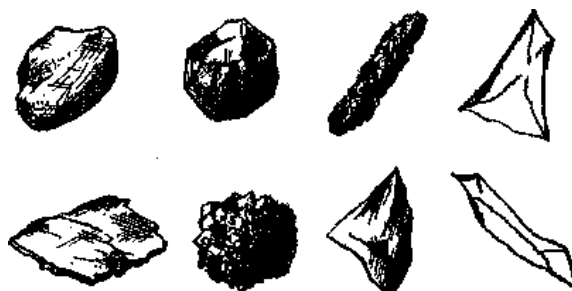


# 10

## OCENA ZAGROŻENIA BEZPIECZEŃSTWA PRACY NA STANOWISKACH ZAGROŻONYCH PYŁEM PRZEMYSŁOWYM ORAZ ŚRODKI TECHNICZNE W PROFILAKTYCE

### 10.1 ZAGROŻENIA PYŁEM NA PRZEMYSŁOWYCH STANOWISKACH PRACY

Wiodącym źródłem zanieczyszczenia powietrza cząstkami pyłu jest przede wszystkim działalność człowieka w sferze produkcji przemysłowej. Prawie każdemu procesowi przemysłowemu towarzyszą mniejsze lub większe miejscowe zanieczyszczenia pyłowe, powstające podczas operacji obróbczych, wydobywczych, przeładunkowych, przetwórczych itp. [1]. Pyłem nazywa się zbiór cząstek stałych, które wyrzucone do powietrza pozostają w nim przez pewien czas. Najczęściej są to cząstki o wymiarach poniżej 300  $\mu\text{m}$ . Ze względu na rodzaj materiału cząstki pyłu można podzielić na nieorganiczne (np. pyły mineralne, tworzyw sztucznych, metaliczne) oraz organiczne pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. Kształt cząstki pyłu zależy przede wszystkim od jej pochodzenia oraz od właściwości fizykochemicznych (kruchość, łupliwość, porowatość, włóknistość) materiału, z którego cząstka powstała [2]. Kilka przykładowych kształtów cząstek pyłu przedstawiono na rys. 10.1. Z punktu widzenia higieny przemysłowej pył analizuje się jako rozproszone ciało stałe (faza rozproszona) i unoszące się w powietrzu (faza rozpraszająca). Taki dwufazowy układ nazywa się aerozolem.



Rys. 10.1 Przykłady kształtu cząstek pyłu [2]

Pył zawieszony w powietrzu stanowi groźbę wystąpienia chorób zawodowych zwanych pylicami płuc. Pod względem pylicotwórczym najistotniejsze znaczenie ma tzw. frakcja respirabilna pyłu (ultra pyły o średnicy cząstek poniżej 7  $\mu\text{m}$ ) docierająca do pęcherzyków płucnych. Pomiaru stężenia frakcji respirabilnej pyłu dokonuje się za pomocą selektorów cyklonowych, które wydzielają część respirabilną z pyłu całkowitego. W zależności od

wielkości ziaren, pył dociera do części układu oddechowego człowieka (tabela 10.1).

Można wyodrębnić trzy podstawowe drogi wnikania substancji pyłowych do organizmu:

- przez osiadanie pyłu na skórze i błonach śluzowych – w tym przypadku substancje wchłaniane są bezpośrednio poprzez skórę, miseczki włosowe i gruczoły łojowe,
- przez drogi oddechowe,
- przez układ pokarmowy.

W ocenie stopnia zagrożenia pyłami o działaniu pylicotwórczym obok czasu narażenia zasadnicze znaczenie mają trzy czynniki: poziom stężenia, stopień rozdrobnienia i zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe. Tabela 10.2 przedstawia cechy pyłu decydujące o ich szkodliwym działaniu na organizm człowieka.

**Tabela 10.1 Klasyfikacja oddziaływania pyłów z odcinkami układu oddechowego [3]**

Średnica cząstek (µm)	Zdolność cząstek pyłu do przenikania i retencji (zatrzymywania) w płucach człowieka
do 0,2	Zdolne do przenikania i zatrzymywania się w płucach
0,2-5,0	Z łatwością przenikają do płuc i często w nich występują
5,0-10,0	Mogą przenikać do płuc, ale występują w nich rzadko
10,0-50,0	Zazwyczaj nie przenikają do płuc, zatrzymują się w górnych drogach oddechowych i oskrzelach, stąd stopniowo są wydalane
ponad 50,0	Nie wnikają do płuc, zatrzymują się w górnych drogach oddechowych i z łatwością są wydalane na zewnątrz.

**Tabela 10.2 Cechy pyłów decydujące o szkodliwości ich oddziaływania na organizm [4]**

Cecha	Szkodliwości oddziaływania
Skład chemiczny	Decyduje o rodzaju szkodliwości oddziaływania
Struktura krystaliczna	Wzmaga szkodliwość pyłu krzemionkowego i pyłów krzemianowych
Skład ziarnowy (stopień rozdrobnienia - dyspersja)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktywność fizykochemiczna i biologiczna drobniejszych ziaren jest większa</li> <li>• ziarna o wielkości poniżej 5 µm łatwo przedostają się do pęcherzyków płucnych</li> </ul>
Kształt ziaren	Włókniste cząstki azbestu i szkła są bardziej szkodliwe
Ostrość krawędzi ziaren	Zwiększa intensywność działania drażniącego
Rozpuszczalność w płynach ustrojowych	Zwiększa intensywność oddziaływania toksycznego pyłów

Stopień wnikania i osadzania pyłu w drogach oddechowych zależy od wymiaru cząsteczek pyłu i pod tym względem pyły można podzielić na trzy frakcje. Frakcję wdychaną czyli pył wdychany do układu oddechowego stanowią cząsteczki o w miarach poniżej 100 µm. W górnym odcinku dróg oddechowych obejmującym, nos, jamę ustną, gardło i krtań cząsteczki o dużych rozmiarach powyżej 30 µm są zatrzymywane, a następnie wydalane ze śluzem. Do środkowego odcinka dróg oddechowych obejmującego tchawicę, oskrzela i oskrzeliki przedostają się cząsteczki określane frakcją płucną pyłu – ich wymiar nie przekracza 20 µm. Do obszaru wymiany gazowej (pęcherzyki płucne) dostają się cząsteczki o wymiarach ziaren poniżej 7µm. Czas usuwania pyłu z pęcherzyków płucnych jest długi (ok. 50% na miesiąc) [2].

Wśród schorzeń wywołanych zapyleniem powietrza najgroźniejsze są pylice płuc, a zwłaszcza pylica krzemowa. Pylice dzielimy na zwłókniające kolagenowe i niekolagenowe. Pylice zwłókniające kolagenowe charakteryzuje uszkodzenie struktury pęcherzyków płucnych

i zmiany bliznowe tkanki płucnej. Do pyłów o silnym działaniu zwłókniającym należą przede wszystkim pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę i pyły azbestu oraz pyły o umiarkowanym działaniu zwłókniającym miki lub grafitu. W wyniku ogniskowego lub rozsianego włóknienia zmniejsza się powierzchnia oddechowa płuc i zarastają drobne naczynia krwionośne. Proces ten rozwija się w czasie od 3 do 10 lat i prowadzi do niewydolności układu krążenia, przedwczesnej utraty zdolności do niewydolności układu krążenia, przedwczesnej utraty zdolności do pracy i śmierci. Włókna azbestu prowadzą do rozwoju pylicy płuc i nowotworów, cząstki krzemionki do krzemienicy i rozedmy płuc. Pylice niekolagenowe powstają w wyniku działania pyłów nie posiadających właściwości zwłókniających. Pylice niekolagenowe charakteryzuje brak uszkodzenia struktury pęcherzyków płucnych, minimalna reakcja tkanki płucnej oraz odwracalność reakcji na pył (pył siarczanu barowego, tlenku cyny) [2]. Po wchłonięciu pyłów zawierających w swym składzie dwutlenek krzemu przez tkankę płucną, uwalnia się w tkance kwas ortokrzemowy, polimeryzujący i łączący się z białkiem, co powoduje zwłóknienie tkanki płucnej.

Długotrwałe działanie pyłów drażniących nie stanowi takiego zagrożenia dla zdrowia jak proces zwłóknienia tkanki płucnej, ale niejednokrotnie może doprowadzić do przedwczesnej niezdolności do pracy. Zmiany w błonie śluzowej dróg oddechowych pod wpływem drażnienia jej przez cząsteczki pyłu przebiegają w dwóch fazach, tj. przerostowej i zanikowej. W pierwszej fazie błona śluzowa przystosowuje się do nowych warunków w formie fizjologicznej, obronnej reakcji organizmu na jej stany zapalne. Powstają odwracalne zmiany, jak rozrost komórek śluzowych i rzęskowych, zwiększenie wydzielania śluzu, intensywne poruszanie się rzęsek [4]. Fizjologiczna forma reagowania po długim (kilkuletnim) okresie czasu może przerodzić się w formę zanikową, najczęściej trwałą, która charakteryzuje się stopniowym zanikiem wydzielania śluzu przez komórki śluzowe, zanikiem rzęsek i samych komórek tej błony. Naraża to organizm na bezpośrednie działanie cząsteczek pyłów i prowadzi do rozległych trwałych zmian chorobowych błony śluzowej, a także sprzyja zakażeniom bakteryjnym [5].

## 10.2 NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE STĘŻENIA PYŁÓW PRZEMYSŁOWYCH I OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO

Problem ustalenia kryterium oceny stopnia zagrożenia zdrowotnego powodowanego przez pyły przemysłowe jest wciąż dyskutowany, zwłaszcza jeśli chodzi o pyły mieszane i pyły o strukturze włóknistej. Wielkość ekspozycji, przy której nie obserwuje się zmian zdrowotnych, jest dość dokładnie ustalona dla pyłów czystej krzemionki krystalicznej. Ze względów czysto praktycznych dopuszczalne wartości stężeń są ustalane w wielu krajach dla różnych pyłów i są one bardzo często przykładem kompromisu pomiędzy wymaganiami zdrowotnymi a realnymi możliwościami realizacji w warunkach przemysłowych.

W Polsce obowiązują wartości Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń (NDS) dla pyłów przemysłowych, ustalone Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 roku [6]. Dla pyłu całkowitego zawierającego wolną (krystaliczną) krzemionkę powyżej 50%, wartość NDS wynosi  $2 \text{ mg/m}^3$  i tylko  $0,3 \text{ mg/m}^3$  dla pyłu respirabilnego o takim samym składzie. Natomiast dla pyłu zawierającego azbest (substancja o działaniu rakotwórczym) w postaci włókien o długości powyżej  $5 \text{ }\mu\text{m}$  dopuszcza się NDS

równy  $0,5 \text{ włókna/cm}^3$ . Dla nietrujących pyłów przemysłowych o zawartości wolnej krzemionki poniżej 2%, NDS wynosi  $10 \text{ mg/m}^3$  dla pyłu całkowitego. Różnice w wartościach dopuszczalnych są bardzo duże.

Najwyższe Dopuszczalne Stężenie pyłu rozumiane jest jako średnie stężenie ważone, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8 godzinowego dnia pracy przez cały okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie jego zdrowia oraz stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń. Dla poszczególnych typów pyłów (całkowity i respirabilny) oraz ich zróżnicowanego składu chemicznego odpowiednie wartości NDS są podstawą dla oceny narażenia [6].

Do szacowania ryzyka zawodowego wynikającego z ekspozycji pracownika na pyły mogą być wykorzystywane różne metody i skale. Poniżej przedstawiono szacowanie ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na pyły w skali trójstopniowej, zalecanej w normie [7]. W celu oszacowania ryzyka zawodowego, jako kryterium odniesienia przyjęto wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłów (NDS) w odniesieniu do ekspozycji pracownika na pyły. W tabeli 10.3 przedstawiono zależności między stopniem ryzyka a wartościami NDS.

**Tabela 10.3 Szacowanie ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na pyły w skali trójstopniowej [7]**

Wskaźnik ekspozycji W	Stopień ryzyka zawodowego
$W > \text{NDS}$	RYZYZKO DUŻE
$\text{NDS} \geq W > 0,5 \text{ NDS}$	RYZYZKO ŚREDNIE
$W \leq 0,5 \text{ NDS}$	RYZYZKO MAŁE
gdzie: W – wartość wskaźnika ekspozycji, NDS – wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia pyłu	

Ryzyko duże jest ryzykiem niedopuszczalnym. Jeżeli ryzyko zawodowe jest związane z pracą już wykonywaną, działania w celu jego zmniejszenia należy podjąć natychmiast (np. przez zastosowanie środków ochronnych). Planowana praca nie może być rozpoczęta do czasu zmniejszenia ryzyka zawodowego do poziomu dopuszczalnego. Ryzyko średnie jest ryzykiem dopuszczalnym. Wówczas zaleca się zaplanowanie i podjęcie działań, których celem jest zmniejszenie ryzyka zawodowego. Ryzyko małe jest ryzykiem dopuszczalnym. Konieczne jest zapewnienie, takich warunków pracy, aby ryzyko zawodowe pozostało co najwyżej na tym samym poziomie [7].

### 10.3 ORGANIZACJA POMIARÓW DLA OCENY NARAŻENIA PRACOWNIKÓW NA PYŁY PRZEMYSŁOWE

Wielkość dawek substancji toksycznych, wchłanianych do organizmu pracowników drogą inhalacyjną zależy od średnich stężeń w powietrzu i czasu narażenia [6], pomijając ze względów praktycznych czynniki indywidualne wpływające na wchłanianie, takie jak ewentualna zmiana wielkości retencji substancji w płucach podczas ekspozycji czy zależność wchłaniania dawek od wielkości wymiany oddechowej (stopnia obciążenia pracą). Ocenę narażenia zawodowego pracowników przeprowadza się na podstawie porównania wyników

pomiarów stężeń substancji szkodliwych w powietrzu z wartościami normatywnymi NDS w środowisku pracy.

Warunkiem uzyskania wiarygodnych wyników jest właściwe zaplanowanie badań. Plan taki jest możliwy do ustalenia po uzyskaniu odpowiednich informacji w zakładzie pracy lub po wnikliwej obserwacji toku pracy na badanych stanowiskach. Konieczna jest znajomość:

- rodzaju i przebiegu procesów technologicznych stosowanych w zakładzie,
- czynności wykonywanych w określonych operacjach technologicznych, powodujących zagrożenie dla zdrowia zatrudnionych,
- rodzaju i stanu stosowanych środków zapobiegawczych (technicznych, organizacyjnych) i sprzętu ochrony osobistej,
- czasu przebywania pracowników w określonych miejscach przestrzeni roboczej,
- liczby zatrudnionych pracowników na poszczególnych stanowiskach.

Dla celów oceny narażenia na pył plan pobierania próbek powietrza powinien dokładnie określać miejsce pobierania, liczbę próbek, czas poboru jednej próbki i łączny czas ich pobierania. Ważnym jest rozplanowanie momentów poboru próbek zważywszy na często zmieniający się proces technologiczny oraz rytm pracy w czasie 8-godzinnej zmiany roboczej [6].

Strategia pobierania próbek ma decydujący wpływ na wyniki oznaczeń stężeń. Istnieją również ruchome stanowiska pracy, zmianie mogą ulegać także inne parametry wpływające na stopień narażenia ludzi. W związku z tym rozróżnia się 3 podstawowe grupy metod poboru prób do badań toksykologicznych [8]:

- indywidualne pobieranie próbek polegające na poborze powietrza w strefie oddychania przez odpowiedni zestaw pomiarowy (miniaturowe aspiratory i pochłaniacze noszone przez pracownika i pobierające powietrze z okolicy ust i nosa badanego),
- pobieranie próbek w strefie oddychania przez inną osobę zestawem aspiracyjnym ogólnego stosowania,
- stacjonarne pobieranie próbek rozmieszczonymi nieruchomo w stałych punktach poboru zestawami aspiracyjnymi.

Metody pomiaru stężeń pyłu w środowisku pracy dzieli się na: metody wagowe i liczbowe – stężenie wagowe wyraża się w  $\text{mg}/\text{m}^3$  oraz stężenie liczbowe jako ilość ziaren/ $\text{cm}^3$ .

Oznaczanie pyłu całkowitego i respirabilnego na stanowiskach pracy wykorzystuje się najczęściej metodą filtracyjno-wagową (grawimetryczną). Przy oznaczaniu pyłu całkowitego zapyłone powietrze jest zasysane ze znaną prędkością przepływu w określonym czasie przez sączek pomiarowy. Masę pyłu zatrzymanego na sączku wyznacza się jako przyrost masy sączka ważonego przed pobraniem i po pobraniu próbki pyłu. Stężenie pyłu całkowitego oblicza się jako stosunek masy pyłu na sączku do objętości przefiltrowanego powietrza. Rozróżnia się pobieranie próbek powietrza z zastosowaniem pyłomierza stacjonarnego lub pyłomierza osobistego (dozymetru). W przypadku pomiarów stacjonarnych próbki powietrza należy pobierać na stanowisku pracy w strefie oddychania. Zaleca się umieścić pyłomierz w odległości nie większej niż 1 m od pracownika, a głowicę pomiarową na statywie na wysokości jego twarzy. Czas pobierania próbki należy ustalić zależnie od poziomu zapylenia

[9]. W przypadku zastosowania pyłomierza osobistego, dozymetr indywidualny należy umocować do pasa podtrzymującego założonego pracownikowi, a głowicę pomiarową przyczepić do ubrania tak, aby wlot powietrza znajdował się w strefie oddychania. Czas pobierania pojedynczej próbki należy ustalić zależnie od poziomu zapylenia. Próbki powinny być pobrane w sposób ciągły przez okres równy co najmniej 75% czasu trwania zmiany roboczej.

Podczas oznaczania pyłu respirabilnego zapyłone powietrze przechodzi kolejno przez mikrocyklon stanowiący selektor wstępny, zatrzymujący frakcje gruboziarniste, a następnie przez sączek, na którym osadza się pozostała respirabilna frakcja pyłu. Masę pyłu zatrzymanego na sączku wyznacza się jako przyrost masy sączka ważonego przed pobraniem i po pobraniu próbki pyłu. Stężenie pyłu respirabilnego oblicza się jako stosunek masy pyłu na sączku do objętości przefiltrowanego powietrza [10].

Oznaczanie wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe całkowitym i respirabilnym na stanowiskach pracy wykonuje się metodą kolorymetryczną zgodnie z polską normą [11] przy przeprowadzaniu kontroli warunków sanitarno-higienicznych. Metoda polega na przeprowadzeniu wolnej krystalicznej krzemionki zawartej w próbce pyłu w rozpuszczalny krzemian sodowy i kolorymetrycznym oznaczeniu jonów krzemianowych. W celu uzyskania próbek pyłu całkowitego i respirabilnego próbki powietrza pobiera się wg norm [9, 10].

Tryb i częstotliwość wykonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia występujących w środowisku pracy reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia [12]. Pracodawca, w którego zakładzie pracy występują szkodliwe dla zdrowia pyły, jest obowiązany do dokonywania badań i pomiarów stężeń pyłów. W przypadku pyłów o działaniu rakotwórczym pomiary przeprowadza się:

- co najmniej raz na 3 miesiące – przy stwierdzeniu stężeniu pyłu powyżej 0,5 NDS,
- co najmniej raz na 6 miesięcy – przy stwierdzeniu stężenia pyłu powyżej 0,1 do 0,5 NDS,
- w każdym przypadku wprowadzenia zmiany w warunkach występowania tego pyłu.

W przypadku pyłów innych niż pyły rakotwórcze, pomiary przeprowadza się:

- co najmniej raz w roku – przy stwierdzeniu stężenia pyłu powyżej 0,5 wartości NDS,
- co najmniej raz na dwa lata – przy stwierdzeniu stężenia pyłów powyżej 0,1 do 0,5 NDS,
- w każdym przypadku wprowadzenie zmiany w warunkach występowania pyłów.

Pomiarów pyłów w środowisku pracy nie przeprowadza się, jeżeli wyniki dwóch ostatnio przeprowadzonych pomiarów nie przekroczyły 0,1 wartości NDS, a w procesie technologicznym nie dokonała się zmiana mogąca wpłynąć na stężenie pyłów.

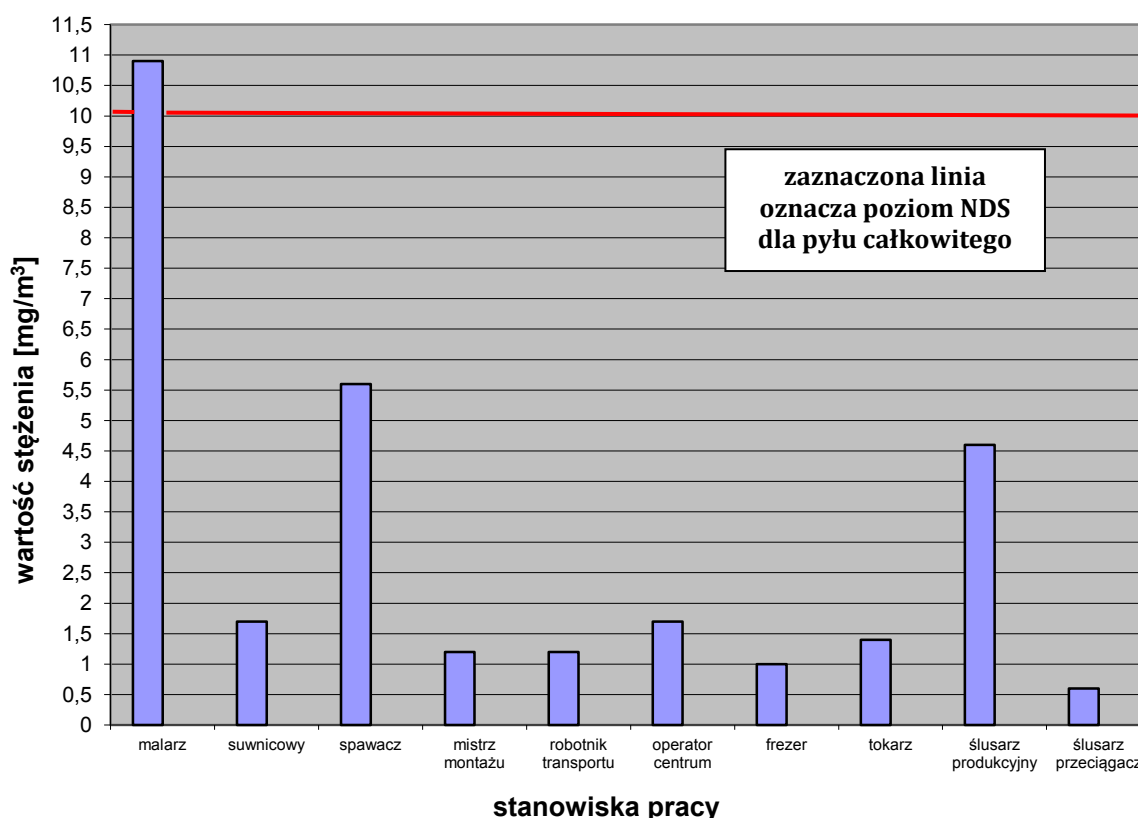
Jeżeli z badań wyniknie, że obliczone wartości wskaźników narażenia na pyły są wyższe od wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń NDS, to pracodawca powinien niezwłocznie podjąć działania i środki zmierzające do zlikwidowania przekroczeń.

#### **10.4 ANALIZA NARAŻENIA NA PYŁY PRACOWNIKÓW PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO**

Z danych statystycznych opublikowanych przez GUS za 2011 rok wynika, że ogółem w Polsce pracownicy zatrudnieni w warunkach zagrożenia pyłem stanowią grupę 62200 osób, z czego pyły o działaniu zwłókniającym (zawierające wolną krystaliczną krzemionkę) obecne

są na stanowiskach pracy 42500 osób – dane nie zawierają przypadków występowania pyłów o działaniu rakotwórczym (pyły zawierające azbest). Jednocześnie wśród tej liczby pracowników w 2011 roku zlikwidowano lub ograniczono występowanie pyłów w 27770 przypadkach w tym zidentyfikowane nowe zagrożenia pyłem [13].

Wśród pracowników przemysłu maszynowego narażenie na zanieczyszczenia pyłowe występuje u osób pracujących przy różnego rodzaju maszynach obróbczych typu tokarki, frezarki oraz inne maszyny, które mają zastosowanie w pracach ślusarskich i szlifierczych. Poniżej przeanalizowano wybrane stanowiska pracy przykładowego przedsiębiorstwa (dane przedsiębiorstwa znane autorowi) z branży przemysłu maszynowego pod względem narażenia na pyły przemysłowe. Wybrano 10 typów stanowisk pracy narażonych na występowanie pyłów przemysłowych. Wybrane stanowiska to: malarz, suwnicowy, spawacz, mistrz montażu, robotnik transportu, operator centrum obróbczego, frezer, tokarz, ślusarz produkcyjny, ślusarz przeciągacz. Przeanalizowano wyniki pomiarów stężeń pyłów przeprowadzonych w ramach okresowych badań higienicznych warunków pracy w przedsiębiorstwie. Z udostępnionego sprawozdania [14] wynika, że analizę stężeń pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę przeprowadzono metodą dozymetrii indywidualnej przy użyciu aspiratorów AP-2.



**Rys. 10.2 Zestawienie średnich wartości stężeń pyłu całkowitego o składzie (zawartość wolnej krystalicznej krzemionki poniżej 2%) dla 10 analizowanych stanowisk pracy w wybranym przedsiębiorstwie X przemysłu maszynowego w latach 2008-2009.**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z pomiarów higienicznych udostępnionych przez przedsiębiorstwo X [14]

Próbki pobrano na filtry polipropylenowe w sposób ciągły przez okres 6h, co stanowi 75% czasu trwania zmiany roboczej na badanych stanowiskach. Do analizy zostały pobrane średnie wyniki kilkudniowych pomiarów stężeń pyłów dla badanych stanowisk pracy. Pyły przemysłowe były badane jako pył całkowity i pył respirabilny dla wybranych przypadków. Najczęściej na analizowanych stanowiskach pracy występowały pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę w ilości poniżej 2% masy pyłu, dla którego pomiar stężenia pyłu respirabilnego nie podlega ocenie [14].

Na rys. 10.2 przedstawiono zestawione wyniki pomiarowe stężeń pyłu całkowitego o zawartości wolnej krzemionki poniżej 2% występującego na analizowanych stanowiskach pracy.

Prezentowane wielkości są wartościami średnimi dla kilku dniowych pomiarów. Na stanowisku pracy malarz, próbki powietrza do analizy były pobierane podczas takich czynności jak:

- prace przygotowawcze do malowania,
- odłuszczenie elementów metalowych przy użyciu sprężonego powietrza,
- transport elementów metalowych przy użyciu suwnicy,
- malowanie natryskowe podkładem dwuskładnikowym,
- malowanie elementów metalowych podkładem ftalowym,
- malowanie elementów metalowych przy użyciu pistoletu natryskowego,
- prace porządkowe.

Na wyżej opisywanym stanowisku pracy podczas pomiarów najwyższe dopuszczalne stężenie pyłu całkowitego zawierającego wolną krystaliczną krzemionkę poniżej 2% (NDS = 10 mg/m<sup>3</sup>) zostało przekroczone 1,09 krotnie. Stosunkowo wysokie stężenia odnotowano na stanowisku spawacza, gdzie stężenie pyłu całkowitego wyniosło 5,6 mg/m<sup>3</sup> co stanowi wartość powyżej 0,5 NDS. Próbki powietrza na stanowisku pracy spawacza były pobierane do analizy w kabinie spawalniczej podczas następujących czynności:

- spawanie elektryczne półautomatem spawalniczym,
- spawanie elektryczne elektrodą,
- podgrzewanie palnikiem acetylenowo-tlenowym,
- szlifowanie szlifierką pneumatyczną tarczową,
- łączenie i spawanie elementów metalowych,
- prace przygotowawczo-porządkowe.

Na zwrócenie uwagi zasługuje również stanowisko pracy ślusarza produkcyjnego, gdzie próbki powietrza do analizy były pobierane podczas takich czynności jak:

- obróbka ślusarska elementów metalowych przy użyciu szlifierki pneumatycznej,
- szlifowanie obudów żeliwnych szlifierką pneumatyczną, tarczą kamienną,
- gwintowanie otworów w obudowie przy użyciu wiertarki stołowej,
- nawiercanie otworów na wiertarce stołowej,
- obróbka ślusarska obudów przy użyciu szlifierki pneumatycznej z frezem metalowym,
- obróbka ręczna przy użyciu pilnika,
- prace przygotowawczo-porządkowe.



Na analizowanym stanowisku pracy ślusarza produkcyjnego niewątpliwie w wyżej wymienionych pracach powstaje najwięcej pyłów, jednak w obszarze stanowiska pracy nie stwierdzono przekroczeń wartości stężenia pyłu całkowitego. Obliczona wartość średnia wyniosła  $4,6 \text{ mg/m}^3$ , co stanowi wartość poniżej 0,5 NDS. Dla pozostałych analizowanych stanowisk pracy przedstawionych na rys. 10.2 stężenie średnie pyłu całkowitego nie przekracza wartości  $2 \text{ mg/m}^3$ .

Dalsza analiza warunków pracy na wybranych stanowiskach ujawniła zróżnicowane wyposażenie stanowisk w urządzenia odciągowe, które w różnych odmianach były zainstalowane na takich typach stanowisk jak: operator centrum obróbczego, frezer, tokarz, ślusarz produkcyjny oraz ślusarz przeciągacz. Zastosowanie urządzeń odpylających znacznie ułatwia utrzymanie odpowiednio niskiego (poniżej wartości NDS) poziomu stężenia pyłu przemysłowego na analizowanych stanowiskach pracy.

W odniesieniu do trójstopniowej skali szacowania ryzyka zawodowego (tabela 10.3) analizowane stanowiska pracy w większości charakteryzują się małym ryzykiem, które uznaje się za akceptowalne. Tylko w przypadku jednego stanowiska (malarz) można mówić o występowaniu dużego ryzyka zawodowego oraz dla stanowiska spawacza – określa się poziom ryzyka jako średnie. W tych przypadkach fakt zwiększonego ryzyka powinien skutkować działaniami ze strony przedsiębiorstwa. Poziom ryzyka zawodowego dla poszczególnych stanowisk pracy wg wielkości obowiązującej NDS przedstawia tabela 10.4.

**Tabela 10.4 Poziom ryzyka dla poszczególnych stanowisk pracy**

Stanowisko	Stopień ryzyka zawodowego
Malarz	Ryzyko duże
Suwnicowy	Ryzyko małe
Spawacz	Ryzyko średnie
Mistrz montażu	Ryzyko małe
Robotnik transportu	Ryzyko małe
Operator centrum obróbczego	Ryzyko małe
Frezer	Ryzyko małe
Tokarz	Ryzyko małe
Ślusarz produkcyjny	Ryzyko małe
Ślusarz przeciągacz	Ryzyko małe

Źródło: opracowanie własne

Z analiz dodatkowych sprawozdań [X] wynika, że istnieją stanowiska pracy, gdzie są obecne pyły przemysłowe, które mimo iż nie przekroczyły średniej zawartości najwyższego dopuszczalnego stężenia podczas badań są bardziej szkodliwe dla organizmu ze względu na wyższą zawartość wolnej krystalicznej krzemionki (WKK). Pył o zawartości powyżej 2% (WKK) pojawił się na stanowisku ślusarz produkcyjny. Pomimo że, średnia ocena stężenia pyłu na tym stanowisku nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego stężenia to jednak zaistniał incydent, w którym odnotowano podczas jednego dnia badań zawartość wolnej krystalicznej krzemionki powyżej 2% na tym stanowisku, gdzie jednocześnie wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia została przekroczona 3 krotnie dla pyłu całkowitego oraz 1,2 krotnie pyłu respirabilnego. W takich przypadkach obecność na stanowisku pracy urządzeń odpylających daje możliwość reakcji na zaistniałą sytuację w postaci czasowego zwiększenia wydajności ssącej tych urządzeń.

## 10.5 PROFILAKTYKA W ZAGROŻENIACH PYŁEM PRZEMYSŁOWYM

Celem działań profilaktycznych w stosunku do osób narażonych na szkodliwe działanie pyłów jest zapobieganie przede wszystkim przypadkom pylicy krzemowej, pylicy azbestowej oraz zmianom nowotworowym. Pylice płuc w zależności od wielkości narażenia mogą się ujawnić już po 5 latach pracy. Liczba chorych rośnie wraz ze stażem pracy. Średni okres rozwoju pylic płuc wynosi 15 lat, a nowotworów powyżej 20 lat. W profilaktyce medycznej należy zwrócić szczególną uwagę na badania wstępne i okresowe. Do pracy w środowisku o wysokim zapyleniu nie należy przyjmować osób z wrodzonymi lub nabytymi zmianami układu oddechowego i krążenia. W przypadku narażenia na azbest istotne jest ograniczenie nawyku palenia papierosów, który wielokrotnie zwiększa ryzyko rozwoju zmian nowotworowych u osób narażonych [15].

Sposoby zapobiegania i eliminowania zagrożeń pyłami przemysłowymi na stanowiskach pracy można pogrupować w następujące zespoły działań:

- stosowanie wentylacji,
- stosowanie hermetyzacji,
- stosowanie ochron indywidualnych,
- działania prawno-organizacyjne.

Rozprzestrzenianie się emitowanych na stanowiskach pracy zanieczyszczeń można ograniczać wykorzystując różne typy środków ochrony zbiorowej przed zapyleniem, których stosowanie, zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej, jest priorytetowe w stosunku do stosowania środków ochrony indywidualnej [15]. Środki ochrony zbiorowej przed zapyleniem obejmują systemy wentylacji mechanicznej ogólnej oraz instalacje i urządzenia wentylacji mechanicznej miejscowej wyposażone w filtry powietrza. Ogólne przepisy dotyczące wentylacji pomieszczeń w zakładach pracy określa rozporządzenie ministra pracy i polityki socjalnej [16]. Wentylacja jako świadomie realizowana wymiana powietrza w pomieszczeniu ma na celu, oprócz zwiększenia ilości tlenu zużytego przez oddychanie, osuszania (nawilżania) czy zmiany temperatury powietrza, ale przede wszystkim zmniejszenie stężenia zanieczyszczeń. Celem wentylacji, polegającej na ciągłej lub okresowej wymianie powietrza w pomieszczeniach, jest:

- poprawa stanu i składu powietrza na stanowiskach pracy zgodnie z wymaganiami higienicznymi (ochrona zdrowia człowieka) i technologicznymi (konieczność uzyskiwania produktów o określonych własnościach),
- regulacja takich parametrów środowiska powietrznego w pomieszczeniach, jak: stężenie zanieczyszczeń, temperatura, wilgotność oraz prędkość i kierunek ruchu powietrza.

Wentylacja miejscowa ma na celu usunięcie zanieczyszczeń powietrza otaczającego stanowisko robocze, wydzielających się ze zorganizowanego źródła (np. opary i dymy z nadstołu spawalniczego, opary z nadwanny galwanicznej, okapy wywiewne nad piecem, suszarką itp.) i wyeliminowanie możliwości rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń na całe pomieszczenie. Wentylacja ogólna stosowana jest wówczas, gdy wydzielające się zanieczyszczenia rozprzestrzeniają się w całym pomieszczeniu (hali) są niezorganizowane, nie ma możliwości ich uchwycenia bądź zlokalizowania miejsca wydzielania się (np. magazyny z substancjami emitującymi gazy, pary trujące) [6].

Zarówno w systemach wentylacji ogólnej, jak i w urządzeniach wentylacji miejscowej elementami odpowiedzialnymi za jakość powietrza odprowadzanego lub doprowadzanego do pomieszczeń są systemy oczyszczające (jedno lub wielostopniowe) wyposażone w odpowiednie filtry powietrza [15].

Wentylacja miejscowa polega na wychwytywaniu pyłu bezpośrednio u źródła i wydalaniu zużytego powietrza na zewnątrz, zapobiega rozprzestrzenianiu się szkodliwości na całe pomieszczenie. Odciaży miejscowe mogą być rozwiązane w postaci okapu, ssawki lub obudowy zamykającej w swoim wnętrzu źródło emisji zanieczyszczeń. Wentylacja ta powinna być instalowana przy aparatach i maszynach, które ze względów konstrukcji i przeznaczenia są otwartym źródłem wydzielania pyłów. Skuteczność działania urządzeń wentylacji miejscowej można poprawić, stosując miejscowy nawiew, który zapobiega ujemnym efektom ruchów poprzecznych powietrza [6].

Hermetyzacja urządzeń, stanowisk pracy, instalacji jako środek zabezpieczania pracowników przed zagrożeniami pyłowymi stosowana jest wszędzie tam, gdzie można zabudowaniem stosunkowo niewielkiej przestrzeni odizolować od całego pomieszczenia źródło emisji pyłów. Odprowadzane ze stref hermetyzowanych, pyły ze względu na większe stężenie są łatwiejsze do unieszkodliwiania w systemach oczyszczających niż występujące w instalacjach wentylacyjnych ogólnych, a przez to ekonomiczniejszy jest cały proces oczyszczania (metodą dopalania katalitycznego, adsorpcji, chemisorpcji) [6]. W pozostałych przypadkach, na podstawie analizy parametrów pobranego u źródła emisji pyłu, należy dobrać odpowiedni system odciągowy lub urządzenie filtracyjno-wentylacyjne, odpowiednie do rodzaju i stężenia pyłu. Na rys. 10.3 przedstawiono przykładowe urządzenie odciągowe ze stołem spawalniczym. Natomiast na rys. 10.4 zaprezentowano urządzenie filtrowentylacyjne do prac szlifierskich.



**Rys. 10.3 Urządzenie odciągowe ze stołem spawalniczym (stanowisko spawalnicze typu S-1000) bez filtracji, wyposażone w wentylator 0,75kW, ramię Oskar (zasięg max 2m) [17]**

Bardzo często stosowanym sposobem zabezpieczającym człowieka przed szkodliwym oddziaływaniem pyłów jest grupa środków i ochron indywidualnych. Indywidualne środki ochrony przed zanieczyszczeniami powietrza to:

- sprzęt filtrujący (maski gazowe z filtrami pochłaniającymi substancje toksyczne i pyły),
- sprzęt izolujący (aparaty tlenowe z doprowadzeniem powietrza, np. z butli oraz kombinezony hermetyczne).



**Rys. 10.4 Urządzenie filtrowentylacyjne do prac szlifierskich - stanowisko wyposażone w kompaktowy wkład filtracyjny i filtr wstępny metalowy [17]**

Sprzęt taki stosuje się, gdy zawartość tlenu w powietrzu środowiska pracy zmniejsza się poniżej 17% objętości lub gdy stężenie zanieczyszczeń jest bardzo duże bądź skład zanieczyszczeń nie jest znany dokładnie. Użytkowanie środków ochrony osobistej powoduje dodatkowy wydatek energetyczny, w związku z koniecznością pokonania dodatkowych oporów. Ten dodatkowy wydatek energetyczny, częściowa dekoncentracja uwagi związana z niewątpliwym dyskomfortem, ograniczony kontakt ze środowiskiem powodują zwiększenie zmęczenia, obniżenie wydajności oraz wzrost liczby wypadków przy pracy. Z tych też powodów, sprzęt ochrony osobistej powinien być stosowany tylko doraźnie i przy tych stanowiskach, gdzie zastosowanie drogiej i skomplikowanych urządzeń wentylacyjnych jest niecelowe i nieekonomiczne (np. prowadzenie prac krótkotrwałych na otwartym powietrzu) [6].

Znaczna liczba zatrudnionych w warunkach narażenia na szkodliwe działanie pyłów, obciąża zarówno pracodawców, jak i pracowników do podejmowania wszelkich działań zmierzających do ograniczenia występowania tego zagrożenia w ich zakładach przemysłowych. Prace zmierzające do likwidacji zagrożenia pyłami powinny obejmować zarówno działania umożliwiające eliminację zagrożenia (stosowanie środków ochrony zbiorowej i indywidualnej), jak i popularyzację wiedzy z zakresu szkodliwości działania pyłów i metod ich eliminacji ze środowiska pracy (szkolenie pracodawców i pracowników). Prawno-organizacyjne metody zapobiegania zagrożeniom toksycznym to głównie zbiór przepisów i norm z zakresu BHP:

- ustawy o obowiązkach przestrzegania norm higienicznych,
- obowiązek wykonywania kontrolnych pomiarów stężeń substancji toksycznych na stanowiskach pracy (minimum raz na 2 lata),
- obowiązek lekarskich badań pracowników na zagrożonych stanowiskach itp.

Nie ulega wątpliwości, że właściwie dokonana ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem pracowników na substancje chemiczne jest procesem pracochłonnym i kosztownym. Wymaga szybkiego dostępu do informacji oraz właściwego ich przetworzenia.

Z tego względu pracodawcy oraz pracownicy zarządzający bezpieczeństwem i higieną pracy w celu ułatwienia realizacji zadań mogą korzystać z narzędzi komputerowego wspomagania posiadających systemy rejestrowania zagrożeń, wypadków oraz oceny ryzyka zawodowego.

## PODSUMOWANIE

Zagrożenia pyłowe w procesach produkcji przemysłu maszynowego występują na ogromnej ilości typów stanowisk. Można wymienić tu w szczególności produkcję wyrobów metalowych, gdzie dochodzi do wytworzenia pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę. Do takich procesów wytwarzania wyrobów metalowych można zaliczyć:

- wykonywanie odlewów,
- obróbkę mechaniczną – gradowanie, szlifowanie, toczenie, frezowanie, polerowanie, matowienie itp.
- obróbkę plastyczną – kucie, wyciąganie, ciągnięcie, walcowanie i inne,
- obróbka wykończeniowa typu nakładanie warstwy ochronnej lub ozdobnej metodą malowania lub natryskowo,
- obróbka wykończeniowa metodą galwaniczną,
- łączenie elementów – spawanie, zgrzewanie, lutowanie.

W wyżej wymienionych procesach na szczególną uwagę zasługują procesy spawania i lutowania różnymi metodami. Są one przyczyną pojawiania się pyłów z zawartością wolnej krystalicznej krzemionki powyżej 2% zawartości, a w niektórych przypadkach nawet powyżej 10% jak to pokazuje autorka w opracowaniu [18]. Podwyższona zawartość krzemionki obecnej w pyłach automatycznie sprawia, że stężenie pyłu przekracza dopuszczalne wartości NDS. Również autorzy opracowania [19] na podstawie elektronicznej ogólnopolskiej bazy danych informują, że produkcja metalowych wyrobów gotowych jako profil produkcji charakteryzuje się odsetkiem przekroczenia normatywów higienicznych na poziomie 9,40% ponad NDS. Odsetek ten dla produkcji maszyn i urządzeń wynosi 8,8% ponad NDS. Ponadto stwierdzono więcej niż 10% pomiarów pyłu respirabilnego przekraczających NDS dla takich branż jak: produkcja wyrobów metalowych (13,2%) oraz produkcja samochodów (10%) [19]. Należy dodać, że pokazanym zagrożeniom pyłowym na stanowiskach pracy branż przemysłu metalowego i maszynowego prawie zawsze towarzyszą zagrożenia substancjami chemicznymi w postaci zanieczyszczenia powietrza gazami i oparami co dodatkowo wpływa na pogorszenie się warunków pracy.

## LITERATURA

1. Knapik S., *Ergonomia i ochrona pracy*, AGH im. S. Staszica, Kraków, 1996
2. Uzarczyk A., *Czynniki szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy*, Wyd. ODiDK, Warszawa, 2007
3. Lewandowski J., *Ergonomia. Materiały do ćwiczeń i projektowania*, Łódź, 1995
4. Hasińska Z., *Ergonomia*, wyd. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 1984
5. Jasińska-Zublewicz, E.J., *Ergonomia – toksykologia przemysłowa środowiska*, Warszawa, 1988
6. *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 (Dz. U. Nr 217)*
7. PN-N-18002:2000, *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*
  8. PN-EN 689:2002, *Powietrze na stanowiskach pracy. Wytyczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategia pomiarowa*
  9. PN-91/Z-04030/05 *Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową*
  10. PN-91/Z-04030/06, *Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową*
  11. 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*
  12. *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. W sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, (Dz.U.11.33.166 z dnia 16 lutego 2011 r.)*
  13. *Rocznik Statystyczny Przemysłu 2012 rok*, Główny Urząd Statystyczny
  14. *Sprawozdania z badań higienicznych – udostępnione przez przedsiębiorstwo X* (na życzenie podmiotu badanego nazwa zastrzeżona).
  15. Jankowska E., Więcek E., *Pyły a Bezpieczeństwo Pracy i Ergonomia*, Red. Nauk. Koradecka D., Warszawa, CIOP, t.1
  16. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, (Dz. U. z dnia 23 października 1997r.)*
  17. <http://www.czystepowietrze.pl/oap/pdf/Crawlair.pdf> – katalog sprzętu
  18. Gawęda E., *Zagrożenia chemiczne i pyłowe w procesach produkcji wyrobów metalowych*, Bezpieczeństwo Pracy, nr 4, 2008
  19. Bujak-Pietrek S., Mikołajczyk U., Szadkowska-Stańczyk I., Stroszejn-Mrowca G., *Narażenie pracowników wybranych gałęzi gospodarki na pyły – wykorzystanie elektronicznej ogólnopolskiej bazy danych*, Medycyna Pracy, nr 59(3), 2008.

## OCENA ZAGROŻENIA BEZPIECZEŃSTWA PRACY NA STANOWISKACH ZAGROŻONYCH PYŁEM PRZEMYSŁOWYM ORAZ ŚRODKI TECHNICZNE W PROFILAKTYCE

**Streszczenie:** *W artykule przedstawiono analizę narażenia pracowników przemysłu maszynowego w przykładowym przedsiębiorstwie na pył przemysłowy. Zaprezentowano klasyfikację pyłów przemysłowych, ich cechy decydujące o szkodliwości oraz skutki wywołane w organizmie pracownika. Wskazano najczęściej stosowane metody pomiarowe stężeń pyłu dla oceny narażenia pracowników na pył przemysłowy. Badaniom poddano 10 wybranych stanowisk pracy o różnych typach zadań. Określono stanowiska najbardziej narażone na obecność pyłu w odniesieniu do wartości NDS oraz określono poziom ryzyka zawodowego. Przeanalizowano wyposażenie stanowisk pracy w urządzenia odpylające. Ponadto przedstawiono metody działań profilaktycznych w odniesieniu do zagrożeń pyłami przemysłowymi o dużej toksyczności w badanym zakładzie.*

**Słowa kluczowe:** *zagrożenie pyłem, choroba zawodowa, ryzyko zawodowe, wartości NDS*

## HAZARD ASSESSMENT OF SAFETY ON THE WORK POSITIONS THREATENED INDUSTRIAL DUSTS AND TECHNICAL DEVICE IN THE PREVENTION

**Abstract:** *This paper presents an analysis of the exposure of workers in the sample engineering company for industrial dust. Presents the classification of industrial dust, the features that determine the harmfulness and effects to the body of the employee. Identified the most commonly used method of measuring dust concentrations to assess the exposure of workers to industrial dust. The study involved 10 selected positions of the various types of working tasks. Determined the position of the most exposed to the presence of dust in relation to the MAC values, the level of occupational risk presented too. Analyzed equipment workstations in dust extraction equipment. In addition, the methods of prevention for industrial dust hazards of acute toxicity presented in test workplace.*

**Key words:** *dust hazard, occupational disease, occupational risk, MAC values*

dr inż. Jolanta IGNAC-NOWICKA  
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail. Jolanta.Ignac-Nowicka@polsl.pl