscach, spychanie osadów przy wykorzystaniu wyciągarki czy lemiesza. Pojazd wyposażono w innowacyjny układ napędowy, w którym silnik wysokoprężny napędza wysoko

propellers when driving on water (speed up to approx. 10 km/h). The crew of the amphibious vehicle consists of three people, its load capacity allows to carry 3 tons of cargo, and on land it has a range of 500 km.

wydają pompę hydrauliczną spełniającą rolę przekładni bezstopniowej, napędzającej koła jezdne (prędkość po drogach utwardzonych do 50 km/godz.) oraz pędniki śrubowe w przypadku poruszania się po wodzie (prędkość do ok. 10 km/godz.). Załogę amfibii stanowią trzy osoby, jej ładowność pozwala na przewożenie 3 ton ładunku, na łodzi posiada zasięg 500 km.



Figure 1. Floating rescue vehicle named Wydra (ang. otter)
Rycina 1. Pływający pojazd ratowniczy o nazwie Wydra

Source: Photo by P. Suchorab, D. Riegert.

Źródło: Fot. P. Suchorab, D. Riegert.

One of the rescue activities as part of the flood control actions is the construction of flood dams with the use of flood protection sleeves. The dams are an alternative to traditional sandbags, while the use of flood protection sleeves increases the effectiveness of preventive measures aimed at preventing flooding. The main advantages of dams constructed from water-filled flood sleeves developed under the project are [9]:

- quick and easy assembly and disassembly of the dams,
- the possibility of multiple use,
- the possibility of building any configuration and shape of the dams,
- the possibility of increasing the height of dams, e.g. through the so-called pyramidal system.

During the project functional tests were also conducted which showed that it takes 7.5 min. to fill a single 10 m long sleeve. In turn, it takes as much as 45 min. to build a dam of the same size, which consists of sandbags, and requires the use of over 100 sandbags. The sleeves are made of a three-component polyethylene film of appropriate thickness (see Figure 2). The structure consists of an outer sleeve with a pin-shaped inner sleeve that is twice as long inside. Due to this solution, after filling with water, the sleeve is not only stable, does not roll off the bank or shafts, but also can be placed on surfaces with various inclinations. A standard sleeve is 10 m long. It can be filled with water from flooded areas with the help of for instance floating pumps. After filling up with water, the sleeve is approx. 40 cm high [10].

Jednym z działań ratowniczych w ramach akcji przeciwpowodziowych jest budowa zapór przeciwpowodziowych z wykorzystaniem rękawów przeciwpowodziowych. Zapory stanowią alternatywę dla tradycyjnych worków z piaskiem, natomiast użycie rękawów przeciwpowodziowych podnosi efektywność działań profilaktycznych mających na celu zabezpieczenie przed powodzią. Główne zalety zapór przeciwpowodziowych budowanych z napelnianych wodą rękawów powodziowych powstałych w ramach projektu to [9]:

- szybki i łatwy montaż oraz demontaż zapór,
- możliwość wielokrotnego użycia,
- możliwość budowania dowolnej konfiguracji i kształtów zapór,
- możliwość zwiększenia wysokości zapór np. poprzez tzw. system piramidalny.

W ramach projektu przeprowadzono także badania funkcjonalności, które wykazały, że napełnienie jednego rękawa o długości 10 m zajmuje 7,5 min. Z kolei do ułożenia zapory o takich samych rozmiarach, która składa się z worków z piaskiem, potrzeba aż 45 min. i wymaga ułożenia ponad 100 worków z piaskiem. Rękawy zbudowane są z odpowiedniej grubości trójskładnikowej folii polietylenowej (zob. ryc. 2). Konstrukcja składa się z rękawa zewnętrznego, w którego środku został umieszczony dwukrotnie dłuższy rękaw wewnętrzny w kształcie agrafki. Dzięki temu po napełnieniu wodą rękaw nie tylko jest stabilny, nie stacza się z brzegu czy wałów, ale także może być umieszczany na powierzchniach o różnym nachyleniu. Standardowo rękaw ma 10 m długości. Można go napełnić wodą z zalanych terenów za pomocą m.in. pomp pływających. Po uzupełnieniu wodą rękaw ma ok. 40 cm wysokości [10].



Figure 2. Flood protection sleeve
Rycina 2. Rękaw przeciwpowodziowy

Source: Photo by P. Suchorab, D. Riegert.

Źródło: Fot. P. Suchorab, D. Riegert.

The advantage of flood protection sleeves is the fact that only a few people (2 or 3 people) are needed to arrange one 10 m long sleeve, while the time to fill the sleeve with water is from 4 to 5 minutes. The sleeve prepared in this manner replaces the traditional dam made of 170 sand bags, which is made by many people within 1 hour [11]. Research suggests that in order to build a traditional 100-meter dam in two hours, 350 rescuers should be involved, 11 buses should be arranged to bring them, and 14,000 sand bags and 47 sand trucks should be provided. In case of flood sleeves, it was calculated that in order to build an embankment of the same length at the same time, 4 rescuers, 1 motor pump e.g. floating or portable pump for polluted water, 10 sleeve modules of 10 m long and 1 passenger car/off-road car with a trailer are needed, on which the sleeves will be brought along with the necessary equipment. One of the dams designed to protect the area against flooding is the Polish mobile dam manufactured by Protan Elmark with technical approval ITP AT/18-2012-0054-00.

Activity management support systems

An example of a complex approach to managing the operation of equipment used in fire brigades is an IT system with a system of technical diagnostics of fire brigade equipment. The system was created as part of the financed by NCBiR project No. DOBR BIO4/051/13087/2013 called "Development of a methodology for continuous supervision of the operation of selected areas of firefighting equipment in terms of reliability and effectiveness", where CNBOP-PIB was the leader. The aim of the project was to develop advanced information technologies supporting crisis management and rescue. The assumption of the technology demonstrator was to collect and process data as well as to support logistic tasks in the field of servicing and purchasing emergency equipment. The use of solutions implemented during the project will increase the reliability of rescue equipment, which in turn will translate into an increase in the readiness of the fire brigade to undertake rescue and firefighting actions. The selected data or entire reports go directly to the system used to build crisis management plans. Both systems can be interconnected within the scope defined on the basis of the requirements defined in the methodology of creating crisis management plans. In addition, with the help of the tool, it will be possible to obtain data for future command systems of rescue operation.

The demonstrator of the technical diagnostics system for the fire brigade equipment consists of:

- a sensor system monitoring the status of selected devices,
- a communication system that allows for real-time transmission of data obtained from sensors to an IT system under operational conditions and enables remote access to the created system,
- an IT system that collects and processes data and supports logistic tasks in the field of servicing and purchasing emergency equipment.

Zaletą rękawów przeciwpowodziowych jest fakt, że do ułożenia jednego rękawa o długości 10 m potrzeba zaledwie kilku ludzi (2 lub 3 osoby), natomiast czas napełnienia rękawa wodą wynosi od 4 do 5 min. Tak przygotowany rękaw zastępuje tradycyjną zapórę wykonaną ze 170 worków z piaskiem, wykonywaną przez wielu ludzi w ciągu 1 godz. [11]. Badania sugerują, że do zbudowania tradycyjnej zapory o długości 100 m w dwie godziny należy zaangażować 350 ratowników, użyć 11 autobusów do ich przywiezienia oraz wykorzystać 14 000 worków wypełnionych piaskiem i 47 ciężarówek piasku. W przypadku rękawów powodziowych wyliczono natomiast, że do zbudowania w tym samym czasie wału o tej samej długości potrzeba 4 ratowników, 1 motopompy np. pływającej lub przenośnej do wody zanieczyszczonej, 10 modułów rękawów o długości 10 m oraz 1 samochodu osobowego/terenowego z przyczepą, na której zostaną przywiezione rękawy wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. Jedną z zapór przeznaczonych do ochrony terenu przed zalaniem jest polska zapor mobilna firmy Protan Elmark posiadająca aprobatę techniczną ITP AT/18-2012-0054-00.

Systemy wspomaganie zarządzaniem działaniami

Przykładem kompleksowego podejścia do zarządzania eksploatacją sprzętu wykorzystywanego w strażach pożarnych jest system informatyczny wraz z systemem diagnostyki technicznej środków wyposażenia straży pożarnej. System został stworzony w ramach finansowanego przez NCBiR projektu nr DOBR BIO4/051/13087/2013 pt. „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”, którego liderem było CNBOP-PIB. Celem projektu było opracowanie zaawansowanych technologii informatycznych wspomagających zarządzanie kryzysowe i ratownictwo. Założeniem demonstratora technologii było zarówno zbieranie i przetwarzanie danych, jak i wspieranie zadań logistycznych w zakresie serwisowania oraz zakupów sprzętu ratowniczego. Zastosowanie rozwiązań wdrożonych podczas projektu miało na celu zwiększenie niezawodności sprzętu ratowniczego, co z kolei przełoży się na większą gotowość straży pożarnej do podejmowania działań ratowniczo-gaśniczych. Wybrane dane lub całe raporty trafiają bezpośrednio do systemu służącego budowie planów zarządzania kryzysowego. Systemy te mogą być ze sobą sprzężone w zakresie określonym na podstawie wymagań zdefiniowanych w metodologii budowy planów zarządzania kryzysowego. Ponadto z systemu będzie można pobrać dane do budowanych w przyszłości systemów dowodzenia działaniami ratowniczymi.

Demonstrator systemu diagnostyki technicznej wyposażenia straży pożarnej jest zbudowany z:

- systemu sensorów monitorujący stan wybranych urządzeń,
- systemu łączności pozwalającego na przesyłanie na bieżąco w warunkach operacyjnych danych pozyskanych z sensorów do systemu informatycznego oraz umożliwiającego zdalny dostęp do stworzonego systemu,
- systemu informatycznego zbierającego i przetwarzającego dane oraz wspierającego zadania logistyczne w zakresie serwisowania oraz zakupu sprzętu ratowniczego.

The created technical diagnostics system allows for:

- constant monitoring of the operation of the selected equipment with the use of sensors designed and manufactured under the project, mounted on the tested devices,
- effective use of information collected with the use of the developed technologies (also with the use of other sources, e.g. Decision Support System (SWD)) by means of a tool for their effective storage and management using an open application platform for general purpose data processing and storage,
- effective management and presentation of collected information using a dedicated module, in which data collected from various sources can be viewed in the form of specially created reports and charts. Additionally, it is possible to visualize spatial information on 2D maps,
- creating a server site of the system responsible for processing the information flowing from many sources, their safe storage and its sharing with authorized customers in order to present the collected data and effectively manage it,
- creating a modular client application in which information collected from various sources can be seen in the form of specially created reports and charts. Additionally, it is possible to visualize spatial information on 2D maps,
- using the data obtained from the technical diagnostics system to support logistic activities. Collection of statistical data such as the average time of operation between failures in order to forecast the wear of equipment in rescue and firefighting units that will not be covered by the monitoring system,
- manual entry of records of new fire brigades into the system, together with a list of equipment owned and its wear status, as well as updating the equipment database after rescue operations or technical services.

During tests the system user, on the basis of the data from the current records, equipment elements, reports on the use of equipment during PSP activities, laboratory tests and sensors installed on the equipment, can develop:

- operational forecasts, and on their basis reports helpful in making logistic decisions,
- a list of items of equipment that are likely to fail soon and require servicing. It is also possible to indicate units in which equipment failure may occur in the near future. Such a report allows to determine logistic activities that allow individual units to be supplied with new equipment or to prevent failure of owned equipment,
- a list of models of a given type of equipment (motor pumps, power generators, etc.), sorted by failure rate. The report allows to identify equipment models that are most susceptible to damage or have the longest operation time,
- list of equipment sorted by cost of usage (e.g. gross cost per hour). Due to determining the dependence of the time of continuous operation on failure rate (e.g. assuming that a device that is often turned on for a short time,

Powstały system diagnostyki technicznej pozwala na:

- stały monitoring eksploatacji wybranego sprzętu za pomocą zaprojektowanych i wykonanych w ramach projektu sensorów montowanych na badanych urządzeniach,
- skuteczne wykorzystanie informacji zebranych przy użyciu opracowanych technologii (również z użyciem innych źródeł np. programu SWD) za pomocą narzędzia do ich efektywnego przechowywania oraz zarządzania przy wykorzystaniu otwartej platformy aplikacyjnej do przetwarzania i przechowywania danych ogólnego przeznaczenia,
- efektywne zarządzanie i prezentację zgromadzonych informacji za pomocą dedykowanego modułu, w którym dane zgromadzone z różnych źródeł można zobaczyć w postaci specjalnie utworzonych raportów oraz wykresów. Dodatkowo możliwa jest wizualizacja informacji przestrzennych na mapach 2d,
- utworzenie strony serwerowej systemu odpowiadającej za przetwarzanie spływających z wielu źródeł informacji, ich bezpieczne składowanie oraz udostępnianie autoryzowanym klientom w celu prezentacji zgromadzonych danych i efektywnego zarządzania nimi,
- utworzenie modułowej aplikacji klienckiej, w której informacje zgromadzone z różnych źródeł można zobaczyć w postaci specjalnie utworzonych raportów oraz wykresów, dodatkowo możliwa będzie wizualizacja informacji przestrzennych na mapach 2d,
- wykorzystanie danych otrzymanych z systemu diagnostyki technicznej do wspomagania działań logistycznych. Zbieranie danych statystycznych takich jak średni czas działania pomiędzy awariami w celu prognozowania zużycia sprzętu w jednostkach ratowniczo-gaśniczych, które nie zostaną objęte systemem monitoringu,
- możliwość ręcznego wprowadzania do systemu ewidencji nowych jednostek straży pożarnej razem z listą rodzaju posiadanego sprzętu oraz stanu jego zużycia, a także prowadzenia aktualizacji bazy sprzętu po akcjach ratowniczych lub serwisach technicznych.

Podczas badań użytkownik systemu na podstawie danych z bieżącej ewidencji, elementów wyposażenia, raportów dot. użyciu sprzętu podczas akcji PSP, testów laboratoryjnych oraz sensorów zainstalowanych na sprzęcie może opracować:

- prognozy eksploatacyjne, a na ich podstawie raporty pomocne przy podejmowaniu decyzji logistycznych,
- listę elementów wyposażenia, które prawdopodobnie wkrótce ulegną uszkodzeniu i będą wymagały serwisowania. Możliwe jest także wskazanie jednostek, w których w najbliższym czasie może dojść do awarii sprzętu. Taki raport pozwala określić działania logistyczne pozwalające na zaopatrzenie poszczególnych jednostek w nowy sprzęt albo zapobiec wystąpieniu awarii w przypadku posiadanego sprzętu,
- listę modeli sprzętu danego typu (motopompy, agregaty prądowórcze itp.), posortowanych względem awaryjności. Raport pozwala zidentyfikować modele sprzętu najbardziej podatne na uszkodzenia albo działające najdłużej,
- listę sprzętu posortowaną względem kosztu eksploatacji

breaks down faster than a device that operates continuously), it is possible to select an appropriate type of devices for specific applications.

A similar concept was presented during the implementation of the project No. DOBR BIO4/047/13419/2013 called "A comprehensive logistic security system for multi-entity rescue operations", which resulted in creating a tool for the implementation of management activities that allowed avoiding errors in making logistic decisions, and consequently operational ones. The developed IT tool of the logistics security system allows for [12]:

- keeping records of resources and logistic possibilities available during the rescue operation,
- generating logistic documentation performed during a rescue operation,
- generating directive documentation for the person managing rescue operations (KDR),
- generating necessary supporting documentation.

An extremely important aspect of the created IT system as part of the implementation of this project is the ability to easily and quickly verify the forces and resources of all entities directly involved in the multi-entity rescue operation, as well as resources constituting reserve equipment, which can be used both to increase the quality and shorten action time, as well as to replace damaged equipment. An additional, equally important functionality of the created logistics system is the reporting module. This module is indispensable at the time of changes in the command post – because the current reporting methods are very time-consuming and mainly carried out in paper version. In the new system, the reporting module, in addition to the option of creating a paper version of the documentation, gives the possibility of an immediate preview of what forces and resources are available including the location on the map and the new operation commander receives up-to-date information in real time [12].

The applied ICT system, in conjunction with wireless telecommunications means and portable devices such as smartphones and tablets, can be used to support the work of a wide group of people involved in rescue operations. It is particularly interesting to support the work of the commander of the rescue activities during long-term rescue operations, which are often characterized by the necessity to coordinate the actions of various entities, as well as groups of people not equipped with their own telecommunications means. Long – counted in days or even weeks – time of activities brings to the front the need to ensure deliveries and fulfil logistic needs. Even the best trained and highly motivated people cannot operate effectively without adequate resources, including consumables, fuel, water and food. It is also important to accommodate people, including evacuees. In such activities, it is useful to use a centralized database to quickly and automatically calculate the logistic needs of individual entities and to prepare reports and documentation describing the course of activities. An additional advantage of the ICT system is the presentation of all data in real time on a map, which can be extremely useful in making quick and accurate decisions [12].

(np. kosztu brutto godziny pracy). Dzięki wyznaczeniu zależności czasu ciągłej pracy od awaryjności (np. przy założeniu, że urządzenie, które jest często włączane na krótki czas, psuje się szybciej niż pracujące w trybie ciągłym) można dobrać odpowiedni typ urządzeń do konkretnych zastosowań.

Podobną koncepcję zaprezentowano przy realizacji projektu nr DOBR BIO4/047/13419/2013 pt. „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”, którego efektem było narzędzie do realizacji działań zarządczych pozwalające na uniknięcie błędów w podejmowaniu decyzji logistycznych, a w konsekwencji operacyjnych. Powstałe narzędzie informatyczne systemu zabezpieczenia logistycznego pozwala na [12]:

- prowadzenie ewidencji zasobów i możliwości logistycznych dostępnych podczas trwania akcji ratowniczej,
- generowanie dokumentacji logistycznej wykonywanej podczas akcji ratowniczej,
- generowanie dokumentacji dyrektywnej kierującego działaniami ratowniczymi (KDR),
- generowanie niezbędnej dokumentacji pomocniczej.

Niezmiernie ważnym aspektem systemu informatycznego powstałego w ramach realizacji tego projektu jest możliwość łatwego i szybkiego sprawdzenia sił i środków wszystkich podmiotów biorących bezpośredni udział w prowadzonej wielopodmiotowej akcji ratowniczej, a także zasobów stanowiących rezerwową zaplecze sprzętowe, które może zostać wykorzystane zarówno w celu zwiększenia jakości i skrócenia czasu akcji, jak też zastąpienia uszkodzonego sprzętu. Dodatkową, równie istotną funkcjonalnością utworzonego systemu logistycznego jest moduł raportowania. Moduł ten jest niezbędny w momencie zaistnienia zmian na stanowisku dowodzenia, ponieważ dotychczas stosowane sposoby raportowania są bardzo czasochłonne i w głównej mierze prowadzone w wersji papierowej. W nowym systemie moduł raportowania, poza możliwością tworzenia wersji papierowej dokumentacji, daje możliwość natychmiastowego podglądu, jakie siły i środki są do dyspozycji łącznie z rozmieszczeniem na mapie, a nowy dowodzący akcją otrzymuje aktualną informację w czasie rzeczywistym [12].

Zastosowany system teleinformatyczny, w połączeniu z bezprzewodową komunikacją i przenośnymi urządzeniami typu smartfon i tablet, może posłużyć do wspomagania pracy szerokiej grupy osób zaangażowanych w prowadzenie działań ratowniczych. Szczególnie interesujące jest wspomaganie pracy kierującego działaniami ratowniczymi w czasie długotrwałych akcji ratowniczych, które często charakteryzują się koniecznością koordynacji działań różnych podmiotów, a także grup osób niewyposażonych we własne środki telekomunikacji. Długi – liczony w dniach, a nawet tygodniach – czas działań wysuwa na pierwszy plan konieczność zapewnienia dostaw i realizacji potrzeb logistycznych. Nawet najlepiej przeszkoleni i silnie zmotywowani ludzie nie są w stanie skutecznie działać bez zapewnienia im odpowiednich środków, w tym materiałów eksploatacyjnych, paliwa, wody i żywności. Ważna jest również kwestia zakwaterowania osób, w tym osób ewakuowanych. W tego typu działaniach przydatne jest wykorzystanie scentralizowanej bazy danych do szybkiego i automatycznego przeliczania potrzeb logistycznych poszczególnych

According to the authors, the conclusions of the two projects mentioned above confirm the need to modify the management of rescue and firefighting activities and to introduce tools supporting the management of activities with the use of IT systems operating in parallel with the existing SWD-ST system (Decision Support System – ICT System) used in PSP/KSRG units. This tool is available in version 2.5 (county/city commands) and version 3.0 (provincial headquarters, PSP Headquarters). SWD-ST supports a large area of the State Fire Service's activity, with particular emphasis on the tasks carried out by operational departments. They include, among others:

- Departure Register module – supporting the duty service in handling emergency notifications, coordination of activities;
- EWID module – preparing information from an event;
- ST statements module supporting the performance of analytical and statistical operations.

The tool proposed by the authors allows for optimal management of the operation of the equipment subject to monitoring, both in technical, operational and tactical terms, and the automatic reporting system used offers those interested at every level of command to obtain objective data in real time without the need to involve additional people to supervise and provide data. At the same time, it is possible to verify the operating costs of the monitored equipment, taking into account actual data and forecasts of the technical condition (including technical inspections and forecast repairs and resources).

Innovative extinguishing systems

An example of the use of innovative technologies in firefighting and rescue operations by fire protection units is a technology demonstrator created under the project No. DOB-BIO6/06/113/2014 called "Mobile turbine rescue and firefighting system (MTSRG)", i.e. a multifunctional fire truck built on MAN TGM 18.290 (4x4) chassis. The body was designed as a modular structure. The first element is a fire extinguishing unit with a A60/8 fire engine compartment and a 1000 dm³ tank for the foam concentrate, the second – a fire extinguishing turbine. The extinguishing turbine is mounted on a special construction that allows it to work in different positions in relation to the vehicle. The angle of rotation in the horizontal plane is $\pm 90^\circ$ from the axis of the vehicle. The angle of rotation of the work platform in the vertical plane is -10° to $+30^\circ$. Change of position is performed remotely by hydraulic systems. Access to permanently installed equipment and portable equipment is possible through seven lockable shutters and from working platforms located on the sides of the vehicle (see Figure 3). The roof of

podmiotów oraz przygotowania raportów i dokumentacji opisującej przebieg prowadzonych działań. Dodatkowym atutem systemu teleinformatycznego jest prezentacja wszystkich danych w czasie rzeczywistym na mapie, co może być niezwykle przydatne przy podejmowaniu szybkich i trafnych decyzji [12].

Zdaniem autorów wnioski z dwóch przywołanych wyżej projektów potwierdzają konieczność modyfikacji zarządzania działaniami ratowniczo-gaśniczymi oraz wprowadzenia do stosowania narzędzi wspomagających zarządzanie działaniami z wykorzystaniem systemów informatycznych równolegle funkcjonujących z systemem wspomagania decyzji – systemem teleinformatycznym (SWD-ST) wykorzystywanym w jednostkach PSP/KSRG. Narzędzie to występuje w wersji 2.5 (komendy powiatowe/miejskie) i wersji 3.0 (komendy wojewódzkie, KG PSP). SWD-ST wspomaga duży obszar działalności PSP, ze szczególnym uwzględnieniem zadań realizowanych przez wydziały operacyjne. Zaliczamy do nich m.in.:

- moduł Rejestr Wyjazdów – wspomaganie służby dyżurnej w obsłudze zgłoszeń alarmowych, koordynacja działań;
- moduł EWID – sporządzanie informacji ze zdarzenia;
- moduł Zestawienia-ST wspomagający wykonywanie operacji analityczno-statystycznych.

Narzędzie proponowane przez autorów pozwala na optymalne zarządzanie eksploatacją sprzętu objętego monitoringiem zarówno pod względem technicznym, jak i operacyjno-taktycznym, a zastosowany system automatycznego raportowania oferuje zainteresowanym na każdym szczeblu dowodzenia pozyskanie obiektywnych danych w czasie rzeczywistym bez konieczności angażowania dodatkowych osób do tej pracy. Jednocześnie system pozwala na weryfikację kosztów eksploatacji monitorowanego sprzętu, uwzględniając dane rzeczywistych oraz prognozy stanu technicznego (łącznie z przeglądami technicznymi i prognozowanymi naprawami i reśursami).

Innowacyjne systemy gaśnicze

Przykład wykorzystania innowacyjnych technologii w działaniach ratowniczo-gaśniczych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej stanowi demonstrator technologii powstały w ramach projektu nr DOB-BIO6/06/113/2014 pt. „Mobilny turbiniowy system ratowniczo-gaśniczy (MTSRG)”, którym jest wielofunkcyjny samochód pożarniczy zabudowany na podwoziu MAN TGM 18.290 (4x4). Nadwozie pojazdu zaprojektowano jako konstrukcję modułową. Pierwszy element stanowi zabudowa pożarnicza z przedziałem autopompy A60/8 i zbiornikiem na środek pianotwórczy o pojemności 1000 dm³, drugi – zabudowa turbiny gaśniczej. Turbina gaśnicza zamontowana jest na specjalnej konstrukcji pozwalającej na pracę w różnych pozycjach w stosunku do pojazdu. Kąt obrotu w płaszczyźnie poziomej wynosi $\pm 90^\circ$ względem osi pojazdu. Kąt obrotu platformy roboczej w płaszczyźnie pionowej wynosi -10° do $+30^\circ$. Zmiana położenia jest realizowana zdalnie poprzez układy hydrauliczne. Dostęp do wyposażenia zamontowanego na stałe oraz sprzętu przenośnego jest możliwy z podestów roboczych

the fire vehicle is structurally prepared for the transport of parts of the vehicle's fire equipment.

umiejscowionych po bokach pojazdu oraz przez siedem zamykanych żaluzji (zob. ryc. 3). Dach zabudowy pożarniczej, konstrukcyjnie przygotowany jest do przewożenia części wyposażenia pożarniczego samochodu.



Figure 3. MTSRG general view
Rycina 3. MTSRG widok ogólny

Source: CNBOP-PIB archive.
Źródło: Archiwum CNBOP-PIB.

A tank for aviation fuel with a capacity of 1000 dm³ with its own filling system, enabling refuelling independent of the operating state of the turbine, provides 60 minutes of continuous operation time of the turbine engine. The vehicle has an installed system for providing extinguishing powders to the area of the turbine outlet. The power supply of the powder heads is compatible with the systems and technical parameters of powder vehicles used in fire protection units. According to the assumptions, the MTSRG is intended for firefighting, cooling of technological installations, ventilation of tunnels, mass decontamination, containment and liquidation limitation. Contrary to the turbine rescue and extinguishing systems used in other countries, the proposed solution has a powder supply system.

The analysis of the results of field tests carried out during the implementation of the project called „Mobile turbine rescue and firefighting system (MTSRG)” leads to the following statements [13–15]:

1. The introduction of a powder stream into the gases produced by the turbine works independently of the water system. The powder heads were installed adjacent to the outlet of the exhaust gas turbine. The delivery system of the extinguishing powder provides for the use of powder vehicles as a source of the extinguishing agent. The connection of the external power supply, powder heads and the diameter of the supply lines are compatible with the systems and technical parameters of powder vehicles used in fire protection units.
2. When assessing the effectiveness of activities carried out by MTSRG in comparison to the effectiveness of activities carried out with standard techniques using typical equipment, it can be concluded that the range of extinguishing currents from the turbine vehicle allows performing the actions in attack or defence (or cover), to which – under normal operating conditions – it would be necessary to send about 90 rescuers (assuming that one fire extinguishing current is served by one group). Assuming that one team can deliver two extinguishing

Zbiornik na paliwo lotnicze o pojemności 1000 dm³ z własnym systemem napełnienia, umożliwiającym tankowanie niezależne od stanu pracy turbiny, zapewnia 60 min. czasu pracy ciągłej silnika turbinowego. Pojazd posiada zainstalowany system podawania proszków gaśniczych w obszar wylotu turbiny. Zasilanie głowic proszkowych jest kompatybilne z układami i parametrami technicznymi samochodów proszkowych stosowanych w jednostkach ochrony przeciwpożarowej. Zgodnie z założeniami MTSRG przeznaczony jest do zwalczania pożarów, schładzania instalacji technologicznych, przewietrzania tuneli, dekontaminacji masowej, ograniczenia rozprzestrzeniania się i likwidacji skażeń. W odróżnieniu od stosowanych w innych państwach turbinowych systemów ratowniczo-gaśniczych zaproponowane rozwiązanie posiada system zasilania proszkiem gaśniczym.

Analiza wyników badań poligonowych powstałych przy realizacji projektu pt. „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy (MTSRG)”, prowadzi do poniższych stwierdzeń [13–15]:

1. Wprowadzenie strumienia proszku do gazów wytwarzanych przez turbinę działa niezależnie od układu wodnego. Głowice proszkowe zostały zamontowane w sąsiedztwie wylotu turbiny wytwarzającej gazy spalinowe. System podawania proszków gaśniczych przewiduje wykorzystanie samochodów proszkowych jako źródła środka gaśniczego. Przyłącze zewnętrznego zasilania i głowic proszkowych oraz średnica przewodów zasilających jest kompatybilna z układami i parametrami technicznymi samochodów proszkowych stosowanych w jednostkach ochrony przeciwpożarowej.
2. Oceniając efektywność działań realizowanych przez MTSRG w porównaniu do efektywności działań standardowymi technikami z wykorzystaniem typowego sprzętu i wyposażenia dochodzimy do wniosku, że zasięg prądów gaśniczych z samochodu turbinowego pozwala wykonać działania w natarciu lub obronie (względnie ostrońie), do których trzeba byłoby skierować w normalnych warunkach działań ok. 90 ratowników (przy założeniu, że jeden prąd gaśniczy obsługuje jedna rota). Przyjmując, że jeden zastęp może

currents during the action, in order to provide an equivalent amount of water to the fire environment with extinguishing currents it would be necessary to use 30 extinguishing currents (30 x 200 l/min = 6,000 l/min), which corresponds to the power of 15 teams (90 rescuers). The range of the dispersed extinguishing currents for a Turbojet nozzle is a maximum of 15 m, and in the case of a 2400 l/min cannon, the range of the dispersed current is 25 m, with a larger average droplet diameter [16].

3. In case of MTSRG, the maximum range was approx. 100 m, and the effective range for various directions and wind – approx. 60 m, which increases its extinguishing efficiency compared to standard methods of extinguishing operations. In addition, the range of the extinguishing current significantly reduces the impact of the heat stream and the action of toxic fire gases on the rescuers. Due to the highly turbulent stream of exhaust gases, which transport the extinguishing agent dispersed by means of the heads (water or water with the addition of wetting agents or foaming agents), it is further dispersed. As a result, we obtain a mobile fire extinguishing device:
 - in large rooms, of surfaces, warehouses, including high storage areas, tunnels, for eliminating chemical hazards.

MTSRG uses the experience of operating similar fire extinguishing systems in other countries and takes into account the expectations of PSP as an end user. The applied solutions should ensure the expected mobility and efficiency as well as compatibility with extinguishing technologies used by rescue and firefighting units. MTSRG was also created with the idea of using the technology as economically as possible – considering the conditions of a turbine engine – while maintaining the universal solution. Field tests of extinguishing efficiency have shown some limitations in extinguishing group A fires. However, the use of the installed fire cannon compensates for the limitations in the extinguishing efficiency of the turbine engine. The application of a drop current or short circuit current ensures adequate wetting of the extinguished/protected material. The above limitations of the effectiveness of extinguishing group A fires do not prevent – while maintaining an appropriate foam density and feeding at an appropriate distance – the use of the system to prevent the spread of forest apex fire as part of the defence and security measures.

During the tests, it was found that the quality of the foaming agent used had an impact on the obtained results. The tests confirmed the effective extinguishing of group B fires. In this case, the extinguishing efficiency also depends on setting the MTSRG in the direction of the wind, which is related to the low value of the mean surface diameter of the droplets (only 100 µm) and their susceptibility to the wind drift. Setting the turbine at an angle of 15° and 30° in relation to the ground resulted in a shorter throw range, improving the parameters for the elimination of spatial clouds of toxic industrial agents. As demonstrated for the Turbolösher II vehicle simulation [17], efficiency is primarily achieved by a significant volume of the ejected cloud-diluting turbine exhaust gas. Surface sorption at the phase boundary constitutes a smaller share, and the efficiency increases with

podawać podczas akcji dwa prądy gaśnicze, tak aby podać równoważną ilość wody do środowiska pożaru prądami gaśniczymi potrzebne byłoby zastosowanie 30 prądów gaśniczych (30 x 200 l/min = 6000 l/min), co odpowiada sile 15 zastępów (90 ratowników). Zasięg rozproszonych prądów gaśniczych dla prądownicy typu Turbojet wynosi maksymalnie 15 m, a w przypadku działka o wydajności 2400 l/min zasięg prądu rozproszonego wynosi 25 m i to przy większej przeciętnej średnicy kropeł [16].

3. W przypadku MTSRG zasięg maksymalny wynosił ok. 100 m, a zasięg skuteczny dla różnych kierunków i wiatru – ok. 60 m, co zwiększa jego skuteczność gaśniczą w porównaniu do standardowych metod działań gaśniczych. Dodatkowo zasięg prądu gaśniczego istotnie ogranicza oddziaływanie strumienia ciepłego oraz działania toksycznych gazów pożarowych na ratowników. Dzięki silnie turbulentnemu strumieniowi gazów spalinyowych, które transportują rozproszony przy pomocy głowic środek gaśniczy (woda lub woda z dodatkiem środków zwilżających czy środków pianotwórczych), ulega on dalszemu rozproszeniu. W efekcie uzyskujemy mobilne urządzenie do gaszenia pożarów:
 - w dużych pomieszczeniach, powierzchniowych, hal magazynowych, w tym hal wysokiego składowania, tuneli, likwidacji zagrożeń chemicznych.

Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy (MTSRG) wykorzystuje doświadczenia wynikające z eksploatacji podobnych systemów gaśniczych użytkowanych w innych państwach oraz uwzględnia oczekiwania PSP jako użytkownika końcowego. Zastosowane rozwiązania powinny zapewnić oczekiwaną mobilność i efektywność oraz kompatybilność ze stosowanymi przez jednostki ratowniczo-gaśnicze technologiami gaśniczymi. MTSRG został również stworzony z myślą o w miarę ekonomicznym – jak na warunki silnika turbinowego – wykorzystaniu technologii przy zachowaniu uniwersalności rozwiązania. Poligonowe badania skuteczności gaśniczej wykazały pewne ograniczenia w zakresie gaszenia pożarów grupy A. Wykorzystanie zainstalowanego działka gaśniczego rekompensuje jednak ograniczenia skuteczności gaśniczej silnika turbinowego. Podanie z działka prądu kroplistego lub zwartego zapewnia odpowiednie zwilżenie gaszonego/zabezpieczanego materiału. Powyższe ograniczenia skuteczności gaszenia pożarów grupy A nie uniemożliwiają – przy zachowaniu odpowiedniej gęstości piany i podawania z odpowiedniej odległości – wykorzystania systemu do zabezpieczenia przed przemieszczaniem się pożaru wierzchołkowego lasu w ramach działań obronnych i zabezpieczających.

W trakcie badań stwierdzono, że wpływ na osiągnięte wyniki ma jakość stosowanego środka pianotwórczego. Badania potwierdziły skuteczne gaszenie pożarów grupy B. W tym przypadku skuteczność gaśnicza jest także zależna od ustawienia MTSRG zgodnie z kierunkiem wiatru, co wiąże się z małą wartością średnich średnic powierzchniowych kropli (zaledwie 100 µm) i ich podatnością na znoszenie kropli przez wiatr. Ustawienie turbiny pod kątem 15° oraz 30° względem podłoża dawało mniejszy zasięg rzutu, poprawiając parametry likwidacji unoszących się w powietrzu chmur przestrzennych toksycznych środków

the polarity and solubility of the given vapours in water [18]. The range of the foam throw turned out to be very similar to the water throw. From the S-type extinguishing agent Protektol SAT-10 [19], with its standard working concentration of 3%, heavy foam was obtained with the expansion number $LS = 5$. This is called wet foam with good extinguishing and cooling properties.

Due to the alternative possibility of using the cannon with adequate water supply, MTSRG can be effectively used in activities, primarily in defence, both in forest and industrial areas. Taking into account environmental aspects, it can be assumed that the used extinguishing technology is much more beneficial than the use of classic solutions – it reduces the number of people dispatched to activities that require additional logistic protection and ensuring the safety of operations. It should also be emphasized that the actual throw ranges of classic nozzles are several times smaller than the throw ranges of MTSRG. The use of the S-03 jet engine generates quite a significant amount of noise at the level of 120 dB, which necessitates the use of specialized means of communication and hearing protection.

Summary

The effective use of the results of projects financed by NCBiR is one of the fastest ways to implement organizational and technical innovations in system activities. According to the authors, in order to increase the rational use of funds allocated to the implementation of research and development projects, a more active participation of the operator is recommended (in terms of content). The use of innovative technologies, even on a national scale, allows to achieve measurable effects in the field of:

- increasing the functionality and usability of products,
- upgrading the existing systems,
- improving technologies used in rescue and firefighting operations,
- optimizing in terms of ergonomics the working conditions and work time,
- protecting the natural environment by reducing technogenic situations.

przemysłowych. Podczas symulacji z zastosowaniem pojazdu Turbolösher II [17] wykazano, że efektywność gaśniczą zapewnia przede wszystkim znacząca objętość wyrzucanych gazów spalinowych turbiny rozcieńczających chmurę. Sorpcja powierzchniowa na granicy faz stanowi mniejszy udział, przy czym efektywność ta wzrasta wraz z polarnością i rozpuszczalnością danych par w wodzie [18]. Zasięg rzutu piany okazał się bardzo zbliżony do rzutu wody. Ze środka gaśniczego typu S o nazwie Protektol SAT-10 [19], przy jego standardowym stężeniu roboczym wynoszącym 3%, otrzymywano pianę ciężką o liczbie spienienia $LS = 5$. Jest to tzw. piana mokra, posiadająca dobre właściwości gaśnicze i chłodzące.

MTSRG, ze względu na alternatywną możliwość użycia działka przy zapewnieniu odpowiedniego zaopatrzenia wodnego, może być efektywnie wykorzystany w działaniach przede wszystkim obronnych zarówno w terenach leśnych, jak i przemysłowych. Uwzględniając aspekty środowiskowe można przyjąć, że wykorzystana technologia gaszenia jest dużo bardziej korzystna niż stosowanie klasycznych rozwiązań – zmniejsza ilość osób zadysponowanych do prowadzonych działań, które należy dodatkowo zabezpieczyć pod względem logistycznym oraz bezpieczeństwa działań. Należy też podkreślić, że rzeczywiste zasięgi rzutu klasycznych prądownic są kilkakrotnie mniejsze od zasięgów rzutu MTSRG. Zastosowanie silnika odrzutowego S-03 generuje dość znaczną ilość hałasu na poziomie 120 dB, co powoduje konieczność stosowania specjalistycznych środków łączności oraz środków ochrony słuchu.

Podsumowanie

Efektywne wykorzystanie rezultatów projektów finansowanych przez NCBiR jest jedną z najszybszych możliwości wdrażania innowacji organizacyjno-technicznych do działań systemowych. Zdaniem autorów, w celu zwiększenia racjonalności wykorzystania środków finansowych przeznaczonych na realizację projektów badawczych i prac rozwojowych, wskazany jest bardziej aktywny udział gestora (w zakresie merytorycznym). Zastosowanie innowacyjnych technologii, wykorzystywanych nawet na skalę krajową, pozwala na osiągnięcie mierzalnych efektów w zakresie:

- zwiększenia funkcjonalności i użyteczności produktów,
- unowocześnienia istniejących systemów,
- udoskonalenia technologii stosowanych w działaniach ratowniczo-gaśniczych,
- optymalizacji ergonomicznej warunków i czasu pracy,
- ochrony środowiska naturalnego dzięki ograniczeniu sytuacji technogennych.

Literature / Literatura

- [1] Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, OECD and Statistical Office of the European Communities 2005, <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>.
- [2] Frankowski P., Skubiak B., *Innowacyjność w teorii ekonomii i praktyce gospodarczej*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania” 2012, 30, 271–282.
- [3] GUS, *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009–2012*, Warszawa 2012, https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/NTS_dzialanosc_innowacyjna_2009-2011.pdf [dostęp: 31.05.2021].
- [4] Warmiński A., *Zadania i organizacja Państwowej Straży Pożarnej w zakresie ochrony przeciwpożarowej*, „Doctrina. Studia społeczno-polityczne” 2009, 6, 275–304.
- [5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 lipca 2017 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U. 2017, poz. 1319).
- [6] Ustawa z 24 sierpnia 1991 roku o Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. 2006, nr 96, poz. 677, z późn. zm.).
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 1997 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków oraz zakresu ich obowiązywania w stosunku do innych osób biorących udział w akcjach ratowniczych, ćwiczeniach lub szkoleniu (Dz.U.1997, nr 145, poz. 979).
- [8] Prońko J., *Logistyka w działaniach ratowniczych*, „Logistyka” 2015, 4, 8215–8226.
- [9] Projekt nr DOBR-BIO4/051/13087/2013 pt. „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe).”
- [10] Riegert D., *Doraźne metody ochrony przed powodzią*, BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 139–147, <https://doi.org/10.12845/bitp.35.3.2014.13>.
- [11] <https://supron1.pl/pl/zabezpieczenia-przeciwpowodziowe/1232-zapora-przeciwpowodziowa-z-pcv-napelniana-woda-o-przekroju-okraglym.html> [dostęp: 31.05.2021].
- [12] Roguski J., *Wspomaganie procesów zarządzania działaniami straży pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2016.
- [13] Projekt DOB-BIO6/06/113/2014 pt. „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy” (materiały niepublikowane).
- [14] Węsierski T., Majder-Łopatka M., Wąsik W., Król B., *Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy. Podstawowe założenia systemu gaśniczego bazującego na wykorzystaniu turbiny samolotowej SO3* [w:] *Innowacyjne technologie w straży pożarnej*, J. Roguski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2018.
- [15] Adamski A., Wąsik W., Węsierski T., Majder-Łopatka M., *Organizacja zaopatrzenia wodnego mobilnego turbinowego systemu gaśniczego* [w:] *Innowacyjne technologie w straży pożarnej*, J. Roguski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2018.
- [16] Węsierski T., Kielin J., Gontarz A., *Samochody z turbinyowym systemem gaśniczym*, BiTP Vol. 20 Issue 4, 2010, pp. 139–150.
- [17] Węsierski T., Majder-Łopatka M., Wąsik W., *Likwidacja skażeń przestrzennych amoniaku za pomocą turbinowych pojazdów gaśniczych*, „Przemysł Chemiczny” 2017, 5 (96), 1080–1084, <http://dx.doi.org/10.15199/62.2017.5.21>.
- [18] Roguski J. (red.), *Wspomaganie procesów zarządzania działaniami w straży pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2016.
- [19] Roguski J., *Innowacyjne technologie w straży pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2018.

JACEK ROGUSKI, PH.D. ENG. – a graduate of the Warsaw University of Technology and the State Fire Academy of EMERCOM of Russia. He deals with aspects related to the issues of safe use of technical equipment in fire brigades and the problems of using technical devices. An author of several dozen publications, speaker and member of scientific committees at numerous conferences – national and international. Creator of four patents and designs. His scientific achievements have been honoured with nineteen international and national awards at exhibitions for inventiveness.

DOROTA SZULCZYŃSKA, PH.D. ENG – she completed doctoral studies in 2012 at the Faculty of Materials Science and Engineering of the Warsaw University of Technology, obtaining a PhD degree in technical sciences. She is the author or co-author of articles published in scientific journals and conference materials, and the author of papers presented at national and international conferences. Since 2012, an employee of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute.

DR INŻ. JACEK ROGUSKI – absolwent Politechniki Warszawskiej oraz Akademii Państwowej Straży Pożarnej w Moskwie (State Fire Academy of EMERCOM of Russia). Zajmuje się aspektami związanymi z zagadnieniami bezpieczeństwa użytkownika wyposażenia technicznego w straży pożarnej oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Autor kilkudziesięciu publikacji, prelegent oraz członek komitetów naukowych na licznych konferencjach – krajowych i zagranicznych. Twórca pięciu patentów i wzorów. Jego osiągnięcia naukowe zostały uhonorowane dziewiętnastoma międzynarodowymi i krajowymi wyróżnieniami na wystawach związanych z wynalazczością.

DR INŻ. DOROTA SZULCZYŃSKA – studia doktoranckie ukończyła w 2012 roku na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, uzyskując stopień doktora nauk technicznych. Jest autorką lub współautorką artykułów publikowanych w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych oraz autorką referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych. Od 2012 roku pracownik Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowego Instytutu Badawczego.