

Ocena narażenia na zapylenie w obiektach przemysłu naftowego

The dust exposure assessment in oil industry facilities

Tadeusz Kwilosz, Janusz Buczek

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

STRESZCZENIE: Zapylenie powietrza na stanowiskach pracy jest zjawiskiem, które może spowodować wiele groźnych chorób u narażonych na ten czynnik pracowników. Szczególnie niebezpieczny jest pył o najmniejszych średnicach ziaren, zaliczany do tzw. frakcji respirabilnych. Pył o tych własnościach dostaje się do pęcherzyków płucnych. Jest praktycznie nieusuwalny i stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia. W ostatnich latach wprowadzono do obowiązującego porządku prawnego wiele norm (PN-EN 482+A1:2016-01, PN-EN 13890:2010, PN-91/Z-04018/02, PN-91/Z-04018/03, PN-91/Z-04018/04) zmieniających metodykę wykonywania pomiarów oraz zwiększających wymogi związane z oszacowaniem niepewności uzyskanych wyników. Nowością w tym zakresie jest stosowanie kompleksowej metody szacowania niepewności pomiarów uwzględniającej nie tylko sam pomiar i kalibrację urządzeń pomiarowych, ale również szereg dodatkowych elementów, takich jak: stabilność przepływu pompy, czas wykonywania pojedynczego pomiaru pobierania próbek i wydajność przepływu powietrza w trakcie pomiaru czy transport i przechowywanie próbek. Okoliczności te były podstawą do podjęcia prac związanych z poszerzeniem metodyki badań w zakresie ich wykonywania, interpretacji wyników oraz statystycznej oceny. Konieczne stało się również opracowanie nowych narzędzi informatycznych (arkuszy kalkulacyjnych) pozwalających na usprawnienie wykonywania obliczeń. Artykuł odnosi się do zagadnienia związanego z zapyleniem powietrza na stanowiskach pracy. Pomiar zapylenia polega na określeniu zawartości w powietrzu pyłu frakcji wdychalnej i/lub respirabilnej oraz krzemionki krystalicznej i obejmuje pobór próbek powietrza, transport i przechowywanie próbek, oznaczenie rodzaju pyłu, wyniki obliczeń zawartości pyłu w powietrzu. W ramach prezentowanych zagadnień wykonano pomiary zapylenia na stanowisku pracy podczas pracy urządzenia wiertniczego. Dokonano oszacowania stopnia szkodliwości pyłów na organizm ludzki, oceny niepewności uzyskanych wyników oraz ryzyka popełnienia błędu zastosowania metody. Opracowano program (arkusz kalkulacyjny) przystosowany do szybkich obliczeń wyników końcowych z odniesieniem do najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłu (NDS) oraz gromadzenia danych z wykonywanych pomiarów.

Słowa kluczowe: zapylenie, środowisko pracy, czynniki szkodliwe.

ABSTRACT: Air pollution at workplaces is a phenomenon that can cause serious diseases in exposed workers. Particularly dangerous is the dust of the smallest particle size, classified as the so-called respirable fractions. Dust with these properties enters the alveoli. It is practically indelible and poses a health hazard. In recent years, many standards have been introduced into the current legal order (PN-EN 482+A1:2016-01, PN-EN 13890: 2010, PN-91/Z-04018/02 PN-91/Z-04018/03, PN-91/Z-04018/04). These standards change the methodology of performing measurements and increase the requirements for estimating an uncertainty of results obtained. A novelty in this field is the use of a comprehensive method for estimating measurement uncertainty, taking into account not only the measurement and calibration of measuring devices, but also a number of additional elements, such as pump flow stability, time taken to perform a single measurement sampling, air flow capacity during measurement, or their transport and storage. These circumstances formed the basis for undertaking works related to the extension of the research methodology in terms of their performance, interpretation of results and statistical evaluation. It also became necessary to develop new IT tools (spreadsheets) to streamline the computational work. The article presents issues related to workplace dust content. Dust measurements consist in determining the inhalable and/or respirable dust and crystalline silica airborne dust content, i.e. the collection of air samples and determining of the dust type, transport and storage of samples, and calculation results for the airborne dust. Dust measurements were performed on the drilling rig during the drilling rig operation. The degree of dust harmfulness to the human body was estimated, and the uncertainty of the obtained results and the risk of making an error in the application of the method was assessed. A program (spreadsheet) adapted to the quick calculations of the final results with reference to the maximum permissible concentrations (MOC) of dust and collection of data from the performed measurements was developed.

Key words: dust, working place environment, harmful factors.

Autor do korespondencji: T. Kwilosz, e-mail: tadeusz.kwilosz@inig.pl

Artykuł nadesłano do Redakcji: 21.09.2021 r. Zatwierdzono do druku: 09.02.2022 r.

Wstęp

„Zapylenie” to ogólnie przyjęta nazwa na określenie zawartości w powietrzu pyłu frakcji wdychalnej i/lub respirabilnej na stanowiskach pracy (Maciejewska et al., 1999; Augustyńska i Pośniak, 2003). Aby określić rodzaj pyłu, należy przeprowadzić stosowny wywiad wśród badanych pracowników i zakwalifikować rodzaj pyłu zgodnie z wykazem substancji chemicznych podanych w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Podczas badań pyłów często należy również wykonać oznaczenie obecności krzemionki krystalicznej (Bhagia, 2009).

Oprócz badania parametrów fizycznych pyłów wykonuje się także dodatkowe badania, np.:

- metali i tlenków – na stanowiskach spawalniczych, ślusarskich itp.;
- tlenków – w kotłowniach, ciepłowniach;
- metali, niemetali lub konkretnych substancji chemicznych w postaci pyłów.

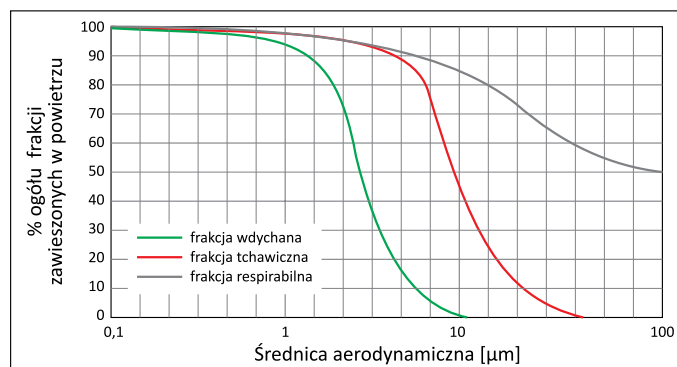
Pył to zbiór cząstek stałych, które wyrzucone w powietrze, utrzymują się w nim przez pewien czas. Najczęściej są to cząstki o wymiarach poniżej 300 μm (rysunek 1). Ich kształt zależy od pochodzenia – inny kształt mają cząstki pochodzenia organicznego, a inny – nieorganicznego (Maciejewska et al., 1997). Z tego też względu pojęcie wymiaru cząstki jako pojędynczego obiektu jest pojęciem umownym. Wielkość cząstek, d_a , może być podawana w pewnych przedziałach jako:

- cząstki bardzo grube ($d_a > 10 \mu\text{m}$);
- cząstki grube ($2,5 \mu\text{m} < d_a \leq 10 \mu\text{m}$);
- cząstki drobne ($0,1 \mu\text{m} < d_a \leq 2,5 \mu\text{m}$);
- cząstki bardzo drobne ($d_a \leq 0,1 \mu\text{m}$).

Dla potrzeb określania wielkości cząstek stosuje się następujące terminy:

- średnica zastępcza ziarna pyłu to średnica kuli o gęstości równej gęstości badanego pyłu, której prędkość opadania w nieruchomym powietrzu jest równa prędkości opadania badanego ziarna pyłu;
- średnica aerodynamiczna cząstki pyłu to średnica kuli o gęstości 1 g/cm^3 i takiej samej prędkości opadania w nieruchomym powietrzu, jak prędkość opadania badanej cząstki;
- średnica projekcyjna to średnica koła, którego powierzchnia jest powierzchnią rzutu cząstki na płaszczyznę obserwacji.

Pył nie jest substancją sypką, lecz układem dwufazowym zwanym aerozolem. Jedną z faz stanowi powietrze (faza gazowa), a drugą – ciało stałe (faza rozproszona). Najbardziej szkodliwa dla zdrowia ludzi jest frakcja respirabilna fazy rozproszonej, która dociera do pęcherzyków płucnych (Maciejewska, 2014). Oznaczenia frakcji respirabilnej dokonuje się za pomocą selektorów cyklonowych, które oddzielają frakcję respirabilną od innych pyłów.



Rysunek 1. Podział pyłu na frakcje

Figure 1. Division of dust into fractions

Według normy EN-481 zdefiniowane są jeszcze dwie frakcje pyłu (rysunek 1):

- frakcja wdychana (przedostaje się przez usta i nos);
- frakcja tchawiczna (pył docierający do oskrzeli).

Źródła pyłów i ich wpływ na organizm człowieka

W otaczającym nas powietrzu unoszą się różne rodzaje cząstek, które powstają w wyniku procesów naturalnych, jak i sztucznych – technologicznych. Można stwierdzić, że pył powstaje w wyniku:

- procesów technologicznych, które wykorzystują pył, jako jeden ze składników;
- transportu materiałów sypkich;
- produkcji i pakowania materiałów pylistych;
- rozdrabniania i kruszenia materiałów;
- spalania paliw;
- prac rolniczych;
- spawania, cięcia i innych procesów obróbki materiałów itp.

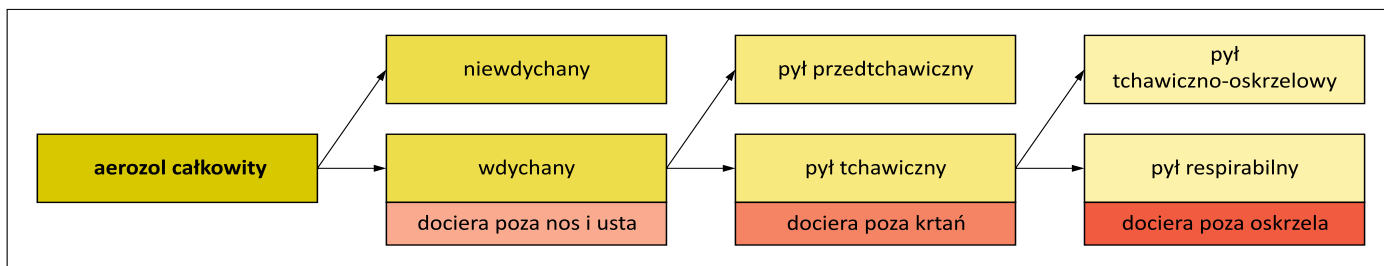
Powyższe zestawienie ma charakter ogólny i nie wyczerpuje wszystkich źródeł generujących pył w skali przemysłowej.

Norma PN-ISO 7708:2001 podaje definicje frakcji pyłu stosowane do oceny zagrożenia zdrowia:

- pył całkowity – wszystkie cząstki zawarte w określonej objętości powietrza;
- pył wdychany – część masy pyłu całkowitego wdychana przez nos i usta.

Charakterystyka pyłu wdychanego:

- pył przedtchawiczny – część masy pyłu wdychanego nie docierająca poza krtań;
- pył tchawiczny – część masy wdychanego pyłu docierająca poza krtań, frakcja płucna;
- pył tchawiczno-oskrzelowy – część masy wdychanego pyłu docierająca poza krtań, lecz nie docierająca do bezrzęskowej części dróg oddechowych;



Rysunek 2. Podział frakcji pyłu według normy PN-ISO 7708:2001

Figure 2. Division of dust fractions according to the PN-ISO 7708:2001 standard

- pył respirabilny – część masy wdychanego pyłu docierająca do pęcherzyków płucnych.

W zależności od działania chorobowego pyłu można podzielić na:

- drażniące – do pyłów o działaniu drażniącym należą pyły pochodzenia organicznego, pyły niektórych tworzyw sztucznych pozbawionych działania toksycznego, pył kredy, węgla, grafitu, manganu, cyny, tlenków żelaza. Pyły te powodują podrażnienie mechaniczne błony śluzowej lub dróg oddechowych;
- uczulające – to przede wszystkim pyły pochodzenia organicznego, jak bawełna, sierść zwierząt, ślina, włosy, wydzieliny owadów, cząstki naskórka, pyłki kwiatów oraz niektóre pyły chemiczne. Pyły te mogą wywoływać astmę oskrzelową (astma piekarzy), alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, alergiczny nieżyt nosa, zapalenie obrzękowe krtani;
- rakotwórcze – do pyłów o działaniu rakotwórczym należą przede wszystkim nieorganiczne pyły o strukturze włóknistej. Pyły te mogą wywoływać raka płuc, raka oskrzeli, międzybłonniaka opłucnej i otrzewnej, nowotwory nosa i zatok. Arsen, azbest, chrom i nikiel, powodują nowotwory płuc, pył z wyprawionych skór – nowotwory pęcherza moczowego, chrom, nikiel, pyły drewna twardego i pyły z wyprawionych skór – nowotwory jamy nosowej i zatok przynosowych;
- zwłókniające (pylicotwórcze) – to pyły zawierające wolną krzemionkę. Powodują pylicę płuc, która jest najczęstszą chorobą wywoływaną działaniem pyłu na organizm. Pylice dzielimy na zwłókniające kolagenowe i niekolagenowe. Pylice zwłókniające kolagenowe charakteryzuje patologiczny rozwój tkanki łącznej (włókien kolagenowych) powodujący trwałe uszkodzenie struktury pęcherzyków płucnych i zmiany bliznowate. W przypadku pylic niekolagenowych, reakcja tkanki jest minimalna i nie prowadzi do uszkodzenia struktury pęcherzyków; reakcja na pył jest odwracalna. Najsilniejsze działanie zwłókniające wykazują pyły krzemionki krystalicznej i pyły azbestu, a w mniejszym stopniu również talk i kaolin.

Zapylenie w środowisku pracy

Pyły są jednym z głównych czynników szkodliwych występujących w środowisku pracy, również w obiektach przemysłu naftowego. Zgodnie z Kodeksem Pracy na wszystkich stanowiskach pracy powinny być prowadzone działania zmierzające do skutecznego ograniczenia lub eliminowania ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na czynniki szkodliwe, w tym również na pyły (Skowroń, 2018).

Podstawę zarówno oceny ryzyka zawodowego, jak i doboru środków ochrony zbiorowej i indywidualnej stanowią takie parametry pyłów jak: stężenie, wymiary i kształt cząstek oraz skład chemiczny i struktura krystaliczna (Dobrzelecka, 2000; Bhagia et al., 2004, 2007; Balawajder i Buczek, 2015). Właściwości pyłów emitowanych do środowiska są ściśle związane z właściwościami substancji, z których powstały. Także właściwości osobnicze pracowników, zarówno genetyczne, jak i nabyte, mogą wpływać na wrażliwość na działanie pyłu. Ostateczny skutek szkodliwego działania pyłów przemysłowych zależy także od charakteru wykonywanej pracy. Ocena szkodliwości czynników związanych z obecnością pyłów w powietrzu polega na wykonaniu pomiarów stężeń pyłów na stanowiskach pracy, określeniu wskaźników ekspozycji na pyły w odniesieniu do całodziennego czasu pracy i porównaniu uzyskanej wartości wskaźników ekspozycji z wartościami najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłów (NDS-ów). Nowością jest wprowadzenie parametru nazywanego najwyższym dopuszczalnym stężeniem (NDS) dla krystalicznej krzemionki. Wyniki oceny narażenia są podstawą oceny ryzyka zawodowego oraz doboru środków ochrony przed zapyleniem. Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) jest to średnie stężenie ważone, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i tygodniowego, określonego w Kodeksie Pracy, wymiaru czasu pracy przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń. Pracodawca, w którego zakładzie pracy występują szkodliwe dla zdrowia pyły, jest zobowiązany do dokonywania okresowych badań i pomiarów stężeń pyłów. Do szacowania ryzyka zawodowego

Badania zapylenia w obiektach przemysłu naftowego

mogą być wykorzystywane różne metody i skale. Podczas szacowania ryzyka zawodowego jako kryterium odniesienia przyjęto wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłów (NDS) (Koradecka i Skowroń, 2020). Dla oznaczonych wartości stężenia pyłów w powietrzu, W , przyjmuje się: $W > \text{NDS}$ – ryzyko duże, $\text{NDS} \geq W > 0,5 \text{ NDS}$ – ryzyko średnie, $W \leq 0,5 \text{ NDS}$ – ryzyko małe. Laboratoria wykonujące pomiary czynników fizycznych, w tym zapylenia na stanowiskach pracy, zazwyczaj stosują zasadę podejmowania decyzji (PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02) opartej na prostej akceptacji (rysunek 3). Polega ona na tym, że jeżeli:

- wynik pomiaru znajduje się poniżej górnej granicy akceptacji wyniku pomiaru (wyznaczonej przez NDS) lub w przedziale tolerancji wyznaczonym przez dolne i górne odchylenie od wyniku pomiaru o wyznaczoną wartość niepewności, U , laboratorium stwierdza zgodność statystyczną uzyskanego wyniku z wyspecyfikowanym wymaganiem;
- wynik pomiaru znajduje się poza ustaloną granicą (powyżej granicy górnej lub poza przedziałem tolerancji) – laboratorium stwierdza niezgodność statystyczną uzyskanego wyniku z wyspecyfikowanym wymaganiem.

Pomiar zapylenia wykonano na stanowisku pracy w strefie roboczej obsługi lejów płuczkowych podczas pracy wiertnicy. Wykonano pomiary stężenia pyłu cementu portlandzkiego w powietrzu dla frakcji wdychalnej, respirabilnej oraz zawartości krzemionki w pyłe frakcji respirabilnej.

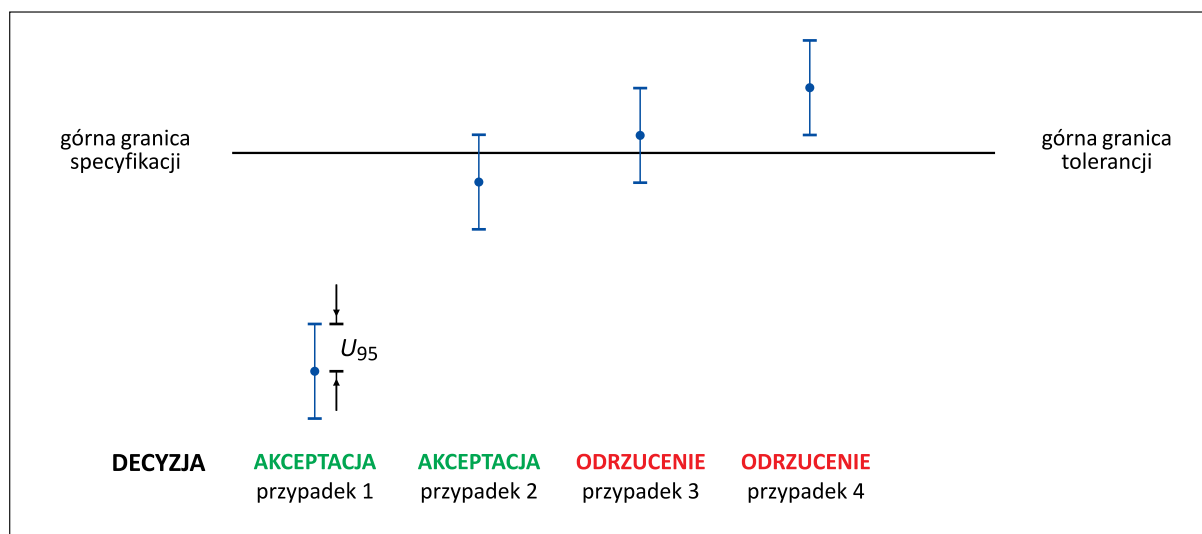
Pył frakcji wdychalnej

Zastosowano dozymetrię indywidualną z użyciem aspiratora firmy Two-Met typ AP-16 Plus według PN-91/Z-04030/05. Przed pobraniem próbek powietrza zważono saszki GF/A- ϕ 25 na wadze o dokładności $\pm 0,01$ mg:

1/KA/20 – 26,04 mg;

2/KA/20 – 26,10 mg.

Za pomocą cyfrowego miernika ustalono natężenie przepływu powietrza, z jakim pobierane będą próbki według PN-91/Z-04030/05. W tym przypadku było to 2,0 l/min. Na stanowisku pracy pobrano próbki powietrza, używając aspiratora indywidualnego AP-16 Plus z odpowiednią głowicą



Rysunek 3. Zasada podejmowania decyzji

Figure 3. Decision making principle

AKCEPTACJA (zgodny) – uzyskane wyniki mieszczą się w granicy danej tolerancji (wyznaczonej przez NDS). Ryzyko błędnej akceptacji wynosi do 50% w przypadku wyników zbliżonych do granicy tolerancji (przypadek 2). W przypadku 1 ryzyko błędnej akceptacji jest mniejsze niż 5%.

ODRZUCENIE (niezgodny) – jeden lub więcej wyników jest poza granicą tolerancji. Ryzyko błędnego odrzucenia wynosi do 50% w przypadku wyników zbliżonych do granicy tolerancji (przypadek 3). W przypadku 4 ryzyko błędnego odrzucenia jest mniejsze niż 5%.

pomiarową (otwartą) według PN-91/Z-04030/05 pkt 7b. Czas poboru próbki zapisano według czasu satelitarnego.

- $t_1 = 240$ min (4 godz.) – czas poboru pierwszej próbki;
- $t_2 = 210$ min (3,5 godz.) – czas poboru drugiej próbki.

Po wykonaniu pomiarów na stanowisku pracy przewieziono saszki z pobranym pyłem do laboratorium i umieszczono na minimum 20 godzin w ekssykatorze.

Zważono saszki z pobranym pyłem:

1/KA/20 – 27,69 mg;

2/KA/20 – 28,20 mg.

Obliczono stężenie pyłu frakcji wdychalnej w badanym powietrzu według wzoru (PN-91/Z-04030/05):

$$X = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000 \quad (1)$$

gdzie:

m_2 – masa sącza po pobraniu próbki powietrza [mg],
 m_1 – masa sącza przed pobraniem próbki powietrza [mg],
 V – objętość próbki powietrza obliczona jako iloczyn objętościowego natężenia przepływu pobieranego powietrza i czasu pobierania [dm^3].

Obliczenia wykonano oddzielnie dla obydwu próbek (stężenie pyłu oznaczono jako C_1 i C_2).

$$C_1 = \frac{27,69 - 26,04}{2,0 \cdot 240} \cdot 1000 = 3,44 \text{ [mg/m}^3] \quad (2)$$

$$C_2 = \frac{28,20 - 26,10}{2,0 \cdot 210} \cdot 1000 = 5,00 \text{ [mg/m}^3] \quad (3)$$

Obliczono stężenie średnie ważone dla zmiany roboczej C_w :

$$C_w = \frac{C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2}{t_1 + t_2} \quad (4)$$

gdzie:

t_1, t_2 – czas pobierania poszczególnych próbek [h].

$$C_w = \frac{3,44 \cdot 4 + 5,00 \cdot 3,5}{4 + 3,5} = 4,17 \quad (5)$$

Określono NDS dla badanego rodzaju pyłu. W tym przypadku dla pyłu cementu portlandzkiego NDS = 6,0 mg/m^3 .

Obliczono krotność, porównując stężenie średnie ważone dla zmiany roboczej C_w z NDS dla danego rodzaju pyłu.

$$\text{krotność} = \frac{C_w}{\text{NDS}} = \frac{4,17}{6,0} = 0,70 \quad (6)$$

Wyniki pomiarów zapylenia przedstawiono w tabeli 1.

Po wykonaniu ważenia sączków z pobranym pyłem frakcji respirabilnej oznaczone i odpowiednio zabezpieczone próbki wysłano do akredytowanego laboratorium w celu określenia zawartości krzemionki.

Obliczono stężenie krzemionki (SiO_2) w pobranym pyłe frakcji respirabilnej według wzoru:

$$C = \frac{\text{masa krzemionki w obydwu próbkach [mg]}}{(Q_1 \cdot t_1) + (Q_2 \cdot t_2)} \quad (7)$$

gdzie:

Q_1, Q_2 – przepływ powietrza [dm^3/min],
 t_1, t_2 – czasy poboru próbek [min].

W przypadku gdy użyto dwóch sączków z pyłem respirabilnym do obliczenia stężenia krzemionki i w jednym oznaczono krzemionkę, a drugi wynik jest poza oznaczalnością, to w drugiej próbce przyjmuje się wartość połowy oznaczalności krzemionki.

$$C = \frac{0,03 + 0,005}{(2,2 \times 240) + (2,2 \times 210)} \cdot 1000 = 0,035 \text{ [mg/m}^3] \quad (8)$$

Krotność dla krystalicznej krzemionki =

$$= \frac{C_w}{\text{NDS}} = \frac{0,035}{0,1} = 0,35 \quad (9)$$

gdzie:

0,1 – NDS krystalicznej krzemionki [mg/m^3] w badanym pyłe.

Z obliczeń wynika, że zawartość krystalicznej krzemionki w pobranym pyłe frakcji respirabilnej na stanowisku płuczkowego nie przewyższa NDS dla danego pyłu.

Przyjęto niepewność dla pobierania próbek przy poziomie ufności U_{95} i współczynnika $k = 2$ dla frakcji wdychalnej i respirabilnej 23%.

Tabela 1. Zapylenie frakcji wdychalnej na stanowisku pracy

Table 1. Dust of the inhalable fraction on the workplace

Pomieszczenie stanowisko/strefa robocza – opis czynności	Frakcja pyłu	Stężenie pyłu [mg/m^3]		NDS [mg/m^3]	Decyzja Ryzyko	Krotność NDS	Niepewność
		oznaczone C	średnia ważona C_w				
stanowisko płuczkowe	wdychalna	3,44 5,00	4,17	6,0	akceptacja 5%	0,70	23,5%

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że frakcja wdychalna na stanowisku płuczkowego nie przewyższa najwyższego dopuszczalnego stężenia dla danego pyłu.

Pył frakcji respirabilnej

Tok postępowania podczas poboru i obliczeń dla pyłu frakcji respirabilnej jest taki sam jak dla pyłu frakcji wdychalnej.

Wnioski

Zapylenie na stanowiskach pracy jest jednym z najbardziej szkodliwych zagrożeń. Z tego względu należy dokładać wszelkich starań, aby ochronę ludzi przed tym czynnikiem czynić bardziej skuteczną. Jednym z elementów służących do poprawy warunków pracy w tym zakresie jest uzyskanie

Tabela 2. Oszacowanie niepewności etapu pobierania próbek. Pyłowe czynniki szkodliwe dla zdrowia pobierane na filtry – frakcja wdychalna i respirabilna

Table 2. Estimate the uncertainty of the sampling step. Dust factors harmful to health collected on filters – inhalable and respirable fraction

Składniki niepewności	Źródło wymagania	Niepewność [%]		Uwagi
		losowa	nielosowa	
<i>Niepewność związana z objętością pobranego powietrza: pomiar strumienia objętości</i>				
Kalibracja przepływomierza	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.2.1.2 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.2.2		0,20 (frakcja wdychalna) 0,21 (frakcja respirabilna)	Wartości niepewności wzięto ze świadectwa wzorcowania: frakcja wdychalna: przepływ 2,0 dm ³ /min, frakcja respirabilna: przepływ 2,2 dm ³ /min. Wartość niepewności podzielono przez współczynnik rozszerzenia i przekształcono na niepewność względną w [%]
Odczyt wskazań przepływomierza	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.2.1.2 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.2.2	0,1		Wartość niepewności wzięto dla przepływomierza pęcherzykowego dla zakresu pomiarowego 0,2– 6 l/min
Korekcja odczytanej wartości przepływu do otaczającego ciśnienia i temperatury	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.2.1.2 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.2.2			Składowa ta jest brana pod uwagę tylko w przypadku, jeśli nie przeliczamy stężenia uzyskanego w warunkach rzeczywistych do stężenia w warunkach odniesienia
<i>Niepewność związana z objętością pobranego powietrza: stabilność przepływu pompy</i>				
Stabilność przepływu pompy	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.2.1.3 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.2.3		2,89	Rozkład prostokątny
<i>Niepewność związana z objętością pobranego powietrza: czas pobierania próbki</i>				
Czas pobierania próbki	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.2.1.4 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.2.4		0,29 (próbki długoterminowe)	Rozkład prostokątny. Dotyczy aspiratorów z wbudowanym zegarem
<i>Niepewność związana z wydajnością pobierania próbek</i>				
Kalibracja systemu testowego próbnika	PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.3.4		0,5 (frakcja wdychalna) 1 (frakcja respirabilna)	
Oszacowanie stężenia próbki	PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.3.4	4 (frakcja wdychalna) 1 (frakcja respirabilna)		
Odchylenie w stosunku do konwencji pobierania próbek	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.3.3.2 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.3.4		7,5 (frakcja wdychalna) 8 (frakcja respirabilna)	
Indywidualna zmienność próbnika	PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.3.4		7	
<i>Niepewność związana z przechowywaniem próbek</i>				
Przechowywanie próbek	PN-EN 482+A1:2016-01 Załącznik B, punkt B.4.1 PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.4.1			Rozkład prostokątny. Nie musi być brany pod uwagę
Transport próbek	PN-EN 13890:2010 Załącznik B, punkt B.4.2		2,89	Rozkład prostokątny. Nie musi być brany pod uwagę

cd. Tabela 2/cont. Table 2

Złożona niepewność losowych składników niepewności etapu pobierania próbek [%]	frakcja wdychalna	4,00
	frakcja respirabilna	1,00
Złożona niepewność nielosowych składników niepewności etapu pobierania próbek [%]	frakcja wdychalna	10,68
	frakcja respirabilna	11,07
Złożona niepewność standardowa całego etapu pobierania próbek (losowe i nielosowe składniki niepewności) [%]	frakcja wdychalna	11,76
	frakcja respirabilna	11,48

rzetelnej informacji o poziomie zagrożenia oraz udoskonalanie metod badawczych i narzędzi w celu uzyskania takiej wiedzy.

Z zaprezentowanych wyników badań zapylenia na badanym stanowisku pracy podczas pracy urządzenia wiertniczego wynika, że nie wystąpiło przekroczenie dopuszczalnych, określonych normą wartości (krotność NDS = 0,70 wartości referencyjnej dla frakcji wdychanej oraz NDS = 0,35 wartości referencyjnej dla krystalicznej krzemionki frakcji respirabilnej).

Prezentowaną w artykule ocenę szkodliwości zapylenia na stanowisku pracy uzupełniono statystyką wykonaną w celu oszacowania niepewności uzyskanych wyników oraz ryzyka zastosowanej metody.

Do najważniejszych wskaźników należy zaliczyć złożoną niepewność standardową całego etapu pobierania próbek, która dla badanego przypadku wynosi 11,76% dla frakcji wdychanej i 11,48% dla frakcji respirabilnej (tabela 2).

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Interpretacja i ocena wyników badań zapylenia na stanowiskach pracy wraz z opracowaniem narzędzi informatycznych dostosowanych do wymogów PCA i UE* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0013/KA/2020, nr archiwalny: DK-4100-0001/2020.

Literatura

Augustyńska D., Pośniak M. (red.), 2003. Czynniki szkodliwe w środowisku pracy – wartości dopuszczalne. *Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*, Warszawa 2003.

Balawajder Z., Buczek J., 2015. Pomiary zapylenia na stanowiskach pracy. *Archiwum Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego, Kraków*.

Bhagia L.J., 2009. Non-occupational exposure to silica dust in vicinity of slate pencil industry, India. *Environ. Monit. Assess.*, 151: 477–82. DOI: 10.1007/s10661-008-0290-x.

Bhagia L.J., Parikh D.J., Saiyed H.N., 2007. Ambient silica monitoring in vicinity of agate industry, Khambhat, India. *Indian J. Occup. Hyg. Safety*, 1: 6–10.

Bhagia L.J., Sadhu H.G., Parikh D.J., Karnik A.B., Saiyed H.N., 2004. Prevention, Control and Treatment of Silicosis and Silico-Tuberculosis in Agate Industry. *Report submitted by National Institute of Occupational Health, Ahmedabad to Indian Council of Medical Research and the Ministry of Health and Family Welfare, Government of India*.

Dobrzelecka I., 2000. Zasady pomiarów stężeń pyłów przemysłowych. Interpretacja i ocena wyników. Materiały szkoleniowe. *IMPiZŚ, Sosnowiec*.

Koradecka D., Skowroń J., 2020. Sprawozdanie z działalności Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy w latach 2017–2019. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 1(103): 5–34.

Maciejewska A., 2014. Krzemionka krystaliczna: kwarc i krystobalilit – frakcja respirabilna. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 82(4): 67–128.

Maciejewska A., Sztroszejn-Mrowca G., Więcek E., 1999. Pyły środowiska pracy. [W:] Indulski J. (red.). *Higiena pracy*. T. 1. *Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera, Łódź*: 379–434.

Maciejewska A., Więcek E., Wojtczak J., Woźniak H., Sztroszejn-Mrowca G., Domańska A., Belichowska-Cybulka G., 1997. Pyły drewna. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 15: 149–196.

Skowroń J., 2018. Dostosowanie przepisów prawa krajowego do dyrektywy 2017/164/UE oraz dyrektywy 2017/2398/UE zmieniającej dyrektywę 2004/37/WE. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 96(2): 5–24.

Akty prawne i dokumenty normatywne

PN-91/Z-04018/02 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wolnej krystalicznej krzemionki. Oznaczanie wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe całkowitym na stanowiskach pracy metodą spektrofotometrii absorpcyjnej w podczerwieni.

PN-91/Z-04018/03 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wolnej krystalicznej krzemionki. Oznaczanie wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe respirabilnym na stanowiskach pracy metodą spektrofotometrii absorpcyjnej w podczerwieni.

PN-91/Z-04018/04 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wolnej krystalicznej krzemionki. Oznaczanie wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe całkowitym i respirabilnym w obecności krzemianów na stanowiskach pracy metodą kolorymetryczną.

PN-91/Z-04030/05 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową.

PN-91/Z-04030/06 Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową.

PN-EN 13890:2010 Narażenie na stanowiskach pracy. Procedury oznaczania metali i metaloidów zawartych w cząstkach zawieszonych w powietrzu. Wymagania i metody badań.

PN-EN 482+A1:2016-01 Narażenie na stanowiskach pracy. Wymagania ogólne dotyczące charakterystyki procedur pomiarów czynników chemicznych.

PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. Wymagania.

PN-Z-04008-7:2002+A1:2004 Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników.

Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń

i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2018 r. poz. 1286).



Dr Tadeusz KWIŁOSZ
Adiunkt w Zakładzie Podziemnego
Magazynowania Gazu
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: tadeusz.kwilosz@inig.pl



Janusz BUCZEK
Kierownik Laboratorium Badań Środowiskowych
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: janusz.buczek@inig.pl

OFERTA LABORATORIUM BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH

- badania w zakresie akredytacji nr AB 493:
 - » pomiary poziomu hałasu na stanowiskach pracy,
 - » pomiary poziomu hałasu od instalacji lub urządzeń z wyznaczaniem map akustycznych,
 - » pomiary drgań mechanicznych o działaniu ogólnym i miejscowym,
 - » pomiary oświetlenia elektrycznego,
 - » pomiary zapylenia (frakcja wdychalna i respirabilna, krzemionka krystaliczna);
- badania poza zakresem akredytacji:
 - » pomiary poziomu hałasu infradźwiękowego, ultradźwiękowego,
 - » wyznaczanie poziomu mocy akustycznej maszyn i urządzeń,
 - » organizowanie badań międzylaboratoryjnych w zakresie: drgania ogólne i miejscowe, hałas na stanowiskach pracy, oświetlenie elektryczne.

Laboratorium oganizuje badania międzylaboratoryjne w zakresie: drgania ogólne i miejscowe, hałas na stanowiskach pracy, oświetlenie elektryczne.



Kierownik: Janusz Buczek Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno
Telefon: 13 436 89 41 w. 5105 Faks: 13 436 79 71 E-mail: buczek@inig.pl



INSTYTUT NAFTY I GAZU
– Państwowy Instytut Badawczy