



Obciążenie cieplne strażaka stosującego ubranie specjalne oraz zalecenia dotyczące jego stosowania

MATERIAŁY INFORMACYJNE

OPRACOWANE NA PODSTAWIE WYNIKÓW ZADANIA

1.G.08 ANALIZA OBCIĄŻEŃ TERMICZNYCH STRAŻAKÓW STOSUJĄCYCH
SPECJALISTYCZNĄ ODZIEŻ ORAZ JEJ WPŁYW NA PSYCHOFIZJOLOGICZNE
MOŻLIWOŚCI STRAŻAKÓW

dr inż. Magdalena Młynarczyk*

dr n. biol. Anna Marszałek

*e-mail: m.mlynarczyk@ciop.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

SPIS TREŚCI

1	Wstęp	3
2	Ubranie specjalne strażaka	3
2.1	Wymagania dot. ubrania specjalnego	4
2.2	Konstrukcja ubrania specjalnego	5
3	Obciążenie cieplne strażaków a ubranie specjalne	6
3.1	Izolacyjność cieplna ubrania specjalnego	7
3.2	Wskaźniki obciążenia cieplnego PMV i WBGT	7
	PMV - <i>Predicted Mean Vote</i>	7
	WBGT - <i>Wet Bulb Globe Temperature</i>	8
3.3	Obciążenie cieplne podczas badań z udziałem strażaków	10
4	Zalecenia dot. stosowania specjalnej odzieży dla strażaków	12
5	Podsumowanie	12
6	Źródła wykorzystane w tekście	13

Materiały informacyjne opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

1 WSTĘP



Strażacy pracują często w trudnych warunkach środowiskowych. W czasie pracy biorą udział m.in. w akcjach ratowniczych, gaśniczych, czy w usuwaniu skutków wypadków i klęsk żywiołowych. W celu ochrony nie tylko innych lecz także i siebie, muszą być maksymalnie skoncentrowani podczas wykonywania swoich zadań żeby nie popełniać błędów (1). Optymalne warunki takiej pracy powinny stwarzać tzw. komfort cieplny, charakteryzujący się stanem termoneutralnym organizmu.

Na poczucie komfortu wpływa między innymi zastosowana odzież ochronna. Stanowi ona ochronę np. przed wysoką temperaturą, jednak może stać się również przeszkodą w wymianie ciepła – barierą, która nie przepuszcza np. potu produkowanego przez ciało strażaka podczas wysiłku fizycznego. Brak odpowiedniej wymiany ciepła może powodować m.in. wzrost temperatury wewnętrznej ciała, który może doprowadzić do zwiększenia skórniego przepływu krwi, czy zwiększenia częstości skurczów serca. Dlatego tak ważny jest dobór odpowiedniej odzieży ochronnej dla strażaków.

Odzież powinna spełniać szereg wymagań dotyczących paro-przepuszczalności, odporności na zniszczenia mechaniczne oraz widzialności, szczególnie w trudnych warunkach atmosferycznych. Ponadto odzież nie powinna krępować ruchów strażaka i uniemożliwiać mu wykonywania swoich obowiązków (1).

2 UBRANIE SPECJALNE STRAŻAKA

Wszystkie używane przez strażaków środki ochrony indywidualnej, w tym ubranie specjalne, zakwalifikowane są w III kategorii - podlegają one ocenie w akredytowanych laboratoriach. Efektem tego procesu jest certyfikat oceny typu WE, który potwierdza zgodność z wymaganiami Dyrektywy 89/686/EWG, w szczególności normy PN-EN 469 (2).

2.1 WYMAGANIA DOT. UBRANIA SPECJALNEGO

Najważniejszymi dokumentami zawierającymi podstawowe wymagania dotyczących ubrań specjalnych dla strażaków to (2):

- norma PN-EN 469 Odzież ochronna dla strażaków – wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej (3),
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej (4),
- Zarządzenie nr 9 Komendanta Głównego PSP z dnia 17 lipca 2018 r. zmieniające zarządzenie w sprawie wzorców oraz szczegółowych wymagań, cech technicznych i jakościowych przedmiotów umundurowania, odzieży specjalnej i środków ochrony indywidualnej użytkowanych w Państwowej Straży Pożarnej, Karta techniczna 43 (5),
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (6) (Załącznik pkt. 1.6).

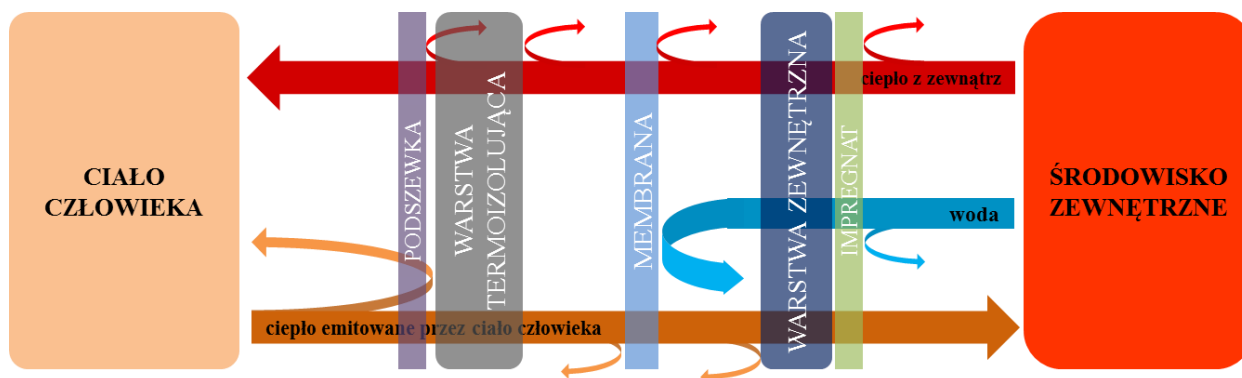


Zgodnie z powyższymi dokumentami, ubranie specjalne składa się z kurtki i spodni spełniających wymagania normy PN-EN 469 (3) oraz z kurtki lekkiej spełniającej wymagania normy PN-EN 15614 (7). Dopuszczalna jest tkanina zewnętrzna ubrania specjalnego w kolorze żółtym, czarnym lub ciemnogrnatowym.

2.2 KONSTRUKCJA UBRANIA SPECJALNEGO

Kurtka lekka powinna być konstrukcji jednowarstwowej, natomiast kurtka i spodnie ubrania specjalnego powinny mieć konstrukcję wielowarstwową.

Licząc od strony środowiska zewnętrznego, ubranie specjalne składa się zatem z: warstwy zewnętrznej, membrany, warstwy termoizolującej oraz podszewki.



Rysunek 1 Schematyczny sposób wymiany ciepła między ciałem człowieka a środowiskiem zewnętrznym przez ubranie specjalne (1)

Każda z wymienionych warstw ma do spełnienia pewne zadanie ochronne. Izolacja termiczna redukuje przenikanie gorąca z zewnątrz, jednak ogranicza również przenikanie pary wodnej, jak i wytwarzanego przez strażaka ciepła z wewnątrz na zewnątrz ubrania, powodując dodatkowe obciążenie dla organizmu człowieka (rysunek 1) (8). Membrana nie powinna dopuścić do przemoczenia warstwy termoizolującej. W takim wypadku traci ona swoje parametry termoizolacyjności. Membrana także dzięki możliwości odparowania potu chroni organizm użytkownika przed dodatkowym obciążeniem cieplnym. Penetracja wody do warstwy termoizolacyjnej powoduje spadek właściwości termoizolujących w przemoczonych miejscach. Wilgotna warstwa termoizolacyjna grozi poparzeniem w wyniku promieniowania cieplnego a podczas akcji w ujemnych wartościach temperatury może powodować nadmierne wyziębienie organizmu. Wysoki opór przenikania pary wodnej prowadzi także do zwiększonego ryzyka poparzenia parą wodną (8) (9) (10).

3 OBCIĄŻENIE CIEPLNE STRAŻAKÓW A UBRANIE SPECJALNE

Stres termiczny, rozumiany jako obciążenie cieplne organizmu powodowane wysoką temperaturą, jest jedną z głównych przyczyn zgonów wśród strażaków (11). W czasie pracy w wysokiej temperaturze uruchamiane są w organizmie człowieka procesy fizjologiczne mające na celu obniżenie temperatury wewnętrznej. Nadmierny wzrost tej temperatury może spowodować obniżenie zdolności do oceny sytuacji czy prowadzić do popełniania błędów przy pracy.

Podwyższona temperatura powietrza i ograniczona przez ubranie specjalne wymiana ciepła wywołuje wzmożoną aktywność gruczołów potowych, czego efektem jest odprowadzanie potu z powierzchni skóry powodujące obniżenie jej temperatury (12).



Rysunek 2 Ubranie specjalne (S₁) na manekinie termicznym (zdjęcia własne)

Ważnym jest zatem aspekt prawidłowego odprowadzania potu z powierzchni skóry przez np. odpowiedni dobór membrany.

Bardzo istotnym czynnikiem dla strażaka jest również ergonomia ubrania specjalnego, zarówno podczas jego użytkowania podczas działań ratowniczo – gaśniczych akcji przeciwpożarowej, jak też zakładania i zdejmowania. Ubranie krępujące ruchy strażaka podczas jego zakładania i użytkowania przyczynia się do wzrostu poziomu stresu i ograniczeń ruchu podczas wykonywania czynności jak np. pomoc poszkodowanemu, czy penetrowanie ciasnych przestrzeni w poszukiwaniu poszkodowanych.

3.1 IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA UBRANIA SPECJALNEGO

Jednym z czynników wpływających na wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest izolacyjność cieplna (ciepłochronność) zastosowanej odzieży.

W badaniach* prowadzonych w CIOP-PIB z wykorzystaniem manekina termicznego, zmierzono izolacyjność cieplną obecnie stosowanych ubrań specjalnych (S_1) o konstrukcji wielowarstwowej (Rysunek 2).

Badane zestawy odzieży charakteryzowały się średnią izolacyjnością cieplną obliczaną metodą seryjną i równoległą odpowiednio $0,419 \pm 0,012 \text{ m}^2\text{C/W}$ i $0,266 \pm 0,007 \text{ m}^2\text{C/W}$ (1) (13).

Przeprowadzono także badania oporu pary wodnej (R_{et}) przy intensywności pocenia 400 ml/(h·m²). Średnia wartość R_{et} wynosiła $36,8 \pm 1,8 \text{ m}^2\text{Pa/W}$. Należy zaznaczyć, iż jest to wartość uzyskana dla gotowego wyrobu badanego na pełnowymiarowym manekinie termicznym, podczas gdy wartości oporu pary wodnej według normy PN-EN 469 odnoszą się do badania układu materiałów przy wykorzystaniu modelu skóry.

3.2 WSKAŹNIKI OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO PMV I WBGT

Na podstawie uzyskanych wartości izolacyjności cieplnej oszacowano wskaźniki obciążenia cieplnego strażaka ubranego w ubranie specjalne:

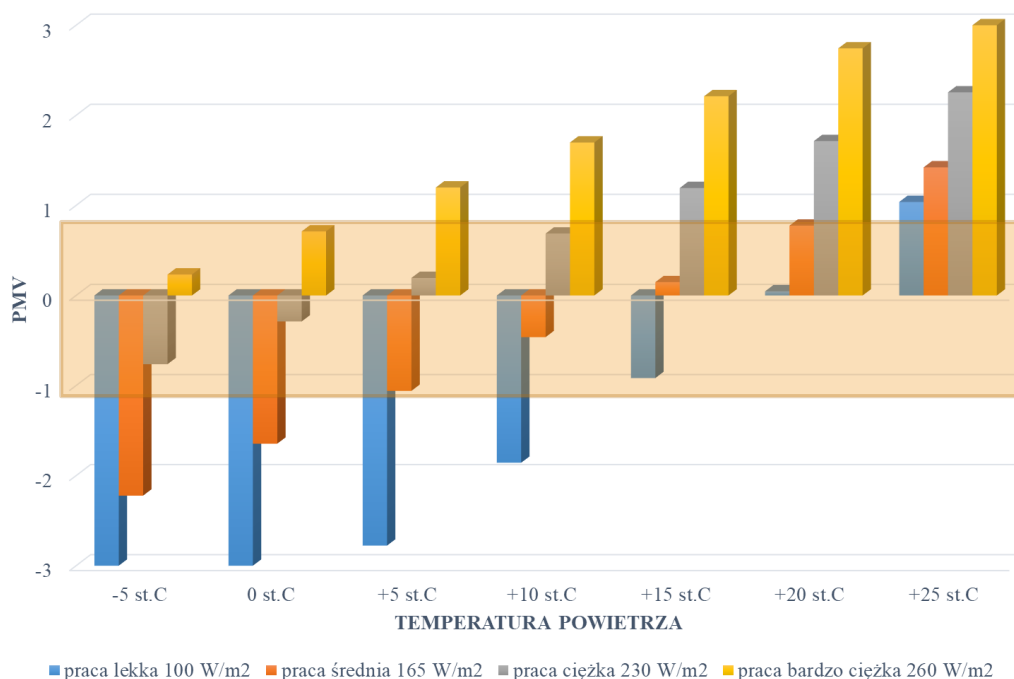
- PMV (*Predicted Mean Vote*) służący do oceny komfortu cieplnego
- WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) służący do oceny obciążenia cieplnego w środowisku gorącym

PMV - *Predicted Mean Vote*

Idealny zakres odczuwania komfortu cieplnego mieści się w granicach: $-0,5 < \text{PMV} < +0,5$; rozszerzony zakres komfortu cieplnego to $-1 < \text{PMV} < +1$. Dla wartości $\text{PMV} < -2$ i $\text{PMV} > +2$ odczuwalny jest dyskomfort cieplny (odpowiednio jako zimno i gorąco) (14).

* 1.G.08 Analiza obciążeń termicznych strażaków stosujących specjalistyczną odzież oraz jej wpływ na psychofizjologiczne możliwości strażaków

Oszacowano w/w wskaźnik[†] (zakładając, iż człowiek jest ubrany w ubranie specjalne) dla 4 klas tempa metabolizmu (spoczynek 65 W/m², praca lekka 100 W/m², praca średnia 165 W/m², praca ciężka 230 W/m², praca ciężka 230 W/m²) w zależności od temperatury powietrza (14) (Rysunek 3).



Rysunek 3 Wartość wskaźnika PMV w zależności od temperatury powietrza dla badanego ubrania specjalnego (S₁) (13)

Wykonywanie przez strażaków (ubranych w ubranie specjalne) pracy ciężkiej (akcje ratownicze) w warunkach zbliżonych do komfortu cieplnego, może odbywać się tylko wtedy, gdy temperatura otoczenia nie przekraczałaby ok. 5 °C. Podczas prowadzenia akcji ratunkowych strażacy odczuwają dyskomfort cieplny a zakresy temperatury powietrza uznawane za komfortowe są często przekroczone.

WBGT - Wet Bulb Globe Temperature

W badaniach* prowadzonych w CIOP-PIB, przeprowadzono obliczenia wartości obciążenia cieplnego strażaka[‡] (wskaźnik WBGT), bazując na zapisach normy PN-EN ISO 7243:2018-01 (15).

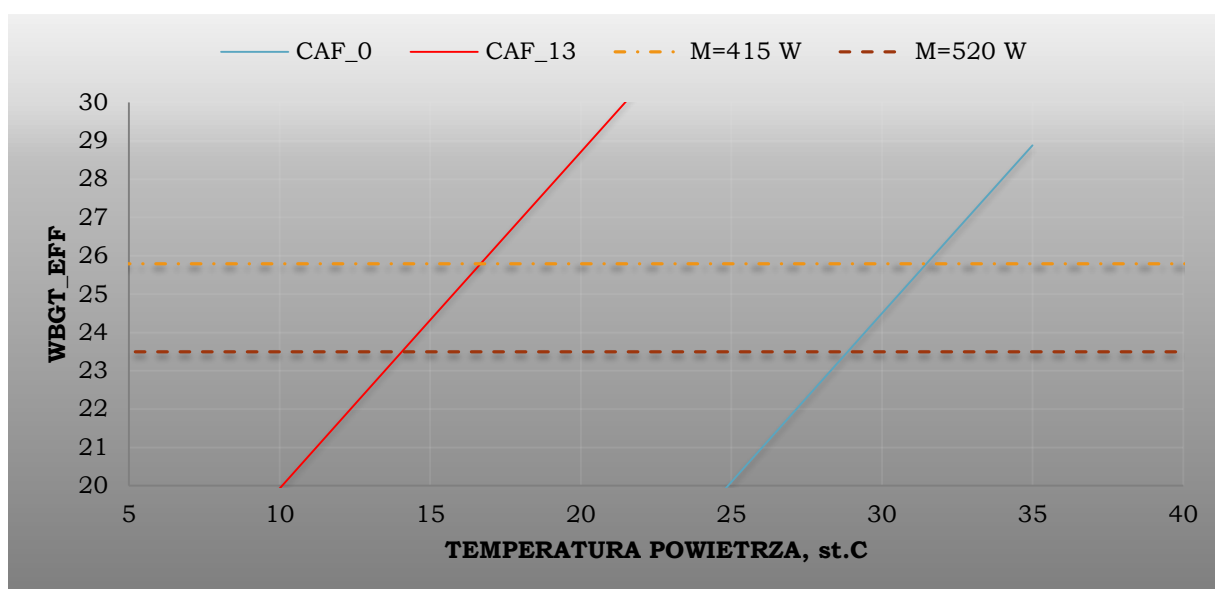
[†] Obliczenia wykonano dla następujących założeń: $t_a = t_r$, prędkość przepływu powietrza V_a 0,5 m/s oraz wartość wilgotności względnej powietrza RH 50%.

[‡] Obliczenia wskaźnika WBGT wykonano przy założeniach: $t_g = t_a$, $V_a = 0.45$ m/s, RH=50%.

W obliczeniach uwzględniono również efekt stosowanej odzieży $WBGT_{eff}$ poprzez zastosowanie współczynnika korekcji odzieżowej CAV (ang. *clothing adjustment value*):

- CAV=0 – standardowa odzież robocza,
- CAV=13 – symulacja ubrania specjalnego, barierowego, z zastosowaniem dodatkowego nakrycia głowy.

Uzyskane wartości $WBGT_{eff}$ w zależności od temperatury powietrza zamieszczono na rysunku 4. Na rysunku uwzględniono również dopuszczalne (krytyczne) wartości WBGT podczas wykonywania pracy ciężkiej (415 W) i bardzo ciężkiej (520 W).



Rysunek 4 Zależność $WBGT_{eff}$ od temperatury powietrza (przy założeniu $t_g=t_a$, $V_a=0.45$ m/s, $RH=50\%$), dla różnych zestawów odzieży wraz z wartościami krytycznymi WBGT dla tempa metabolizmu 415 W i 520 W (13)

Na podstawie powyższego wykresu można stwierdzić, iż pracownik wykonujący pracę ciężką (415 W) ubrany w odzież roboczą może być ekspozowany w ciągu zmiany roboczej na temperaturę powietrza <31.5 °C. Natomiast podczas stosowania ubrania specjalnego (barierowego z nakryciem głowy), temperatura powinna być <16.5 °C. W przypadku wykonywania pracy bardzo ciężkiej pracownik ubrany w odzież roboczą, czy ubranie specjalne (z nakryciem głowy) może być ekspozowany odpowiednio na temperaturę powietrza: <29 °C, oraz <14 °C. W przypadku strażaków ubranych w ubranie specjalne, wyznaczone wartości dopuszczalne WBGT są często przekroczone podczas prowadzenia akcji ratunkowych. Wówczas strażacy narażeni są nie tylko na czynniki zewnętrzne, ale także na obciążenie ciepłem pochodzącym z ich organizmów.

3.3 OBCIĄŻENIE CIEPLNE PODCZAS BADAŃ Z UDZIAŁEM STRAŻAKÓW

W celu sprawdzenia jakie obciążenie cieplne występuje u strażaków, ubranych w odzież dla nich przeznaczoną podczas aktywności fizycznej, przeprowadzono badania w komorze klimatycznej w temperaturze 30°C. Do badań zastosowano dwa rodzaje zestawów odzieżowych (Rysunek 5):

- a) **zestaw odzieży koszarowej (K)** składający się z: bielizny termoaktywnej z podkoszulkiem z długim rękawem i kalesonami, ubrania koszarowego (K_1) oraz skarpet bawełnianych, butów z cholewką ponad kostkę, rękawic i hełmu (Fot. 1) (masa łączna 3,74 kg);
- b) **zestaw odzieży specjalnej (S)** składającej się z zestawu odzieży koszarowej (K) (bielizny termoaktywnej z podkoszulkiem z długim rękawem i kalesonami, odzieży koszarowej oraz skarpet bawełnianych, butów z cholewką ponad kostkę, rękawic i hełmu) i ubrania specjalnego (S_1) (Fot. 1) (masa łączna 7,35 kg).

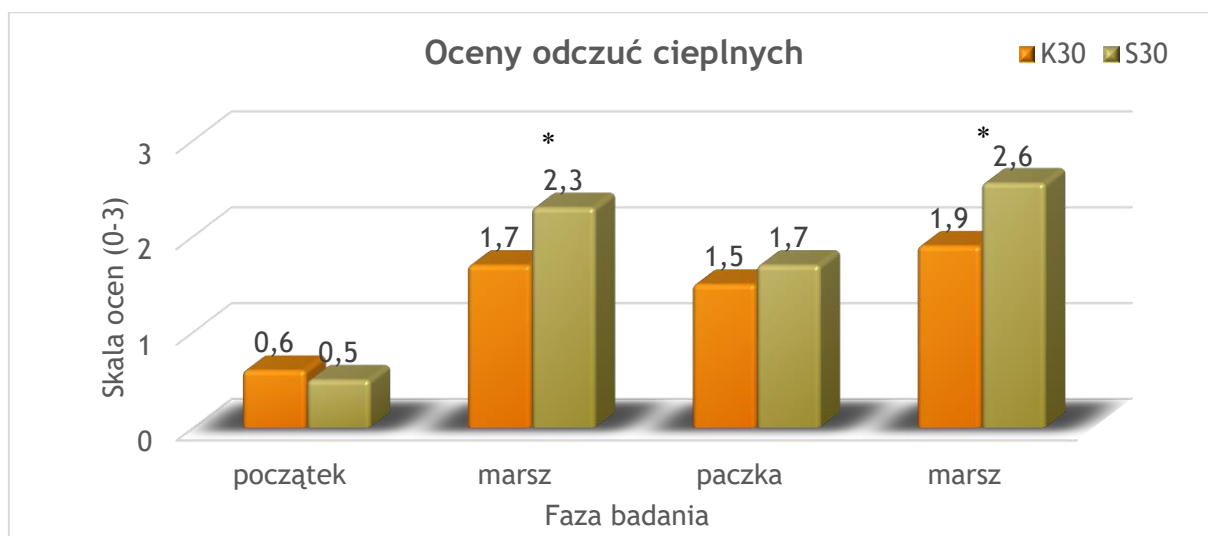
Ubranie koszarowe (K_1) – charakterystyka: Tkanina „Kermel/Wiskoza” 50% włókna aramidowe/50% włókna wiskozy, bardzo wytrzymała mechanicznie na rozrywanie i rozdzieranie. Posiada właściwości tkaniny niepalnej dzięki włóknom aramidowym, a włókna wiskozy zapewniają bardzo dobry komfort użytkowania. Wykończona wodo i olejoodpornie.

Ubranie specjalne (S_1) – charakterystyka: Tkanina zewnętrzna – 94% Nomex® III / 5% paraaramid / 1% antystatyk, membrana -50% PE / 50% PUFR, bariera termiczna – 100% metaaramid, podszewka – 50 % Nomex® / 50% viscoseFR.



Rysunek 5 Odzież stosowana w badaniach (od lewej): zestaw odzieży koszarowej (K) oraz zestaw odzieży specjalnej (S) (zdjęcia własne)

W ramach badań, wytypowani ochotnicy (czynni zawodowo strażacy) ubrani w zestaw odzieży koszarowej (K) oraz zestaw odzieży specjalnej (S), w komorze klimatycznej w temperaturze powietrza 30 °C, wykonywali następujące czynności: marsz na bieżni, podnoszenie paczki o ciężarze 20 kg na wysokość 1.8 m, oraz ponowny marsz na bieżni. Całość ćwiczeń zajmowało 30 minut. Po kolejnych elementach ćwiczenia ochotnicy odpowiadali na pytania o swoje odczucia cieplne (wg skali PMV: 0 – neutralnie, 1 – lekko ciepło, 2 – ciepło, 3 – gorąco) (Rysunek 6).



Rysunek 6 Oceny odczuć cieplnych w badaniach przy temperaturze powietrza 30 °C podczas badań obciążeń termicznych ze strażakami. K – odzież koszarowa, S – odzież specjalna; * $p < 0,05$ między wariantami badań S i K

Przedstawione subiektywne oceny odczuć cieplnych wskazują na odczuwanie dyskomfortu cieplnego przy każdym z wykonywanych zadań, przy obydwu zestawach odzieży. Jednak dyskomfort był znaczeni większy podczas aktywności w zestawie odzieży specjalnej (S). Pokrywa się to z wynikami oszacowania wskaźnika PMV dot. odczuwania komfortu cieplnego dla ubrania specjalnego, gdzie wykonywanie jakiegokolwiek pracy w temperaturze 30 °C powoduje odczuwanie dyskomfortu cieplnego.



4 ZALECENIA DOT. STOSOWANIA SPECJALNEJ ODZIEŻY DLA STRAŻAKÓW

Biorąc pod uwagę izolacyjność cieplną specjalnej odzieży, należy zwrócić szczególną uwagę na poziom obciążenia cieplnego strażaków. W celu obniżenia tego poziomu zaleca się:

- ✓ zapewnienie bielizny odbierającej pot z powierzchni skóry,
- ✓ częstą rotację strażaków podczas wykonywanych czynności w akcjach ratowniczych,
- ✓ uzupełnianie płynów, w tym także uzupełnianie strat soli mineralnych: Na^+ , Cl^- , K^+ oraz
- ✓ odpoczynek w chłodniejszym miejscu/pomieszczeniu.



Redukcja ilości warstw odzieży noszonej pod ubraniem specjalnym również wpłynie pozytywnie na poprawę odczuwania komfortu. Zaleca się stosowanie bielizny termoaktywnej jako odzież spodnią pod ubranie specjalne.

5 PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza ocen odczuć cieplnych i analiza warunków komfortu cieplnego (wskaźnik PMV) użytkowników stosujących ubranie specjalne wykazała, iż przy temperaturze powietrza równej 20 °C, aby strażak odczuwał komfort cieplny powinien wykonywać jedynie pracę lekką. W temperaturze 25 °C wykonywanie lekkiej pracy już powoduje odczuwanie dyskomfortu cieplnego.

Na podstawie uzyskanych wyników analizy stwierdzono, że:

- 1) ubranie specjalne cechuje się wysoką ciepłochronnością; ubranie to powinno chronić użytkownika przed wnikaniem ciepła z zewnątrz – pod tym kątem wysoka wartość izolacyjności cieplnej jest więc pożądana. Z drugiej strony, ubranie to stanowi barierę w odprowadzaniu ciepła z organizmu strażaka do otoczenia, powodując tym samym dodatkowe obciążenie cieplne dla organizmu.
- 2) ubranie specjalne stanowi barierę w wymianie ciepła pomiędzy użytkownikiem a otoczeniem, powodując iż jedynie w niższych wartościach temperatury powietrza

wykonywanie przez strażaków pracy może odbywać się w warunkach komfortu cieplnego.

- 3) w przypadku zastosowania ubrania specjalnego wyznaczone jako komfortowe zakresy temperatury powietrza często są przekroczone podczas prowadzenia akcji ratunkowych.
- 4) badania z udziałem czynnych zawodowo strażaków potwierdziły odczuwanie dyskomfortu cieplnego przy każdym z wykonywanych zadań, przy zestawach odzieży zarówno koszarowej, jak i specjalnej. Jednak większy dyskomfort odczuwany był podczas użytkowania odzieży specjalnej.

Aby zmniejszyć negatywne skutki wpływu temperatury na organizm strażaka, zaleca się m.in. zapewnienie bielizny odbierającej pot z powierzchni skóry a także częste rotacje strażaków podczas prowadzonych akcji ratowniczych by nie dopuścić do wystąpienia nadmiernego obciążenia cieplnego organizmu.

Ciągle poszukiwane są nowe rozwiązania w celu poprawy wymiany ciepła między strażakiem a otoczeniem.

6 ŹRÓDŁA WYKORZYSTANE W TEKŚCIE

1. M Młynarczyk. Ubranie specjalne dla strażaków - wymagania normatywne i badania własne. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*. 2018, Tom 5, 11-15.
2. Jaworski M. Zboina J. Standardy CNBOP-PIB Ochrona przeciwpożarowa Ocena zgodności w procesie dopuszczenia Wyposażenie i uzbrojenie osobiste strażaka Ubrania specjalne. *CNBOP-PIB-0017*. 2012.
3. PN-EN 469:2008. *Odzież ochronna dla strażaków – wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej*.
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. . *zmieniające rozporządzenie w sprawie umundurowania strażaków Państwowej Straży Pożarnej*.
5. Zarządzenie nr 9 Komendanta Głównego PSP z dnia 17 lipca 2018 r. . *zmieniające zarządzenie w sprawie wzorców oraz szczegółowych wymagań, cech technicznych i jakościowych przedmiotów umundurowania, odzieży specjalnej i środków ochrony indywidualnej użytkowanych w PSP, Karta Techniczna 43*.
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 maja 2018 r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopu.*

7. PN-EN 15614:2009. *Odzież ochronna dla strażaków -- Metody badań laboratoryjnych oraz wymagania dla odzieży ochronnej używanej przy pożarach w przestrzeni otwartej.*
8. M. Jaworski. Nowe wymagania dla uniwersalnych ubrań specjalnych przeznaczonych dla straży pożarnych wynikające z nowej normy PN-EN 469:2006 odzież ochronna dla strażaków – wymagania dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej. *Kwartalnik naukowy „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” (Safety & Fire Technique)*. 2, 2006, 171-189.
9. Odzież dla strażaków, opracowanie na stronie CIOP-PIB. <http://archiwum.ciop.pl/1367.html>.
10. Barker R. L. Guerth-Schacher C., Grimes R. V., Hamouda H. Effects of Moisture on the Thermal Protective Performance of Firefighter Protective Clothing in Low-level Radiant Heat Exposures. *Textile Research Journal*. 76, 2006, Tom 1, 27-31.
11. Smith D. Horn G., Goldstein E., Petruzzello S. *Firefighter fatalities. The role of heat stress and PPE*. brak miejsca : Firefighter Life Safety Research Center, Illinois Fire Service Institute, University of Illinois at Urbana-Champaign,, 2008.
12. Stres termiczny przyczyną śmierci strażaków. *Oprac.rob. Atest*. 5, 2013, 22-23.
13. Młynarczyk M. Marszałek A. *1.G.08 Analiza obciążeń termicznych strażaków stosujących specjalistyczną odzież oraz jej wpływ na psychofizjologiczne możliwości strażaków*. Warszawa : CIOP-PIB, 2017.
14. PN-EN ISO 7730:2006 . *Ergonomia środowiska termicznego -- Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego*.
15. PN-EN ISO 7243:2018-01. *Ergonomia środowiska termicznego -- Ocena obciążenia cieplnego za pomocą wskaźnika WBGT*.

