

dr ANNA MARSZAŁEK  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy  
 Kontakt: anmar@ciop.pl  
 DOI: 10.5604/01377043.1199416

# Wskaźnik WBGT

## – zalety i źródła nieścisłości związane z jego zastosowaniem



W artykule przedstawiono ogólne zasady dotyczące wyznaczania wskaźnika WBGT i jego zastosowania do oceny obciążenia cieplnego w środowisku gorącym. Zwrócono uwagę na ważne aspekty wykonywania pomiarów parametrów składowych, w szczególności dotyczące rodzaju stosowanych przyrządów pomiarowych, wpływu prędkości przepływu i wilgotności powietrza na wyniki pomiarów i ich interpretację. Wszystko to może być źródłem błędów przy wyznaczaniu wskaźnika. Przedstawiono inne sposoby wyznaczania wskaźnika WBGT, bazujące na danych meteorologicznych. Ponadto zapoznano czytelników z kierunkami nowelizacji normy ISO 7243.

*Słowa kluczowe: gorące środowisko, wskaźnik WBGT, pomiary i interpretacja*

### WBGT index – advantages and sources of inaccuracy related to its use

This article presents the general principles related to determining the WBGT index and applying it to evaluate the thermal load in a hot environment. It discusses important aspects of measuring component parameters, in particular the measurement device, the influence of air velocity and humidity on the results, and their interpretation. They can all be a source of errors when calculating the index. The article presents ways of determining the WBGT index on the basis of meteorological data. It also presents the directions of the amendment to ISO 7243.

*Keywords: hot environment, WBGT index, measurements and interpretation*

### Wstęp

Wskaźnik WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), służący do oceny obciążenia cieplnego w gorącym środowisku pracy, jest stosowany już od ok. 60 lat. W krajowym systemie wyznaczania obciążeń cieplnych stanowi najbardziej znany sposób oceny. Jego dużą zaletą jest prosta konstrukcja i przejrzysta interpretacja. Wyznaczenie wskaźnika WBGT odbywa się za pomocą tzw. metody przesiewowej, której celem jest określenie obecności stresu cieplnego lub jego braku.

Zastosowanie wskaźnika WBGT wiąże się z możliwością określania, czy zastane warunki są możliwe do zaakceptowania i czy w danych warunkach praca możliwa jest w ciągu całej zmiany roboczej. Wskaźnik ten w przepisach państwowych stanowi podstawę do ustalania najwyższych dopuszczalnych natężeń czynnika szkodliwego – obciążenia cieplnego – w gorącym środowisku pracy.

Przez wiele lat liczne zespoły badawcze podejmowały prace nad dokładniejszą analizą tego wskaźnika, ponieważ jego stosowanie wiązało się z różnymi wątpliwościami bądź niejasnościami, dotyczącymi interpretacji otrzymanych wyników.

W artykule przedstawiono niektóre potencjalne źródła błędów pomiarowych i interpretacyjnych, o czym warto przypomnieć zarówno w związku ze zbliżającą się kolejną okrągłą rocznicą stosowania wskaźnika WBGT, jak i przed wprowadzeniem w życie aktualizacji normy określającej zasady jego stosowania.

### Zastosowanie wskaźnika WBGT

Spośród istniejących na świecie kilkudziesięciu wskaźników stresu cieplnego, WBGT jest wciąż najczęściej wykorzystywany do oceny obciążenia cieplnego w środowisku pracy. Został opracowany w 1957 r. przez Yaglou i Minarda, na podstawie amerykańskich badań w marynarce wojennej, jako wygodniejsze przybliżenie wskaźnika

skorygowanej temperatury efektywnej (CET)<sup>1</sup>, zmodyfikowanego w celu uwzględnienia pochłaniania promieniowania słonecznego przez ubiory wojskowe w kolorze zielonym [1].

Wartości graniczne wskaźnika WBGT były stosowane do określenia czasu, w którym rekreacji mogą trenować. Wykazano, że zarówno wielkość utraty ciepła, jak i długość przerwy w treningu w gorącym środowisku były zaniżane wówczas, gdy zastosowano wskaźnik WBGT, zamiast określenia samej tylko temperatury powietrza. Wskaźnik WBGT został następnie przyjęty przez międzynarodowe i krajowe organizacje oraz instytucje, działające na rzecz bezpieczeństwa i higieny pracy (NIOSH, ISO, EN, PN) jako przesiewowe narzędzie do oceny gorącego środowiska. Obecnie wskaźnik WBGT jest ciągle stosowany,

<sup>1</sup> Skala temperatur efektywnych (ET) pozwala przewidzieć wrażenie cieplne w zależności od temperatury, wilgotności i ruchu powietrza. Temperatura efektywna jest to wskaźnik intensywności odczuwanego ciepła. Skorygowana temperatura efektywna (CET) uwzględnia wpływy promieniowania termicznego.

gdź stanowi szybką i łatwą w interpretacji metodę oceny oraz diagnozy obciążenia cieplnego.

Dwie organizacje: ISO i ACGIH (International Organization for Standardization i American Conference of Governmental Industrial Hygienists) polecają wskaźnik WBGT jako narzędzie do wstępnej oceny gorącego środowiska pracy, natomiast wskaźnik przewidywanego obciążenia cieplnego (PHS) do dokładniejszej analizy warunków pracy w środowisku gorącym [2].

Ze względu na szerokie zastosowanie, a także na fakt, że PN-EN ISO 27243:2005 [3] jest dostępna w języku polskim, norma ta nie będzie tu szczegółowo omawiana [3]. Uwypuklone zostaną natomiast ważne elementy, dotyczące oceny obciążenia cieplnego w gorącym środowisku pracy przy zastosowaniu wskaźnika WBGT. Praktyczne aspekty jego stosowania omówiono we wcześniejszym artykule, opublikowanym w „Bezpieczeństwie Pracy” [4].

Wskaźnik WBGT jest wyznaczany w odniesieniu do dwóch rodzajów warunków gorącego środowiska pracy: przy braku lub obecności promieniowania słonecznego. Do jego wyznaczenia niezbędne jest określenie wartości trzech parametrów: temperatury powietrza ( $t_a$ ), temperatury naturalnej wilgotnej ( $t_{nw}$ ) oraz temperatury poczernionej kuli<sup>2</sup> ( $t_g$ ).

Pierwszy z nich jest parametrem podstawowym, a dwa kolejne – parametrami pochodnymi. Wskaźnik WBGT uwzględni takie zjawiska związane z przenoszeniem ciepła, jak: parowanie, konwekcja i promieniowanie ciepłe.

Poniższe wyrażenia przedstawiają zależności między wymienionymi wielkościami (PN-EN ISO 27243:2005), [3]:

– wewnątrz i na zewnątrz budynków bez nasłonecznienia:

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g$$

– na zewnątrz budynków z nasłonecznieniem:

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a$$

Metoda wyznaczenia obciążenia cieplnego jest oparta na pomiarze wymienionych parametrów i obliczeniu wartości średniej, z uwzględnieniem zmian tych wielkości w czasie i przestrzeni.

W metodyce oceny stresu cieplnego za pomocą wskaźnika WBGT można wyróżnić 3 etapy:

1) pomiar parametrów fizycznych, charakteryzujących dane stanowisko pracy i obliczenie na ich podstawie wartości wskaźnika WBGT,

2) określenie klasy metabolizmu, charakteryzującej pracę na ocenianym stanowisku i odpowiadającej jej wartości odniesienia wskaźnika WBGT,

3) porównanie wyznaczonej wartości wskaźnika WBGT z wartością odniesienia podaną w normie.

W PN-EN ISO 27243:2005 bardzo precyzyjnie opisano sposób wyznaczenia średniej wartości wskaźnika WBGT przy zmiennych warunkach

<sup>2</sup> Temperatura naturalna wilgotna ( $t_{nw}$ ) jest wielkością wskazywaną przez czujnik temperatury pokryty wilgotną tkaniną przy naturalnej wentylacji, tj. umieszczony w badanym środowisku bez zastosowania wentylacji wymuszonej. Temperatura poczernionej kuli ( $t_g$ ) jest to temperatura wskazywana przez czujnik temperatury umieszczony w środku kuli o średnicy 150 mm i średnim współczynniku emisji 0,95 (kula poczerniona, matowa).

fizycznych otoczenia zarówno w przestrzeni, jak i w czasie [3].

W celu określenia klasy metabolizmu w wymienionej normie podano zestawienie wartości pięciu poziomów jego tempa, włączając spoczynek. Każdy z nich charakteryzuje określony typ pracy, przedstawiony w sposób opisowy. Uznano, że w celu wyznaczenia wskaźnika WBGT określenie tempa metabolizmu metodą tabelaryczną jest wystarczające.

Wskaźnik WBGT ma zastosowanie w odniesieniu do osób ubranych w odzież o izolacyjności termicznej równej 0,6 clo<sup>3</sup>. W przypadku, gdy osoba eksponowana nosi odzież specjalną<sup>4</sup>, wartości dopuszczalne obciążenia cieplnego muszą być ustalone przez eksperta. Sprawą dyskusyjną jest możliwość zastosowania wskaźnika WBGT do oceny stresu cieplnego w stosunku do osób ubranych w odzież nieprzepuszczającą powietrza i pary wodnej.

W zestawieniu wartości odniesienia wskaźnika WBGT uwzględniono rozróżnienie tych wartości w zależności od tego, czy na gorące środowisko jest eksponowana osoba aklimatyzowana, czy nieaklimatyzowana. W stosunku do tempa metabolizmu odpowiadającego ciężkiej i bardzo ciężkiej pracy (klasy metabolizmu 3 i 4) wprowadzono także możliwość wyboru warunków otoczenia, dotyczących prędkości ruchu powietrza (odczuwania ruchu powietrza lub jego brak).

Obecnie jedynie wskaźnik WBGT ma na tyle prostą konstrukcję, że może być powszechnie stosowany do oceny gorącego środowiska pracy. Inne wskaźniki, takie jak PHS (służący do szczegółowej analizy gorącego środowiska pracy), PMV i PPD (do oceny umiarkowanego środowiska pracy) czy IREQ (odnoszący się do zimnego środowiska pracy), wymagają wykonania szeregu pomiarów cząstkowych, użycia programu komputerowego i kompetentnej interpretacji uzyskanych wyników oceny.

### Źródła błędów przy wykonywaniu pomiarów i ocenie obciążenia cieplnego na podstawie WBGT

D'Ambrosio Alfano i in. zwrócili uwagę na możliwe błędy przy wykonywaniu pomiarów i ocenie obciążenia cieplnego osoby eksponowanej na gorące środowisko przy zastosowaniu wskaźnika WBGT [2]. Oto niektóre z nich.

• Jeden z dość częstych błędów, pojawiających się przy stosowaniu wskaźnika WBGT, dotyczy jednostki, w której jest on podawany, czyli stopni Celsjusza. Czasem zdarza się bowiem, że wartość wskaźnika jest mylna z wartością temperatury powietrza, co prowadzi do powstawania błędów interpretacyjnych, ponieważ poziom temperatury

<sup>3</sup> Izolacyjność termiczna odzieży to ilość ciepła przepływającego w jednostce czasu przez 1 m<sup>2</sup> powierzchni materiału, przy różnicy temperatur po obu stronach odzieży wynoszącej 1K. Parametr ten wyrażany jest w m<sup>2</sup> K/W. Inną, częściej używaną jednostką jest clo. Zależność między jednostkami: 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup> K/W.

<sup>4</sup> Odzież specjalna to odzież ochronna o specyficznych właściwościach, np. niepalna, chroniąca przed kwasami i zasadami lub przed promieniowaniem cieplnym. Zwykle jest stosowana przez konkretne grupy osób: strażaków, ratowników, służby mundurowe.

powietrza nie jest odpowiednikiem wartości WBGT [2]. Poza tym, WBGT nie jest wskaźnikiem odczuwanej temperatury, np. temperatury efektywnej, która reprezentuje poziom obciążenia odczuwanego przez osobę eksponowaną w danych warunkach środowiskowych [5]. W związku z tym, w celu uniknięcia błędów interpretacyjnych powstały nawet sugestie, aby wskaźnik WBGT był wielkością bezwymiarową.

• Istnieją ściśle wymagania dotyczące właściwości czujników stosowanych do pomiaru temperatury poczernionej kuli i temperatury naturalnej wilgotnej, określone przez ISO i ACGIH, zawarte w PN ISO 7726:2001 [6]. Jeśli w praktyce będą stosowane niestandardowe przyrządy lub ich kalibracja będzie prowadzona w nieodpowiednich warunkach, wpłynie to znacznie na dokładność otrzymywanych wyników, a konsekwencje dotyczące interpretacji mogą być nieprzewidywalne.

• Czasem źródłem niedokładności jest sposób wyznaczenia parametrów składowych wskaźnika WBGT. W niektórych przyrządach, zaprojektowanych do jego wyznaczenia, temperatura naturalna wilgotna ( $t_{nw}$ ) jest obliczana na podstawie wyników uzyskanych w osobnych pomiarach: temperatury, wilgotności i prędkości ruchu powietrza<sup>5</sup>. Czujniki do tych pomiarów różnią się zasadniczo – pod względem kształtu, rozmiaru i sposobu kalibracji – od pojedynczego, „zbiorniczego” czujnika do pomiaru temperatury naturalnej wilgotnej, jednakże są uważane za spełniające wymagania normy ISO 7243. Nie ma wprawdzie badań porównawczych obu rodzajów określania tego parametru, jednak użytkownicy uważają je za wiarygodne [2].

• Odnośnie do czujnika służącego do wyznaczenia temperatury poczernionej kuli ( $t_g$ ) niektórzy autorzy zwracają uwagę na błędy interpretacyjne dotyczące wskaźnika WBGT przy zastosowaniu czujnika o mniejszej średnicy niż zalecana [7]. Przykładowo, zastosowanie czujnika o średnicy 38 mm wiąże się z niedoszacowaniem wskaźnika WBGT o 0,5 ÷ 1,0 °C (w zależności od prędkości ruchu powietrza: im jest ona większa, tym większy błąd), przy poziomie temperatury powietrza równej 30 °C i temperatury promieniowania 50 °C.

W Polsce stosuje się czasem czujniki o średnicy 100 mm zamiast zalecanych 150 mm, co jest wymuszone przez producentów przyrządów do wyznaczenia wskaźnika WBGT. Należy wówczas sprawdzić, czy i w jakim zakresie możliwa jest korekta. Na przykład w odniesieniu do czujnika o średnicy 38 mm można ją przeprowadzić w warunkach ruchu powietrza o prędkości większej od 0,2 m·s<sup>-1</sup>. W ten sposób można otrzymać wartość wskaźnika WBGT odpowiadającą w pełni tej, którą otrzymanoby przy zastosowaniu czujnika o zalecanej średnicy 150 mm. W stosunku

<sup>5</sup> Warto tu jednak dodać, że przyrządy wyposażone w pojedynczy czujnik, za pomocą którego przeprowadzane są pomiary temperatury naturalnej wilgotnej będą obarczone mniejszym błędem pomiarowym, niż w przypadku tych urządzeń, które dokonują pomiarów za pomocą trzech osobnych czujników.

do mniejszych wartości prędkości ruchu powietrza, różnice w ocenie wskaźnika WBGT mogą osiągać nawet 2 °C po zastosowaniu korekty.

Ostatni z podanych przykładów dobrze obrazuje ograniczenie dotyczące stosowania wskaźnika WBGT. Otóż, jak stwierdził m.in. Budd, wskaźnik ten nie może być zastosowany w warunkach niskich prędkości przepływu powietrza oraz przy dużej wilgotności powietrza otoczenia [7]. Tak jak inne wskaźniki, które integrują składowe środowiska termicznego, interpretacja uzyskanych poziomów wskaźnika WBGT wymaga starannej oceny aktywności człowieka w gorącym środowisku, jego odzieży i wielu innych czynników, które mogą być źródłem błędów dotyczących przewidywania wpływu środowiska termicznego na osobę ekspozowaną. W związku z tym, w przypadku obecności takich warunków gorącego środowiska pracy (niska prędkość przepływu i wysoka wilgotność powietrza), do wyznaczenia obciążenia cieplnego należy zastosować dokładniejsze wskaźniki, które uwzględniają wartości pojedynczych składowych środowiska termicznego. Ze względu na wymienione ograniczenia, WBGT może być jedynie ogólnym wyznacznikiem do przewidywania niekorzystnego wpływu gorącego środowiska pracy.

W tym miejscu warto też zwrócić uwagę, że niektórzy autorzy proponują wyznaczenie wskaźnika WBGT na podstawie danych meteorologicznych [8]. Metody te mają jednakże większe zastosowanie w warunkach na zewnątrz pomieszczeń, gdyż to w odniesieniu do nich można skorzystać z danych meteorologicznych. W cytowanym artykule przedyskutowano kilka najbardziej wiarygodnych, opublikowanych wzorów do wyliczeń wskaźnika WBGT, korzystając z tysięcy sytuacji pogodowych do weryfikacji obliczeń, biorąc pod uwagę temperaturę powietrza, temperaturę punktu rosy, prędkość ruchu powietrza i promieniowanie słoneczne. Na tej podstawie wytypowano dwa najpewniejsze wzory: do warunków w pomieszczeniach oraz do zastosowania na otwartej przestrzeni. Inni autorzy – Hardcastle i Butler – porównali wyniki uzyskane z wielu mierników WBGT dostępnych na rynku i stwierdzili, że różnice dotyczące otrzymanych wartości wskaźnika zawierały się w zakresie 1 – 2 °C [9]. Z kolei różnice między zmierzonymi i wyliczonymi wartościami WBGT uzyskanymi ze wzoru polecanego do warunków poza pomieszczeniami były mniejsze od tego zakresu, zatem wzór ten wydaje się wiarygodny [8].

D'Ambrosio Alfano i in. szczegółowo wyjaśniają przyczynę potencjalnych błędów przy wyznaczaniu wskaźnika WBGT, korzystając z tabelarycznych wartości tempa metabolizmu, podanych w normie [2]. W jej poprzednich wydaniach (ostatnie z 2004 r.) wartości tempa metabolizmu były podane w watach i watach na metr kwadratowy powierzchni ciała. To użytkownik tabeli wybierał, którą wartość uwzględni w wyliczeniach. Jednakże w odniesieniu do wielu wykonywanych prac nie będą to jednoznaczne wartości, w szczególności tych, które zależą od masy ciała i wysokości osoby podejmującej

wysiłek. A zatem, tempo metabolizmu powinno być podane w watach, nie w watach na metr kwadratowy. Poza tym jako powierzchnię ciała przyjęto uśrednioną wartość 1,8 m<sup>2</sup>, a więc w przypadku niektórych osób (znacznie odbiegających wzrostem od tej wartości) może to być kolejne źródło błędów.

Ci sami autorzy wskazują na pewne nieścisłości, dotyczące wartości odniesienia wskaźnika WBGT. Nie jest właściwe stwierdzenie, że przestrzeganie zawartych w normie wartości granicznych wskaźnika zabezpieczy większość pracowników przed wzrostem temperatury wewnętrznej ciała powyżej 38 °C. Powinno być raczej powiedziane, że ich celem jest uniknięcie wzrostu tej temperatury powyżej stanu ustalonego (*steady state*), uwarunkowanego tempem metabolizmu.

### Celowość aktualizacji normy ISO 7243

Z dyskusji na temat przygotowanej nowelizacji normy dotyczącej zastosowania wskaźnika WBGT do oceny stresu cieplnego wynika, że bardziej dokładnie niż w poprzednich jej wydaniach będą przedstawione zasady jego stosowania, wraz z określeniem sposobu interpretacji otrzymanych wyników oceny wskaźnika WBGT na stanowisku pracy [10].

Norma ta będzie powiązana z innymi normami z zakresu ergonomii środowiska termicznego, po raz pierwszy wchodząc do tego zakresu. Zostaną w niej określone właściwości czujników do cząstkowych pomiarów, niezbędnych do wyznaczenia wskaźnika WBGT, z powołaniem na normę dotyczącą przyrządów do określania wielkości fizycznych środowiska termicznego. Opisany będzie sposób uwzględniania właściwości stosowanej odzieży ochronnej. Do tej pory stosowanie normy było ograniczone do warunków, w których pracownicy używali odzieży o izolacyjności termicznej ( $I_a$ ) o wartości 0,6 clo. Jedynie w wydaniu normy z 1985 r. podano 3 przykłady, jak korygować wartość odniesienia WBGT, w zależności od rodzaju zastosowanej odzieży (szorty, kurtka nieprzepuszczająca pary wodnej i cała odzież nieprzepuszczająca powietrza i pary wodnej). Podano wówczas także ogólne wskazówki, że przy zastosowaniu odzieży nieprzepuszczającej pary wodnej należy obniżyć wartość odniesienia, a przy stosowaniu ubrań antytermicznych (nazywanych też odbijającymi promieniowanie podczerwone) wartość ta może być podwyższona. Jednakże te informacje nie wyczerpywały wątpliwości dotyczących sposobu stosowania normy przy właściwościach odzieży ochronnej odbiegających od  $I_a = 0,6$  clo. W kolejnym wydaniu normy (1989) zrezygnowano z tego uzupełnienia.

W obecnej nowelizacji normy ocena tempa metabolizmu będzie powiązana z normą opisującą metody jego określania, do celu rozszerzenia możliwości wyznaczenia tego parametru i uzyskania dokładniejszych wyników.

### Podsumowanie

Z przytoczonych w artykule przykładów nieścisłości i zastrzeżeń wynika, że wskaźnik WBGT powinien być stosowany z wielką ostrożnością oraz ze szczególnym zwróceniem uwagi na związane z nim ograniczenia.

Wskazówki podane w nowym wydaniu normy powinny znacznie ułatwić wyznaczenie tego wskaźnika dzięki wprowadzeniu bardziej rozbudowanych informacji i powiązaniu ich z innymi normami dotyczącymi ergonomicznej jakości środowiska termicznego.

Należy podkreślić, że sposób wyznaczenia wskaźnika WBGT jedynie nieznacznie zmienił się przez 60 lat jego stosowania, mimo istnienia przytoczonych niedokładności z nim związanych i dlatego przez niektórych autorów jest uważany wręcz za przestarzały. Stąd wynikają różne nowe propozycje dotyczące sposobu jego wyznaczenia, związane m.in. z korzystaniem z innych wzorów czy też wykorzystaniem danych meteorologicznych. Część autorów wskazuje z kolei na możliwość korzystania z innych wskaźników, które – ich zdaniem – precyzyjniej określają obciążenie cieplne człowieka ekspozowanego na gorące środowisko. Wskaźnik WBGT ma jednakże ciągle wielu zwolenników, o czym świadczy m.in. przygotowywana nowelizacja normy ISO 7243.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Parsons K. *Human Thermal Environments. The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*. Third Edition, CRC Press 2014
- [2] D'Ambrosio Alfano F.R., Malchaire J., Palella B.I., Riccio G. *WBGT Index Revisited After 60 years of Use*. "Ann. Occup. Hyg." 2014, Vol. 58, No 8:955-970
- [3] PN-EN ISO 27243:2005. Środowiska gorące. Wyznaczenie obciążenia termicznego działające na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT
- [4] Sudoł-Szopińska I., Sobolewski A., Chojnacka A. *Ocena obciążenia termicznego pracowników za pomocą wskaźnika WBGT – aspekty praktyczne*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2006, 421,10:16-20
- [5] D'Ambrosio Alfano F.R., Palella B.I., Riccio G. *Thermal environment assessment reliability using temperature-humidity indices*. "Ind. Health" 2011,49:95-106
- [6] PN ISO 7726:2001 – Ergonomia środowiska termicznego. Przyrządy i metody pomiaru wielkości fizycznych
- [7] Budd G.M. *Wet-bulb globe temperature (WBGT) – its history and its limitation*. "J. Sci. Sci. Med. Sport" 2008, 11:20-32
- [8] Lemke B., Kjellstrom T. *Calculating Workplace WBGT from Meteorological Data: A Tool for Climate Change Assessment*. "Ind. Health" 2012,50:267-278
- [9] Hardcastle S., Butler K. 2008. *A comparison of globe, wet and dry temperature and humidity measuring devices available for heat stress assessment*. 12<sup>th</sup> US/North American Mine Ventilation Symposium. Wallace Ed 2008
- [10] ISO DIS 7243:2015. Ergonomics of the thermal environment – Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index

*Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2014-2016 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.*

<sup>6</sup> Ergonomia środowiska termicznego to termin stosowany w normalizacji.