

dr inż. ANNA BOGDAN
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Ocena obciążenia termicznego podczas pracy na wybranych stanowiskach w piekarni

W artykule omówiono szczegółowo metodykę prowadzenia oceny obciążenia termicznego pracownika ekspozowanego na środowisko gorące. Procedurę oceny zobrazowano praktycznym przykładem badań na wybranych stanowiskach pracy w piekarni.

Assessment of thermal stress during work at selected workstations in a bakery

This paper presents a detailed method of assessing thermal stress of a worker exposed to a hot environment. The assessment procedure is illustrated with a practical example of measurements at selected workstations in a bakery.



Fot. Piekarnia GS Raabka

Wstęp

Praca w piekarniach charakteryzuje się bardzo wieloma zagrożeniami – chemicznymi i biologicznymi, a także obciążeniami układu mięśniowo-szkieletowego na stanowiskach pracy. Jednym z takich zagrożeń jest mikroklimat gorący (o temperaturze powietrza nawet powyżej 50 °C) wraz z wysoką wilgotnością powietrza (powyżej 70%) [1].

Zawód piekarza, oprócz stałej pracy w wysokiej temperaturze, wymaga również czasowego przebywania w pobliżu otwartych źródeł ciepła o znacznej mocy (piece piekarnicze), wysokiej aktywności fizycznej (często nocą lub w innych nieregularnych godzinach pracy), pracy w odzieży ochronnej zabezpieczającej przed przedostawaniem się drobnoustrojów do pożywienia oraz nagłej zmiany środowiska termicznego podczas transportu gotowego wyrobu do magazynu.

Szczególnie uciążliwa pod względem fizycznym jest praca w małych i niezmechanizowanych piekarniach o wydajności 3-9 ton pieczywa na 16 godzin pracy. Jednocześnie stosowany w piekarniach proces technologiczny wymaga pracy w szybkim tempie i skupieniu, natomiast zmiana warunków środowiska cieplnego pracy w połączeniu z nadmiernym wysiłkiem może prowadzić do pogorszenia koncentracji oraz zaburzeń koordynacji ruchowej.

W artykule przedstawiono metodę oceny obciążenia termicznego podczas pracy wykonywanej w niewielkiej piekarni **na stanowiskach ciastowego i operatora pieca**. Ze względu na trudności oceny obciążenia termicznego wynikające ze zmiany środowiska cieplnego, w którym przebywa pracownik, aspekt ten został w artykule omówiony szczegółowo.

Podstawy prawne oceny ryzyka

Podstawą oceny ryzyka występującego w mikroklimacie gorącym jest rozporządzenie ministra pracy i polityki społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833), z którego wynika m.in., że:

- kryterium zaklasyfikowania środowiska termicznego do obszaru mikroklimatu gorącego stanowi wartość wskaźnika PMV (przewidywana ocena średnia, patrz [2]) w zakresie powyżej +2,0
- obciążenie termiczne w mikroklimacie gorącym określa się za pomocą wskaźnika WBGT (*wet bulb*

globe temperature), wyrażonego w stopniach Celsjusza (°C)*.

– wartości WBGT nie mogą przekraczać w ciągu 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy wartości dopuszczalnych podanych w tabeli 1. i w normie [3].

W rozporządzeniu odwołano się do norm [4-6]. Jak wynika z przytoczonych zapisów, podstawą oceny ryzyka w mikroklimacie gorącym jest wskaźnik WBGT i PN-EN 27243:2005 [3].

Charakterystyka ocenianych stanowisk pracy

W celu sprawdzenia obciążenia termicznego pracowników piekarni, naukowcy z CIOP-PIB przeprowadzili badania mikroklimatu w najczęściej występującym rodzaju piekarni – niewielkim zakładzie rodzinnym zatrudniającym 6 pracowników.

Pomiary obciążenia termicznego przeprowadzono na następujących stanowiskach pracy:

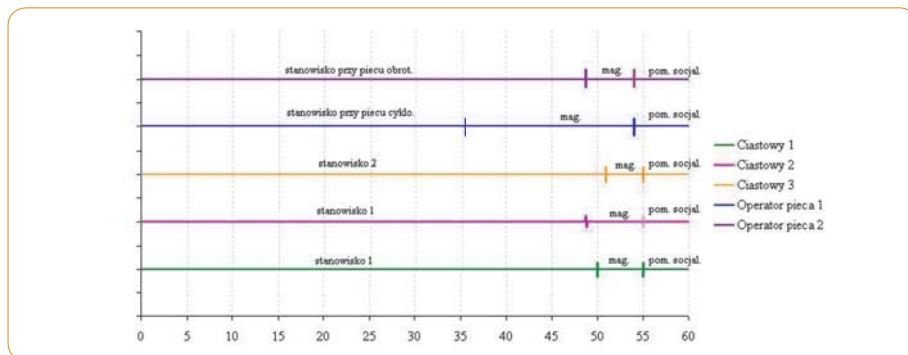
- ciastowy (dalej określany jako ciastowy 1.) i 2 pomocników (ciastowy 2. i 3.)
- operator pieca cyklotermicznego (operator pieca 1.)

* WBGT (*wet bulb globe temperature*) wskaźnik służący do oceny średniego wpływu oddziaływania ciepła na człowieka w okresie reprezentatywnym dla jego pracy, z pominięciem obciążeń termicznych bliskich strefom komfortu termicznego i występujących w ciągu krótkich (kilkuminutowych) okresów. Nazwa wskaźnika WBGT pochodzi od nazw mierników wykorzystywanych do jego określania: czujnika do pomiaru temperatury w stanie wilgotnym (*wet bulb*) oraz czujnika do pomiaru temperatury poczernionej kuli (*globe temperature*).

Tabela 1

WARTOŚCI DOPUSZCZALNE WBGT [3]
 WBGT permissible values [3]

Klasa tempa metabolizmu	Tempo metabolizmu		Wartości dopuszczalne WBGT			
	odniesienie do jednostki powierzchni skóry, W / m ²	całkowite (przy średniej powierzchni skóry 1,8 m ² ·W)	osoba zaaklimatyzowana w środowisku gorącym (°C)		osoba niezaaklimatyzowana w środowisku gorącym (°C)	
0 (spoczynek)	M ≤ 65	M ≤ 117	33		32	
1 (praca lekka)	65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	30		29	
2 (praca średniociężka)	130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	28		26	
3 (praca ciężka)	200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 468	nieodczuwalny ruch powietrza 25	odczuwalny ruch powietrza 26	nieodczuwalny ruch powietrza 22	odczuwalny ruch powietrza 23
4 (praca bardzo ciężka)	M > 260	M > 468	23	25	18	20



Rys. 1. Chronometraż przebywania poszczególnych pracowników na każdym stanowisku pracy
Fig. 1. Timing of exposure of individual workers at each workstation

– operator pieca obrotowego (operator pieca 2.).
Ocenią piekarnia składa się z 5 pomieszczeń: ciastowni, magazynu, pomieszczenia socjalnego, pomieszczenia z piecem obrotowym i pomieszczenia z piecem cyklotermicznym.

Do zadań ciastowego oraz jego pomocników należy: przenoszenie składników z magazynu do ciastowni, przygotowywanie ciasta, umieszczanie go w odpowiednich formach, obsługa maszyn oraz nadzór nad rozrostem ciasta.

Do zadań operatora pieca należy obsługa pieca, wkładanie ciasta do pieców, nadzór nad procesem pieczenia, wyjmowanie pieczywa, pakowanie do kontenerów oraz transport do magazynu.

Praca realizowana jest głównie w systemie 2-zmianowym, w okresach zwiększonej produkcji wprowadzana jest 3. zmiana.

We wszystkich pomieszczeniach występuje wentylacja naturalna, tak więc parametry mikroklimatu w pomieszczeniach wynikają z warunków panujących na zewnątrz pomieszczeń oraz realizowanej technologii produkcji pieczywa.

Ocena obciążenia termicznego pracowników zatrudnionych w piekarniach

Prawidłowo przeprowadzona ocena obciążenia termicznego pracownika zatrudnionego w środowisku gorącym powinna składać się z następujących etapów:

- ogólnej oceny warunków termicznych pomieszczenia, na podstawie analizy warunków termicznych pracy i stopnia ciężkości pracy na danym stanowisku oraz wywiadu z pracownikiem służby bhp i pracownikami
- pomiaru parametrów mikroklimatu środowiska
- określenia, ewentualnie pomiaru metabolicznej produkcji ciepła (wydatku energetycznego)
- określenia, ewentualnie pomiaru izolacji cieplnej odzieży ochronnej
- obliczenia wskaźnika WBGT
- porównania wskaźnika WBGT z wartościami odniesienia (dopuszczalnymi) WBGT
- przedstawienia wyniku przeprowadzonej oceny obciążenia termicznego na danym stanowisku pracy z ewentualnymi wskazówkami odnośnie do koniecznych modyfikacji zmniejszających stres termiczny.

Szczegółowo metoda oceny obciążenia termicznego w środowisku gorącym została przedstawiona

w publikacji I. Sudof-Szopińskiej, A. Sobolewskiego i A. Chojnackiej [7]. W przypadku oceny obciążenia termicznego w niewielkich piekarniach najistotniejszym problemem jest uwzględnienie zmian oddziaływania środowiska cieplnego podczas przemieszczania się pracownika.

MIKROKLIMAT PRZY PIECU CYKLOTERMICZNYM The environment in front of a cyclothermal roast

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	26,35	39,87	1,37	29,07	31,61	0,27	26,48	28,37
Odchylenie standard.	0,46	3,32	0,09	1,79	3,11	0,07	1,04	1,41

Oznaczenia: t_a – temperatura powietrza w °C; RH – wilgotność względna w %; P_a – ciśnienie cząstkowe pary wodnej w kPa; t_g – temperatura poczerwionej kuli w °C; t_r – temperatura promieniowania w °C; V – prędkość powietrza w m/s; t_{mw} – temperatura termometru wilgotnego w °C, t_o – temperatura operatywna w °C

Tabela 3

MIKROKLIMAT PRZY PIECU OBROTOWYM The environment in front of a rotary roast

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	26,29	40,59	1,39	32,61	37,54	0,19	27,34	30,83
Odchylenie standard.	0,62	2,14	0,06	0,96	1,35	0,05	0,51	0,79

(oznaczenia jak pod tab. 2.)

Tabela 4

MIKROKLIMAT W CIASTOWNI – STANOWISKO 1. The environment in a cake room – station 1.

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	27,04	42,66	1,53	29,31	30,80	0,13	23,54	28,64
Odchylenie standard.	0,20	1,73	0,06	1,40	2,43	0,06	0,64	0,98

(oznaczenia jak pod tab. 2.)

Tabela 5

MIKROKLIMAT W CIASTOWNI – STANOWISKO 2. The environment in a cake room – station 2.

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	26,58	42,52	1,49	29,25	30,80	0,16	22,86	28,35
Odchylenie standard.	0,19	1,70	0,04	1,28	2,40	0,12	0,87	0,74

(oznaczenia jak pod tab. 2.)

Tabela 6

MIKROKLIMAT W MAGAZYNIE The environment in a storage room

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	24,23	48,24	1,47	26,08	28,56	0,42	20,49	25,74
Odchylenie standard.	1,16	1,83	0,15	1,26	1,50	0,16	1,32	1,17

(oznaczenia jak pod tab. 2.)

Tabela 7

MIKROKLIMAT W POMIESZCZENIU SOCJALNYM The environment in a staff room

Parametr	t_a	RH	P_a	t_g	t_r	V	t_{mw}	t_o
Wartość średnia	22,38	46,37	1,43	26,01	28,56	0,10	20,21	23,57
Odchylenie standard.	0,95	0,54	0,04	0,82	1,50	0,09	1,18	1,85

(oznaczenia jak pod tab. 2.)

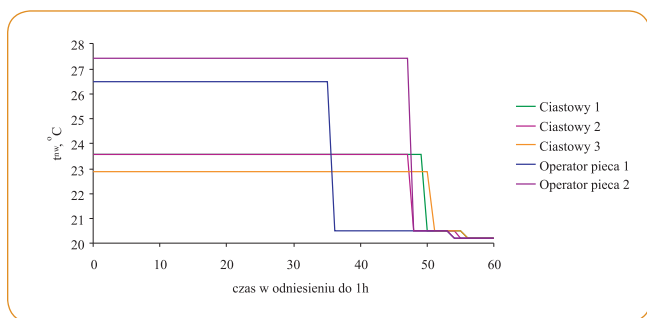
Ocenę obciążenia termicznego pracowników rozpoczęto od sprawdzenia chronometrażu pracy na każdym stanowisku, a w szczególności od określenia czasu przebywania pracownika w każdym pomieszczeniu. Chronometraż przedstawia wykres (rys. 1.).

Następnie przeprowadzono pomiary mikroklimatu, w każdym z wymienionych pomieszczeń, z wykorzystaniem miernika MM-01. W tabelach 2-7 podano zmierzone wartości poszczególnych parametrów powietrza. Do obliczenia wartości wskaźnika WBGT stosowane są: temperatura termometru wilgotnego (t_{mw}) oraz temperatura poczerwionej kuli (t_g), jednakże dobra praktyka wymaga również kontroli innych parametrów powietrza wpływających na ocenę obciążenia termicznego pracownika.

W tabelach przedstawiono opisy miejsca pomiaru, ponieważ pracownicy przemieszczali się pomiędzy pomieszczeniami, co zostało pokazane na rys. 1.

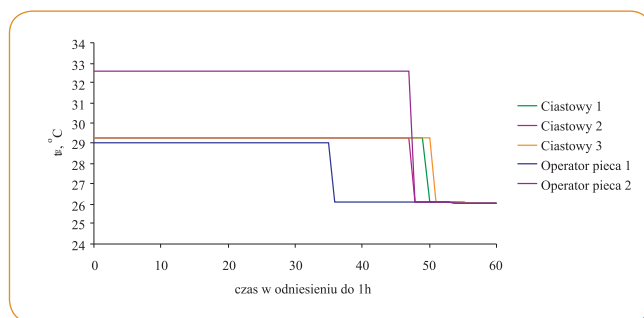
Na podstawie przedstawionych wyników pomiaru mikroklimatu oraz chronometrażu pracy poszczególnych pracowników obliczono wartości średnie następujących parametrów powietrza

Tabela 2



Rys. 2. Uśrednione wartości temperatury termometru wilgotnego na poszczególnych stanowiskach w ocenianej piekarni

Fig. 2. Mean wet bulb temperature at individual workstations in the bakery in question



Rys. 3. Uśrednione wartości temperatury poczerwionej kuli na poszczególnych stanowiskach w ocenianej piekarni

Fig. 3. Mean globe temperature at individual workstations in the bakery in question

(rys. 2. i 3.): temperatury termometru wilgotnego oraz temperatury poczerwionej kuli.

Na podstawie obliczonych wartości średnich poszczególnych parametrów, obliczono wartości średnie WBGT na stanowiskach pracy (tab. 8.).

Tabela 8

WARTOŚCI WSKAŹNIKA WBGT DLA POSZCZEGÓLNYCH STANOWISK W OCENIANEJ PIEKARNI

Values of the WBGT index for individual workstations in the bakery in question

Stanowisko	WBGT, °C
Ciastowy 1.	24,7
Ciastowy 2.	24,6
Ciastowy 3.	24,4
Operator pieca 1.	25,2
Operator pieca 2.	27,5

Wartość wskaźnika WBGT w badanej piekarni wyniosła 28 °C. Na żadnym z badanych stanowisk nie doszło do przekroczenia wartości dopuszczalnej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 27243:2005 [3].

Metody obniżenia obciążenia cieplnego

W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych WBGT zmniejszenie obciążenia termicznego pracownika ekspozowanego na środowisko gorące może być prowadzone, zgodnie z zasadami określania wskaźnika WBGT, przez:

- zmianę parametrów środowiska cieplnego w pomieszczeniach pracy
- zmianę czasu w cyklach praca-odpoczynek
- aklimatyzację pracownika.

Zmiana parametrów środowiska cieplnego w pomieszczeniach pracy, jeżeli temperatura powietrza nie będzie zakłócała wyrobu pieczywa i innych wypieków, może być realizowana przez:

- stosowanie procesów produkcyjnych, maszyn i urządzeń nieemitujących lub emitujących małe ilości ciepła oraz automatyzację procesów technologicznych
- izolowanie pieców (oddzielne pomieszczenia lub lokalizacja ich na zewnątrz budynku), chłodzenie i ekranowanie (ekrany wodne, z materiałów izolacyjnych lub chłodzących, z płyt aluminiowych lub metalowych z folią aluminiową, ze szkła absorpcyjnego, ekranowanie z wymiennikami ciepła, w tym chłodzenie wewnętrzne ekranu powietrzem lub wodą); wskazane jest zastosowanie miejscowej wentylacji nawiewnej lub klimatyzacji, zainstalowana nie podwieszonych i wentylowanych stropów

– eliminację nieszczelności lub instalację elementów lokalnego wyciągu pary.

W obiektach, gdzie duże powierzchnie ścian zajmują przegrody przezroczyste (okna), zalecane jest stosowanie podwójnie lub potrójnie szklonych okien wypełnionych gazem szlachetnym (najczęściej argonem) w celu zmniejszenia współczynnika ciepła.

Odpooczynkiem może być zmiana czasu ekspozycji pracownika na środowisko ciepłe, zmiana czasu poszczególnych okresów w cyklu praca-odpoczynek, lub też praca wykonywana ze znacznie mniejszą intensywnością niż na podstawowym stanowisku pracy, np. wg schematów proponowanych w PN-EN 27243:2005, przedstawiających procentowo czas pracy i odpoczynku w czasie zmiany roboczej: 25/75, 50/50 lub 75/25.

Aklimatyzacja jest procesem adaptacji organizmu do stałego bądź powtarzającego się oddziaływania gorąca, wywołującym korzystne zmiany fizjologiczne poszerzające granice tolerancji środowiska termicznego [7]. Przejawem aklimatyzacji jest zmniejszenie skórny przepływu krwi oraz uruchamianie reakcji pocenia w niższej temperaturze otoczenia w porównaniu z osobami niezaaklimatyzowanymi, a także zmiana składu potu przejawiająca się oszczędzaniem jonów sodu [8]. U osób zaaklimatyzowanych obserwuje się również mniejsze o 0,5-0,8 °C przyrosty temperatury wewnętrznej oraz mniejszy o 10-15% wzrost częstości skurczów serca niż u osób niezaaklimatyzowanych [9], tj. takich, które nie były codziennie ekspozowane na działanie gorąca w ciągu tygodnia poprzedzającego pracę.

Dlatego tak istotne jest przeprowadzanie aklimatyzacji do gorąca osób zatrudnionych w mikroklimacie gorącym po ich dłuższej nieobecności, według następujących schematów [10]:

- w 1. dniu pracy czas przebywania w środowisku gorącym nie powinien przekraczać 50% zmiany roboczej, w następnych dniach ulega wydłużeniu o 10%, do dnia 6., w którym pracę w mikroklimacie gorącym można kontynuować w czasie całej zmiany roboczej
- w 1. i 2. dniu pracy w mikroklimacie gorącym wynosi 35% zmiany roboczej, w 3. i 4. – 50%, w 5. i 6. dniu – 65%, od 7. dnia czas zostaje wydłużony do całej zmiany roboczej.

Podsumowanie

W badanej piekarni nie zaobserwowano przekroczenia dopuszczalnych wartości WBGT. Jak można zaobserwować na podstawie pracy ciastowego

1. i 2., przebywających w tym samym środowisku cieplnym, jednak w różnym czasie, prawidłowo obliczony czas ekspozycji pracownika na środowisko ciepłe wpływa na wartości wskaźnika WBGT. W przypadku przekroczenia wartości wskaźnika WBGT najlepszym rozwiązaniem jest odpoczynek pracownika.

Jak zaobserwowano, w piekarni występowały wysokie wartości temperatury poczerwionej kuli (t_g), które dochodziły do 32 °C. Parametr ten wpływa na wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem poprzez promieniowanie, tak więc wysoka jego wartość oznacza bardzo utrudnione oddawanie ciepła do środowiska, co oznacza, iż praca w pobliżu źródła wysokiego promieniowania może być odczuwana przez pracownika jako szczególnie uciążliwa, pomimo iż wartość wskaźnika WBGT będzie poniżej wartości dopuszczalnej [3]. W przypadku wystąpienia wątpliwości odnośnie do prawidłowej ochrony pracownika, dokładne obliczenie wielkości jego obciążenia termicznego należy przeprowadzić zgodnie ze szczegółowymi metodami przedstawionymi w normie [11].

PIŚMIENNICTWO

[1] *Bezpieczeństwo i higiena pracy w piekarniach*. CIOP, Warszawa 1998

[2] I. Sudoł-Szopińska, A. Chojnacka *Określanie warunków komfortu termicznego za pomocą wskaźników PMV i PPD*. „Bezpieczeństwo Pracy” 5(428)2007, s. 19-23

[3] PN-EN 27243:2005 *Środowiska gorące. Wyznaczanie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT*

[4] PN-EN ISO 7726:2002 *Ergonomia środowiska termicznego. Przyrządy do pomiaru wielkości fizycznych (oryg.)*

[5] PN-EN ISO 8996:2005 *Ergonomia środowiska termicznego. Określanie tempa metabolizmu (oryg.)*

[6] PN-EN ISO 13731:2002 *Ergonomia środowiska termicznego. Słownictwo i symbole (oryg.)*

[7] I. Sudoł-Szopińska, A. Sobolewski, A. Chojnacka *Ocena obciążenia termicznego pracowników za pomocą wskaźnika WBGT – aspekty praktyczne*. „Bezpieczeństwo Pracy” 10(421)2006, s. 16-20

[8] H. Kociuba-Uściłko *Termoregulacja, w: Fiziologia człowieka z elementami fizjologii klinicznej i stosowanej*, red. W. Z. Traczyk, A. Trzebski. PZWL, Warszawa 2004

[9] B. Gwóźdź *Człowiek w środowisku wielkoprzemysłowym i elementy ergonomii, w: Fiziologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*, red: W. Traczyk, A. Trzebisz. PZWL, Warszawa 2004

[10] K. Sołtyński, A. Marszałek *Obciążenie termiczne, w: Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny*, red. W. M. Zawieska. CIOP-PIB, Warszawa 2007, s. 293-306

[11] PN-EN ISO 7933:2005 *Ergonomia środowiska termicznego. Analityczne wyznaczenie i interpretacja stresu cieplnego z wykorzystaniem obliczeń przewidywanego obciążenia termicznego (oryg.)*