

Stella Bujak-Pietrek

Urszula Mikołajczyk

Irena Szadkowska-Stańczyk

ANALIZA STĘŻEŃ PYŁU W GÓRNICTWIE NIEWĘGLOWYM. OCENA NARAŻENIA NA PODSTAWIE POMIARÓW WYKONANYCH PRZEZ LABORATORIA ŚRODOWISKA PRACY W POLSCE W LATACH 2001–2005

DUST CONCENTRATION ANALYSIS IN NON-COAL MINING. EXPOSURE EVALUATION BASED ON MEASUREMENTS PERFORMED BY OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORIES IN THE YEARS 2001–2005 IN POLAND

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź; Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

STRESZCZENIE

Wstęp: Górnictwo niewęglowe obejmuje wydobywanie surowców — budowlanych (kamienia, żwiru, piasku i gliny), chemicznych (soli i siarki), hutniczych (rud metali, uranu i toru) — oraz pozostałe górnictwo, gdzie indziej niesklasyfikowane. Niezależnie od rodzaju zakładu wydobywczego jednym z najczęściej występujących zagrożeń dla zdrowia pracowników zatrudnionych w tym sektorze jest ekspozycja na wysokie stężenia pyłów, która występuje podczas wydobywania surowców. Czynności, takie jak wiercenie, stosowanie środków strzałowych, obróbka surowca, jego transport i załadunek są źródłem emisji dużych ilości pyłu zawierającego krystaliczną krzemionkę.

Materiały i metody: Dane o narażeniu na pyły, niezbędne do przeprowadzenia analizy, uzyskano na podstawie pomiarów stężeń wykonywanych przez laboratoria badań środowiska pracy w całym kraju, których wyniki dostępne były w działach higieny pracy wojewódzkich i powiatowych stacji sanitarno-epidemiologicznych. Dokonano analizy stężeń pyłów obecnych na stanowiskach pracy w górnictwie niewęglowym w latach 2001–2005. W analizie określono przeciętne stężenia pyłu wdychalnego i respirabilnego na stanowiskach pracy w poszczególnych gałęziach opisywanej branży (wg PKD). Oszacowano również odsetek przekroczeń obowiązujących normatywów higienicznych w zakresie pyłów. **Wyniki:** W latach 2001–2005 w zakładach wydobywania surowców niewęglowych przeprowadzono łącznie blisko 5000 pomiarów stężeń pyłów na stanowiskach pracy. Najwyższe stężenia pyłu wdychalnego odnotowano dla produkcji soli (5,51 mg/m³), w pozostałym górnictwie niesklasyfikowanym (4,30 mg/m³) oraz przy wydobywaniu łupków (3,77 mg/m³). W przypadku pyłu respirabilnego najwyższe stężenia dotyczyły pozostałego górnictwa niesklasyfikowanego (1,10 mg/m³), wydobywania łupków (1,09 mg/m³) oraz wydobywania kamienia (0,81 mg/m³). **Wnioski:** Narażenie na pył podczas wydobywania surowców niewęglowych nadal stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia pracowników. Prawie na wszystkich badanych stanowiskach zaobserwowano przekroczenia obowiązujących normatywów higienicznych dla pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę (WKK). Med. Pr. 2011;62(2):113–125

Słowa kluczowe: wydobywanie surowców niewęglowych, narażenie zawodowe, pył zawierający WKK

ABSTRACT

Background: Non-coal mining includes the extraction of materials for construction (stone, gravel, sand and clay), chemical industry (salt and sulfur), metallurgy (metal ores, uranium and thorium) and other mining and quarrying. Regardless of the type of mining company one of the most common health hazards in this sector is exposure to high concentrations of dust occurring during the extraction of materials. Such activities as drilling, use of blasting agents, processing of raw material, its transportation and loading are the source of large amounts of dust containing crystalline silica. **Materials and methods:** Data on exposure to dust, collected by industrial hygiene laboratories on the basis of dust concentration measurements in the work environment, were obtained from the sanitary inspection service. The analysis of dust concentrations at workplaces in non-coal mining covered the years 2001–2005. The average concentration of inhalable and respirable dust and the degree of results dispersion at workposts in different branches of non-coal mining (according to NACE rev1.1) were evaluated. Also there was estimated the percentage of surveys indicating dust concentrations above hygiene standards. **Results:** Almost 5000 measurements of dust concentrations were performed in the years under study. The highest concentration of inhalable dust was noted for the production of salt (5.51 mg/m³), other mining and quarrying (4.30 mg/m³) and quarrying of slate (3.77 mg/m³). For respirable dust the highest concentrations were noted in other mining and quarrying (1.10 mg/m³), quarrying of slate (1.09 mg/m³) and quarrying of stone (0.81 mg/m³). **Conclusions:** Exposure to high concentrations of dust during the extraction of non-carbon is still an important hazard to human health. Almost for all workposts under study the excess of hygiene standards were observed. Med Pr 2011;62(2):113–125

Key words: non-coal mining, occupational exposure, silica dust

Adres autorek: Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia, Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera

ul. św. Teresy 8, 91-348 Łódź; e-mail: stellab@imp.lodz.pl

Nadesłano: 18 października 2010

Zatwierdzono: 28 lutego 2011

WSTĘP

W skład przemysłu wydobywczego — oprócz największej jego gałęzi, górnictwa węglowego — zalicza się górnictwo surowców budowlanych i drogowych (wydobywanie kamienia, żwiru, piasku i gliny), wydobywanie surowców hutniczych (rud metali, uranu i toru), surowców chemicznych (wydobywanie soli i siarki), górnictwo ropy naftowej i gazu ziemnego oraz pozostałe górnictwo niesklasyfikowane. Ta część branży wydobywczej określana jest jako górnictwo niewęglowe.

Eksploatację złóż surowców mineralnych prowadzi się z wykorzystaniem wielu procesów technologicznych różniących się w zależności od metody wydobywania surowca (podziemna i odkrywkowa). Proces eksploatacji surowców obejmuje wydobywanie kopaliny, ich wstępne oczyszczenie oraz wzbogacenie poprzez obniżenie zawartości substancji współwystępujących z wydobywanym materiałem. Górnictwo niewęglowe charakteryzuje się bardzo trudnymi warunkami naturalnymi oraz występowaniem prawie wszystkich rodzajów zagrożeń jednocześnie: hałasu, wibracji, zagrożeń pyłowych oraz klimatycznych. Warunki pracy występujące w kopalniach surowców różnią się w zależności od rodzaju wydobywanej kopaliny i technologii wydobywania. Warunki panujące w kopalniach odkrywkowych są zupełnie inne niż w kopalniach głębinowych. Nie bez znaczenia pozostaje też skład chemiczny wydobywanego surowca.

Niezależnie jednak od rodzaju kopalni, zastosowanej metody wydobywania i rodzaju eksploatowanego złoża, górnictwo niewęglowe jest branżą o wyjątkowo dużej szkodliwości środowiska pracy. Zagrożenia występujące powszechnie w górnictwie niewęglowym mają charakter szczególnie agresywny i niebezpieczny dla zdrowia pracowników. W warunkach narażenia pracuje w tej branży zdecydowana większość pracowników, wykonujących zarówno czynności związane bezpośrednio z eksploatacją złoża, jak i tych, których praca polega na oczyszczaniu czy wzbogacaniu wydobytego już surowca.

Ze specyfiki prac górniczych wynika, że czynności technologiczne mające na celu pozyskanie surowców skalnych i mineralnych związane są z emisją na stanowiskach pracy dużych ilości pyłu zawierającego wolną krystaliczną krzemionkę (WKK). Stężenia pyłu zawierającego krzemionkę wahają się w bardzo szerokich granicach, co jest uzależnione od rodzaju wydobywanych i przerabianych surowców, sposo-

bu wydobywania kopaliny, stosowanych technologii, wykorzystywanych maszyn i urządzeń, efektywności działania urządzeń wentylacyjnych itp. Na ilość wytwarzanego pyłu istotny wpływ mają również takie parametry, jak łupliwość, zwięzłość i twardość wydobywanych surowców. Ekspozycja na wysokie stężenia pyłu związana jest z różnorodnymi czynnościami wykonywanymi przy wydobywaniu i obróbce surowców. Do najbardziej pyłotwórczych procesów zaliczamy: wydobywanie surowców, przebijanie i pogłębianie górniczych wyrobisk, wiercenie, rozkruszanie, załadunek, transport urobku i rozładunek surowca (1–2).

Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w wydobywanych materiałach może być różna — w piaskowcach wynosi ona 50–70%, podczas gdy w łupkach może wynosić od kilku do nawet powyżej 90% (3–4). Nastęstwem codziennego przebywania w warunkach zagrożenia jest wysoki poziom zachorowalności na choroby zawodowe. Wielu specjalistów z zakresu higieny i medycyny pracy podejmuje badania mające na celu określenie relacji między narażeniem na czynniki szkodliwe panujące w górnictwie niewęglowym a chorobami układu oddechowego (5–8). Z charakteru zagrożeń, z jakimi mają kontakt pracownicy tej branży, wynika struktura zachorowań, wśród których zdecydowanie przeważają choroby układu oddechowego, w tym pylice płuc (9–13).

Mimo że w Polsce prowadzi się intensywne działania dotyczące strategii zwalczania zagrożenia pyłowego w miejscu zatrudnienia, to i tak w górnictwie niewęglowym występują znaczne przekroczenia obowiązujących normatywów higienicznych na większości stanowisk pracy. Z tego powodu, z punktu widzenia higienistów pracy, istotne jest dokonanie oceny narażenia zawodowego pracowników zatrudnionych przy wydobywaniu surowców niewęglowych na pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę w różnego rodzaju zakładach wydobywczych. Taka ocena może zostać wykorzystana przy podejmowaniu działań prewencyjnych, które mają na celu ograniczenie narażenia na pyły poprzez zmniejszenie emisji i wprowadzanie skutecznych ochron zarówno zbiorowych, jak i indywidualnych.

Z wcześniejszych analiz prowadzonych przez autorów niniejszej publikacji wynika, że wysokie stężenia obu frakcji pyłu (wdychalnej i respirabilnej) oraz znaczny odsetek pomiarów przekraczających najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) odnotowano m.in. w górnictwie niewęglowym związanym z wydobywaniem kamienia, piasku, żwiru, gliny i innych surow-

ców mineralnych (14). Celem obecnie prezentowanej analizy była szczegółowa ocena narażenia zawodowe- go na pył pracowników zatrudnionych w zakładach tej branży z uwzględnieniem rodzaju wydobywanego surowca oraz stanowisk pracy.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem źródłowym dla dokonanej analizy były wyniki pomiarów pyłu wdychalnego i respirabilnego, które zostały przeprowadzone w Polsce w latach 2001–2005 przez laboratoria badań środowiska pracy w ramach ich rutynowej działalności. W niniejszej publikacji przedstawiono narażenie na pył w górnictwie niewęglowym, które obejmuje wydobywanie torfu, górnictwo rud uranu i toru, górnictwo rud metali, wydobywanie kamienia, wydobywanie żwiru, piasku i gliny, wydobywanie minerałów dla przemysłu chemicznego oraz do produkcji nawozów, produkcję soli oraz pozostałe, niesklasyfikowane górnictwo. W tabeli 1. przedstawiono liczbę objętych analizą pomiarów stężeń pyłu w sektorze górnictwa niewę-

glowego, w grupach zgodnych z Polską Klasyfikacją Działalności (PKD).

Analizą objęto łącznie blisko 5 tys. wyników pomiarów przeprowadzonych w zakładach wydobywania surowców niewęglowych w Polsce, z czego prawie 2 tys. wyników pomiarów dotyczyło wydobywania kamienia. Analizę na potrzeby niniejszej publikacji przeprowadzono na poziomie stanowisk pracy o podobnym charakterze wykonywanych czynności i zblizonych okolicznościach wykonywania pracy. Analizując opis stanowisk, brano pod uwagę wykonywane czynności, stosowane procesy technologiczne, maszyny i urządzenia oraz miejsca, w których były one zlokalizowane. Poszczególne stanowiska ujednolicono i odpowiednio nazwano, przyporządkowując je do trzech grup (tab. 2).

Statystyczna analiza danych obejmowała wyznaczenie wartości średniej geometrycznej (GM), odchylenia geometrycznego (GSD) i mediany (Me) dla stężeń obu frakcji pyłu wdychalnego i respirabilnego. Wyznaczono również odsetek wyników pomiarów przekraczających obowiązujące normatywy higieniczne z uwzględnieniem rodzaju pyłu (15).

Tabela 1. Liczba pomiarów stężeń pyłu wykonanych w górnictwie niewęglowym w latach 2001–2005 według klasyfikacji PKD, z podziałem na grupy

Table 1. Number of dust concentration measurements in non-coal mining in 2001–2005 by the NACE

Numer PKD NACE rev (1.1)	Nazwa grupy Group name	Pomiary Surveys n
10.30.0	Wydobywanie, wzbogacanie i brykietowanie torfu / Extraction and agglomeration of peat	82
13.20.0	Górnictwo rud metali nieżelaznych, z wyłączeniem rud uranu i toru / Mining of non-ferrous metal ores, except uranium and thorium ores	1 443
14.10.0–14.13.0	Wydobywanie kamienia / Quarrying of stone	1947
14.11	Wydobywanie kamieni ozdobnych i dla budownictwa / Quarrying of stone for construction	1 518
14.12	Wydobywanie skał wapiennych, gipsu i kredy / Quarrying of limestone, gypsum and chalk	385
14.13	Wydobywanie łupków / Quarrying of slate	44
14.20.0	Wydobywanie żwiru, piasku i gliny / Quarrying of sand and clay	813
14.30.0	Wydobywanie minerałów dla przemysłu chemicznego oraz do produkcji nawozów / Mining of chemical and fertilizer minerals	158
14.40.0	Produkcja soli / Production of salt	301
14.50.0	Pozostałe górnictwo, gdzie indziej niesklasyfikowane / Other mining and quarrying n.e.c.	224
Ogółem / Total		4 968

Tabela 2. Podział stanowisk na grupy w górnictwie niewęglowym
Table 2. Workpost groups in non-coal mining

Numer grupy stanowisk Workpost group number	Nazwa grupy stanowisk Workpost group name	Stanowiska występujące w grupie Workposts within the group
1	górnicy: zatrudnieni bezpośrednio przy wydobyciu surowca / miners employed directly in raw material output	przodowy, szybowy, ścianowy, kombajnowy, sekcyjny, strzałowy, wiertacz / face foreman, shaftsman, longwall miner, cutter-loaderman, blaster, crutter
2	górnicy: zatrudnieni przy transporcie surowca / miners employed in transport of the product	operatorzy: ciągu wydobywczego, ładowarki urobku skalnego, taśmociągu, przenośników: chodnikowych, wyładunku; maszynista kolejki, manewrowy / operators of: flow string, belt conveyors, railway driver, shunter
3	górnicy: zatrudnieni przy obsłudze urządzeń mechanicznych i inni pracownicy techniczni kopalni / miners employed as operators of machines and other technical staff in the mine	operatorzy: odwadniarek, pomp, wentylacji; inni: rabunkarz, zbrojarz, cieśla, elektryk, ślusarz, mechanik, spawacz, hydraulik / operators of: drainer, pumps, ventilation system; other staff: prop drawer, steel fixer, timberer, electrician, locksmith, mechanician, welder, plumber

WYNIKI

Frakcja wdychalna

Przeciętne stężenie pyłu wdychalnego w całej branży obejmującej górnictwo niewęglowe wynosiło 2,58 mg/m³ (GM), a odchylenie geometryczne (GSD) — 2,19 mg/m³. Średnie stężenie pyłu w poszczególnych grupach według PKD poddanych analizie było najniższe podczas wydobywania żwiru, piasku i gliny (1,67 mg/m³), a najwyższe przy produkcji soli (5,51 mg/m³) i w pozostałym niesklasyfikowanym górnictwie (4,3 mg/m³). Analizując narażenie na poziomie wyodrębnionych grup stanowisk, stwierdzono, że najwyższe średnie stężenie frakcji wdychalnej pyłu — wynoszące 9 mg/m³ (GM) przy GSD równym 2,82 mg/m³ — dotyczyło pracowników zatrudnionych przy transporcie podczas produkcji soli. Równie wysokie stężenia obserwowano w przypadku zatrudnionych w kopalniach soli przy obsłudze urządzeń mechanicznych i innych pracowników technicznych (GM = 5,53 mg/m³, GSD = 2,93 mg/m³). Przekroczenie normatywu higienicznego w wymienionych dwóch grupach stanowisk dotyczyło odpowiednio 51% i 35% analizowanych wyników.

Wysokie stężenia pyłu wdychalnego odnotowano również w pozostałym niesklasyfikowanym górnictwie u pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy wydobyciu surowca (GM = 4,82 mg/m³, GSD = 2,13 mg/m³) oraz pracowników zatrudnio-

nych przy obsłudze urządzeń mechanicznych i innych pracowników technicznych (GM = 4,61 mg/m³, GSD = 1,8 mg/m³). Odsetki przekroczeń normatywów higienicznych dotyczące tych stanowisk kształtowały się na bardzo wysokim poziomie i wynosiły odpowiednio: 36% i 68%.

Frakcja respirabilna

Średnie geometryczne stężenie (GM) pyłu respirabilnego w górnictwie niewęglowym wynosiło 0,56 mg/m³ przy odchyleniu geometrycznym (GSD) równym 2,04 mg/m³. Najwyższe stężenia tej frakcji pyłu stwierdzono w grupie określonej jako pozostałe niesklasyfikowane górnictwo (GM = 1,10 mg/m³, GSD = 1,18 mg/m³).

W odniesieniu do grup stanowisk wysokie stężenia odnotowano na stanowiskach związanych z transportem w kopalniach łupków (GM = 1,91 mg/m³, GSD = 2,55 mg/m³). Na niewiele niższym poziomie kształtowały się stężenia pyłu respirabilnego w pozostałym niesklasyfikowanym górnictwie przy bezpośrednim wydobyciu surowców (GM = 1,03 mg/m³, GSD = 3,01 mg/m³) oraz na stanowiskach pracowników zatrudnionych przy obsłudze urządzeń mechanicznych (GM = 1,25 mg/m³, GSD = 0,86 mg/m³). Przekroczenie normatywu higienicznego w tych gałęziach branży wydobywczej wynosiło przeciętnie 45% wyników pomiarów w kopalniach łupków i blisko 60% w górnictwie niesklasyfikowanym. W pozostałych gałęziach omawianej branży średnie stężenie frakcji

respirabilnej pyłu zawierało się przedziale do 1 mg/m³, jednak na wielu stanowiskach przekroczone były wartości dopuszczalne. Świadczą o tym dość wysokie odsetki pomiarów, których wyniki znajdują się powyżej wartości NDS.

Szczegółowe wyniki przedstawiające przeciętne stężenia obu frakcji pyłu oraz ocenę narażenia pracowników zatrudnionych w różnych działach górnictwa niewęglowego zamieszczono w tabeli 3. oraz na rycinach 1. i 2.

Tabela 3. Stężenie pyłu wdychalnego i respirabilnego w górnictwie niewęglowym według grup stanowisk w Polsce w latach 2001–2005
Table 3. Concentration of inhalable and respirable dust in non-coal mining by the workpost group in Poland, 2001–2005

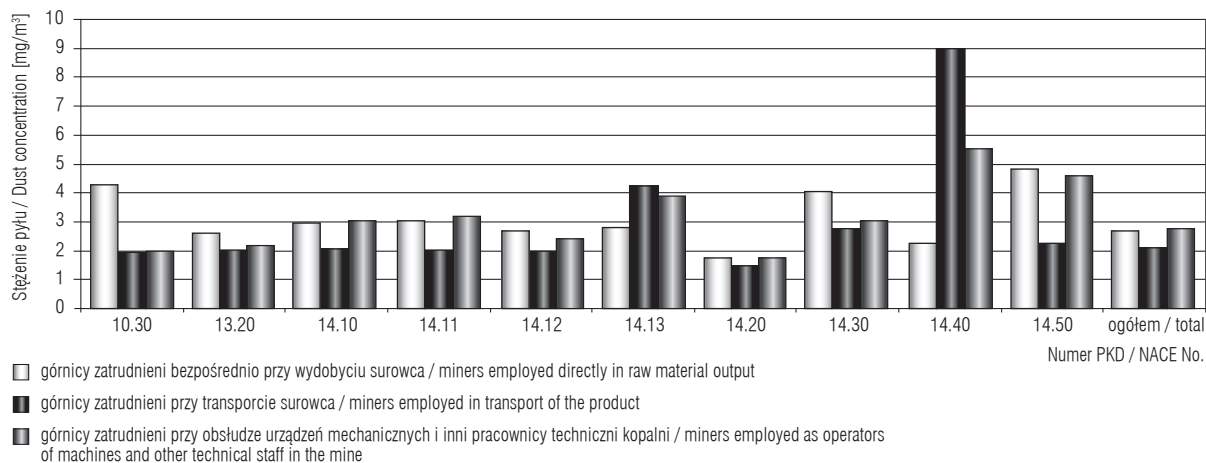
Numer grupy* Group number*	Pył wdychalny Inhalable dust					Pył respirabilny Respirable dust				
	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]
10.30 — Wydobywanie, wzbogacanie i brykietowanie torfu / Extraction and agglomeration of peat										
1	3	4,27	2,28	3,43	33,33	3	0,14	2,89	0,22	–
2	6	1,94	1,86	2,05	–	6	0,91	2,05	0,85	–
3	34	1,98	2,05	2,15	17,65	30	0,35	2,19	0,36	3,33
ogółem / total	43	2,08	2,06	2,30	16,28	39	0,37	2,43	0,32	2,56
13.20 — Górnictwo rud metali nieżelaznych, z wyłączeniem rud uranu i toru / Mining of non-ferrous metal ores, except uranium and thorium ores										
1	144	2,62	1,71	2,61	18,75	142	0,61	1,53	0,65	9,15
2	178	2,01	1,80	2,08	8,43	176	0,49	1,54	0,49	3,41
3	402	2,16	1,67	2,18	13,43	401	0,54	1,67	0,60	5,74
ogółem / total	724	2,21	1,72	2,22	13,26	719	0,54	1,62	0,59	5,84
14.10 — Wydobywanie kamienia / Quarrying of stone										
1	292	2,95	2,00	2,90	20,89	229	0,69	2,03	0,70	21,83
2	269	2,06	1,93	2,08	7,81	225	0,52	1,94	0,53	4,00
3	526	3,05	2,15	3,11	20,15	406	0,71	2,05	0,70	20,20
ogółem / total	1 087	2,74	2,09	2,71	17,30	860	0,81	1,75	0,65	17,56
14.11 — Wydobywanie kamieni ozdobnych i dla budownictwa / Quarrying of stone for construction										
1	212	3,04	1,99	3,10	26,42	198	0,72	2,02	0,70	4,58
2	180	2,04	1,87	2,27	7,22	176	0,51	1,85	0,53	4,23
3	411	3,19	2,04	3,19	20,68	341	0,73	1,99	0,69	17,80
ogółem / total	803	2,85	2,03	2,81	19,18	715	0,67	2,00	0,66	17,80
14.12 — Wydobywanie skał wapiennych / Quarrying of limestone, gypsum and chalk										
1	76	2,70	2,03	2,61	3,95	27	0,47	1,85	0,45	3,70
2	84	2,00	2,04	1,85	7,14	44	0,50	1,98	0,51	9,09
3	100	2,43	2,55	2,53	15,00	54	0,56	2,41	0,67	16,67
ogółem / total	26	2,36	2,25	2,20	9,23	125	0,52	2,14	0,55	11,20

Tabela 3. Stężenie pyłu wdychalnego i respirabilnego w górnictwie niewęglowym według grup stanowisk w Polsce w latach 2001–2005 — cd.
Table 3. Concentration of inhalable and respirable dust in non-coal mining by the workpost group in Poland, 2001–2005 — cont.

Numer grupy* Group number*	Pył wdychalny Inhalable dust					Pył respirabilny Respirable dust				
	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]
14.13 — Wydobywanie łupków / Quarrying of slate										
1	4	2,81	2,26	2,84	50,00	4	0,94	1,85	1,13	50,00
2	5	4,25	1,93	3,55	40,00	5	1,91	2,55	1,13	60,00
3	15	3,91	1,89	4,63	40,00	11	0,90	1,94	0,90	36,36
ogółem / total	24	3,77	1,92	4,09	41,67	20	1,09	2,15	0,92	45,00
14.20 — Wydobywanie żwiru, piasku i gliny / Quarrying of sand and clay										
1	85	1,76	2,02	1,57	4,71	67	0,35	1,94	0,40	17,91
2	130	1,47	1,95	1,46	10,77	114	0,30	2,16	0,36	29,82
3	225	1,76	2,03	1,80	12,00	192	0,47	2,05	0,50	17,19
ogółem / total	440	1,67	2,01	1,60	10,23	373	0,39	2,11	0,44	21,18
14.30 — Wydobywanie materiałów dla przemysłu chemicznego / Mining of chemical and fertilizer minerals										
1	9	4,06	1,81	2,78	–	5	0,80	1,03	0,80	–
2	24	2,78	1,63	2,70	–	15	0,51	1,66	0,60	–
3	72	3,02	1,96	2,98	–	33	0,40	2,45	0,79	–
ogółem / total	105	3,04	1,88	2,90	–	53	0,46	2,18	0,78	–
14.40 — Produkcja soli / Production of salt										
1	25	2,27	3,15	3,20	16,00	11	0,60	3,15	0,50	27,27
2	41	9,00	2,82	10,12	51,22	4	0,41	1,71	0,33	–
3	163	5,53	2,93	4,10	35,58	57	0,50	1,96	0,55	19,30
ogółem / total	229	5,51	3,09	4,45	36,24	72	0,51	2,12	0,51	19,44
14.50 — Pozostałe górnictwo niesklasyfikowane / Other mining and quarrying										
1	25	4,82	2,13	3,80	36,00	22	1,03	3,01	0,90	40,91
2	13	2,26	1,87	2,40	7,69	11	0,54	0,46	0,60	18,18
3	81	4,61	1,80	4,53	67,90	72	1,25	0,86	1,36	70,83
ogółem / total	119	4,30	1,94	4,27	54,62	105	1,10	1,56	1,18	59,05
Wszystkie grupy / All groups										
1	583	2,70	2,05	2,73	18,18	479	0,61	2,01	0,65	18,16
2	661	2,12	2,02	2,02	10,89	551	0,46	1,93	0,50	11,07
3	1503	2,75	2,26	2,70	20,36	1 191	0,59	2,07	0,60	16,88
ogółem / total	2 747	2,58	2,21	2,50	17,62	2 221	0,56	2,04	0,60	15,71

* Numery grup stanowisk szczegółowo opisane w tabeli 2 / Number of workpost group described in Table 2.

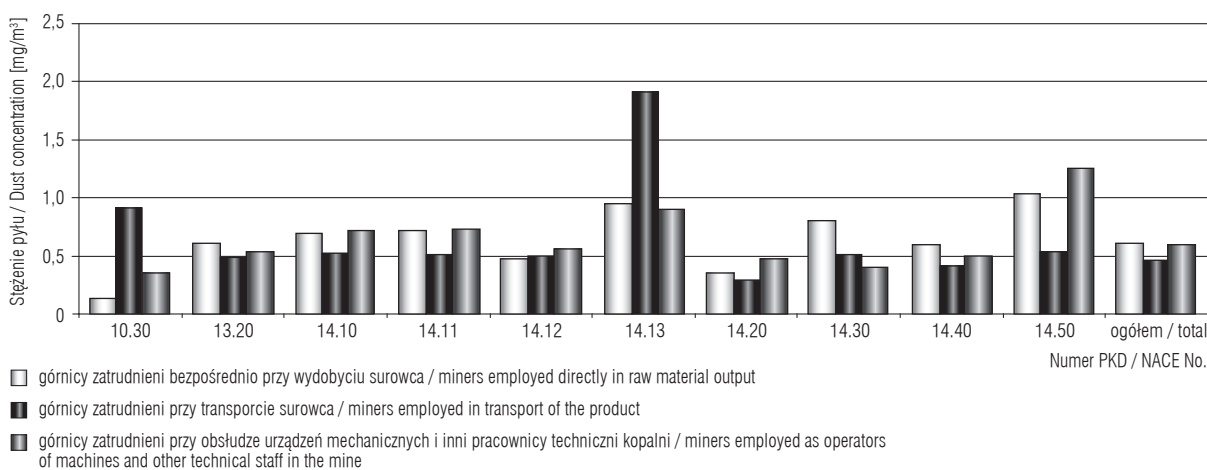
N — liczba pomiarów / survey number; GM — średnia geometryczna / geometric mean; GSD — standardowe odchylenie geometryczne / geometric standard deviation; Me — mediana / median; NDS — najwyższe dopuszczalne stężenie / MAC — maximum admissible concentration; 8h time weighted average.



Skróty jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

Ryc. 1. Średnie geometryczne stężenie pyłu wdychalnego według grup stanowisk w poszczególnych klasach PKD w górnictwie niewęglowym w Polsce.

Fig. 1. Geometric mean of inhalable dust by the workpost group in non-coal mining in Poland.



Skróty jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.

Ryc. 2. Średnie geometryczne stężenie pyłu respirabilnego według grup stanowisk w poszczególnych klasach PKD w górnictwie niewęglowym w Polsce.

Fig. 2. Geometric mean of respirable dust by the workpost group in non-coal mining in Poland.

Stężenia pyłu wdychalnego i respirabilnego z uwzględnieniem jego rodzaju

Pyłem o największej szkodliwości dla zdrowia pracowników jest pył zawierający powyżej 50% wolnej krystalicznej krzemionki. Średnie stężenia obu frakcji tego pyłu znajdowały się na wysokim poziomie, a wyniki pomiarów znacznie przekraczały wartości obowiązującego normatywu higienicznego. Stężenie frakcji wdychalnej wynosiło $1,48 \text{ mg/m}^3$ przy NDS równym 2 mg/m^3 , NDS przekraczało 28,22% wyników, natomiast stężenie frakcji respirabilnej wynosiło $0,37 \text{ mg/m}^3$ przy NDS równym $0,3 \text{ mg/m}^3$, NDS przekraczało 56,33% pomiarów.

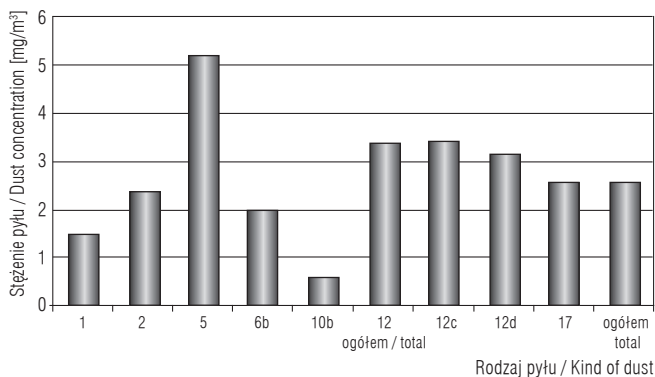
Wysokie stężenia obserwowano również dla pyłów o niższej zawartości SiO_2 . Stężenia frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłu zawierającego 2–50% krzemionki wynosiły odpowiednio $2,38 \text{ mg/m}^3$ i $0,58 \text{ mg/m}^3$, a około 13% pomiarów przekraczało wartość NDS. Średnie stężenie pyłu wdychalnego zawierającego poniżej 2% wolnej krystalicznej krzemionki było na poziomie $5,18 \text{ mg/m}^3$, przy czym ponad 20% wyników pomiarów przekraczało wartość NDS wynoszącą dla tego rodzaju pyłu 10 mg/m^3 .

Szczegółowe wyniki obrazujące ekspozycję na pył z uwzględnieniem jego rodzaju prezentuje tabela 4. oraz ryciny 3. i 4.

Tabela 4. Narażenie na różne rodzaje pyłów w górnictwie niewęglowym w latach 2001–2005 — pył wdychalny i respirabilny
Table 4. Assessment of exposure to different dust in non-coal mining in 2001–2005 — inhalable and respirable dust

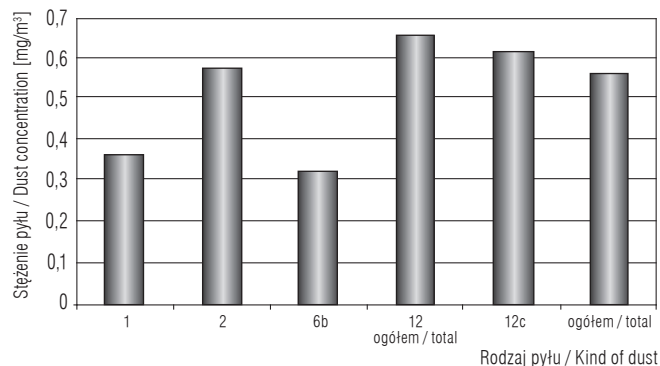
Numer grupy* Group number*	Rodzaj pyłu Kind of dust	Pył wdychalny Inhalable dust				Pył respirabilny Respirable dust					
		N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]
1	Pyły zawierające > 50% WKK / Crystalline silica dust (more than 50% silica)	163	1,48	1,93	1,39	28,22	158	0,37	2,34	0,37	56,33
2	Pyły zawierające 2–50% WKK / Crystalline silica dust (2–50% silica)	2 084	2,38	1,99	2,40	16,60	2 001	0,58	1,99	0,60	12,89
5	Inne nietrujące pyły przemysłowe, w tym zawierające < 2% WKK / Crystalline silica dust (less than 2% silica)	384	5,18	2,65	5,30	21,61	–	–	–	–	–
6b	Pyły organiczne pochodzenia zwierzęcego i roślinnego zawierające < 10% WKK / Organic dust (less than 10% SiO ₂)	40	2,01	2,02	2,22	10,00	35	0,33	2,30	0,31	–
10b	Pyły apatytów i fosforatów zawierające > 2% WKK / Apatites and phosphorites dust (less than 2% silica)	6	0,57	1,08	2,57	16,67	–	–	–	–	–
12 a,b,c,d	Pyły węgla kamiennego i brunatnego zawierającego WKK / Coal dust with SiO ₂	34	3,40	1,70	3,20	11,76	27	0,66	1,90	0,60	7,41
	12c) 2–10% WKK / 2–10% silica	28	3,43	1,60	3,20	14,81	27	0,62	1,89	0,60	7,69
	12d) < 2% WKK / <2% silica	6	3,14	2,15	4,50	–	–	–	–	–	–
17	Pyły dolomitu zawierającego < 2% WKK i niezawierającego azbestu / Dolomite dust (less than 2% silica)	36	2,57	1,78	2,35	–	–	–	–	–	–
	Ogółem / Total	2 747	2,58	2,19	2,50	17,62	2 221	0,56	2,04	0,60	15,71

* Kod pyłu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 września 2002 r. w sprawie NDS (15) / Code of dust according to the Regulation of the Ministry of Labour and Social Policy of 29 September 2002 concerning hygiene standards.
WKK — wolna krystaliczna krzemionka / free crystalline silica.
Skróty jak w tabeli 3 / Abbreviations as in Table 3.



* Objaśnienie numeracji pyłu w tabeli 4 / Explanation of dust number in Table 4.

Ryc. 3. Stężenie pyłu wdychalnego (GM) z uwzględnieniem jego rodzaju w górnictwie niewęglowym w latach 2001–2005.
Fig. 3. Concentration to different dust in non-coal mining in 2001–2005 — inhalable dust.



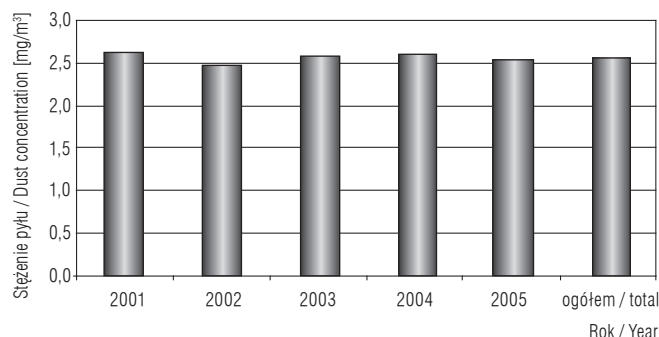
* Objaśnienie numeracji pyłu w tabeli 4 / Explanation of dust number in Table 4.

Ryc. 4. Stężenie pyłu respirabilnego (GM) z uwzględnieniem jego rodzaju w górnictwie niewęglowym w Polsce w latach 2001–2005.
Fig. 4. Concentration to different dust in non-coal in mining in 2001–2005 — respirable dust.

Dynamika zmian poziomu narażenia na pył wdychalny i respirabilny na przestrzeni lat 2001–2005

Górnictwo niewęglowe cechuje się wysokimi stężeniami frakcji wdychalnej i respirabilnej oraz przekroczeniami obowiązujących normatywów higienicznych. Analiza dynamiki zmian stężeń pyłu w latach 2001–2005 w zakresie pyłu wdychalnego nie wykazała tendencji liniowej wskazującej na spadek bądź wzrost stężeń pyłu. Nieznaczny spadek średnich wartości stężeń na przestrzeni badanego pięciolecia następował w przypadku frakcji respirabilnej, jednak jest on na tyle niski, że nie może świadczyć o pozytywnym kierunku zmian w tym zakresie.

Szczegółowe dane uwzględniające średnie stężenia pyłów oraz odsetek przekroczeń NDS w analizowanych latach zamieszczono w tabeli 5. oraz na rycinach 5. i 6.

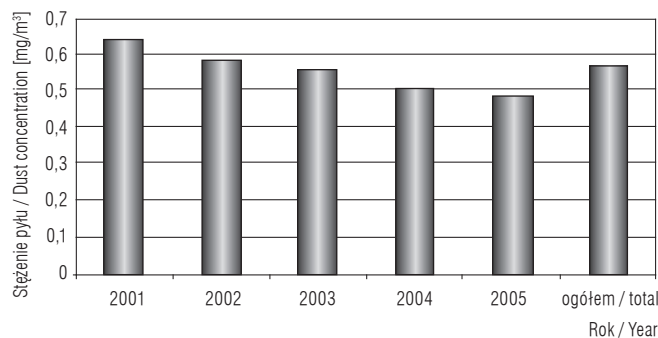


Ryc. 5. Stężenie pyłu wdychalnego (GM) w górnictwie niewęglowym w Polsce na przestrzeni lat 2001–2005.
Fig. 5. Geometric mean concentration of inhalable dust in non-coal mining in Poland, 2001–2005.

Tabela 5. Dynamika zmian poziomów stężeń pyłu wdychalnego i respirabilnego w górnictwie niewęglowym w latach 2001–2005
Table 5. The dynamics of changes in the concentration levels of inhalable and respirable dust in non-coal mining in 2001–2005

Rok Year	Pył wdychalny Inhalable dust					Pył respirabilny Respirable dust				
	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]	N	GM	GSD	Me	pomiary powyżej NDS surveys above hygiene standard [%]
2001	624	2,66	2,29	2,72	21,96	512	0,63	2,15	0,70	21,88
2002	804	2,50	1,88	2,40	14,43	688	0,57	1,57	0,59	11,19
2003	580	2,61	2,20	2,57	17,41	462	0,55	2,10	0,57	17,75
2004	370	2,63	2,31	2,63	16,49	268	0,50	2,09	0,57	13,06
2005	369	2,57	2,59	2,46	18,70	291	0,48	2,12	0,50	14,78
Ogółem / Total	2 747	2,58	2,19	2,50	17,62	221	0,56	2,04	0,60	15,71

Skróty jak w tabeli 3 / Abbreviations as in Table 3.



Ryc. 6. Stężenie pyłu respirabilnego (GM) w górnictwie niewęglowym w Polsce na przestrzeni lat 2001–2005.

Fig. 6. Geometric mean concentration of respirable dust in non-coal mining in Poland, 2001–2005.

OMÓWIENIE

Narażenie zawodowe na wysokie stężenia pyłów jest problemem dotyczącym wielu branż gospodarki, jednak górnictwo obejmujące zarówno wydobywanie węgla kamiennego i brunatnego, jak i górnictwo niewęglowe są gałęziami przemysłu, w których ekspozycja pracowników na omawiany czynnik jest szczególnie wysoka. Jak wynika z uprzednio przeprowadzonych analiz obejmujących wszystkie branże, w górnictwie węgla oraz górnictwie związanym z wydobyciem kamienia, piasku, żwiru, gliny i innych surowców mineralnych stężenia pyłów znajdują się na bardzo wysokich poziomach, wysoki jest też odsetek wyników pomiarów przekraczających obowiązujące normatywy higieniczne (14). Z analizy obejmującej tylko kopalnie węgla kamiennego i brunatnego wynika, że największe stężenia występowały podczas prac podziemnych przy wydobyciu surowca (węgla kamiennego). Niemal na wszystkich analizowanych stanowiskach pracy występowały przekroczenia NDS (16).

W niniejszej pracy szczegółowej analizie poddano wyniki pomiarów stężeń pyłu przeprowadzone w górnictwie niewęglowym, które obejmuje wydobywanie surowców budowlanych i drogowych (kamienia, żwiru, piasku i gliny), surowców chemicznych (soli i siarki), surowców hutniczych (rud metali) oraz pozostałe górnictwo niesklasyfikowane. Podsumowując warunki pracy w narażeniu na pył w obu tych branżach, można stwierdzić, że niezależnie od rodzaju wydobywanej kopaliny wysokie stężenia pyłów występujące przy wydobyciu surowców są jednym z najistotniejszych zagrożeń dla zdrowia pracowników zatrudnionych w sektorze wydobywczym. Charakter źródła emisji pyłu związany jest z wieloma czynnościami wykonywanymi podczas prac

wydobywczym. Narażenie na pył w górnictwie niewęglowym występuje podczas prawie wszystkich etapów procesu wydobywczego oraz podczas różnorodnych czynności związanych z obróbką wydobytego już surowca. Szczególnie agresywny charakter ma pył powstający w kopalniach surowców niewęglowych, zwłaszcza że pracownicy zatrudnieni w tej branży narażeni są na pyły różnego pochodzenia, zawierające niekiedy wysoki odsetek wolnej krystalicznej krzemionki. Pyły, które najczęściej spotykane są w górnictwie niewęglowym, klasyfikowane są ze względu na zawartość SiO_2 do grupy zawierającej 2–50% WKK. Z innych badań wiadomo, że niektóre z nich zawierają znaczną ilość WKK i mogą charakteryzować się silnym działaniem zwłókniającym, które przy dłuższej ekspozycji prowadzi do rozwoju pylicy płuc (9–11).

Analizę stężeń pyłów w branży górnictwa niewęglowego prowadzono na poziomie grup PKD oraz według określonych grup stanowisk pracy, wyodrębnionych specjalnie na potrzeby niniejszej publikacji. Jak wynika z licznych badań, zróżnicowanie stężeń pyłów nawet w ramach jednego stanowiska jest dość duże, a wartość narażenia jest determinowana głównie przez określone czynności. Z tego powodu uznano, że analiza przeprowadzona w odniesieniu do stanowisk, a nie jedynie do grup PKD, dostarczy szerszych możliwości wykorzystania jej wyników przez higienistów pracy podczas podejmowania określonych działań prewencyjnych.

Tworząc dla celów tej analizy jednorodnie (w miarę możliwości) grupy stanowisk, brano pod uwagę rodzaj kopalni, charakter wykonywanych czynności oraz lokalizację stanowiska pracy. Dla każdej z grup oszacowano wartość średniego narażenia na pyły na przestrzeni badanego pięciolecia, stopień rozproszenia wyników oraz odsetek przekroczeń wartości dopuszczalnych. W analizie uwzględniono również stężenia i przekroczenia NDS w odniesieniu do różnych rodzajów pyłu. Specyfika pracy w kopalniach nie zawsze umożliwia wykonywanie pomiarów na stanowiskach pracy o jednakowych warunkach. Zmienia się miejsce wyrobiska, warunki środowiskowe, wentylacyjne itp., dlatego — mimo że są to stanowiska o zbliżonym charakterze pracy — intensywność emisji pyłu może być zmienna. Wyrazem tej zmienności są wysokie wartości odchyień standardowych w prezentowanej analizie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że najwyższe stężenie frakcji wdychalnej pyłu występowało podczas produkcji soli i wynosiło średnio $5,51 \text{ mg/m}^3$. Szczególnie wysokie narażenie dotyczyło pracowników zajmujących się transportem

w kopalniach soli. Średnia geometryczna (GM) na tych stanowiskach wyniosła 9 mg/m^3 (przy $\text{GSD} = 2,82 \text{ mg/m}^3$), a ponad 50% wyników przeprowadzonych pomiarów przekraczało wartość dopuszczalną.

W badaniach Szlązaka (3) przeprowadzonych w wybranych kopalniach soli wykonano pomiary stężenia pyłu w powietrzu na następujących stanowiskach: obsługa zsypek, wiertacze w komorach, wiertacze w chodnikach ślepych, obsługa zgarniaczy i kruszarnia główna. Jak wynika z tego badania, stężenia obu frakcji pyłu na wymienionych stanowiskach były bardzo wysokie i znacznie przekraczały poziomy bezpieczne dla zdrowia pracowników. Szczególnie wysokie narażenie obserwowano podczas załadunku urobku na stanowiskach obsługi zsypek, gdzie stężenia pyłu wynosiły nawet $190,3 \text{ mg/m}^3$. Zgodnie z innymi badaniami, opublikowanymi również w Polsce, średnie narażenie pracowników kopalni soli w czasie przeróbki mechanicznej tego surowca wynosi $10,12 \text{ mg/m}^3$, czyli przekracza najwyższe dopuszczalne stężenia (17).

Z przeprowadzonej przez nas analizy wynika, że średnie stężenie pyłu podczas wydobywania i obróbki kamienia wynosiło $2,74 \text{ mg/m}^3$ w przypadku pyłu wdychalnego i $0,81 \text{ mg/m}^3$ dla pyłu respirabilnego. Blisko 20% wyników pomiarów przekraczało wartość normatywu higienicznego. Jerzak i wsp. (18) opublikowali wyniki badań wykonanych w ramach oceny środowiska pracy w 21 zakładach górnictwa skalnego w latach 2001–2004, przedstawiając krotności przekroczeń NDS dla pyłu wdychalnego i respirabilnego na wybranych stanowiskach. Z analizy ww. autorów wynika, że w zakładach górnictwa skalnego na stanowiskach związanych z obróbką i przeróbką surowców skalnych przy zastosowaniu traków, łupiarek, maszyn tnących, urządzeń szlifiersko-polarskich oraz urządzeń przeróbczych bardzo często występują przekroczenia wartości dopuszczalnych. Najczęściej wielokrotne przekroczenia NDS obserwowano w przypadku operatorów urządzeń przeróbczych, operatorów łupiarek oraz operatorów maszyn tnących (cyrkularki, piły tarczowe). Według autorów tego badania pyły występujące w zakładach górnictwa skalnego (np. w kopalni granitu) podczas obróbki kamienia zawierają wolną krystaliczną krzemionkę w stężeniu wynoszącym 18–30%.

Z kolei Stolecki i wsp. (19) przedstawili wyniki pomiarów stężeń pyłu w górnictwie materiałów skalnych z obszaru dolnośląskiego. Analiza dotyczyła stanowisk kamieniarza i wiertacza. Na stanowisku kamieniarza średnie stężenie pyłu wdychalnego wynosiło $5,81 \text{ mg/m}^3$, a pyłu respirabilnego — $2,09 \text{ mg/m}^3$.

Zbliżone były wartości średnich stężeń pyłu na stanowisku wiertacza (odpowiednio: $6,13 \text{ mg/m}^3$, $2,02 \text{ mg/m}^3$). Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki mieściła się w zakresie 18,4–19,4%.

Bardzo wysokie stężenia pyłu odnotowano na podobnych stanowiskach w badaniach przeprowadzonych w kopalni kamienia w Iranie, gdzie średnie stężenie pyłu podczas prac wiertniczych wynosiło $8\text{--}107,9 \text{ mg/m}^3$ (20). W Stanach Zjednoczonych przeprowadzono natomiast analizę narażenia zawodowego na różne czynniki szkodliwe dla zdrowia, w tym również pył, w latach 1979–1982. Badaniem objęto 19 zakładów wydobywających kamień oraz prowadzących prace kruszarskie. Autorzy stwierdzili, że około 25% pomiarów pyłu przekraczało obowiązujący normatyw. Najwyższe stężenia odnotowano na stanowiskach osób zatrudnionych przy mieleniu surowca oraz operatorów kruszarek (21). Podobna sytuacja wynika z naszych badań, w których 20% wyników pomiarów stężeń na wyżej wspomnianych stanowiskach przekraczało wartość dopuszczalną.

Różne badania potwierdzają wysokie stężenia krystalicznych odmian krzemionki w pyłe powstającym na stanowiskach pracy w kopalniach łupków. W Norwegii (22) stwierdzono, że podczas wydobywania łupków stężenie kwarcu w pyłe respirabilnym wynosi 7–41%. Również z badań przeprowadzonych przez Więcka i wsp. (4) wynika, że we wszystkich objętych badaniem zakładach górnictwa skalnego i zakładach przerabiających łupki występują wysokie stężenia pyłu na stanowiskach pracy, wielokrotnie przekraczające wartości dopuszczalne. Autorzy podają, że zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe w tych kopalniach mieści się w szerokim zakresie — od 18,6% do 91,0%.

Z przedstawionej przez nas analizy wynika, że stężenie pyłu w kopalniach łupków jest stosunkowo wysokie, a jego średnie wartości wynoszą $3,77 \text{ mg/m}^3$ dla pyłu całkowitego i $1,09 \text{ mg/m}^3$ dla respirabilnego, co przy wysokiej zawartości krystalicznej krzemionki stanowi bardzo duże zagrożenie dla zdrowia pracowników.

Powyżej przytoczone zostały badania w kopalniach surowców niewęglowych przeprowadzone w różnych krajach, w kopalniach różnorodnych pod względem wydobywanego surowca i metody wydobywczej oraz na różnych stanowiskach. Praktycznie we wszystkich badaniach przeprowadzonych w kopalniach wykazano, że stężenia pyłu kopalnianego są bardzo wysokie, przekraczające wartości dopuszczalnych normatywów higienicznych niekiedy kilku- lub nawet kilkunastokrotnie (23–25).

Prace w kopalniach surowców niewęglowych, zwłaszcza te wykonywane pod ziemią, w zamkniętych przestrzeniach, związane są ze szczególnie wysoką emisją pyłu na stanowiskach pracy. Wykonana przez nas analiza narażenia na pyły potwierdza, że zagrożenie to nadal stanowi istotny problem dla zdrowia pracowników tej branży. Mimo że stężenia pyłu w kopalniach są monitorowane, a działania higienistów pracy skupiają się na rozwiązaniach, które doprowadziłyby do obniżenia narażenia na ten czynnik, to na większości stanowisk pracy występują znaczne przekroczenia obowiązujących wartości normatywnych higienicznych. Dane obrazujące zmienność stężeń pyłów na przestrzeni badanego pięciolecia nie wskazują na wystąpienie korzystnych trendów w zakresie obniżania ekspozycji. Z tego powodu istotne jest dalsze dążenie do obniżenia emisji pyłu oraz obligowanie pracowników do przestrzegania zaleceń higienicznych, zwłaszcza do systematycznego stosowania ochron indywidualnych ograniczających narażenie dróg oddechowych na pył, przy czym dobór środków ochrony indywidualnej powinien być odpowiedni do istniejących zagrożeń.

PIŚMIENNICTWO

1. Bahrami A.R., Golbabai F., Mahjub H., Qorbani F., Aliabadi M., Barqi M.: Determination of exposure to respirable quartz in the stone crushing units at Azendarian-West of Iran. *Ind. Health* 2008;46(4):404–408
2. Fulekar M.H.: Occupational exposure to dust in quartz manufacturing industry. *Ann. Occup. Hyg.* 1999;43(4):269–273
3. Szlązak N., Obracaj D.: Zapylenie powietrza w podziemnych kopalniach soli kamiennej. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2002
4. Więcek E., Woźniak H.: Porównanie ocen oddziaływania na środowisko i zdrowie ludności zamieszkałej w pobliżu zakładu górniczego surowców skalnych na podstawie metod obliczeniowych i pomiarów emisji pyłu. *Med. Pr.* 2004;55(1):87–92
5. Donoghue A.M.: Occupational health hazards in mining: An overview. *Occup. Med.* 2004;54:283–289
6. Love R.G., Miller B.G., Groat S.K., Hagen S., Cowie H.A., Johnston P.P. i wsp.: Respiratory health effects of open-cast coalmining: A cross sectional study of current workers. *Occup. Environ. Med.* 1999;56:124–133
7. Miller B.G., Soutar C.A.: Observed and predicted silicosis risks in heavy clay workers. *Occup. Med. (Lond.)* 2007;57(8):569–574
8. Ross M.H., Murray J.: Occupational respiratory disease in mining. *Occup. Med.* 2004;54(5):304–310
9. Chen W., Zhuang Z., Attfield M.D., Chen B.T., Gao P., Harrison J.C. i wsp.: Exposure to silica and silicosis among tin miners in China: Exposure-response analyses and risk assessment. *Occup. Environ. Med.* 2001;58(1):31–37
10. Chen W., Hnizdo E., Chen J.Q., Attfield M.D., Gao P., Hearl F. i wsp.: Risk of silicosis in cohorts of Chinese tin and tungsten miners, and pottery workers (I): An epidemiological study. *Am. J. Ind. Med.* 2005;48(1):1–9
11. Chiavegatto C.V., Carneiro A.P., Dias E.C., Nascimento M.S.: Diagnosis of severe silicosis in young adults working in stone polishing and mining in Minas Gerais. Brazil. *Int. J. Occup. Environ. Health* 2010;16(2):147–150
12. Cocco P., Rice C.H., Chen J.Q., McCawley M.A., McLaughlin J.K., Dosemeci M.: Lung cancer risk, silica exposure, and silicosis in Chinese mines and pottery factories: The modifying role of other workplace lung carcinogens. *Am. J. Ind. Med.* 2001;40(6):674–682
13. Guénel P., Hojberg G., Lynge E.: Cancer incidence among Danish stone workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 1989;15(4):265–270
14. Bujak-Pietrek S., Mikołajczyk U., Szadkowska-Stańczyk I., Stroszejn-Mrowca G.: Narażenie pracowników wybranych gałęzi gospodarki na pyły — wykorzystanie elektronicznej ogólnopolskiej bazy danych. *Med. Pr.* 2008;59(3):203–213
15. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU z 2002 r. nr 217, poz. 1833*
16. Mikołajczyk U., Bujak-Pietrek S., Szadkowska-Stańczyk I.: Narażenie na pył w górnictwie węglowym. Analiza na podstawie pomiarów wykonanych przez laboratoria badań środowiska pracy w Polsce w latach 2001–2005. *Med. Pr.* 2010;61(3):287–297
17. Bulikowski W., Skorupski R., Sokołowska B., Banaś A.: Ogólna ocena narażenia pracowników obróbki mechanicznej soli w kopalni „Kłodawa” w Kłodawie. *Probl. Hig. Prac.* 2007(15):221–224
18. Jerzak S., Nędzka Z.: Środowisko pracy przy obróbce i przeróbce surowców skalnych. Konferencje. *Prace Nauk. Inst. Górn. Polit. Wrocław.* 2005;109:93–104
19. Stolecki L.: Stan prawny, technologiczny i techniczny pomiarów zapylenia w środowisku pracy. *Prace Nauk. Inst. Górn. Polit. Wrocław.* 2001;92:111–118

20. Golbabaei F., Barghi M.A., Sakhaei M.: Evaluation of workers exposure to total, respirable and silica dust and the related health symptoms in Senjedak stone quarry. *Iran. Ind. Health* 2004;42(1):29–33
21. Kullman G.J., Greife A.L., Costello J., Hearl F.J.: Occupational exposures to fibers and quartz at 19 crushed stone mining and milling operations. *Am. J. Ind. Med.* 1995;27(5):641–660
22. Bang B.E., Suhr H.: Quartz exposure in slate industry in Northern Norway. *Ann. Occup. Hyg.* 1998;42(8):557–563
23. Hayumbu P., Robins T.G., Key-Schwartz R.: Cross-sectional silica exposure measurements at two Zambian copper mines of Nkana and Mufulira. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2008;5(2):86–90
24. Guenel P., Breum N.O., Lynge E.: Exposure to silica dust in the Danish stone industry. *Scand. J. Work Environ. Health* 1989;15(2):147–153
25. Bratveit M., Moen B.E., Marshalla Y.J.S., Hatua M.: Dust exposure during small-scale mining in Tanzania: a pilot study. *Ann. Occup. Hyg.* 2003;47:235–240