



dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK  
dr ANNA MARSZAŁEK

Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule omówiono czynniki wpływające na kształtowanie się mikroklimatu pod odzieżą na podstawie wymiany ciepła między organizmem a otoczeniem. Przedstawiono wyniki badań fizjologicznych uzasadniających ograniczenie czasu stosowania nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej. Opisano również sposoby zmniejszenia dyskomfortu pracy w tego rodzaju odzieży ochronnej oraz zasady jej bezpiecznego użytkowania.

#### The use of impermeable protective clothing – comfort of work

This paper presents factors that influence the shaping of the microclimate under clothing on the basis of the heat exchange between the human body and the environment. Results of physiological studies that justify the limitation of the duration of use of impermeable protective clothing are presented. The article also discusses ways of decreasing work discomfort in this kind of protective clothing and the principles of its safe use.

# Użytkowanie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej – komfort pracy

## Czynniki wpływające na zmianę poziomu ciepła w organizmie człowieka

Człowiek należy do organizmów stałocielnych i utrzymuje temperaturę wewnętrzną ciała w wąskim zakresie, bliskim 37 °C, co stanowi fizyczną wypadkową równowagi między ciepłem wytwarzanym w reakcjach metabolicznych, zyskiwanym przez organizm z otoczenia i ciepłem rozpraszającym do otoczenia. Zachowanie równowagi cieplnej ciała człowieka zachodzi przez rozpraszanie nadmiaru ciepła gromadzącego się ze źródeł endo- lub egzogennych drogą przewodzenia oraz konwekcji za pośrednictwem krwi przepływającej z wnętrza ciała do skóry, która jest chłodniejsza niż wewnątrz. Gdy w środowisku pracy temperatura powietrza jest niższa od średniej temperatury skóry, która w warunkach komfortu wynosi 33-34 °C, wówczas ciepło przenoszone jest z ciała człowieka do otoczenia, a jego usuwanie zachodzi drogą konwekcji i promieniowania. Natomiast gdy temperatura powietrza przewyższa poziom średniej temperatury skóry, wówczas ciepło przepływa z otoczenia w kierunku ciała człowieka. W takiej sytuacji najbardziej efektywną drogą odprowadzania nadmiaru ciepła jest parowanie wydzielonego potu.

Pocenie jest uruchamiane, gdy temperatura powietrza otoczenia jest wyższa niż 28 °C lub zwiększa się temperatura wewnętrzna organizmu w wyniku wykonywania wysiłku. W tym przypadku, skuteczność oddawania ciepła jest zależna od możliwości odparowania potu z powierzchni skóry. Parowanie potu jest ograniczane przez maksymalne

tempo wydzielania potu przez organizm oraz maksymalną środowiskową pojemność pary. W środowiskach wilgotnych, mimo że pot będzie produkowany, duża jego część nie będzie parowała, tylko nastąpi jego skroplenie, które nie pociąga za sobą efektywnego oddawania ciepła. Tak więc u osób intensywnie pocących się, np. w wilgotnym środowisku gorącym może dojść do przegrzania organizmu z powodu niemożności oddania ciepła do otoczenia na drodze parowania potu.

Poziom pocenia wpływa na wilgotność skóry, która zmienia się w zależności od liczby czynnych gruczołów potowych. Wilgotność skóry nie ubranego człowieka zmienia się między 6 a 100%. Na podstawie badań różnych autorów zaleca się, aby ekspozycje na środowiska termiczne powodujące 50-procentowy lub wyższy poziom wilgotności skóry były ograniczone w czasie lub dotyczyły tylko osób zaaklimatyzowanych. U osób nie zaaklimatyzowanych może następować stały wzrost temperatury wewnętrznej ciała z powodu braku równowagi cieplnej organizmu. Taka sytuacja ma miejsce również w warunkach stosowania odzieży ochronnej barierowej, która jest nieprzepuszczalna dla pary wodnej.

Norma PN-EN ISO 7933:2005(U) [1], dotycząca środowiska gorącego, wskazuje wilgotność skóry jako jeden z kryteriów obciążenia cieplnego, ale pomiar tego wskaźnika nie jest powszechnie dostępny. Wymieniona norma określa sposób przeprowadzania szczegółowej analizy warunków pracy w gorącym środowisku, polegającej na wyliczeniu wymaganego obciążenia termicznego związanego z określeniem przewidywanego poziomu pocenia i wyznaczenia dopuszczalnej

ekspozycji na działanie określonych warunków termicznych. Według normy PN-EN ISO 9886:2005(U) [2] kryterium ograniczenia ekspozycji na gorące środowiska powinno być wydzielanie potu w ilości 1000 i 1250 g na godzinę, odpowiednio dla osób nie zaaklimatyzowanych i zaaklimatyzowanych. W celu uniknięcia odwodnienia organizmu, utrata wody w wyniku pocenia się nie może być większa niż 5% masy ciała.

### Wpływ odzieży ochronnej na gospodarkę cieplną organizmu człowieka i kształtowanie mikroklimatu pod odzieżą

Odzież stanowi ważny pośredniczący element wymiany ciepła między organizmem a środowiskiem. Do właściwości odzieży, które wyznaczają szybkość przenoszenia ciepła, należą opór przenoszenia suchego ciepła (przez konwekcję i promieniowanie) oraz opór przenikania pary wodnej. W środowisku gorącym każda odzież stanowi przeszkodę na drodze tej wymiany, a w warunkach zimnego otoczenia odzież wspomaga procesy termoregulacyjne i zabezpiecza przed nadmiernymi stratami ciepła z wnętrza ciała.

Podstawowym zadaniem odzieży ochronnej jest zabezpieczenie człowieka pracującego w warunkach zagrożenia przed niebezpiecznymi czynnikami występującymi w środowisku pracy, dlatego dużą rolę przywiązuje się do jej właściwości ochronnych [3]. Ochrona przed fizycznymi i chemicznymi czynnikami w większości przypadków wymaga zastosowania specjalnych materiałów barierowych, charakteryzujących się brakiem przepuszczalności pary wodnej, co powoduje ograniczenia utraty ciepła przez parowanie. Wobec braku możliwości odparowania z powierzchni ciała wytwarzany pot nie usuwa ciepła z organizmu. Następuje kumulacja wilgoci pod odzieżą, pogarszając warunki do parowania potu w mikroklimacie pod odzieżą. Skutkiem takiej sytuacji będzie przegrzanie organizmu, jeśli pracownik nie zostanie w porę wycofany ze stanowiska pracy.

Podczas pracy w wielu rodzajach odzieży ochronnej wilgotność mikroklimatu pod odzieżą kształtuje się na bardzo wysokim poziomie, osiągając wartości zbliżone nawet do 100%. W normalnych warunkach użytkowania wilgotność względna pod odzieżą wynosi 40-60%, a wartości powyżej 70-80% i stromy wzrost wilgotności związany jest z odczuciem parności, duszności i wyraźnego dyskomfortu. Uczucie dyskomfortu zwiększa występowanie

na skórze potu w formie ciekłej i jego kondensację na wewnętrznej stronie nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej.

Stwierdzono, że pracownicy stosujący odzież nieprzepuszczalną osiągnęli limity bezpieczeństwa temperatury wewnętrznej przy niższych wartościach WBGT otoczenia (o 2,8 °C), a więc już w łagodniejszych warunkach temperatury środowiska, niż osoby ubrane w odzież przepuszczalną dla pary wodnej [4]. Wykazano [5], że stosując różne rodzaje odzieży chroniącej przed włóknami azbestu, różnice między nimi były pomijalne w warunkach termoneutralnych, a przy większym stresie cieplnym (w środowisku gorącym lub podczas wykonywania wysiłku) różnice były zależne od stopnia przepuszczalności odzieży dla pary wodnej – im bardziej nieprzepuszczalna odzież, tym większy dyskomfort i większe obciążenie organizmu. Również badania Li [6] wskazują, że percepcja komfortu jest pozytywnie powiązana z percepcją ciepła, a negatywnie z percepcją wilgotności. Percepcja komfortu jest również pozytywnie związana z temperaturą skóry, a także nieliniowo i negatywnie z względną wilgotnością powietrza, tworzącego mikroklimat pod odzieżą.

Tak, więc z jednej strony odzież ochronna zapewni odpowiednią ochronę przed szkodliwymi czynnikami środowiska pracy, z drugiej zaś powoduje zwiększenie fizjologicznego i psychicznego stresu, obniża zdolność do pracy lub zwiększa dyskomfort przy wykonywaniu pracy [7]. Właściwości odzieży mające wpływ na wymianę ciepła i pary wodnej z otoczeniem, a więc na poziom dyskomfortu, przyjęto nazywać biofizycznymi [8].

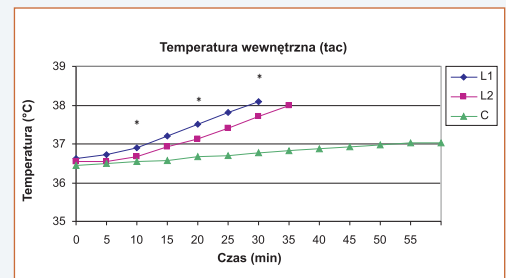
### Różnicowanie czasu pracy w zależności od właściwości odzieży ochronnej

W celu określenia, w jakim stopniu biofizyczne właściwości odzieży ochronnej wpływają na możliwość wykonywania pracy w gorącym środowisku, przeprowadzono badania odzieży chroniącej przed chemikaliami z udziałem użytkowników oraz z zastosowaniem wierzchniej odzieży bawełnianej, jako kontrolnej [9].

Odzież chroniąca przed chemikaliami, wykonana została z materiału nieprzepuszczającego pary wodnej, w dwóch wariantach: dwuczęściowa – składająca się z kurtki i spodni (L1) oraz jednoczęściowa o konstrukcji kombinezonu (L2). Odzież kontrolna z tkaniny bawełnianej (C) miała konstrukcję dwuczęściową, w postaci kurtki i spodni.

Badania przeprowadzono w komorze klimatycznej w warunkach temperatury powietrza 40 °C, wilgotności względnej powietrza 30% i minimalnym ruchu powietrza 0,2 m · s<sup>-1</sup>. W badaniach wzięło udział sześciu strażaków w wieku 29,0 ± 3,7 lat, którzy maszerowali po bieżni elektrycznej z prędkością 3 km · h<sup>-1</sup>, w trzech wariantach odzieży wierzchniej: odzieży ochronnej L1, L2 lub w wierzchniej odzieży bawełnianej.

W badaniach określano zmiany wskaźników fizjologicznych i analizowano oceny subiektywne. Badano również dynamikę mikroklimatu pod odzieżą przez określenie wilgotności względnej w czterech miejscach (prawa pierś, lewa łopata, lewe ramię, prawe udo). Czas trwania badania w odzieży ochronnej był wyznaczony osiągnięciem limitów bezpieczeństwa wskaźników fizjologicznych, a w odzieży bawełnianej badanie trwało przez założony z góry, czas tj. 55 minut.

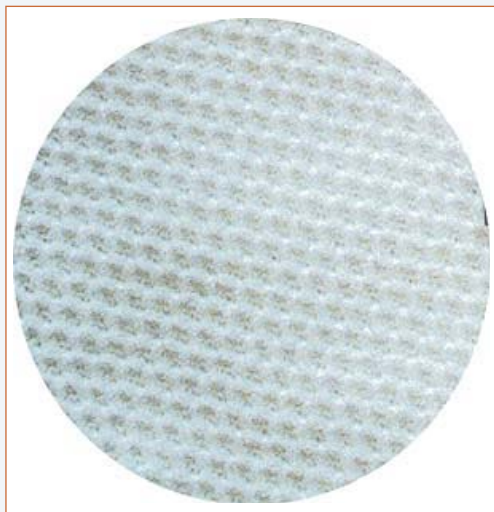


Rys. 1. Zmiany temperatury wewnętrznej mierzonej w zewnętrznym przewodzie słuchowym podczas badań z trzema rodzajami odzieży: L1, L2 i wierzchniej odzieży bawełnianej (C). \* -  $p < 0,05$  między L1 i L2 oraz między każdą z odzieży ochronnej a wierzchnią odzieżą bawełnianą, w 10. minucie – tylko różnice między L1 i wierzchnią odzieżą bawełnianą

Fig.1. Changes in core temperature measured in the external auditory canal during studies with three kinds of clothing: L1, L2 and control cotton clothing (C). \* $p < 0,05$  between L1 and L2 and between each kind of protective clothing and control cotton clothing, in the 10th minute – differences only between L1 and control cotton clothing

Przeprowadzone badania wykazały osiągnięcie limitów fizjologicznych średnio po 26,7 ± 4,1 min lub 30,0 ± 5,5 min odpowiednio w ubraniu L1 i L2 podczas wykonywania lekkiej pracy w gorącym środowisku (rys. 1.). Wykazano, że właściwości biofizyczne odzieży L1 (kurtka i spodnie) były nieco gorsze niż odzieży L2 (kombinezon), co objawiło się szybszym zawilgoceniem przestrzeni pod odzieżą i szybszym osiągnięciem limitów fizjologicznych podczas badań. Dodatkowo, w odzieży ochronnej L1 intensywność pocenia była ponad dwukrotnie większa niż w odzieży bawełnianej, a w odzieży L2 była o 30% większa niż w kontrolnej odzieży bawełnianej.

Uzyskane wyniki wykazały, że obydwa badane rodzaje odzieży ochronnej, nieprze-



Rys. 2. Struktura dzianiny dwuwarstwowej w splocie piki, przeznaczona na bieliznę podbarierową

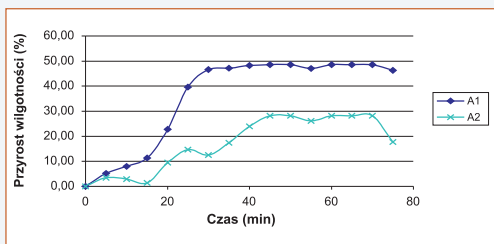
Fig. 2. The structure of two-layer pique-type knit fabric designed for underbarrier underwear

puszczającej powietrza i pary wodnej (L1, L2), w znacznym stopniu utrudniały oddawanie ciepła do otoczenia podczas wykonywania wysiłku w gorącym środowisku. Taka sytuacja szybko może doprowadzić do przegrzania organizmu użytkownika. Niezbędne, jest więc ograniczenie czasu ekspozycji pracownika.

Wierzchnia odzież bawełniana (C) miała dużo lepsze właściwości biofizyczne niż obydwie rodzaje odzieży nieprzepuszczalnej – dla powietrza i pary wodnej (L1 i L2).

### Sposoby zmniejszania dyskomfortu pracy w odzieży ochronnej

Najistotniejszym warunkiem zachowania komfortu cieplnego jest niedopuszczenie do kondensacji pary wodnej pod odzieżą i w konsekwencji do gromadzenia potu na skórze oraz wewnętrznych warstwach odzieży ochronnej. Materiały odzieżowe powinny charakteryzować się zatem zdolnością do przepuszczania pary wodnej, a więc niskim oporem przenikania pary wodnej.



Rys. 3. Dynamika przyrostu wilgotności względnej pod odzieżą na plecach podczas pracy w szczelnej odzieży ochronnej

Fig. 3. The dynamics of an increase in relative humidity under the clothing on the back during work in tight protective clothing

Tendencje światowe w produkcji komfortowej odzieży zmierzają z jednej strony do wytwarzania nowoczesnych paroprzepuszczalnych materiałów barierowych, z drugiej zaś, do wytwarzania wysoko sprawnej bielizny, która współpracowałaby z organizmem człowieka w procesie przenoszenia ciepła i potu ze skóry do otoczenia.

Rzeczywistość technologii wytwarzania tekstyliów, w tym materiałów barierowych, pozwoliła na znaczące postępy w konstrukcji odzieży ochronnej. Ostatnio pojawiło się na rynku dużo nowoczesnych materiałów. Stanowią one bariery dla niebezpiecznych czynników, a jednocześnie umożliwiają odprowadzanie z organizmu użytkownika nadmiaru ciepła, są paroprzepuszczalne, co powoduje, że mikroklimat tworzony przez taką odzież charakteryzuje się niższym poziomem wilgotności i temperatury niż w przypadku tradycyjnych materiałów powleczonych [10].

Na uwagę zasługują materiały wytwarzane z mikrowłókien, laminaty płaskich wyrobów włókienniczych i błon paroprzepuszczalnych, powłoki mikroporowate oraz materiały wielowarstwowe.

Wykazano [10], że nie tylko odzież zewnętrzna, ale również odzież noszona blisko ciała, ma istotne znaczenie w regulowaniu mikroklimatu przy skórze użytkownika i wpływa na komfort termofizjologiczny. Aby mogła ona wpływać pozytywnie na kształtowanie mikroklimatu blisko skóry powinna mieć budowę dwuwarstwową, a każda z warstw powinna charakteryzować się innymi właściwościami i spełniać inną funkcję.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że dwuwarstwowa bielizna wykonana z poliestru i wiskozy w specjalnym splocie piki (rys. 2.), zastosowana podczas pracy w szczelnej odzieży ochronnej, charakteryzuje się wysoką dynamiką i pojemnością sorpcji pary wodnej oraz potu, przy czym powierzchnia mająca kontakt ze skórą pozostaje sucha. Wykazano, że mikroklimat pod odzieżą kształtuje się dla niej korzystniej (niższa wilgotność i temperatura) niż w przypadku zastosowania tradycyjnej bielizny bawełnianej.

Na rysunku 3. przedstawiono przyrosty wilgotności mikroklimatu pod nieprzepuszczalną odzieżą ochronną po zastosowaniu pod nią tradycyjnej bielizny bawełnianej (wariant A1) i dwuwarstwowej bielizny podbarierowej (wariant A2).

Zastosowanie dwuwarstwowej bielizny podbarierowej A2 sprawiło, że przyrosty

temperatury skóry (rys. 4.) i temperatury wewnętrznej użytkownika szczelnej odzieży ochronnej kształtowały się na niższym poziomie niż w przypadku tradycyjnej bielizny bawełnianej A1.

Przedstawione wyniki wskazują, iż fizjologiczne obciążenie organizmu podczas pracy w nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej jest niższe, gdy stosowana jest pod nią specjalnie zaprojektowana bielizna dwuwarstwowa. Użytkownicy pozytywnie ocenili bieliznę dwuwarstwową jako zapewniającą wysoki komfort użytkowy.

Innym sposobem zmniejszenia wilgotności mikroklimatu pod odzieżą ochronną, może być zastosowanie w strukturach odzieży włókninowych wkładów absorbujących intensywnie wilgoć z udziałem włókien wysokosorpcyjnych [11]. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że ich zastosowanie pod nieprzepuszczalną odzieżą wpływa na znaczne obniżenie wilgotności mikroklimatu.

Badania prowadzone w odniesieniu do wkładów absorbujących pot w postaci kamizelki i dwóch rodzajów bielizny: bawełnianej i PES oraz dla szczelnej odzieży ochronnej z materiału powleczonego PVC. Podczas 60 min wysiłku o intensywności 50 W, jaki wykonywały osoby badane w szczelnej odzieży ochronnej, mierzono temperaturę i wilgotność względną w trzech miejscach w mikroklimacie blisko skóry, temperaturę wewnętrzną, częstość skurczów serca oraz analizowano odczucia subiektywne użytkowników

Na rys. 5. przedstawiono kształtowanie się wilgotności na plecach podczas stosowania szczelnej odzieży z wkładami absorbującymi pot i bez nich.

Wyniki pracy badawczej pozwalają na stwierdzenie, że wkłady absorbujące pot mogą znaleźć zastosowanie, podczas użytkowania środków ochrony indywidualnej wytworzonych z nieprzepuszczalnych materiałów, do pochłaniania nadmiaru wydzielanego potu i zmniejszenia dyskomfortu pracy. Mogą one być przeznaczone do zbierania potu z warstwy przylegającej do skóry, jak również do zbierania potu z wewnętrznej powierzchni szczelnej odzieży ochronnej i absorpcji pary wodnej pod odzieżą.

Nie stwierdzono wyraźnego wpływu rodzaju bielizny zastosowanej z wkładami absorbującymi pot na mikroklimat i subiektywne odczucia ciepła osób badanych, co pozwala na stwierdzenie, że wkłady absorbujące pot mogą być stosowane nawet z tradycyjną bielizną bawełnianą.

## Wytyczne dla użytkowników nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej

Stosowanie odzieży ochronnej wykonanej z materiałów nie przepuszczających powietrza i pary wodnej, powoduje zawsze dodatkowe obciążenie cieplne organizmu jej użytkownika i niekorzystny mikroklimat wokół ciała, co skutkuje znacznym dyskomfortem pracy. Sytuacja taka pogarsza się w gorącym środowisku pracy.

Na rynku krajowym pojawiły się wzory odzieży ochronnej mającej cechy barierowości i jednocześnie charakteryzującej się **paroprzepuszczalnością**. W miarę możliwości, do pracy w narażeniu na działanie opadów atmosferycznych i wody oraz niektórych substancji chemicznych należy wybierać ten typ odzieży ochronnej o oporze przenikania pary wodnej  $R_{et} \leq 20 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$ . Poprawę komfortu pracy, również w gorącym środowisku, można osiągnąć przez **właściwą konstrukcję** odzieży ochronnej, która powinna mieć w odpowiednich miejscach (np. pod pachami, pod karkiem) otwory umożliwiające odprowadzanie nadmiaru pary wodnej z mikroklimatu pod odzieżą.

Biorąc pod uwagę fakt, że nie we wszystkich sytuacjach zagrożenia w środowisku pracy można wyeliminować szczelną, nieprzepuszczającą parę wodną odzież ochronną, jak również występowanie ciepła egzogenne i generowanie ciepła endogenne, w celu zmniejszenia dyskomfortu cieplnego należy przestrzegać podanych niżej zasad.

Podczas intensywnej pracy szczególnie w nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej, jak również w gorącym środowisku pracy, konieczna jest **właściwa organizacja pracy** polegająca na stosowaniu przerw koniecznych dla odnowy organizmu. Czas pracy oraz czas przerw uzależniony jest od intensywności wysiłku, temperatury pracy oraz indywidualnych cech pracownika i powinien być ustalany przez służbę odpowiedzialną za bezpieczeństwo i higienę pracy. Do pracy należy wybierać **osoby zdrowe**, u których stwierdzono prawidłowe ciśnienie krwi, wysoką wydolność fizyczną i sprawny system pocenia.

W celu zmniejszenia dyskomfortu pracy w nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej, w tym odzieży gazoszczelnej, należy stosować pod nią specjalną **bieliznę podbarierową** wykonaną z dzianin dwuwarstwowych. Bezpośrednio na bieliznę należy wkładać odzież ochronną.

Bielizna podbarierowa charakteryzuje się dobrym odprowadzaniem potu ze skóry

użytkownika odzieży i pozostaje sucha przy skórze, zmniejszając dyskomfort pracy. Może być stosowana również podczas pracy w innych niż nieprzepuszczalna, rodzajach odzieży ochronnej oraz podczas innych form aktywności fizycznej. Podczas użytkowania strona lewa bielizny (wykonana z poliestru) powinna być w kontakcie ze skórą użytkownika.

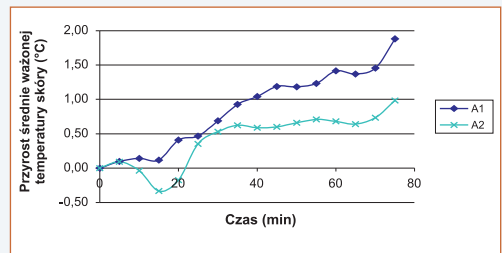
W celu zmniejszenia wilgotności mikroklimatu pod wieloma rodzajami odzieży ochronnej można stosować **wkłady absorbujące pot** wykonane z włókien superabsorbujących. Wkłady takie mogą również służyć pochłanianiu nadmiaru wydzielanego potu, który towarzyszy także innym rodzajom środków ochrony indywidualnej.

## Podsumowanie

W artykule przedstawiono problemy związane z oddawaniem ciepła przez organizm człowieka wykonującego pracę w warunkach występowania szkodliwych substancji w środowisku. W takim przypadku należy chronić powierzchnię ciała przez zastosowanie odzieży ochronnej, zwykle nieprzepuszczalnej dla powietrza i pary wodnej. To z kolei, w znacznym stopniu zakłóca proces wymiany ciepła z otoczeniem i wówczas, w celu zapewnienia bezpieczeństwa, praca musi być ograniczona w czasie. Nowe rozwiązania konstrukcyjne odzieży ochronnej, zastosowanie bielizny podbarierowej lub wkładów z włókien wysokeosorbujących, absorbujących pot, poprawiają komfort wykonywania pracy w takiej odzieży ochronnej. Należy również przestrzegać rytmu pracy, stosując konieczne przerwy w pracy dla odnowy organizmu.

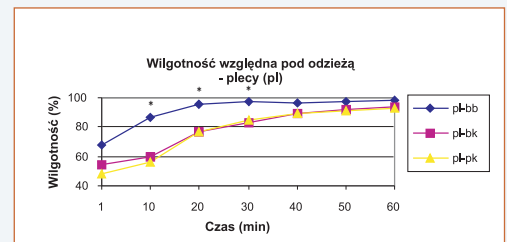
## PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-EN ISO 7933:2005(U). *Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczenie i interpretacja stresu cieplnego z wykorzystaniem obliczeń przewidywanego obciążenia termicznego*
- [2] PN-EN ISO 9886:2005(U). *Ergonomia – Ocena obciążenia termicznego na podstawie pomiarów fizjologicznych*
- [3] A. Marszałek, J. Smolander, K. Sołtyński *Age-related thermal strain in men while wearing radiation protective clothing during short term exercise in the heat*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics Vol. 10, No 4: 361-367 2004



Rys. 4. Przyrost temperatury wewnętrznej podczas pracy nieprzepuszczalnej odzieży ochronnej

Fig. 4. Core temperature increase during work in tight protective clothing



Rys. 5. Średnie zmiany wilgotności względnej pod odzieżą, na plecach – podczas badań z różnymi wariantami odzieży: bb – bielizna bawełniana bez wkładów absorbujących pot, bk – bielizna bawełniana z kamizelką z włókien wysokeosorbujących, pk – bielizna poliestrowa z kamizelką z włókien wysokeosorbujących, \* -  $p < 0,05$

Fig. 5. Mean changes in relative humidity under clothing, on the back – during studies with different clothing variants: bb – cotton underwear without sweat absorbing refills, bk – cotton underwear with a waistcoat made of a high sorption fabric, pk – polyester underwear and a waistcoat made of a high sorption fabric \* $p < 0.5$

[4] C.P. Mihal *Effect of heat stress on physiological factors for industrial workers performing routine work and wearing impermeable vapour-barrier clothing*. "American Industrial Hygiene Association Journal", 42(2)1981

[5] I. Holmer, H. Nilsson, S. Rissanen, K. Hirata, J. Smolander *Quantification of heat balance during work in tree types of asbestos-protective clothing*. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 1992, 64

[6] Y. Li *Perceptions of temperature, moisture and comfort in clothing during environmental transients*. "Ergonomics", 48(3) 2005

[7] I. Holmer *Protective clothing and heat stress*. "Ergonomics", 38(1) 1995

[8] G. Bartkowiak *Właściwości biofizyczne materiałów na odzież ochronną*. „Bezpieczeństwo Pracy” 7-8(324-325)1998

[9] A. Marszałek *Fizjologiczne reakcje organizmu człowieka podczas pracy w odzieży ochronnej w gorącym środowisku*. „Bezpieczeństwo Pracy”, 3(414)2006

[10] G. Bartkowiak *Kierunki rozwoju środków ochrony indywidualnej*. „Przegląd Włókienniczy”, 10/2003

[11] G. Bartkowiak, K. Ruszkowski *Doświadczalne wytwarzanie wysokeosorbujących materiałów włókienniczych*. „Przegląd Włókienniczy”, 10/2005

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy