



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

SEKRETARIAT METALOWCÓW
NSZZ
Solidarność

EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Krzysztof M. Benczek

WIELKI SKRÓT PRAKTYK DOTYCZĄCYCH OCHRONY ZDROWIA PRACOWNIKÓW MAJĄCYCH KONTAKT Z WOLNĄ KRZYSTALICZNĄ KRZEMIONKĄ



Materiał opracowano w oparciu o obowiązujące w Polsce akty prawne oraz „Podręcznik dobrych praktyk dotyczących ochrony zdrowia pracowników poprzez prawidłowe przenoszenie i użytkowanie krzemionki krystalicznej i produktów, które ją zawierają” przygotowany przez NEPSI

Projekt pt. „Europejskie Porozumienie NEPSI w Polsce – jak skutecznie promować i wspierać współpracę partnerów społecznych w ramach wielobranżowego dialogu społecznego” współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Wolna krystaliczna krzemionka – co to takiego?

Krzemionka to jeden z najpopularniejszych związków występujących w skorupie ziemskiej stanowiący połączenie krzemu z tlenem SiO_2 . Dwutlenek krzemu (w nowomowie - ditlenek krzemu IV) może występować w postaci krystalicznej, bezpostaciowej takiej jak szkło mające strukturę przechłodzonej cieczy, lub w postaci koloidalnej. W stanie wolnym występuje najczęściej w postaci krystalicznej jako kwarc (najpopularniejsza i charakteryzująca się najmniejszą szkodliwością odmiana krzemionki), krystobalit i trydymit powstające w wyniku podgrzania kwarcu do wysokiej temperatury. Krystobalit i trydymit, wykazujące większą szkodliwość w stosunku do organizmu człowieka, powstają najczęściej w termicznych procesach przemysłowych, w warunkach naturalnych występują w niektórych skałach pochodzenia wulkanicznego. Kwarc najczęściej występuje w postaci β kwarcu krystalizującego w układzie trygonalnym i w temperaturze 537°C przechodzącego w heksagonalny α kwarc. W warunkach naturalnych występuje α trydymit tworzący jednoskośne kryształy w zakresie temperatur 870°C – 1470°C przechodzący w heksagonalny β -trydymit. W wyższych temperaturach tworzy się metastabilny tetragonalny α -krystobalit, trwały w temperaturze powyżej 1470°C , oraz β -krystobalit krystalizujący w układzie regularnym trwały w temperaturze powyżej 1717°C .

Oprócz krystalicznej krzemionki występującej w stanie wolnym, może ona występować w postaci związanej z tlenkami innych metali, najczęściej glinu tworząc glinokrzemiany, skalenie, skapolity, zeolity, chloryny i inne. Pyły tych minerałów nie wykazują zwłókniającego działania na płuca i są mniej szkodliwe od pyłów krzemionki w stanie nie związanym. Szkodliwość krzemionki krystalicznej występującej jako domieszki innych minerałów, np. gliny, bazaltu, krzemienia, granitu itp. zależy od procentowej zawartości krzemionki w tych minerałach.

Szkodliwe działanie wolnej krystalicznej krzemionki

Znaczący wpływ na szkodliwość pyłu, ma stopień jego rozdrobnienia. Norma PN EN 481 klasyfikuje różne frakcje pyłu. Ze względu na oddziaływanie na organizm największe znaczenie ma frakcja respirabilna składająca się z cząstek pyłu docierających do bezrzęskowych dróg oddechowych cząstki te przechodzą przez selektor wstępny o charakterystyce przepuszczalności wg wymiarów cząstek opisanej

logarytmiczno-normalną funkcją prawdopodobieństwa ze średnią wartością średnicy aerodynamicznej 3,5 μm . Cząstki o takich wymiarach przechodzą przez gardło, krtań, tchawicę i oskrzela główne (z tych organów mogą zostać usunięte na zewnątrz) i dochodzą do pęcherzyków płucnych. Pył ten w 50% osadza się w pęcherzykach, nie może już być usunięty bezpośrednio i musi ulec fagocytozie.

Oddychanie powietrzem zawierającym respirabilną frakcję pyłu wolnej krystalicznej krzemionki może prowadzić do powstania krzemicy – najczęściej występującej i najpoważniejszej pylicy płuc oraz do przewlekłego zapalenia oskrzeli. Krzemica powoduje powstawanie zwłóknień uszkadzających wewnątrz płuc, co może prowadzić do problemów z oddychaniem i w konsekwencji do śmierci. Zwłóknienia płuc mogą mieć charakter niekolagenowy i w tym przypadku rokowania są lepsze, gdyż są to zmiany odwracalne. Zwłóknienia wywołane działaniem wolnej krystalicznej krzemionki mają jednak charakter kolagenowy, gdzie rokowania są gorsze i zwłóknienia te są nieodwracalne. Najgroźniejsza jest krzemica w postaci postępującej w której powstających zwłóknień płuc nie można powstrzymać i rozwijają się one nadal, również po usunięciu źródeł pyłu i odizolowania chorego od kontaktu z pyłem krzemionkowym.

Dość długo toczyła się dyskusja dotycząca rakotwórczego działania krzemionki, gdyż zaobserwowano, że osoby z krzemicią znacznie częściej zapadają na nowotwory płuc od osób bez objawów krzemicy. Ostatecznie stwierdzono, że wprowadzie sama krystaliczna krzemionka nie wykazuje działania rakotwórczego, jednakże sprzyja powstawaniu nowotworów wywoływanych przez inne czynniki. Człowiek w życiu codziennym w znaczącej większości przypadków narażony jest na działanie wielu czynników rakotwórczych, toteż w ostatecznym rozrachunku krzemionkę można praktycznie uznać za czynnik rakotwórczy.

Ocena ryzyka związanego z narażeniem na pyły krystalicznej krzemionki stanowi poważny problem dla higienistów, gdyż narażenie to nie ogranicza się do obszaru działalności zawodowej lecz dotyczy również pozazawodowej działalności człowieka. Na pyły wolnej krystalicznej krzemionki narażeni są nie tylko pracownicy zatrudnieni przy pracach wymagających kontaktu z tą substancją, lecz również osoby wypoczywające na nadmorskich plażach, czy też dzieci bawiące się w piaskownicy.



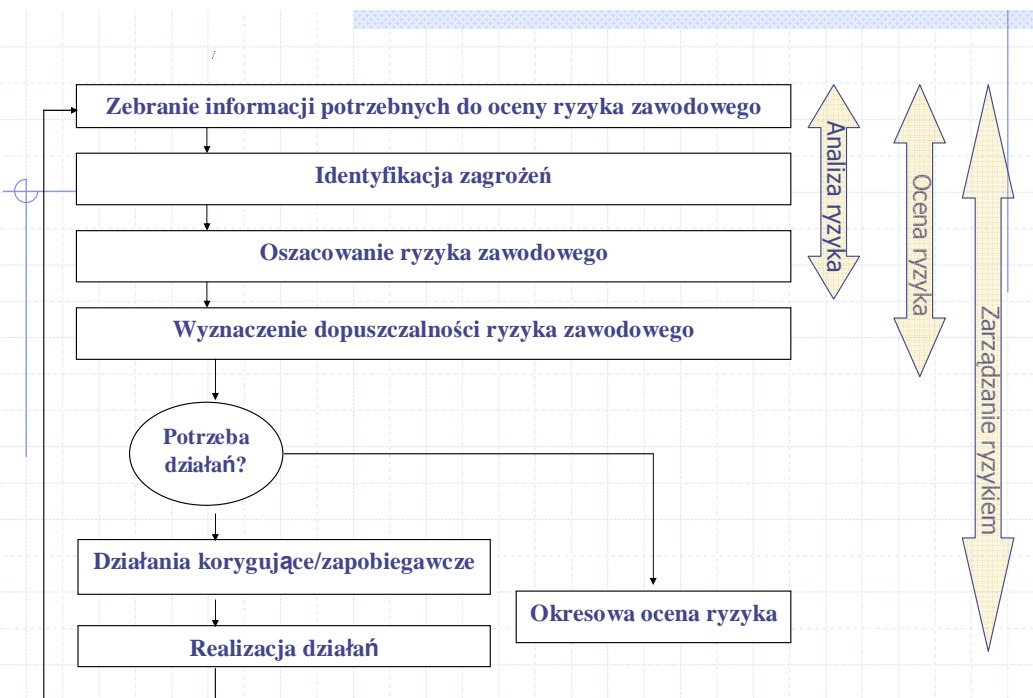
Ocena wyników oznaczeń pyłów krzemionki może być utrudniona poprzez wysoki poziom tła związanego np. z pylistą drogą gruntową znajdującą się, w pobliżu zakładu, bądź też z ogólnymi warunkami atmosferycznymi; respirabilny pył krzemionkowy uniesiony wiatrem gibli z Sachary może dostać się do górnych warstw atmosfery i okružać Ziemię znacznie podnosząc poziom tła na całym świecie.

W większości jednak ilość pyłów krzemionki emitowanych w procesach przemysłowych wielokrotnie przekracza stężenia pyłu obecnego w powietrzu w wyniku procesów naturalnych i bardzo istotne jest zarządzanie ryzykiem związanym z tą tak niebezpieczną substancją.

Ocena ryzyka związanego z narażeniem na pyły wolnej krystalicznej krzemionki

Jest bardzo wiele metod określania wielkości ryzyka zawodowego, z bardziej znanych należy wymienić metodę „Risc Score” w której ryzyko określane jest z iloczynu potencjalnych skutków zagrożenia, ekspozycji i prawdopodobieństwa, metodę Preliminary Hazard Analysis w której ryzyko określa się z iloczynu stopnia szkód i prawdopodobieństwa ich wystąpienia, Analizy drzewa błędów (Fault Tree Analysis) itp. W Polsce podstawowy sposób dokonywania oceny ryzyka określony jest w normie PN-N-18002 wg której poziom ryzyka można przedstawiać w skali trój, lub pięciostopniowej, a ryzyko zależy od prawdopodobieństwa wystąpienia i ciężkości następstw.

Za PN-N-18002 proces zarządzania ryzykiem można przedstawić na następującym schemacie



Określenie ryzyka zawodowego

Szacowania ryzyka dokonuje się poprzez pomiar stężeń respirabilnej (i całkowitej) frakcji pyłów wolnej krystalicznej krzemionki i porównanie wyników oznaczeń z wartościami normatywnymi, w Polsce są to wartości Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń (NDS) ustalane przez Międzyresortową Komisję ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy i ustanawiane przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej.

Np.: Wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia pyłów wolnej krystalicznej krzemionki zależy od procentowej zawartości krzemionki w pyłe i wynosi dla:

pyłów zawierających powyżej 50% wolnej krystalicznej krzemionki

dla pyłu całkowitego – 2 mg/m^3

dla pyłu respirabilnego – $0,3 \text{ mg/m}^3$

pyłów zawierających od 2% do 50% wolnej krystalicznej krzemionki

dla pyłu całkowitego – 4 mg/m^3

dla pyłu respirabilnego – 1 mg/m^3

Strategię, sposób poboru próbek i interpretacji wyników określa norma PN-Z-04008-7. Zgodnie z tą normą próbki można pobierać metodą dozymetrii indywidualnej lub pomiarów stacjonarnych.

Dozymetria indywidualna polega na umieszczeniu próbników połączonych z pompkami indywidualnymi w strefie oddychania pracownika i pobieraniu próbek co najmniej przez 75% czasu trwania zmiany roboczej. Wartością porównywaną z wartością NDS jest wskaźnik narażenia będący dla tej metody stężeniem średnim ważonym określanym przez

$$C_w = \frac{C_1 \times t_1 + C_2 \times t_2 + \dots + C_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

gdzie C_1, C_2, \dots, C_n - Stężenia poszczególnych próbek w mg/m^3

t_1, t_2, \dots, t_n - Czas pobierania próbek w h

n - liczba próbek

Pomiary stacjonarne polegają na umieszczeniu stacjonarnego aspiratora pobierającego próbki w najbardziej reprezentatywnym miejscu pod względem narażenia na pyły krzemionki i pobraniu co najmniej czterech próbek dla każdego stanowiska.

Wartością porównywaną z NDS jest wskaźnik narażenia dla tego sposobu pobierania próbek obliczany jako przedział pomiędzy dolną a górną granicą przedziału ufności. Przedziały ufności oblicza się przez odlogarytmowanie dla dolnej granicy przedziału ufności (DG)

$$\log DG = \log X_g \times \frac{\log S_g}{\sqrt{n}}$$

gdzie

$$\log S_g = \sqrt{\frac{(\log X_g - \log X_i)^2}{n-1}}$$

a

$$\log X_g = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$$



Samo oznaczenie zawartości wolnej krystalicznej krzemionki dokonuje się metodą dyfraktometrii rentgenowskiej; metody molibdenianowa i spektrometria w podczerwieni nie są metodami zalecanymi. W Polsce nie oznacza się oddzielnie poszczególnych odmian krzemionki tj kwarcu, krystobalitu i trydymitu i oznacza się te formy łącznie. Dyfraktometria rentgenowska wymaga posiadania odpowiedniego sprzętu; w Polsce istnieje kilka ośrodków stosujących tą technikę analityczną, np. Instytut Medycyny Pracy w Łodzi.

Sposoby ograniczenia narażenia na pyły wolnej krystalicznej krzemionki

Szczegółowe wytyczne dotyczące sposobów ograniczania narażenia na wolną krystaliczną krzemionkę w różnych procesach są obszernie opisane w „Podręczniku dobrych praktyk dotyczących ochrony zdrowia poprzez prawidłowe przenoszenie i użytkowanie krzemionki krystalicznej i produktów, które ją zawierają”. Te obszerne zasady można sprowadzić do ogólnych zasad postępowania przy pracach związanych z tą substancją:

- Należy zidentyfikować wszystkie procesy w których występują pyły krzemionki;
- Tam, gdzie jest to możliwe należy zastąpić materiały zawierające krystaliczną krzemionkę innymi, mniej szkodliwymi materiałami, lub materiałami o mniejszej zawartości wolnej krystalicznej krzemionki;
- Zagrożenia muszą być podane do wiadomości pracowników;
- Pracownicy powinni być przeszkoleni przez osoby posiadające wysoką wiedzę w tym temacie. Szkolenia powinny obejmować zarówno wyjaśnienie szkodliwego działania pyłu krzemionki, jak i szczegółowe zalecenie dotyczące wykonywania konkretnych czynności oraz stosowanych środków ochron indywidualnych;
- Dostęp do zagrożonych obszarów powinien być ograniczony jedynie do osób, których obecność tam jest naprawdę konieczna;
- Należy prowadzić monitoring czystości powietrza i dokonywać okresowej oceny zagrożeń;
- Wszystkie stosowane narzędzia powinny być oznakowane, utrzymywane w należyтым stanie i powinny być wyposażone w odciągi miejscowe;



- Miejsca o znacznym zapyleniu należy regularnie czyścić i nie dopuszczać do gromadzenia się pyłu;
- Procesy związane z możliwością generowania pyłów krzemionki (odlewanie, piaskowanie, czyszczenie form, mielenie, kruszenie, konfekcjonowanie, opróżnianie worków i filtrów odpylaczy itp.) należy prowadzić w sposób zapewniający pracownikom maksymalną ochronę przed działaniem pyłu, a więc poprzez stosowanie odpowiedniego sprzętu, w miarę możliwości oddzielenie pracownika od źródła pyłu poprzez zabudowę źródła, zdalne sterowanie procesem itp.;
- Usuwanie pyłu należy prowadzić poprzez odkurzanie specjalnymi odkurzaczami, lub „na mokro”. Niedopuszczalne jest zmiatanie suchego pyłu;
- Jeżeli inne sposoby zmniejszania narażenia zawiodą należy stosować odpowiednie ochrony osobiste. Należy mieć świadomość tego, że filtry usuwające pył respirabilny powinny mieć wysoką skuteczność, wysoka skuteczność w stosunku do drobnych cząstek wiąże się z dużymi oporami przepływu, a więc ze znacznym wysiłkiem oddychania. Długo w takim sprzęcie pracować się nie da;
- Należy systemowo nadzorować przestrzeganie tych wszystkich zasad;