

dr inż. ANNA DĄBROWSKA (ORCID: 0000-0003-4295-3005)

dr hab. inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK (ORCID: 0000-0002-9292-0538)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

mgr inż. TOMASZ SZMECHTYK (ORCID: 0000-0002-3072-8049)

Politechnika Łódzka i CIOP-PIB

Kontakt: andab@ciop.lodz.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0013.1578

# Potrzeby i oczekiwania strażaków wobec inteligentnej odzieży ochronnej z systemem sygnalizacji zagrożeń – wyniki badań ankietowych

Fot. fxquadro / iBigstockphoto



Bardzo trudne warunki środowiskowe podczas prowadzenia akcji przeciwpożarowych przez strażaków sprawiają, iż wciąż prowadzone są prace naukowo-badawcze zmierzające do opracowania nowego rodzaju inteligentnej odzieży ochronnej, wyposażonej w systemy ułatwiające komunikację i dostarczającej kompleksowych danych o stanie zdrowia strażaków oraz warunkach panujących w ich otoczeniu. Systemy te mogą wspomagać pracę strażaka i przyczynić się do poprawy jego bezpieczeństwa w czasie akcji przeciwpożarowych. Kluczowe jest jednak, aby spełniały one oczekiwania strażaków i były dostosowane do warunków ich pracy. W związku z tym w publikacji przedstawiono wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród strażaków, ukierunkowanych na określenie ich potrzeb w stosunku do inteligentnej odzieży ochronnej z systemem sygnalizacji zagrożeń.

*Słowa kluczowe: inteligentna odzież ochronna, odzież ochronna dla strażaków, elektronika noszona*

## Needs and expectations of firefighters towards smart protective clothing with the hazards warning system – results of survey research

Extremely hard environmental conditions during firefighting operations cause that scientific-research works are still performed aimed at development of new kind of smart protective clothing, equipped with systems supporting communication and delivering complex data about firefighters' health status, as well as about conditions in their surroundings. Those systems can support firefighter's work and contribute to improvement of his safety during operation. However, it is crucial that they meet firefighters' expectations and are adjusted to their working conditions. Therefore, this publication presents the results of a survey research carried out among firefighters focused on defining their needs in relation to smart protective clothing with the hazards warning system.

*Keywords: smart protective clothing, protective clothing for firefighters, wearable electronics*

## Wstęp

Działania funkcjonariuszy straży pożarnej są często związane z narażeniem na działanie różnorodnych, środowiskowych czynników zagrożenia, takich jak wysoka temperatura otoczenia czy dym, ale i takimi utrudnieniami, jak duży wysiłek fizyczny oraz wysoka masa odzieży ochronnej oraz używanego sprzętu gaśniczego, burzącego itd. (około 40 kg), które mogą wpływać na ich stan psychofizyczny [1]. Ponadto zgodnie z danymi dostarczonymi przez National Fire Protection Association (NFPA), 38% zgonów strażaków w Stanach Zjednoczonych spowodowało nagłe wystąpienie problemów z układem krążenia, kolejne 38% – uraz wewnętrzny, podczas gdy tylko niecałe 15% zgonów spowodowanych zostało wypadkami [2]. Pomimo że w ciągu ostatniej dekady liczba zgonów wśród strażaków w USA znacznie spadła, analiza NFPA wskazuje, że co roku nadal około 70 z nich umiera na służbie.

Biorąc pod uwagę te dane, przeprowadzono badania, których celem było przeanalizowanie przyczyn nagłych problemów z układem krążenia wśród strażaków [3]. Według Kales i wsp. [4] jedną z nich jest choroba niedokrwienna serca, jednak w analizie przeprowadzonej przez Smitha i wsp. [5] wskazano kombinację zarówno czynników występujących w trakcie służby, jak i poza nią. Autorzy stwierdzili, że strażacy są narażeni na wyczerpującą aktywność fizyczną, stres i czynniki nowotworowe (pozostałości po pożarze, osadzające się na odzieży), które mogą wpływać na układ sercowo-naczyniowy i w konsekwencji prowadzić do zatrzymania krążenia i w konsekwencji – zgonu. Wskazywali, że takie sytuacje częściej niż normalnie występują podczas działań ratowniczych, a także u strażaków z miażdżycą tętnic i/lub strukturalną chorobą serca.

Zarówno w obszarach miejskich, jak i przemysłowych strażacy najczęściej dysponowani są do działań ratowniczych. W takich interwencjach mogą uczestniczyć nawet setki funkcjonariuszy, których działalność

jest wtedy zawsze monitorowana przez sztab lokalnie powołany w miejscu działań. Akcje te mogą trwać od kilkunastu minut do nawet kilku dni [6] i prowadzone są w ciężkich warunkach: w obecności ognia, przy możliwości wystąpienia wybuchów, w obecności łatwopalnych lub toksycznych materiałów (często obecnych w instalacjach przemysłowych, ulatniających się z dymem) czy np. w budynkach zagrożonych zawaleniem na skutek oddziaływania pożaru. Strażacy pracują w wysokiej temperaturze, ciemnym, zadymionym i hałaśliwym (ze względu na pożar) środowisku [7]. Nie należy również zapominać o zdarzeniach nagłych, które wynikają z dynamiki pożaru i przez to są trudne do przewidzenia. W czasie działań ratowniczych wewnątrz budynku istnieje ryzyko związane z uszkodzeniem konstrukcji obiektu lub jego elementów, na skutek czego strażak jest narażony na urazy całego ciała, w tym: złamania, zmiżdżenia, rany cięte lub klute. Jeszcze większą dynamiką rozwoju zdarzeń charakteryzują się uszkodzenia wewnątrz budynku, będące następstwem eksplozji, której fala uderzeniowa również stanowi poważne zagrożenie dla strażaków (np. ze względu na oddziaływanie termiczne oraz odłamki lub przemieszczenia przedmiotów wywołane podmuchem fali), [8].

Druga grupa działań ratowniczych to pożary na dachach, nieuprawianych i niezamieszkałych terenach, trudno dostępnych dla ratowników, ale jednocześnie położone stosunkowo blisko wsi lub miast. Tutaj ważne jest, aby akcja została przeprowadzona szybko i efektywnie, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się ognia z jego początkowego obszaru. Działania powinny być wtedy monitorowane i zarządzane przez sztab lokalnie powołany w miejscu działań, umiejscowiony w bezpiecznym miejscu, ale niedaleko miejsca pożaru [7].

Oprócz standardowych działań ratowniczych strażacy uczestniczą również w eliminowaniu miejscowych zagrożeń, niekoniernie związanych z ogniem. Zarówno kłęski żywiołowe typu: trzęsienia ziemi, powódzie, silny wiatr, duże opady śniegu czy erupcje wulkanów, także usuwanie skutków zagrożeń dotyczących działań terrorystycznych, wymagają koordynacji wielu zastępów straży pożarnej i zapewnienia im odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa podczas pracy [9].

We wszystkich omawianych przypadkach trudne warunki środowiskowe zdecydowanie utrudniają prowadzenie działań, a zatem każdy rodzaj wsparcia poprawia warunki i poziom bezpieczeństwa pracy strażaków. Systemy ułatwiające komunikację oraz dostarczające kompleksowych danych o stanie zdrowia strażaków (m.in. tętno, temperatura ciała, wydolność organizmu) i warunkach mikroklimatu wokół nich (temperatura i wilgotność otoczenia, poziomy stężenie toksycznych i łatwopalnych gazów, deficyt tlenu), pozwalają na efektywniejsze i szybsze podejmowanie decyzji w czasie działań ratowniczych. W związku z tym, w ramach projektu badawczego realizowanego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym, podjęto się opracowania inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków z systemem sygnalizacji zagrożeń. Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań ankietowych ukierunkowanych na określenie potrzeb i oczekiwań strażaków względem tego rodzaju odzieży.

### Metodyka badań ankietowych

Badania ankietowe, które przeprowadzono wśród strażaków, miały na celu rozpoznanie ich potrzeb i oczekiwań w zakresie inteligentnej odzieży

ży ochronnej z systemem sygnalizacji zagrożeń. To z kolei miało umożliwić:

- wskazanie metody sygnalizacji zagrożeń oraz zidentyfikowanie elementów aktywnych, które zdaniem strażaków należy zastosować w odzieży ochronnej
- określenie zainteresowania stosowaniem takiego rodzaju odzieży
- poznanie opinii strażaków na temat ewentualnych innych niż ujęte w ankiecie rozwiązań, które powinny zostać uwzględnione przy projektowaniu odzieży ochronnej.

Wyniki przeprowadzonych badań ankietowych stanowiły też podstawę do opracowania wymagań funkcjonalnych systemu sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków.

W badaniu ankietowym, które przeprowadzono on-line, wzięło udział 810 strażaków.

### Struktura ankiety

Ankieta zawierała sześć pytań. Pierwsze dwa miały charakter zamknięty, były jednokrotnego wyboru, a ich wypełnienie było obowiązkowe. Służyły scharakteryzowaniu grupy respondentów i dotyczyły wieku (pytanie nr 1) oraz stażu pracy (nr 2) strażaków.

Kolejne pytanie (nr 3) miało na celu zidentyfikowanie sposobów przekazywania informacji o zagrożeniach, które – zdaniem strażaków – mogą uzupełniać komunikację radiotelefoniczną podczas akcji. Wśród odpowiedzi na to pytanie uwzględniono następujące opcje:

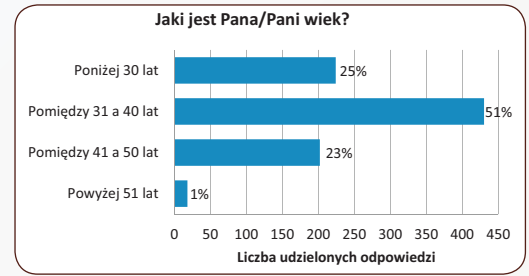
- metoda wizualna poprzez diody zintegrowane z odzieżą, umożliwiające przekazywanie informacji dzięki zmianie barwy lub pulsacji światła (ew. 2 w 1)
- metoda wizualna dzięki wyświetlaczowi umieszczonego np. w rękawie odzieży, umożliwiającemu przekazywanie informacji w formie tekstowej/obrazkowej
- metoda dźwiękowa poprzez brzęczek zintegrowany z odzieżą, umożliwiający przekazywanie informacji np. za pomocą zmiany poziomu natężenia dźwięku
- metoda wibracyjna (tzw. *haptic feedback*) dzięki elementowi wbudowanemu w odzież, umożliwiającemu przekazywanie informacji np. poprzez regulację natężenia wibracji.

W ankiecie strażacy zostali również poproszeni o wskazanie obiektów elektroniki noszonej (wearable electronics), które ich zdaniem znalazłyby zastosowanie w nowo opracowanej inteligentnej odzieży (nr 4), tj.:

- czujnik stanu fizjologicznego (np. częstość skurczów serca, temperatura ciała, częstość oddychania)
- czujnik lokalizacji
- czujnik temperatury otoczenia
- system chłodzenia
- czujnik stężenia substancji chemicznych
- kamera termowizyjna
- żadne z wymienionych.

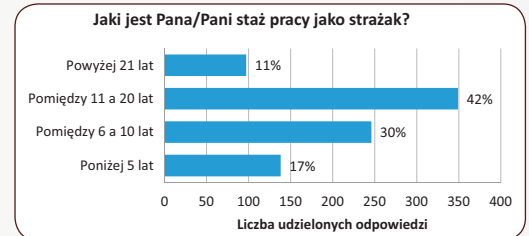
Odpowiedzi na pytania nr 3 i 4 również były obowiązkowe, miały charakter zamknięty, jednakże w tym wypadku istniała możliwość wielokrotnego wyboru odpowiedzi.

Ostatnie dwa pytania miały na celu określenie zainteresowania stosowaniem inteligentnej odzieży przez strażaków (nr 5) oraz wskazanie ewentualnych innych potrzeb lub sugestii dotyczących tej odzieży (nr 6). W związku z tym, pytanie nr



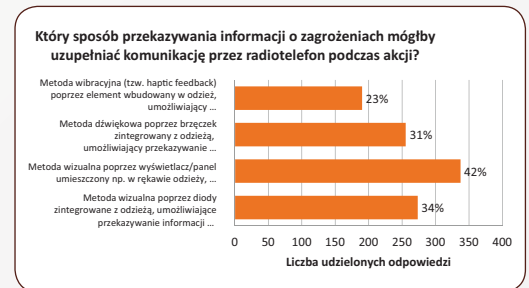
Rys. 1. Wiek respondentów

Fig. 1. Respondents' age



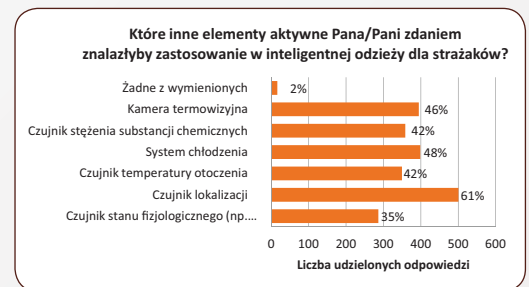
Rys. 2. Staż pracy respondentów jako strażaków

Fig. 2. Firefighters' seniority



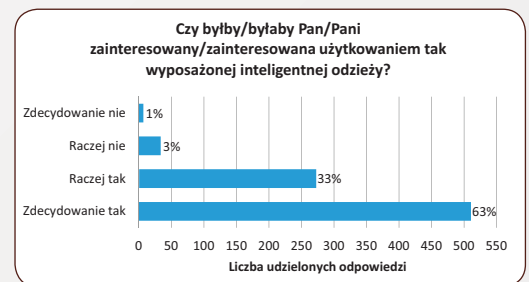
Rys. 3. Sposoby przekazywania informacji o zagrożeniach wybrane przez strażaków jako uzupełnienie komunikacji przez radiotelefon podczas akcji

Fig. 3. Means of passing through supplementary information on hazards via radio during action chosen by firefighters



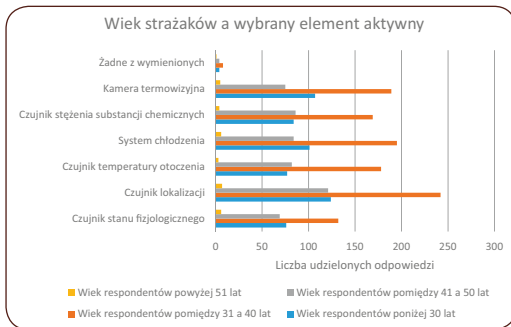
Rys. 4. Elementy aktywne wybrane przez strażaków do zastosowania w inteligentnej odzieży

Fig. 4. Active elements to use with clothing chosen by firefighters



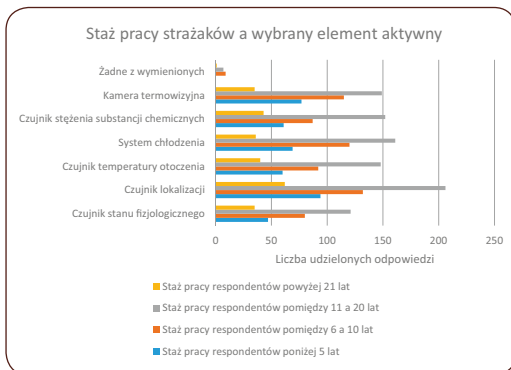
Rys. 5. Zainteresowanie strażaków użytkowaniem inteligentnej odzieży

Fig. 5. Firefighters interest in the use of smart protective clothing



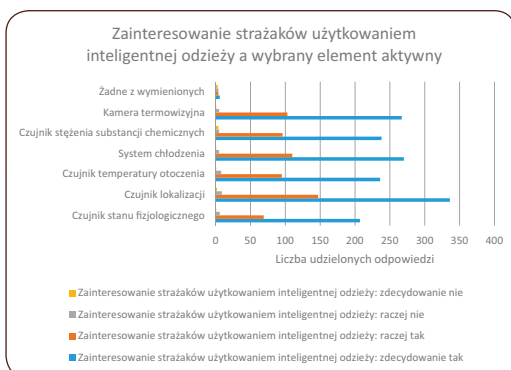
Rys. 6. Analiza krzyżowa: wiek respondentów a wybrane elementy aktywne do zastosowania w inteligentnej odzieży dla strażaków

Fig. 6. Cross analysis: respondents' age v. chosen active elements to use with smart protective clothing



Rys. 7. Analiza krzyżowa: staż pracy respondentów a wybrane elementy aktywne do zastosowania w inteligentnej odzieży dla strażaków

Fig. 7. Cross analysis: respondents' seniority v. chosen active elements to use with smart protective clothing



Rys. 8. Analiza krzyżowa: zainteresowanie strażaków użytkowaniem inteligentnej odzieży a wybrane elementy aktywne

Fig. 8. Cross analysis: respondents' interest in the use of the smart protective clothing v. chosen active elements

5 miało charakter zamknięty, było obowiązkowe i jednokrotnego wyboru, natomiast pytanie nr 6, jako jedyne, miało charakter otwarte i udzielenie na nie odpowiedzi było opcjonalne. Na pytanie otwarte odpowiedzi udzieliło 34% respondentów.

### Wyniki badań ankietowych i ich analiza

Wyniki badań dotyczące podstawowej charakterystyki grupy respondentów (pytania nr 1 i 2) przedstawiono na rys. 1 i 2.

Badania ankietowe wykazały, że większość strażaków, którzy udzieliłi odpowiedzi na pytania zawarte w ankiecie, to funkcjonariusze pomiędzy 31. a 40. rokiem życia (rys. 1.), ze stażem pracy pomiędzy 11 a 20 lat (rys. 2.). Należy jednakże zauważyć, że wśród respondentów znalazło się również 25%

(tj. 199 osób) w wieku poniżej 30 lat oraz 1% (tj. 11 osób) w wieku powyżej 51 lat. Zdecydowana większość respondentów miała doświadczenie w pracy jako strażak powyżej 5 lat – 83% (tj. 674 osób).

W kolejnej sekcji pytań strażacy określali swoje potrzeby względem sposobów przekazywania informacji o zagrożeniach (pytanie nr 3) oraz względem elementów aktywnych (pytanie nr 4), przeznaczonych do zastosowania w inteligentnej odzieży, jak również oceniali swoje zainteresowanie użytkowaniem takiej odzieży (pytanie nr 5). Wyniki udzielonych odpowiedzi przedstawiono na rys. 3 – 5.

Na podstawie odpowiedzi strażaków udzielonych na pytanie dotyczące wyboru sposobu przekazywania informacji o zagrożeniach (rys. 3.) można stwierdzić, że najwięcej respondentów wskazało metody wizualne: poprzez wyświetlacz/panel (42%) oraz poprzez diody (34%). Nieco mniej osób wskazało metodę dźwiękową poprzez brzęczek (31%) oraz metodę wibracyjną (*haptic feedback*), (23%).

W pytaniu dotyczącym wyboru elementów aktywnych do zastosowania w inteligentnej odzieży (rys. 4.) najczęściej strażaków wskazało czujnik lokalizacji (61%), system chłodzenia (48%) oraz kamerę termowizyjną (46%). Nieco mniej osób wskazało inne czujniki: temperatury otoczenia (42%), stężenia substancji chemicznych (42%) oraz stanu fizjologicznego (35%). 17 respondentów (2%) wskazało, iż żaden z wymienionych elementów aktywnych nie znalazłby ich zdaniem zastosowania w inteligentnej odzieży dla strażaków.

Na podstawie otrzymanych wyników (rys. 5.) można stwierdzić, że zdecydowana większość strażaków (96%) jest zainteresowana użytkowaniem inteligentnej odzieży (pytanie nr 5). Jedynie 27 respondentów uznało, że raczej nie byłoby zainteresowanych stosowaniem takiej odzieży, a 7 – że zdecydowanie nie.

Odpowiedzi udzielone przez strażaków na pytanie otwarte (nr 6), dotyczące innych potrzeb i oczekiwań względem inteligentnej odzieży, wskazują, że przy projektowaniu należy uwzględnić jej dwa rodzaje, do różnych zastosowań: 1) działanie w warunkach pożaru (specjalistyczna odzież ochronna, wykonana z włókien aramidowych); 2) działanie w normalnych warunkach otoczenia, do prac technicznych, tj. wypadki, usuwanie powalonych drzew, pompowanie wody (lekka odzież bojowa, zapewniająca komfort i swobodę ruchu). Duży nacisk należy położyć na aspekt ergonomiczny – możliwie lekka odzież zapewniająca wymaganą ochronę i niekrępująca ruchów podczas wykonywania czynności ratunkowych. Strażacy są pozytywnie nastawieni wobec odzieży inteligentnej, a przede wszystkim oczekują od niej niezawodnego wsparcia niezakłócającego pracy. Proponują rozwiązania nieabsorbujące uwagi podczas działania oraz wymagające minimalnego użycia rąk: łączność radiową i oświetlenie zintegrowane z hełmem/odzieżą, ekran komunikacyjny w przyłbicy oraz modułową konstrukcję odzieży (pozwalającą na indywidualne dopasowanie do potrzeb użytkownika).

### Analiza krzyżowa wyników badań ankietowych

Otrzymane wyniki badań ankietowych postanowiono poddać również analizie krzyżowej, która stanowi uzupełnienie omówionych wcześniej wyników i została przeprowadzona na tych samych danych. Polega ona na zestawieniu odpowiedzi udzielonych

przez respondentów na dwa różne pytania i na tej podstawie możliwe jest przeprowadzenie oceny wpływu wybranych czynników na udzielane odpowiedzi. W związku z tym, w analizie krzyżowej postanowiono uwzględnić zestawienia wskazujące na wpływ wieku (rys. 6.) oraz stażu pracy (rys. 7.) strażaków na wybierane przez nich elementy aktywne do zastosowania w inteligentnej odzieży. Założono, iż czynniki te mogą w sposób istotny wpływać na udzielane przez funkcjonariuszy straży pożarnej odpowiedzi, a wyniki tej analizy pozwolą lepiej dopasować konstrukcję inteligentnej odzieży ochronnej do potrzeb i preferencji poszczególnych grup funkcjonariuszy. Ponadto przygotowano zestawienie wskazujące zależność zainteresowania użytkowaniem inteligentnej odzieży dla strażaków i elementów aktywnych w niej umieszczonych (rys. 8.).

Wykonana analiza krzyżowa przedstawiająca zależność wieku respondentów i wybranych elementów aktywnych (rys. 6.) wskazuje, że w każdej grupie wiekowej najwięcej strażaków wybrało czujnik lokalizacji do zastosowania w inteligentnej odzieży: dla respondentów w wieku poniżej 30 lat – 124 spośród 199 osób; w wieku pomiędzy 31 a 40 lat – 242 spośród 411 osób; w wieku pomiędzy 41 a 50 lat – 121 spośród 189 osób; powyżej 51. roku życia – 7 spośród 11 osób. Wyniki te wskazują, że niezależnie od grupy wiekowej największą potrzebą strażaków jest wprowadzenie do odzieży czujnika lokalizacji. Należy jednakże zauważyć, że najliczniejszą grupę wśród respondentów stanowili strażacy w wieku pomiędzy 31 a 40 lat, którzy oprócz czujnika lokalizacji bardzo często wskazywali również na: potrzebę umieszczenia w odzieży systemu chłodzenia (195 osób), kamery termowizyjnej (189 osób) oraz czujnika temperatury otoczenia (178 osób).

Na podstawie wykresu przedstawiającego zależność stażu pracy respondentów i wybranych elementów aktywnych do zastosowania w inteligentnej odzieży dla strażaków (rys. 7.) można stwierdzić, że niezależnie od stażu pracy najwięcej strażaków wybrało czujnik lokalizacji: w przypadku stażu pracy poniżej 5 lat – 94 na 136 osób, w przypadku stażu pracy pomiędzy 6 a 10 lat – 132 na 242 osoby; w przypadku stażu pracy pomiędzy 11 a 20 lat – 206 spośród 343 osób i w przypadku stażu pracy powyżej 21 lat – 62 spośród 89 osób. W tym przypadku najbardziej liczną grupę stanowili strażacy ze stażem pracy pomiędzy 11 a 20 lat (343 osoby). Ta grupa strażaków, oprócz wcześniej wspomnianego elementu aktywnego, stosunkowo licznie wskazała również system chłodzenia (161 osób) oraz czujnik stężenia substancji chemicznych (152 osób).

Analizując zestawienie przedstawiające zainteresowanie strażaków użytkowaniem inteligentnej odzieży i wybranych elementów aktywnych (rys. 8.), można stwierdzić, że funkcjonariusze, którzy odpowiedzieli „zdecydowanie tak” i „raczej tak” na pytanie „czy chcieliby mieć inteligentną odzież na wyposażeniu”, wybrali w większości czujnik lokalizacji (kolejno 336 i 147 osób), system chłodzenia (270 i 110 osób) oraz kamerę termowizyjną (267 i 103 osoby).

W analizie krzyżowej uwzględniono ponadto zestawienia wskazujące na wpływ wieku (rys. 9.) oraz stażu pracy (rys. 10.) strażaków na wybierane przez nich metody przekazywania informacji o zagrożeniach, uzupełniające komunikację przez radiotelefon podczas akcji. Przygotowano również zestawienie wskazujące na zależność zainteresowania użytkowaniem inteligentnej odzieży dla

strażaków i wybieranych metod przekazywania informacji o zagrożeniach (rys. 11.).

Wykonana analiza krzyżowa, przedstawiająca zależność wieku respondentów i wybranych metod przekazywania informacji (rys. 9.) wskazuje, że w przypadku młodszych grup wiekowych (grupy poniżej 30 lat i pomiędzy 31 a 40 lat) najwięcej strażaków wybrało metodę wizualną z użyciem wyświetlacza/panelu do przekazywania informacji o zagrożeniach (kolejno 96 na 199 oraz 168 na 411 osób). W przypadku respondentów w wieku pomiędzy 41 a 50 lat – 71 spośród 189 osób – wybór padł na metodę dźwiękową poprzez brzęczek zintegrowany z odzieżą. Natomiast grupa w wieku powyżej 51. roku życia wybrała metodę wizualną poprzez diodę – 6 spośród 11 osób. Wyniki te wskazują, że młodsze grupy wiekowe strażaków preferują bardziej zaawansowane metody przekazywania informacji, podczas gdy starsze grupy preferują prostsze rozwiązania.

Wykres przedstawiający zależność stażu pracy respondentów i wybranych metod przekazywania informacji (rys. 10.), pokazuje, że w grupie o stażu pracy powyżej 21 lat najwięcej strażaków wybrało metodę wizualną z użyciem diod – 36 na 89 osób. W przypadku krótszych staży pracy najczęściej wybierano metodę wizualną z użyciem wyświetlacza/panelu (grupa o stażu pracy poniżej 5 lat – 61 na 136 osób, pomiędzy 6 a 10 lat – 118 na 242 osoby; pomiędzy 11 a 20 lat – 125 spośród 343 osób). W tym przypadku najliczniejszą grupę stanowili strażacy ze stażem pracy pomiędzy 11 a 20 lat (343 osoby); tę samą, która oprócz wcześniej wspomnianego sposobu sygnalizacji zagrożeń, stosunkowo licznie wskazała metodę dźwiękową (119 osób) oraz metodę wizualną z diodą (117 osób). Najmniejszym zainteresowaniem wszystkich grup cieszyła się metoda wibracyjna.

Analizując wykres przedstawiający zainteresowanie strażaków użytkowaniem inteligentnej odzieży i metody przekazywania informacji o zagrożeniach uzupełniających komunikację przez radiotelefon podczas akcji (rys. 11.), można stwierdzić, że strażacy, którzy odpowiedzieli „zdecydowanie tak” i „raczej tak” na pytanie, czy chcieliby mieć inteligentną odzież na wyposażeniu, wybrali w większości metodę wizualną z użyciem wyświetlacza/panelu (kolejno 223 i 103 osób), a następnie metodę wizualną z użyciem diody (191 i 78 osób).

**Podsumowanie**

Wyniki badań ankietowych pozwoliły określić potrzeby i oczekiwania strażaków w odniesieniu do inteligentnej odzieży oraz wymagania funkcjonalne wobec systemu sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków.

Funkcjonariusze w większości są zainteresowani użytkowaniem inteligentnej odzieży ochronnej, jednakże można zauważyć nieznaczne rozbieżności w udzielanych odpowiedziach w zależności od takich czynników, jak wiek czy staż pracy. Wśród elementów aktywnych, które zdaniem strażaków mogłyby znaleźć zastosowanie w inteligentnej odzieży, znalazły się przede wszystkim czujnik lokalizacji, system chłodzenia, kamera termowizyjna oraz wizualna metoda przekazywania informacji z użyciem panelu/wyświetlacza.

Należy jednakże zauważyć, że w pytaniu otwartym ankiety respondenci dużą uwagę poświęcili niedopasowaniu stroju do wielozadaniowości w pracy strażaka, ergonomii odzieży, zwłaszcza w aspekcie swobody ruchów. Strażacy wskazali, że odzież

przeznaczona do ich warunków pracy powinna być lekka, o ile warunki te nie wymagają zastosowania wielowarstwowej, cięższej odzieży, charakteryzującej się większym poziomem ochrony. Równie ważna jest wytrzymałość stosowanych materiałów. W przypadku odzieży inteligentnej ważne są dla nich rozwiązania nieabsorbujące uwagi podczas działania oraz wymagające minimalnego użycia rąk: takie jak łączność radiowa i oświetlenie zintegrowane z hełmem/odzieżą, ekran komunikacyjny w przyłbicy, modułowa konstrukcja odzieży pozwalająca na indywidualne jej dopasowanie do potrzeb użytkownika.

Na podstawie przeprowadzonych wśród strażaków badań ankietowych sformułowano wymagania funkcjonalne w odniesieniu do systemu sygnalizacji zagrożeń przeznaczonych do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków. Stwierdzono, iż moduły sygnalizacyjne powinny być lekkie i zaimplementowane w sposób niewpływający negatywnie na ergonomię odzieży ochronnej. Ponadto nie powinny one absorbować nadmiernie uwagi podczas działania, jednocześnie ich sygnał powinien być rozpoznawalny. Sposób działania modułów sygnalizacyjnych powinien jak najmniej angażować użycie rąk. Jako najbardziej odpowiednie dla strażaków uznano moduły sygnalizujące zagrożenia metodami wizualnymi, tj. moduł z elementem wykonawczym w formie wyświetlacza LCD z funkcją sterowania dotykowego oraz moduł z elementem wykonawczym w formie diod LED.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] GAURA, E., BRUSEY, J., KEMP, J. & THAKE, C. D. Increasing safety of bomb disposal missions: A body sensor network approach. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews 2009,39,6:621-636.

[2] FAHY, R. F., LEBLANC, PR. & MOLIS, J.L. Firefighters Fatalities in the United States – 2016. Quincy, Massachusetts 2017: NFPA.

[3] PAYNE, J.A. Sensing disaster: the use of wearable sensor technology to decrease firefighting line-of-duty deaths, Monterey: Naval Postgraduate School, 2015.

[4] KALES, S.N., SOTERIADES, E.S., CHRISTOUDIOS, S.G. & CHRISTIANI D.C. Firefighters and on-duty deaths from coronary heart disease: a case control study. Environmental Health 2003,2,14.

[5] SMITH, D.L., BARR, D.A. & KALES, S.N. Extreme sacrifice: sudden cardiac death in the US fire service. Extreme Physiology and Medicine 2013,2,6.

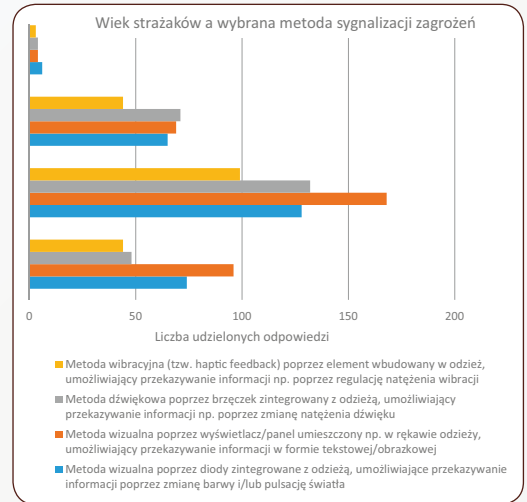
[6] WEJMAN, M. & PRZYBYLSKI, K. Identyfikacja zagrożeń na stanowiskach pracy strażaków zawodowych. [tłumaczenie] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie 2013,59:69-84.

[7] BONFIGLIO, A. et al. Managing catastrophic events by wearable mobile systems. Mobile Response 2007:95-105.

[8] SAWICKI, T. Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru. [tłumaczenie] Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka 2004,396-397,7-8:35-38.

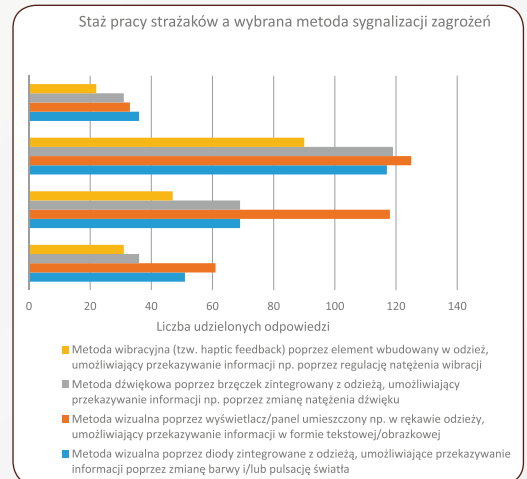
[9] CURONE, D. et al. Smart garments for emergency operators: the ProeTEX project. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine 2010,14,3:694-701.

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*



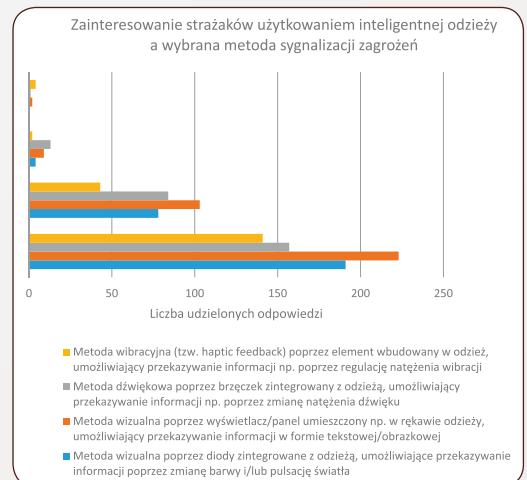
Rys. 9. Analiza krzyżowa: wiek respondentów a wybrane metody przekazywania informacji o zagrożeniach uzupełniające komunikację przez radiotelefon podczas akcji

Fig. 9. Cross analysis: respondents' age v. chosen methods of passing through supplementary information on hazards via radio during action



Rys. 10. Analiza krzyżowa: staż pracy respondentów a wybrane metody przekazywania informacji o zagrożeniach uzupełniające komunikację przez radiotelefon podczas akcji

Fig. 10. Cross analysis: respondents' seniority v. chosen methods of passing through supplementary information on hazards via radio during action



Rys. 11. Analiza krzyżowa: zainteresowanie strażaków użytkowaniem inteligentnej odzieży a wybrane metody przekazywania informacji o zagrożeniach uzupełniające komunikację przez radiotelefon podczas akcji

Fig. 11. Cross analysis: respondents' interest in the use of the smart protective clothing v. chosen methods of passing through supplementary information on hazards via radio during action