

*mł. bryg. dr inż. Anna Prędecka*

*mgr inż. Magdalena Węgrzyn*

*mgr inż. Emil Sulak*

*mł. kpt. mgr inż. Michał Sowa*

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

## **Badanie stężenia pyłu ogólnego na stanowisku pracy piekarza – studium przypadku**

### **Streszczenie**

Celem badań było poznanie warunków pracy w zakładzie produkcyjnym – piekarni. Zmierzono stężenie pyłu całkowitego oraz parametry mikroklimatu takie, jak: temperatura i wilgotność. Pomiary wykonywano co dwie godziny w ciągu zmiany roboczej, w przypadku zapylenia każdy pomiar stężenia był powtarzany. Na podstawie uzyskanych wartości zapylenia, temperatury i wilgotności przeprowadzono analizę zmieniających się warunków w ciągu zmiany roboczej oraz porównano otrzymane wyniki z normatywami higienicznymi obowiązującymi w polskim ustawodawstwie prawnym.

**Słowa kluczowe:** piekarnia, zapylenie ogólne, temperatura, wilgotność

## **Study on the Concentration of Total Dust on the Baker's Stand – Case Study**

### **Abstract**

The purpose of the research was to investigate working conditions in the plant – bakery. The study consisted of measuring the concentration of total dust and microclimate parameters such as temperature and humidity. The measurements were taken every two hours during the shift. In case of the dust concentration, the measurements were repeated twice. The results of dust concentration, temperature and humidity were compared with the values of hygienic standards in force in the Polish law.

**Keywords:** bakery, concentration of total dust, temperature, humidity

## WPROWADZENIE

Pyły zaliczane są do czynników szkodliwych i uciążliwych, występujących w środowisku pracy. Długotrwała ekspozycja ludzi w takich warunkach może wpływać na pogorszenie ich sprawności fizycznej i psychicznej, a w końcu może doprowadzić do chorób, takich jak: mechaniczne uszkodzenie błon śluzowych lub skóry, alergię, pylice płuc, a nawet choroby nowotworowe.

Pyłem nazywamy zbiór cząsteczek stałych, które wyrzucane do powietrza atmosferycznego pozostają w nim przez pewien czas. Najczęściej są to cząstki o wymiarach poniżej 300  $\mu\text{m}$  [1]. Biorąc pod uwagę rozmiary cząstek, można wyróżnić m.in. pył całkowity oraz frakcję respirabilną pyłu.

Pył całkowity to frakcja aerozolu wnikająca przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia [2]. Pył całkowity określany jest też jako zbiór wszystkich cząsteczek otoczonych powietrzem w określonej objętości [3].

Frakcja respirabilna to część aerozolu wnikająca do dróg oddechowych, która stwarza zagrożenie dla zdrowia po zdeponowaniu w obszarze wymiany gazowej [2]. Tę część pyłów definiuje się również jako zbiór cząsteczek przechodzących przez selektor wstępny o charakterystyce przepuszczalności wg wymiarów cząstek opisanej logarytmiczno-normalną funkcją prawdopodobieństwa ze średnią wartością średnicy aerodynamicznej  $3,5 \pm 0,3 \mu\text{m}$  i z odchyleniem standardowym  $1,5 \pm 0,1$  [3].

Źródłami pyłów w pomieszczeniach pracy są przede wszystkim procesy technologiczne. Rozkład wymiarowy cząstek emitowanych na stanowiskach pracy zależy od sposobu ich powstawania. Cząstki wytworzone w wyniku rozdrabniania, np. w procesie mielenia, szlifowania, kruszenia ciał stałych, które zostają w tych procesach rozproszone i zawieszony w powietrzu, tworzą najczęściej pył polidispersyjny (zawierający cząstki o różnych wymiarach). Cząstki powstające na drodze zestalenia się par metali lub innych związków, mających w temperaturze pokojowej postać ciała stałego, są fazą rozproszoną regularnych cząstek i tworzą z powietrzem pył monodispersyjny (zawierający cząstki o jednokowych wymiarach). W czasie procesu produkcyjnego w otaczającym powietrzu najczęściej występują cząstki o różnych wymiarach (pył polidispersyjny) [3].

Pyłem przemysłowym nazywamy aerozol, którego fazę rozproszoną stanowią cząstki stałe, których źródłem emisji są procesy produkcyjne. Źródłem pyłów, występujących w środowisku pracy są najczęściej :

- procesy rozdrabniania, mieszania, dozowania, transportowania;
- malowanie natryskowe, metalizacja, ochrona roślin, talkowanie, grafitowanie;
- skrawanie materiałów kruchych, szlifowanie, polerowanie, czyszczenie powierzchni pod powłoki ochronne, spawanie i cięcie, spalanie, obróbka materiałów pyłących;
- zanieczyszczenia atmosferyczne;
- pylenie wtórne tzn. pyły zalegające na powierzchni maszyn, urządzeń i konstrukcji [3].

W piekarniach występują różne czynniki szkodliwe i uciążliwe, a wśród nich pyły. Źródłami pyłu są produkty spożywcze, takie jak mąka i cukier. Pył mączny, którego ilość na stanowisku pracy jest najwyższa, złożony jest z ziaren skrobi i białka zbożowego. W pyłe zbożowo-mącznym dodatkowo stwierdza się obecność składnika mineralnego – wolnej krystalicznej krzemionki [4]. Terminem wolna krystaliczna krzemionka określono wszystkie krystaliczne i skrytokrystaliczne odmiany dwutlenku krzemu, a więc powszechnie występujący w pyłach przemysłowych kwarc, rzadziej spotykany krystobalit i inne sporadycznie znajdowane w pyłach środowiska pracy. Wszystkie krystaliczne krzemionki są ogólnie uznanym czynnikiem pylicotwórczym, a od kilkunastu lat uważa się je także za czynnik rakotwórczy [5]. Pył mączny posiada domieszkę wolnej krystalicznej krzemionki w ilościach śladowych (maksymalnie do 2%). Źródłem tego składnika jest piasek z gleb uprawnych oraz kwas krzemowy zawarty w substancjach organicznych [6].

Długotrwałe narażenie na działanie pyłu w przemyśle zbożowym oraz piekarniczym może być przyczyną zachorowalności na choroby pyłopochodne, takie jak: płuco młynarza, płuco młócającego lub alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych. AZPP jest chorobą zapalną wywoływaną przez wdychanie różnorodnych alergenów środowiskowych. Najczęstszymi czynnikami etiologicznymi alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych są alergeny obecne w zgniłym sianie (zarodniki termofilnych promieniowców). W badaniu histologicznym pojawiają się nacieki oraz zmiany w wyglądzie tkanki śródmiąższowej, oskrzelików i pęcherzyków płucnych. Alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych może przyjąć postać ostrą, podostrą lub przewlekłą. W ostrej postaci choroby objawy pojawiają się po upływie 4–12 godzin od chwili ekspozycji na czynnik sprawczy. Występują wówczas gorączka, dreszcze, duszność, kaszel oraz w badaniu osłuchowym trzeszczenia

nad polami płucnymi. W badaniach laboratoryjnych stwierdza się przemijającą leukocytozę. Poprawa stanu klinicznego następuje w ciągu 24–48 godzin, jeżeli chory nie jest ponownie narażony na kontakt z alergenem. W przewlekłej postaci choroby obserwuje się podstępne narastanie duszności. Towarzyszy temu najczęściej przewlekły kaszel, utrata masy ciała oraz zmniejszona tolerancja do wysiłku. Rozróżnienie postaci ostrej i podostrej alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych często bywa trudne. Uważa się, że ich wystąpienie zależy bardziej od przebiegu ekspozycji na alergen niż od rodzaju alergenu.

Ponadto, drożdże piekarnicze zostały ostatnio zidentyfikowane jako czynnik sprawczy astmy – choroby zawodowej u piekarzy[7].

O tym, jakie skutki niesie ze sobą narażenie pracowników na oddziaływanie pyłu w środowisku pracy, decydują m.in. takie czynniki, jak: biologiczny i mineralny skład pyłu, rozmiary cząstek oraz ilość pyłu, która osadzi się w poszczególnych odcinkach dróg oddechowego.

W celu zapewnienia bezpiecznych i higienicznych warunków pracy należy przeprowadzać badania warunków pracy, tzn. pomiary czynników szkodliwych występujących na stanowiskach pracy w danym zakładzie. Do tej pory, zgodnie z obowiązującym prawem, wykonuje się badanie stężenia pyłu całkowitego i frakcji respirabilnej. Następnie wyniki pomiarów porównuje się z normatywami higienicznymi.

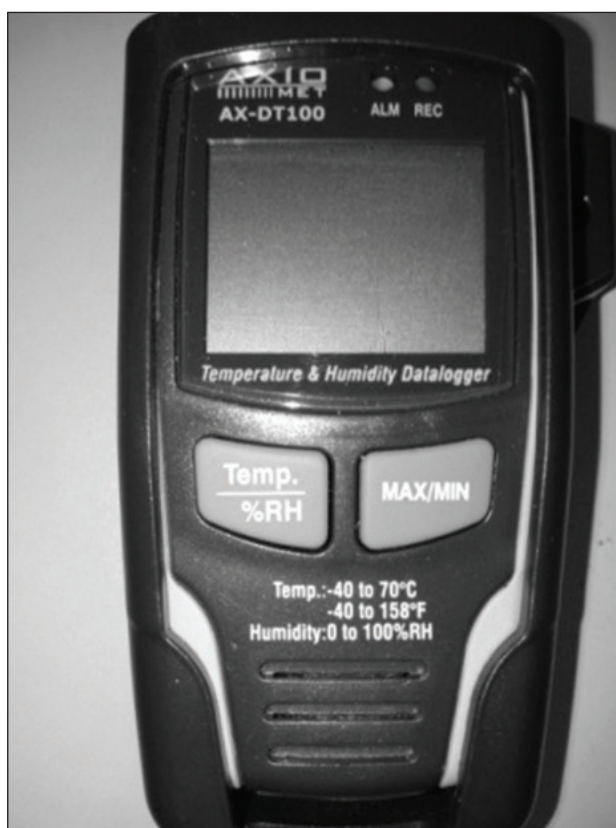
Celem przeprowadzonych badań było zbadanie zapylenia ogólnego oraz takich czynników, jak: temperatura i wilgotność na stanowisku pracy piekarza w wybranym zakładzie produkcyjnym – piekarni oraz porównanie uzyskanych w pomiarach wartości z normatywami higienicznymi obowiązującymi w Polsce.

## 1. METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w małej piekarni w województwie świętokrzyskim. W zakładzie produkcyjnym pracuje czterech piekarzy. Teren piekarni jest niewielki, znajdują się tam: hala produkcyjna, magazyn mąki, magazyn surowców, magazyn wyrobów gotowych oraz pomieszczenie socjalne. Powierzchnia hali produkcyjnej to około 100 m<sup>2</sup>, pomieszczenie to zaopatrzone jest w wentylację grawitacyjną oraz wyciąg mechaniczny umieszczony nad smażalnią pączków. Wyciąg mechaniczny włączany jest tylko w sytuacji

używania smażalni. W zakładzie tym wypieka się pieczywo tradycyjne. Podstawowymi produktami są dwa gatunki chleba w kilku rozmiarach, bułki pszenne i razowe oraz słodkie wypieki drożdżowe.

Badania obejmowały pomiary stężenia pyłu całkowitego, wilgotności oraz temperatury. Wszystkie pomiary wykonywano co dwie godziny w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej. Pomiary zapylenia prowadzone były w hali produkcyjnej w pobliżu stołu, gdzie wykonywana jest większość prac. Pomiary prowadzono na wysokości strefy oddechowej, tj. około 1,5 m. Każdy pomiar zapylenia trwał jedną minutę i był wykonany dwukrotnie. Pomiary stężenia zapylenia ogólnego prowadzone były za pomocą pyłomierza stacjonarnego TSI DustTrak DRX 8533. Pomiary wilgotności i temperatury wykonywano z użyciem rejestratora temperatury i wilgotności AX-DT 100.



**Rys. 1.** Miernik AX-DT 100

Źródło: fot. E. Sulak



**Rys. 2.** Pyłomierz TSI DustTrak DRX 8533

Źródło: <http://www.tsi.com>, dn.10.05.2016

## 2. WYNIKI POMIARÓW

Uzyskane wyniki stężenia pyłu ogólnego zamieszczono w tabeli 1. Przedstawiono w niej wartości stężeń minimalnych, maksymalnych oraz średnich pyłu ogólnego. W tabeli 2 zamieszczono zmierzone wartości temperatury oraz wilgotności.

**Tabela 1.** Wyniki pomiarów stężenia pyłu ogólnego (wartości średnie oraz zakres)

Godzina pomiaru	Numer pomiaru	Stężenie min. pyłu $C_{\min}$ [mg/m <sup>3</sup> ]	Stężenie max. pyłu $C_{\max}$ [mg/m <sup>3</sup> ]	Stężenie średnie pyłu odczytane z pyłomierza [mg/m <sup>3</sup> ]
16.00	I	0,06	0,699	0,128
	II	0,062	0,143	0,079
18.00	I	0,129	0,164	0,18
	II	0,175	0,299	0,218
20.00	I	0,485	0,649	0,539
	II	0,504	0,626	0,560
22.00	I	0,588	0,651	0,608
	II	0,565	0,663	0,6
24.00	I	2,72	3,85	3,08
	II	1,46	2,22	1,77

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 2.** Wyniki pomiarów wilgotności oraz temperatury

Godzina pomiaru	Wilgotność [%]	Temperatura [°C]
16.00	45,5	19,8
18.00	43,4	27,1
20.00	61,8	26
22.00	66	25,9
24.00	96	30,4

Źródło: Opracowanie własne

### 3. ANALIZA NIEPEWNOŚCI

#### 3.1. Analiza niepewności pomiarów średniego stężenia pyłu ogólnego

W przypadku pomiaru wartości średniego zapylenia, wyodrębniono dwie składowe niepewności pomiaru.

Pierwsza z niepewności związana jest ze stosowaniem przyrządu pomiarowego, tzn. pyłomierza TSI DustTrak DRX 8533. Wartości uzyskiwane za pomocą przyrządów pomiarowych zawsze obarczone są pewną niepewnością pomiarową. Producenci przyrządów pomiarowych mają obowiązek gwarantować taką dokładność, aby wyniki pomiarów nie różniły się od rzeczywistych wielkości mierzonych więcej niż o jedną najmniejszą działkę podziałki, zaznaczoną na skali przyrządu. Taki odstęp sąsiadujących kresek przedziałki, wyrażony w odpowiedniej jednostce, nazywamy działką elementarną. Przyrządy cyfrowe mają działkę elementarną równą jednostce dekady wskazującej najmniejszą wartość. Dla używanego pyłomierza zakres pomiaru stężenia pyłu wynosi  $0,001 \div 150 \text{ mg/m}^3$ . Najmniejsza wartość, którą może wskazać pyłomierz, to  $0,001 \text{ mg/m}^3$ , zatem niepewność systematyczna wynosi  $\Delta C_1 = 0,001 \text{ mg/m}^3$ . Przyjęto, że  $\Delta C_1$  równe jest połowie szerokości rozkładu prostokątnego dlatego niepewność standardową obliczono ze wzoru:  $u_{B1}(C_1) = \frac{\Delta C}{\sqrt{3}}$  [8]. Zatem  $u_{B1}(C_1) = \frac{0,001}{\sqrt{3}} \text{ mg/m}^3 = 0,00058 \text{ mg/m}^3$ . Przyjęto, że niepewności ta ma wartość stałą dla każdego pomiaru wartości średniego stężenia zapylenia.

Drugą składową całkowitej niepewności średniego stężenia pyłu jest niepewność przypadkowa, która wywołana jest niestałością warunków zewnętrznych w czasie pomiarów i objawia się statystycznym rozrzutem

wyników. Niedokładności dla poszczególnych pomiarów średniego stężenia zapylenia ( $\Delta C_2$ ) podano w tabeli 3. Obliczono ją dla kolejnych pomiarów z następującego wzoru:  $\Delta C_2 = C_{\max} - C_{\min}$ .

Przyjęto, że  $\Delta C_2$  jest równe połowie szerokości rozkładu prostokątnego, dlatego niepewność standardową obliczamy dla każdego pomiaru ze wzoru:  $u_{B2}(C_2) = \frac{\Delta C}{\sqrt{3}}$ , a całkowitą niepewność standardową obliczamy, korzystając z następującego wzoru:  $u(C) = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2}$  [8].

Wartości niepewności standardowych związanych z pomiarami średniego stężenia zapylenia oraz całkowitej niepewności standardowej dla poszczególnych pomiarów zamieszczono w tabeli 2. Ponieważ wartość niepewności standardowej związanej z niedokładnością pyłomierza jest bardzo mała w porównaniu z niepewnościami standardowymi wynikającymi z rozrzutu wartości stężeń zapylenia, to obliczając całkowitą niepewność standardową, pominięto wartość  $u_{B1}(C)$ .

**Tabela 3.** Wartości niepewności dla pomiarów średniego stężenia zapylenia

Godzina pomiaru	Numer pomiaru	$u_{B1}(C)$ [mg/m <sup>3</sup> ]	$\Delta C$ [mg/m <sup>3</sup> ]	$u_{B2}(C)$ [mg/m <sup>3</sup> ]	$u(C)$ [mg/m <sup>3</sup> ]	Wartość średniego stężenia pyłu wraz z wartością niepewności [mg/m <sup>3</sup> ]
16.00	I	0,00058	0,639	0,36893	0,36	0,13(0,36)
	II	0,00058	0,081	0,04676	0,04	0,08(0,04)
18.00	I	0,00058	0,035	0,02021	0,02	0,18(0,02)
	II	0,00058	0,124	0,07159	0,07	0,22(0,07)
20.00	I	0,00058	0,164	0,09465	0,09	0,54(0,09)
	II	0,00058	0,122	0,06351	0,06	0,56(0,06)
22.00	I	0,00058	0,063	0,03637	0,03	0,61(0,03)
	II	0,00058	0,098	0,05658	0,05	0,60(0,05)
24.00	I	0,00058	1,13	0,65241	0,65	3,08(0,65)
	II	0,00058	0,76	0,43879	0,44	1,77(0,44)

Źródło: Opracowanie własne

Zauważono, że największa całkowita niepewność standardowa jest w przypadku pierwszego badania zapylenia o godz. 16.00 oraz w przypadku dwóch ostatnich pomiarów zapylenia o godz. 24.00. Jest to spowodowane



dużym rozrzutem chwilowych wartości zapylenia ogólnego. Na początku wiązało się to z rozpoczęciem prac, przesiewaniem mąki, przygotowywaniem produkcji w pomieszczeniu, gdzie jeszcze było niewielkie zapylenie, czyli nagle zmiana warunków. Natomiast na końcu zmiany roboczej zmiany zapylenia związane były z dużym, skokowym wzrostem wilgotności oraz z procesem produkcyjnym.

### 3.2. Analiza niepewności pomiarów temperatury

Zidentyfikowano jedną niepewność związaną z pomiarem temperatury. Wynika ona ze stosowania przyrządu pomiarowego. Według instrukcji miernika AX-DT 100, który używany był w powyższych badaniach dokładność w zakresie (-10 do 40°C) wynosi  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Założono, że niepewność tę opisuje poprawnie rozkład prostokątny, otrzymano niepewność standardową pomiaru temperatury:  $u_{Bt} = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ s} = 0,58 \text{ s}$ .

### 3.3. Analiza niepewności pomiarów wilgotności

W przypadku pomiaru wilgotności, również zidentyfikowano jedną niepewność wynikającą z niedokładności aparatury. Odczytano z instrukcji obsługi, że dokładność w zakresie wilgotności (0 do 20 i 80 do 100%) wynosi  $\pm 5,0\%$ . Przyjęto, że niepewność tą opisuje poprawnie rozkład prostokątny.

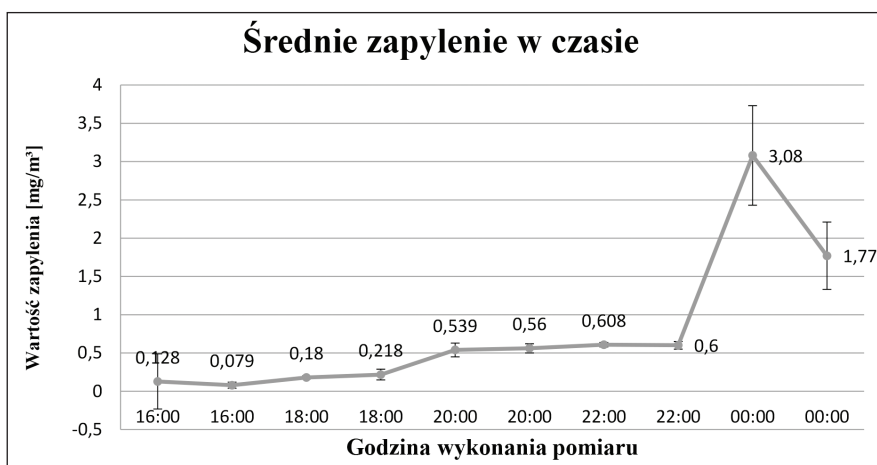
Otrzymano niepewność standardową pomiaru wilgotności:  $u_{Bw} = \frac{\Delta w}{\sqrt{3}} = \frac{5}{\sqrt{3}} \% = 2,9\%$ . W tabeli 4 zamieszczono wartości wilgotności i temperatury wraz z niepewnościami standardowymi.

**Tabela 4.** Wyniki pomiarów wilgotności oraz temperatury wraz z wartościami niepewności

Godzina pomiaru	Wilgotność [%]	Temperatura [°C]
16.00	45,5(2,9)	19,80(0,58)
18.00	43,4(2,9)	27,10(0,58)
20.00	61,8(2,9)	26,00(0,58)
22.00	66,0(2,9)	25,90(0,58)
24.00	96,0(2,9)	30,40(0,58)

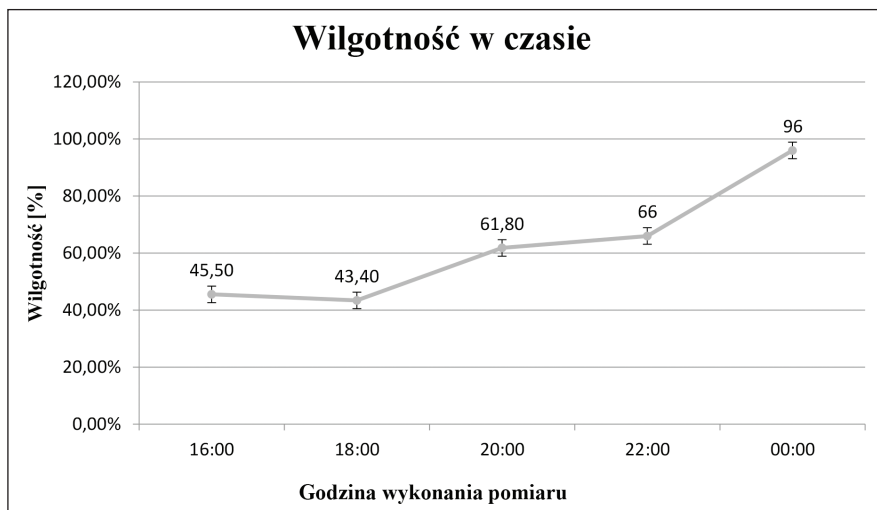
Źródło: Opracowanie własne

Na wykresach (rys. 1-3) przedstawiono zależności zmieniających się warunków: średniego stężenia zapylenia ogólnego, temperatury i wilgotności w czasie zmiany roboczej. Zaznaczono na nich również wartości całkowitych niepewności standardowych dla poszczególnych pomiarów.



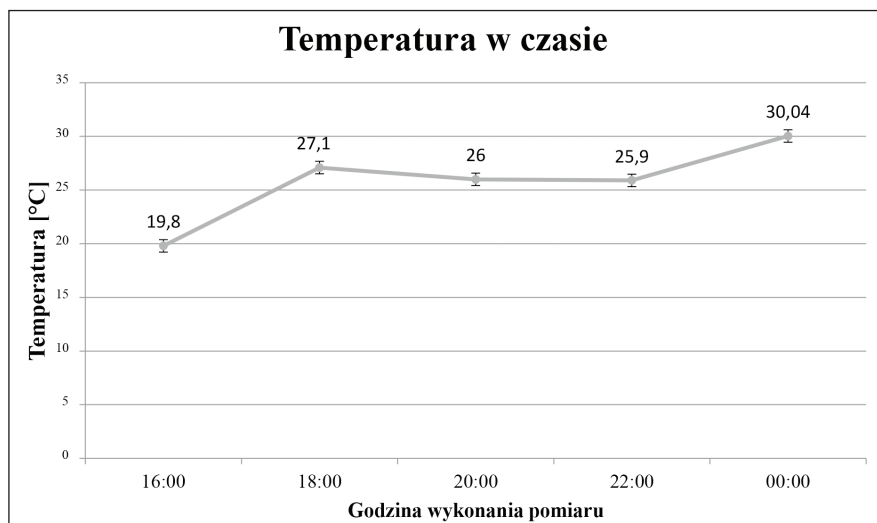
Rys. 1. Średnie zapylenie w czasie (dwa pomiary o tej samej godzinie)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Wilgotność w czasie

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Temperatura w czasie

Źródło: opracowanie własne

Na początku zmiany roboczej średnie stężenie pyłu ogólnego wynosiło  $0,128 \text{ mg/m}^3$  oraz  $0,079 \text{ mg/m}^3$ . Wartości te stopniowo wzrastały i o godzinie 18.00 wynosiły  $0,18 \text{ mg/m}^3$  i  $0,218 \text{ mg/m}^3$ . Pomiar o godzinie 20.00 pokazały wyraźny wzrost zapylenia do wartości  $0,539 \text{ mg/m}^3$  oraz  $0,56 \text{ mg/m}^3$ . W czasie badania o godzinie 22.00 wyniki były wyższe, ale zbliżone do poprzednich, tzn. wynosiły odpowiednio:  $0,608 \text{ mg/m}^3$  i  $0,6 \text{ mg/m}^3$ . Bardzo duży skok poziomu stężenia zapylenia ogólnego wystąpił na koniec zmiany roboczej o północy. Ostatnie dwa pomiary wyniosły odpowiednio:  $3,08 \text{ mg/m}^3$  oraz  $1,77 \text{ mg/m}^3$ .

W procesie wypieku pieczywa można wyróżnić następujące etapy: sporządzanie ciasta, dzielenie i kształtowanie ciasta, rozrost końcowy ciasta oraz wypiek pieczywa. Sporządzanie ciasta polega na tym, że do mieszkarki dozuje się odpowiednie ilości żuru (zakwasu), mąki, drożdży oraz soli. Następnie wszystko miesza się aż do momentu otrzymania gotowego ciasta. Dzielenie i kształtowanie ciasta w naszym przypadku odbywało się ręcznie. Piekarz rękami z całej masy ciasta, znajdującego się w kotle, odrywał kęsy i ważył je. Inni pracownicy ręcznie formowali z tych kęsów pieczywo. W czasie dzielenia i formowania kęsów ciasta używano mąki jako posypki, która zabezpiecza

przywieranie ciasta do stołu oraz innych powierzchni, z którymi styka się ciasto. Następnym etapem produkcji pieczywa jest rozrost końcowy ciasta. Odbywa się bezpośrednio przed wypiekiem pieczywa. Kęsy ciasta układane są w specjalnych koszyczkach lub foremkach, a bułki na blachach wcześniej obsypanych mąką. Pojemniki z ciastem poukładane są na wózkach, które umieszcza się w okolicy pieca. Przed wypiekiem zwilża się ciasto wodą. Po wyrośnięciu ciasta wkłada się je do komór pieca. W czasie produkcji pieczywa wykonywane są również prace pomocnicze, takie jak: przesiewanie mąki, czyszczenie blach i foremek, zamiatanie itd.

Wzrost zapylenia w hali produkcyjnej związany jest z technologią wypieku pieczywa, a także z używanymi surowcami, które są źródłem zapylenia. Duże zapylenie spowodowane jest również charakterem pracy w piekarni, tzn. ciągłym ruchem ludzi i wieloma pracami, które odbywają się jednocześnie.

Temperatura na początku badania, o godz. 16.00, wynosiła 19,8°C, następnie powoli wzrastała, tzn. kolejne pomiary wynosiły odpowiednio: 27,1°C, 26°C, 25,9°C. Ostatnia zmierzona wartość wyraźnie wzrosła i wynosiła 30,4°C.

Stopniowy wzrost temperatury w czasie zmiany roboczej był związany z tym, że w hali produkcyjnej znajdują się piece piekarnicze, które są włączone w trakcie pracy, aby osiągnąć temperaturę wypieku pieczywa, tzn. ok. 220–230 °C. To powoduje wymianę ciepła z otoczeniem na drodze konwekcji, a także wydostawanie się ciepła z komór pieców do hali, szczególnie w czasie wkładania ciasta oraz wyciągania gorącego pieczywa. Niewielki spadek temperatury o godzinie 22.00 mógł być spowodowany otwieraniem drzwi na korytarz w celu wywiezienia już upieczonych chleba do magazynu wyrobów gotowych. Natomiast najwyższa wartość temperatury pod koniec pracy spowodowana była tym, że wyciągano na koniec zmiany dużo pieczywa z pieca, częste otwieranie komór wywołało dostawanie się do hali produkcyjnej dużej ilości ciepła i gorącej pary.

Jeśli chodzi o wilgotność, to pierwsza zmierzona wartość na początku pracy wyniosła 45,5%. O godzinie 18.00 wartość wilgotności była na podobnym poziomie i wynosiła 43,4%. Wyraźny wzrost zauważono już o godzinie 20.00, wtedy to mierzona wielkość miała wartość 61,8%. Kolejny pomiar to: 66%, a wartość pomiaru o godzinie 24.00 jest bardzo wysoka, zdecydowanie wilgotność wzrosła i wyniosła 96%.

Wartość wilgotności rosła w ciągu zmiany roboczej. Wzrost wilgotności związany był z tym, że po załadunku uformowanych i wyrośniętych kęsów

ciasta do pieca została tam doprowadzona para wodna. Jest ona niezbędna w procesie wypieku, ponieważ umożliwia równomierne przyjmowanie ciepła przez ciasto, a także powoduje powstawanie gładkiej i błyszczącej skórki na powierzchni wypieków. Ilość doprowadzonej pary wodnej ma duży wpływ na jakość pieczywa, zależy też od tego, jakie pieczywo jest aktualnie wypiekane. Przy wypieku mniejszych porcji ciasta stosuje się więcej pary, aby zabezpieczyć je przed zbyt gwałtownym pieczeniem i możliwością przypalenia. Po nasyceniu komór pieca parą powinna ona być wypuszczana do przewodu kominowego lub specjalnego szybu wentylacyjnego. Duże ilości pary wydostają się przez nieszczelności oraz w trakcie otwierania pieca do pomieszczenia pracy. W przypadku naszych pomiarów na końcu zmiany roboczej wypiekane były bułki, co wiązało się z uwalnianiem największej ilości pary do pieca, a tym samym do otoczenia. Miało to wpływ na bardzo wysoką wilgotność w trakcie ostatniego pomiaru, która wyniosła 96%. Niewielki spadek wilgotności zauważono jedynie o godzinie 18.00. Mogło to być spowodowane tym, że jeszcze nie rozpoczęto wypieku ciasta i nie używano pary wodnej niezbędnej do tego procesu. Wykonywano w tym czasie prace, takie jak przesiewanie mąki, wyrabianie ciasta i formowanie wypieków. Pozamykano drzwi prowadzące do innych części budynku, które wcześniej były otwarte, a jednocześnie powietrze cały czas było ogrzewane przez włączone piece.

Na podstawie przedstawionych wyników widać, że wartości wszystkich badanych parametrów rosną w ciągu zmiany roboczej. Jest to związane m.in. z procesem technologicznym wypieku pieczywa, czynnościami, które były wykonywane w czasie zmiany, używanymi surowcami oraz rodzajem urządzeń stosowanych w piekarniach.

Należy tu podkreślić korelację między skokowym, wyraźnym wzrostem stężenia zapylenia ogólnego, a skokowym wzrostem wilgotności o godzinie 24.00. Pył jest aerozolem ciała stałego w powietrzu, a para wodna aerozolem wody w powietrzu. Pyłomierz mógł potraktować aerozol wody jak pył, co tłumaczyłoby tak duży, akurat w danym czasie wzrost zapylenia a mianowicie  $3,08 \text{ mg/m}^3$  oraz  $1,75 \text{ mg/m}^3$ .

## PODSUMOWANIE

Uzyskane wartości parametrów środowiska pracy można przeanalizować, odnosząc je do aktów prawnych obowiązujących w Polsce.

W *Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* [2] jest mowa o tym, że najwyższe dopuszczalne stężenie wyznaczone dla innych nietrujących pyłów przemysłowych, w tym zawierających wolną (krystaliczną) krzemionkę poniżej 2%, dla frakcji wdychanej (pył całkowity), wynosi  $10 \text{ mg/m}^3$ . Na tej podstawie możemy sformułować wniosek, że zapylenie ogólne w badanym zakładzie produkcyjnym jest na dopuszczalnym poziomie, ponieważ wszystkie zmierzone wartości zapylenia mieszczą się w wartościach poniżej dopuszczalnej normy. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy* [10] szczegółowo odnosi się do kwestii temperatury minimalnej w pomieszczeniach pracy. Zapisano w nim, że pracodawca ma obowiązek dostosować temperaturę pomieszczenia w zależności od rodzaju wykonywanej pracy, mając na uwadze metody pracy i wysiłek fizyczny niezbędny do jej wykonania, jednak nie niższą niż  $14^\circ\text{C}$ . Chyba że ze względów technologicznych jest to niemożliwe. W przypadku lekkiej pracy fizycznej, na przykład pracy biurowej, rozporządzenie to nakłada na pracodawcę obowiązek zapewnienia temperatury nie niższej niż  $18^\circ\text{C}$ .

W Polsce nie ma określonych wymagań temperaturowych, w stopniach Celsjusza, dla pomieszczeń pracy w odniesieniu do temperatury maksymalnej. W tej kwestii ustawodawca pochylił się jedynie nad pracownikami młodocianymi oraz kobietami w ciąży i w okresie karmienia. Należy tutaj wspomnieć jednak o *Rozporządzeniu Rady Ministrów z 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów* [11]. W tym akcie prawnym jest mowa o tym, że pracodawca ma obowiązek zapewnić napoje pracownikom w warunkach gorącego mikroklimatu, jeżeli wartość wskaźnika obciążenia termicznego WBGT przekracza  $25^\circ\text{C}$ . W celu weryfikacji wpływu mikroklimatu gorącego dokonuje się pomiaru i analizy wskaźnika Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) zgodnie z normą PN-EN 27243:2005 Środowiska gorące – *Wyznaczanie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT*. Wskaźnik WBGT służący do oceny średniego wpływu oddziaływania warunków cieplnych na pracownika w okresie wykonywania czynności roboczych i jest szacowany w przypadku, gdy kryterium oceny środowiska cieplnego wskazuje mikroklimat gorący, tj. gdy poziom komfortu termicznego przekracza akceptowalne wartości wskaźnika PMV  $> +2$  (następuje akumulacja ciepła w organizmie) [9]. Wskaź-

nik ten określa szerzej obciążenie cieplne organizmu, uwzględniając wysoką temperaturę, przepływ oraz wilgotność powietrza, a także rodzaj odzieży ochronnej stosowanej przez pracownika.

Biorąc pod uwagę przytoczone tu akty prawne oraz otrzymane wyniki, możemy wyciągnąć następujące wnioski:

- Zapylenie w badanej piekarni pozostawało na dopuszczalnym poziomie.
- Należy zastosować rozwiązania techniczne, które zmniejszą wydostawanie się pary wodnej z pieca do hali produkcyjnej, ponieważ tak duża wilgotność, jaka pojawiła się na koniec zmiany produkcyjnej nie jest korzystna dla ludzi oraz maszyn i urządzeń znajdujących się w pomieszczeniu pracy.

#### LITERATURA

- [1] Rączkowski B.: BHP w praktyce. ODiDK, Gdańsk 2012.
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU 2014 poz. 817).
- [3] Jankowska E, Więcek E.: Pyły w środowisku pracy. CIOP-PIB, Warszawa 2007.
- [4] Buczaj A.: Poziom zapylenia w wybranych zakładach przemysłu zbożowego w województwie lubelskim. *Inżynieria Rolnicza* 2011, nr 1 (126).
- [5] Maciejewska A.: Wolna krystaliczna krzemionka – możliwości i ograniczenia wykrywania oraz oznaczania w pyłach metodą fourierowskiej spektrometrii w podczerwieni (FT – IR). *Medycyna pracy* 2011, nr 5 (52).
- [6] Mołocznik A. Ocena zapylenia na stanowiskach roboczych związanych z wybranymi procesami produkcji zbożowej. *Rocznik Nauk Rolniczych* 1981, t. C-75-2. s 224-242.
- [7] Prędecka A. Identyfikacja i analiza zagrożeń biologicznych, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2014.
- [8] Gajdek M. Opracowanie wyników pomiarów: Metody oszacowania niepewności pomiarów, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2012.
- [9] PN-EN 27243:2005 Środowiska gorące – Wyznaczanie obciążenia termicznego działającego na człowieka podczas pracy, oparte na wskaźniku WBGT.
- [10] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (DzU 2003 nr 169 poz. 1650).
- [11] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów (DzU 1996 nr 60 poz. 279).