

dr BARTOSZ PIECHOWICZ
mgr KINGA STAWARCZYK
mgr MICHAŁ STAWARCZYK

Uniwersytet Rzeszowski, Zakład Ekotoksykologii,
Pozawydziałowy Zamiejscowy Instytut Biotechnologii Stosowanej i Nauk Podstawowych
mgr IWONA PIECHOWICZ

Urząd Gminy Niwiska, Dział Ochrony Środowiska
Kontakt: bpiechow@univ.rzeszow.pl

Temperatura jako istotny składnik środowiska pracy – wybrane aspekty

Fot. Tom Wang/Bigstockphoto



Fakt, że człowiek należy do organizmów stałocieplnych nie oznacza, że temperatura w miejscu przebywania nie wpływa na funkcjonowanie ludzkiego organizmu. Jest to ważne zwłaszcza w miejscu pracy, gdyż nieodpowiednie warunki termiczne mogą wpłynąć nie tylko na jej efektywność, ale również na bezpieczeństwo, a zwłaszcza na liczbę i następstwa wypadków przy pracy.

Słowa kluczowe: praca, temperatura, komfort termiczny, stres termiczny, wydajność, toksyczność

Temperature as an important factor in the work environment - selected aspects

The fact that humans belong to warm-blooded organisms does not mean that the temperature in the place of their stay has no impact on the functioning of human body. This is important in particular at the working site, where inappropriate thermal conditions may impact not only the effectiveness of work but also its safety and, in particular, the number and consequences of accidents at work.

Key words: work, temperature, thermal comfort, thermal stress, performance, toxicity

Wstęp

W świecie istot żywych istnieją dwie modelowe strategie gospodarki cieplnej w środowisku o zmiennych warunkach termicznych. Większość organizmów to tzw. poikilotermy (organizmy zmiennocieplne lub zimnokrwiste), które radzą sobie z problemami braku wystarczającej ilości endogennego ciepła głównie metodami behawioralnymi, tolerując bez szkody dla zdrowia znaczne wahania temperatury wnętrza ciała, dość ściśle skorelowanej z warunkami termicznymi panującymi na zewnątrz organizmu. Człowieka zalicza się do grupy homeotermów (organizmów stałocieplnych lub ciepłokrwistych), co oznacza, że za pomocą kosztownej energetycznie produkcji ciepła endogennego utrzymuje on względnie stałą, bo wahającą się w stosunkowo wąskich granicach ($\pm 1^\circ\text{C}$) temperaturę wnętrza ciała.

Zachodzące w historii naszego gatunku zmiany ewolucyjne, kulturowe i cywilizacyjne

skutkujące stosowaniem odzieży doprowadziły do tego, że ludzie, bardziej niż inne gatunki stałocieplne, są wrażliwi na niewielkie nawet zmiany temperatury otoczenia [1]. Zjawisko to staje się szczególnie istotne w obszarach życia, w których zarówno środowisko termiczne, jak i sposób ubierania się są odgórnie narzucone, jak np. miejsca pracy. W niniejszym artykule zaprezentowano wybrane aktualne uwarunkowania prawne dotyczące warunków termicznych w środowisku pracy i przedstawiono przegląd piśmiennictwa przedmiotu dotyczącego wpływu zmiany temperatury na jej efektywność, zdrowie i bezpieczeństwo pracy pracowników.

Temperatura w miejscu pracy a ustawodawstwo polskie

Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy jednoznacznie określa zakresy temperatur

minimalnych, które powinny być zapewnione w miejscach pracy (18°C w pomieszczeniach biurowych i 14°C w większości pozostałych), jednak na wielu stanowiskach pracy istnieją warunki uniemożliwiające spełnienie tych wymagań, co często jest związane z uwarunkowaniami procesów technologicznych.

Z kolei, zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów z 24 sierpnia 2004 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac: „pracownicy młodociani, kobiety w ciąży i matki karmiące piersią, to grupy objęte szczególną ochroną prawną przed działaniem wysokich i niskich temperatur środowiska w miejscu pracy. Młodocianym zabroniona jest praca w pomieszczeniach, w których górna temperatura przekracza 30°C , a dolna 14°C , przy wilgotności względnej powietrza (RH) nie przekraczającej 65%”. Inne rozporządzenie Rady Ministrów, w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom, mówi zaś, że: „kobiety w ciąży, lub karmiące piersią, nie mogą

pracować w warunkach, w których wartość wskaźnika PMV¹ (ang. *Predictive Mean Vote*) jest większa niż 1,5. Ponadto zabroniona jest im praca w środowisku, w którym występują nagłe zmiany temperatury powietrza przekraczające 15 °C².

W świetle obecnie obowiązujących przepisów w miejscu pracy pozostałym pracownikom należy zapewnić jedynie „temperaturę odpowiednią do rodzaju wykonywanej pracy”. Podstawą oceny ryzyka w mikroklimacie gorącym jest PN-EN 27243:2005 *Środowiska gorące. Wyznaczenie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT*² (ang. *Wet Bulb Globe Temperature*) [2]. Przestrzeżenie tej normy ma na celu umożliwienie utrzymania temperatury wnętrza ciała większości pracowników poniżej 38 °C. Założenia normy dotyczą pracowników, którzy wykonują swoje obowiązki w odzieży o izolacyjności termicznej równej 0,6 clo³. Akt prawny opiera się na wynikach badań wykonanych na reprezentatywnej populacji młodych, sprawnych fizycznie mężczyzn.

Norma ta jednakże nie uwzględnia wpływu wieku i stanu zdrowia, jak również wielu innych czynników fizjologicznych, do których należą: intensywność utraty wody przez organizm czy funkcjonalność układu krążenia krwi i innych układów mogących istotnie wpływać na komfort cieplny pracownika. Dodatkowo, założenia PN-EN 27243:2005 nie uwzględniają krótkotrwałych, trwających mniej niż 20 min okresów obciążenia gorącym środowiskiem [3]. Do określania oceny jakości pracy w mikroklimacie o znacznie podwyższonych parametrach termicznych i działających przez krótki czas, stosuje się często PN-N-08020:1994 i PN-EN ISO 7933:2005, nie uwzględniają one jednakże wielu składowych PN-EN 27243:2005.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, badania te przeprowadza się na stanowisku pracy w okresie 30 dni od zarejestrowania działalności, a pomiary wykonuje się z różną częstotliwością w zależności od właściwości czynnika szkodliwego i wyników ostatnich pomiarów. W cytowanym rozporządzeniu nie uwzględniono sezonowości i innych czynników wpływających na intensywność wykonywanych prac, co w pewnych sytuacjach może być przyczyną zaistnienia

odchylenia od faktycznych warunków panujących na stanowisku pracy.

Wpływ temperatury w miejscu pracy na efektywność pracy i komfort termiczny pracowników

Temperatura powietrza w miejscu pracy może wpływać na jej efektywność. Jak wynika z badań przeprowadzonych w Finlandii przez Seppänen i wsp. [4], wydajność pracowników biurowych (określana przez wykonywanie prostych obliczeń, redagowanie tekstów, kalkulacje, długość czasu obsługi klienta etc.), wraz ze wzrostem temperatury otoczenia z 22 °C do 30 °C (zmiany środowiska z umiarkowanego na gorące), obniżyła się o ok. 10%. Niemela i wsp. (Finlandia) [5] oraz Witterseh i wsp. (Dania) [6] również wykazali spadek efektywności w pracy umysłowej osób w środowisku powyżej 25 °C. Odmienne wyniki uzyskali Lan i wsp. [7], którzy wskazują, że osoby umieszczone w środowisku o temperaturze 32 °C wykonywały powierzone im zadania istotnie szybciej niż w 19 °C.

Nadmienić jednak należy, że łącznie z obserwowanym przez badaczy przyspieszeniem prac spadała dokładność ich wykonywania. Można przypuszczać, że to przyspieszenie tempa wykonywania zadań jest związane z intensywniejszą pracą mózgu w wyższych temperaturach otoczenia, co sugerują Hocking i wsp. [8]. Istnieją również badania sugerujące, że wpływ temperatury otoczenia na efektywność pracy zależy także od rodzaju aktualnie wykonywanego zadania. Ich autorzy założyli, że za różne formy aktywności odpowiadają odmienne struktury mózgu, których efektywność pracy może zmieniać się w zależności od lokalnej temperatury tkanki mózgowej [7]. Nie tylko temperatura układu nerwowego, ale również temperatura mięśni odgrywa istotną rolę w utrzymaniu efektywności pracy. W tym przypadku wyższe temperatury panujące w miejscu pracy mogą działać korzystnie na uzyskiwane wyniki, co przejawia się zwiększoną sprawnością manualną pracowników w cieplejszym środowisku [9] i wzrostem siły ich mięśni [10].

Wyon i Wargocki [11] twierdzą, że efektywność pracowników wykonujących określone zadania wzrasta wraz ze stopniem aklimatyzacji do warunków środowiska, w którym przebywają. Według badań Chen i Chang [12] pracownicy biurowi z Singapuru, miasta, w którym temperatura zewnętrzna powietrza zmienia się w ciągu roku od 23 do 34 °C, odczuwają komfort termiczny w pomieszczeniach o temperaturze 27 °C, a nie jak można byłoby przypuszczać w miejscach chłodniejszych. Jeszcze wyższe preferencje termiczne zadeklarowali pracownicy fabryk z tropikalnej Sri Lanki, dla których optymalna temperatura w miejscu



Wysoka temperatura obniża skuteczność pracy w biurze
High temperature reduces the work efficiency in the office

pracy wynosiła 30 °C w środowisku bez wentylacji i aż 34 °C w środowisku z wymuszonym przepływem powietrza z prędkością 0,6 m/s [13]. Wartości te znacząco odbiegają od lepiej akceptowalnej temperatury środowiska pracy w społeczeństwach skandynawskich [9, 10, 11]. Za to w badaniach przeprowadzonych przez Raczkowskiego i wsp. wśród studentów Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej w 2009 r. największa akceptowalność temperatury (komfort termiczny) wahała się w przedziale od 19,2 do 21,3 °C, a już przy temperaturze 25 °C akceptowalność temperatury uległa znacznemu zmniejszeniu [14].

Wpływ zmian temperatury na stanowisku pracy a zagrożenia zdrowotne dla pracowników

Temperatura panująca w miejscu pracy może wpływać na stan zdrowia, a nawet na życie ludzi. Gosling i wsp. [15] wykazali, że naturalna wysoka temperatura powietrza występująca w sezonie letnim w latach 2000-2007 była istotną przyczyną wielu zgonów, zwłaszcza pośród osób chorych, starszych i dzieci (np. w lipcu i sierpniu 2003 r. we Włoszech przyczyniła się do śmierci 20089 osób). Tak drastyczne skutki działania temperatury otoczenia w zakresie tolerancji fizjologicznej człowieka są jednak rzadkością, aczkolwiek faktem jest, że już zmiany w zakresie kilku stopni w miejscu pracy mogą modyfikować siłę toksycznego działania wielu ksenobiotyków⁴ [16,17].

Teoria Jacobusa van't Hoffa i Swante Augusta Arrheniusa wykazuje, że wzrost temperatury ciała o 10 °C 2-3-krotnie przyspiesza tempo przemian fizjologicznych w organizmach żywych [1]. Zgodnie z tym założeniem wraz ze wzrostem temperatury otoczenia można spodziewać się szybszego rozmnażania drobnoustrojów, w tym również organizmów chorobotwórczych, a w efekcie wzrostu

⁴ Substancja chemiczna, która nie jest naturalnym składnikiem organizmu.

¹ PMV – przewidywana średnia ocena odczuwania komfortu cieplnego; wskaźnik opisujący wrażenia cieplne człowieka oparty na 7-stopniowej skali ocen subiektywnych od gorąca (+3) do zimna (-3).

² WBGT – wskaźnik służący do oceny średniego wpływu oddziaływania gorącego środowiska na człowieka w okresie reprezentatywnym dla jego pracy.

³ clo – współczynnik izolacyjności termicznej odzieży 1 clo = 0.155 m²K/W.



Odpowiednia temperatura pozwala na przestrzeganie przepisów BHP w miejscu pracy

Proper temperature in the workplace allows for compliance with the health and safety rules

ilości przypadków zatrucí mikrobiologicznych w cieplejszych miesiącach roku. Potwierdzają to wieloletnie badania występowania chorób zakaźnych i zatrucí w Polsce prowadzone przez Zakład Epidemiologii Państwowego Zakładu Higieny^{5, 6, 7}. Wykazano także, że na działanie patogenów, nawet w potencjalnie świeżej żywności, w znacznym stopniu narażeni są pracownicy firm ją produkujących i dystrybuujących. To błędy w produkcji i przechowywaniu jedzenia jeszcze przed dostarczeniem go do konsumenta są bowiem główną przyczyną jego dekompozycji [18].

Już kilkustopniowy wzrost temperatury w miejscu pracy jest niebezpieczny dla osób o skłonnościach do alergii, narażonych podczas wykonywania swoich obowiązków na kontakt z alergizującymi czynnikami biologicznymi. Roztocza, grzyby, czy owady powszechnie spotykane w bibliotekach, archiwach i magazynach wraz z podwyższaniem temperatury otoczenia przyspieszają swój wzrost, rozwój i procesy generatywne. Skutkuje to zwiększoną koncentracją w powietrzu potencjalnych alergenów – odchodów, fragmentów oskórków chitynowych i zarodników [19]. Prowadzi to również do nasilenia strat materialnych powodowanych przez szkodliwe organizmy [20]. Jednocześnie podwyższona temperatura przyspieszająca rozwój szkodliwych dla człowieka bezkręgowców i mikroorganizmów, w przypadku wirusów działa niejednokrotnie ochronnie dla człowieka. Badania na rotawirusach wykazały, że wraz ze wzrostem temperatury inkubacji szybciej ulegały one inaktywacji, przy czym zjawisko to zachodziło niezależnie od wilgotności otoczenia [21].

Osoby przyjmujące leki przechowywane w nieodpowiedniej temperaturze, jak np. często spotykane w zakładowych i samochodowych

apteczkach leki przeciwbólowe i przeciwzapalne, narażone są na zatrucie ich metabolitami. Badania nad szybkością dekompozycji farmaceutyków wskazują, że rozkładają się one szybciej w wyższych temperaturach, a temperatura panująca podczas przemiany może determinować budowę i aktywność fizjologiczną powstałych podczas rozkładu metabolitów [22]. Dlatego też tak bardzo istotne jest zwracanie uwagi na prawidłowy sposób przechowywania leków, nawet tych względnie bezpiecznych. W żadnym wypadku nie powinno się ich nosić przy sobie (szczególnie w miejscach, gdzie procesy technologiczne nie pozwalają na utrzymanie optymalnej temperatury, jak np. w hucie) czy zostawiać w miejscach nasłonecznionych (np. eksponowanym na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego w samochodzie). Przy rozmieszczeniu apteczek w miejscach pracy powinno się więc uwzględniać nie tylko ich dostępność, ale również ekspozycję na wahania temperatury w miejscu ich zlokalizowania.

Z punktu widzenia biofizyki istnieją cztery podstawowe sposoby wymiany ciepła organizmu człowieka z otoczeniem – przewodzenie, promieniowanie, konwekcja i parowanie potu [23]. Wszystkie te procesy zależne są od temperatury miejsca pracy, przy czym tylko parowanie pozwala oddawać ciepło z ośrodka chłodniejszego do cieplejszego⁸, często w ilości nawet 500 W/m² [24]. Wytwarzanie potu i jego parowanie u człowieka wywoływane jest zarówno czynnikami zewnętrznymi (m.in. wyższa od optymalnej temperatura otoczenia w miejscu pracy), jak i wewnętrznymi (m.in. duży wysiłek fizyczny generujący znaczne ilości energii cieplnej). Z poceniem się i parowaniem wiąże się sporo zagrożeń związanych z zatruciami drogą kontaktową. Jest to szczególnie istotne w przypadku osób narażonych na działanie ciekłych i stałych substancji toksycznych.

Zmiana warunków termicznych w miejscu pracy prowadzi często (aczkolwiek w zależności od charakteru wykonywanej pracy) nie tylko do tego, że pracownicy pozbywają się części odzieży roboczej [obserwacje własne], ale również zwiększa się u nich wilgotność skóry, a krew obwodowa krąży szybciej [25]. Może to przyczyniać się do zwiększenia skórnegó przenikania substancji toksycznej przez skórę. Kontakt wilgotnej skóry z substancją toksyczną rozpuszczalną w wodzie może wywołać znacznie groźniejsze skutki zdrowotne niż wystąpiłyby, gdyby skóra była sucha – substancja toksyczna nie tylko lepiej przylgnie do ciała, rozpuści się w wodzie zawartej w pocie, ale znacznie skuteczniej wchłonie się do organizmu i zostanie po nim rozprowadzona [26]. Badania wskazują, że wraz



Wysoka temperatura nasila oddechową i kontaktową penetrację substancji toksycznych

High temperature increases respiratory and contact penetration of toxic substances

ze wzrostem temperatury powietrza wzrasta ilość przyswajanego przez skórę parationu (insektycyd z grupy związków fosfoorganicznych) [27]. Według Funckera i wsp. [28] wzrost temperatury otoczenia z 14 °C do 21 °C powoduje zwiększenie przyswajania tego preparatu o 25%.

Ciekawą zależność zaobserwowali Wester i wsp. [29]. Wykazali, że tlenek etylenu bez stosowania lateksowych rękawic ochronnych przenikał przez skórę rąk w dawce 1,3%, natomiast w przypadku ich zastosowania przez spoconą skórę rąk do ustroju przedostawało się średnio 46% dawki, która znalazła się w rękawicy. Pot to przede wszystkim woda, a także wiele mikroelementów, kationów, anionów oraz innych składników niezbędnych do życia. Z intensywnym parowaniem potu z powierzchni ciała związane jest przyspieszenie utraty pierwiastków niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania organizmów. Prowadzono badania wskazujące, że trwająca 30 minut, powtarzana dwukrotnie w ciągu doby przez 7 dni, ekspozycja na warunki panujące w saunie, spowodowała obniżenie o 10% w surowicy krwi zawartości miedzi i o blisko 29% cynku [30]. W przypadku utraty ok. 700 – 800 ml wody (ok. 1% masy ciała) następuje utrata 70-80 ml osocza, co stanowi około 2% jego objętości we krwi [26].

W warunkach zmieniającej się temperatury powietrza wzrasta zapotrzebowanie na tlen, a w związku z tym również nasila się intensywność i głębokość oddechów. Fizjologicznie mechanizm ten ma na celu zwiększenie wydajności chłodzenia mózgu, który jest najbardziej wrażliwy na zmiany temperatury [31]. Zjawisko to może stanowić zagrożenie w przypadku, gdy w środowisku pracy człowieka (laboratoria analityczne, chłodnie, pralnie chemiczne, młyny, fermy drobiu etc.) znajdują się substancje w fazie gazowej, charakteryzujące się dużą toksycznością przy narażeniu inhalacyjnym (opary rozpuszczalników organicznych, amoniak, chlor etc.). Będące skutkiem zwią-

⁵ http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2011/Ch_2011.pdf

⁶ http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2010/Ch_2010.pdf

⁷ http://www.pzh.gov.pl/oldpage/epimeld/2009/Ch_2009.pdf

⁸ Rozpraszanie ciepła na drodze parowania potu polega na pobieraniu ciepła przez wodę parującą z powierzchni ciała, przy czym zjawisko to zachodzi tym wydajniej, im mniejsza jest wilgotność powietrza. Na skutek parowania potu temperatura ciała może być utrzymywana na poziomie niższym od temperatury otoczenia [33, 34].

szczenia intensywności i głębokości oddechów przyspieszenie przepływu strumienia gazów przez górne drogi oddechowe utrudnia też wychwyty zanieczyszczeń stałych przez orzęsiony nabłonek oddechowy (np. w pracy w kopalni, magazynach zbóż). Stanowi to duże niebezpieczeństwo w przypadku frakcji respirabilnej⁹ substancji drażniących mechanicznie, takich jak np. azbest, włókno szklane, wolna krzemionka krystaliczna, fragmenty oskórków i naskórków zwierząt, czy włókno roślinne, zdolnych do indukcji nowotworów dróg oddechowych, ale także będących alergenami wziewnymi [32].

Zarówno niekomfortowa temperatura powietrza w miejscu pracy, jak i czynniki mogące zaburzać jej odczuwanie, czy też przebieg procesów ciepłotwórczych w organizmie, mogą wtórnie przyczynić się do zaburzeń w funkcjonowaniu ludzkiego organizmu, ponieważ zmiany temperatury otoczenia są drugim, po zmianach oświetlenia, elementem determinującym rytm dobowy [1]. Gilbert i wsp. [33] podają, że nawet niewielkie (na poziomie 2-5 °C) modyfikacje temperatury otoczenia znacząco zmieniają amplitudę biologicznych rytmów dobowych, z zaburzeniami których wiąże się wiele schorzeń i chorób [34]. Wydaje się więc, że zachowanie względnie stałych, cyklicznych, i prawidłowo przebiegających w rytmie dobowym zmian temperatury powietrza w miejscach, gdzie jest to możliwe ze względów technologicznych może mieć pozytywny wpływ na utrzymanie przez pracowników optymalnej sprawności psychofizycznej w trakcie wykonywania obowiązków wynikających ze stosunku pracy.

Podsumowanie

Temperatura w miejscu pracy jest jedną z podstawowych wielkości fizycznych decydujących o zdrowiu, komforcie pracy, jak i efektywności jej wykonywania. Niestety, ze względu na procesy technologiczne występujące w wielu miejscach pracy, nie na każdym stanowisku jest możliwa regulacja temperatury w sposób najkorzystniejszy dla pracownika. W większości sytuacji, np. prac fizycznych, to pracowników przygotowuje się do warunków środowiska termicznego w taki sposób, aby w jak największym stopniu zmniejszyć negatywne oddziaływanie warunków otoczenia. Jak wynika z przytoczonych przykładów, temperatura w miejscu pracy może modyfikować szereg reakcji, zachowań etc., których często pracownik nawet nie jest świadomy (poza odczuwaniem komfortu termicznego). Jest to szczególnie ważne na stanowiskach pracy, na których występują czynniki chemiczne fizyczne i biologiczne mogące wchodzić

w interakcje z ludzkim organizmem. Pracodawca, jeżeli jest to tylko możliwe, powinien zadbać o to, by zapewnić optymalne warunki termiczne w miejscu pracy nie tylko po to, aby przestrzegać zasad bhp, ale także ze względów na korzyści płynące z ich poszanowania, do których należą m.in. podniesienie wydajności pracy, zdolności logicznego rozumowania, szybkiego myślenia oraz bezbłędne wykonywanie powierzonych zadań

PIŚMIENNICTWO

- [1] Poczołko P. *Ciepło a życie. Zarys termofizjologii zwierząt*. PWN, Warszawa 1990
- [2] Srinavin K., Mohamed S. *Thermal environment and construction workers' productivity: some evidence from Thailand*. "Building and Environment" 2003, 38: 339-345
- [3] Sudot-Szopińska I., Sobolewski A., Chojnacka A. *Ocena obciążenia termicznego pracowników za pomocą wskaźnika WBGT – aspekty praktyczne*. „Bezpieczeństwo Pracy” 2006, 10: 16-20
- [4] Seppänen O., Fisk W.J., Lei Q.H. *Effect of temperature on task performance in office environment*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Helsinki Laboratory of Technology, Helsinki 2006
- [5] Niemela R., Hannula M., Rautio S., Reijula K., Railio J. *The effect of indoor air temperature on labour productivity in call centres – a case study*. "Energy and Buildings" 2002, 34: 759-764
- [6] Witterseh T., Wyon D.P., Clausen G. *The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work*. "Indoor Air" 2004, 14(7): 30-40
- [7] Lan L., Lian Z., Pan L., Ye Q. *Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature*. "Building and Environment" 2009, 44: 1578-1588
- [8] Hocking C., Silberstein R.B., Lau W.M., Stough C., Roberts W. *Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing*. "Comparative Biochemistry and Physiology" 2001, 128(A): 719-734
- [9] Seppänen O., Fisk W.J., Faulkner D. *Control of temperature for health and productivity in offices*. "Lawrence Berkeley National Laboratory" 2004, 55448
- [10] Ruiter De C.J., Haan De A. *Temperature effect on the force/velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle*. "European Journal of Physiology" 2000, 440: 163-170
- [11] Wyon D.P., Wargocki P. *Indoor air quality effects on office work*. w: Cleemans-Croome D. *Creating the productive workplace*. wyd. II. Taylor Francis, London 2006
- [12] Chen A., Chang W.W.-C. *Human health and thermal comfort of office workers in Singapore*. "Building and Environment" 2012, 58: 172e178
- [13] Wijewardana S., Jayasinghe M.T.R. *Thermal comfort temperature range for factory workers in warm humid tropical climates*. "Renewable Energy" 2008, 33: 2057-2063
- [14] Raczkowski A., Skwarczyński M., Polednik B. *Ocena komfortu cieplnego w pomieszczeniu dydaktycznym wentylowanym naturalnie*, [w:] *Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej*, tom 3, pod redakcją: M. Dudzińskiej, L. Pawłowskiego, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska, 2009, 60: 199-206
- [15] Gosling S., Lowe J., McGregor G., Pelling M., Malamud B. *Associations between elevated atmospheric temperature and human mortality: a critical review of the literature*. "Climatic Change" 2009, 92(3-4): 299-341
- [16] Nelson P., Hancock J.R., Sawyer T.W. *Therapeutic effects of hypothermia on Lewisite toxicity*. "Toxicology" 2006, 222: 8-16
- [17] Sawyer T.W., Risk D. *Effect of lowered temperature on the toxicity of sulphur mustard in vitro and in vivo*. "Toxicology" 1999, 134: 27-37
- [18] Bentham G., Langford I.H. *Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales*. "International Journal of Biometeorology" 2001, 45: 22-26
- [19] Woodcock A., Custovic A. *Allergen avoidance: does it work?* "British Medical Bulletin" 2000, 6(4): 1071-1086
- [20] Cofie- Agblor R., Muir W.E., Sinha R.N. *Comparative heat of respiration of five grain beetles in stored wheat*. "Postharvest Biology and Technology" 1995, 5: 167-175
- [21] Moe K., Shirley J.A. *The effects of relative humidity and temperature on the survival of human rotavirus in faeces*. "Archives of Virology" 1982, 72: 179-186
- [22] Welberry T.R., Chan E.J., Goossens D.J., Heerdegen A.P. *Diffuse scattering as an aid to the understanding of polymorphism in pharmaceuticals*. "Metallurgical and Materials Transactions A" 2011, 43(A): 1434-1444
- [23] Kądziela W. *Rozkład temperatury wewnątrz i na powierzchni ciała jako wskaźnik dynamiki procesów termoregulacyjnych*. Wydawnictwo UMK. Toruń 1979
- [24] Wheeler P.E. *The influence of the heat loss of functional body hair on the water budgets of early hominoids*. "Journal of Human Evolution" 1992, 23: 379-388
- [25] Caputa M. *Dlaczego skóra twarzy zdradza nasze emocje? Termoregulacja mózgu*. "Kosmos" 1993, 42: 247-163
- [26] Gordon C.J. *Temperature and toxicology. An integrative, comparative and environmental approach*. CRC Press. Boca Raton. Florida 2005
- [27] Chang S.K., Riviere J.E. *Percutaneous absorption of parathion in vitro in porcine skin. Effects of dose, temperature, humidity and perfusate composition on absorptive flux*. "Fundamental and Applied Toxicology" 1991, 17: 494-504
- [28] Funckes H.J., Hayes G.R., Hartwell W.V. *Urinary excretion of parantropenol by volunteers following dermal exposure to parathion at different ambient temperatures*. "Journal of Agricultural and Food Chemistry" 1963, 11: 455-457
- [29] Wester R.C., Hartway T., Serranzana S., Maibach H. I. *Human skin in vitro percutaneous absorption of gaseous ethylene oxide from fabric*. "Food and Chemical Toxicology" 1997, 35: 513-515
- [30] Uhari M., Pakarinen A., Hietala J., Nurmi T., Kouvalainen K. *Serum iron, zinc, ferritin, and ceruloplasmin after intense heat exposure*. "European Journal of Applied Physiology" 1983, 51: 331-335
- [31] Cabanac M., Caputa M. *Open loop increase in trunk temperature produced by face cooling in working humans*. "Journal of Physiology" 1979, 289: 163-174
- [32] Kozak W. *Gorączka jako proces homeostatyczny towarzyszący infekcji*. "Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej" 1992, 46(1): 67-91
- [33] Gilbert S.S., Heuvel van den C.J., Ferguson S.A., Dawson D. *Thermoregulation as a sleep signalling system*. "Sleep Medicine Reviews" 2004, 8: 81-93
- [34] Pati A.K., Chandrawanshi A., Reinberg A. *Shift work: consequences and management*. "Current Science" 2001, 81(1): 32-52



Wysoka temperatura nasila agresję międzyludzką
High temperature enhances interpersonal aggression

⁹Frakcja respirabilna – frakcja aerozolu wnika do dróg oddechowych, która stwarza zagrożenie dla zdrowia po zdeponowaniu w obszarze wymiany gazowej.