

Małgorzata Szewczyńska

Małgorzata Pośniak

OCENA NARAŻENIA ZAWODOWEGO NA PYŁY DREWNA PRACOWNIKÓW PRZEMYSŁU MEBLARSKIEGO W POLSCE

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO WOOD DUST IN THE POLISH FURNITURE INDUSTRY

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy / Central Institute for Labour Protection –
National Research Institute, Warszawa, Poland

Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych / Department of Chemical, Aerosol and Biological Hazards

STRESZCZENIE

Wstęp: Narażenie zawodowe na pyły drewna może powodować szkodliwe następstwa zdrowotne. Przede wszystkim stanowią one zagrożenie dla zdrowia pracowników zatrudnionych w zakładach przemysłu drzewnego. Ocena szkodliwego oddziaływania pyłów drewna, jak również interpretacja wyników pomiarów stężeń prowadzonych w celu oceny narażenia zawodowego, jest bardzo trudnym i skomplikowanym zadaniem. Problemy te wynikają z możliwości występowania w powietrzu na stanowiskach pracy pyłów drewna pochodzących z kilkudziesięciu gatunków drzew należących do 2 gromad – nagonasiennych (drzewa iglaste) i okrytonasiennych (drzewa liściaste), a także różniących się składem chemicznym i gęstością (twardością). **Materiał i metody:** Pył całkowity i frakcję respirabilną na stanowiskach pracy w zakładach przemysłu meblowego oznaczano metodą filtracyjno-wagową, zgodnie z normami PN-Z-04030-05:1991 i PN-Z-04030-06:1991. Próbkę powietrza do badań pobierano, stosując zasady dozymetrii indywidualnej. **Wyniki:** Stężenia pyłu całkowitego wynosiły 0,84–13,92 mg/m³, a stężenia frakcji wdychalnej, uzyskane po przeliczeniu pyłu całkowitego po zastosowaniu współczynnika 1,59, 1,34–22,13 mg/m³. Stężenia frakcji respirabilnej wynosiły 0,38–4,04 mg/m³, co stanowi średnio ok. 25% frakcji wdychalnej. Najwyższe stężenia obydwu frakcji pyłu drewna występowało na stanowiskach szlifowania, a najniższe podczas frezowania materiałów stosowanych do produkcji mebli. **Wnioski:** Wyniki pomiarów stężeń pyłów drewna mieszane w zakładach produkujących meble wskazują, że udział frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej tych pyłów jest znaczny. Z uwagi na ustalenie wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) dla frakcji wdychalnej pyłów drewna konieczne jest zastąpienie dotychczas stosowanych próbników do oznaczania pyłu całkowitego próbnikami, które zapewnią ilościowe wyodrębnienie frakcji wdychalnej pyłów drewna zgodnie z konwencją tej frakcji określoną w normie PN-EN 481:1998. Med. Pr. 2017;68(1):45–60

Słowa kluczowe: ocena narażenia zawodowego, przemysł meblarski, pyły drewna, frakcja wdychalna, frakcja respirabilna, czynniki chemiczne

ABSTRACT

Background: Occupational exposure to wood dust can be responsible for many different harmful health effects, especially in workers employed in the wood industry. The assessment of wood dust adverse effects to humans, as well as the interpretation of its concentration measurements carried out to assess potential occupational exposure are very difficult. First of all, it is due to possible occurrence of different kind of wood dust in the workplace air, namely wood dust from dozens of species of trees belonging to 2 kinds of botanical gymnosperms and angiosperms, as well as to its different chemical composition. **Material and Methods:** Total dust and respirable wood dust in the workplace air in the furniture industry was determined using the filtration-gravimetric method in accordance with Polish Standards PN-Z-04030-05:1991 and PN-Z-04030-06:1991. Air samples were collected based on the principles of individual dosimetry. **Results:** Total dust concentrations were 0.84–13.92 mg/m³ and inhalable fraction concentrations, obtained after the conversion of total dust by applying a conversion factor of 1.59, were 1.34–22.13 mg/m³. Respirable fraction concentrations were 0.38–4.04 mg/m³, which makes approx. 25% of the inhalable fraction on average. The highest concentrations occurred in grinding and the lowest during milling processes of materials used in the manufacture of furniture. **Conclusions:** The results indicate that the share of respirable fraction in the inhalable fraction of wood dust is considerable. Due to the determination of the threshold limit value (TLV) for the inhalable fraction of wood dust, it is necessary to replace the previously used samplers for total dust with samplers that provide quantitative separation of wood dust inhalable fractions in accordance with the convention of this fraction as defined in PN-EN 481:1998. Med Pr 2017;68(1):45–60

Key words: exposure assessment, furniture industry, wood dust, inhalable fraction, respirable fraction, chemical agents

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Małgorzata Pośniak, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: mapos@ciop.pl

Nadesłano: 28 stycznia 2016, zatwierdzono: 19 maja 2016

WSTĘP

Narażenie zawodowe na pyły drewna może powodować różne szkodliwe następstwa zdrowotne. Przede wszystkim zagrażają one zdrowiu pracowników zatrudnionych w zakładach przemysłu drzewnego, który jest jednym z najlepiej rozwijających się działów polskiej gospodarki. Najważniejsze sektory przetwarzające drewno to przemysł tartaczny, meblarski, celulozowo-papierniczy i płyt drewnopochodnych. Jest to sektor bardzo rozdrobniony i skupia się na małych i średnich przedsiębiorstwach.

W Polsce funkcjonuje w nim tylko kilka dużych podmiotów. Ponad 30% całego sektora stanowią mikroprzedsiębiorstwa nieobjęte oficjalną statystyką Głównego Urzędu Statystycznego. Udział przemysłu drzewnego w produkcji całego polskiego przemysłu przetwórczego wynosi ponad 9%. Na koniec 2013 r. przemysł drzewny zatrudniał ok. 260 tys. pracowników (w tym przemysł meblowy – 124 tys. pracowników, papierniczy – 49 tys. pracowników) w ponad 65 tys. podmiotów gospodarczych, co stanowi ok. 14% zatrudnienia w przemyśle przetwórczym. Wartość produkcji w tych zakładach w 2013 r. wyniosła ponad 88 mld zł (w tym przemysł papierniczy – 32 mld zł, meblowy – 28,3 mld zł) i wzrosła o 2,3% w porównaniu z 2012 r.

Wskaźniki wydajności pracy osiągnięte w 2013 r. (wartość produkcji na 1 zatrudnionego) we wszystkich sektorach drzewnych w porównaniu z 2012 r. zanotowały wzrost: branża meblarska o 108,4%, branża wyrobów z drewna o 107,6%, branża papiernicza o 106,8% (dla porównania przetwórstwo przemysłowe – 102,7% wzrostu). W 2013 r. wartość eksportu produktów przemysłu drzewnego wyniosła ok. 14 mld euro, co stanowi wzrost o 1,2% względem 2012 r. Przemysł meblarski jest liderem polskiego eksportu. W 2013 r. jego wartość wyniosła 6,7 mld euro, z czego ponad 80% stanowił eksport do krajów Unii Europejskiej (UE). Należy zaznaczyć, że Polska jest na 4. miejscu wśród największych eksporterów mebli na świecie – po Chinach, Włoszech i Niemczech [1].

Ocena szkodliwego oddziaływania pyłów drewna, jak również interpretacja wyników pomiarów ich stężeń prowadzonych w celu oceny narażenia zawodowego, są bardzo trudnymi i skomplikowanymi zadaniami. Przede wszystkim problemy te wynikają z możliwości występowania w powietrzu na stanowiskach pracy pyłów drewna pochodzących z kilkudziesięciu gatunków drzew należących do 2 gromad – nagonasiennych (drzewa iglaste) i okrytonasiennych (drzewa liściaste).

Pyły pochodzące z różnych gatunków drzew różnią się właściwościami fizycznymi, m.in. twardością, ciężarem właściwym oraz wielkością i kształtem cząstek emitowanych do powietrza podczas obróbki drewna, jak również właściwościami chemicznymi wynikającymi z zawartości różnych substancji organicznych, m.in. olejków eterycznych, celulozy, glukozy, mannozy i galaktozy [2,3]. Ponadto podczas produkcji wyrobów z drewna w różnych procesach technologicznych są stosowane niebezpieczne substancje chemiczne i ich mieszaniny, np. kleje, szpachle, farby czy lakiery, oraz w powietrzu środowiska pracy mogą występować inne bardzo toksyczne pyły, m.in. krystaliczna krzemionka pochodząca ze źródeł naturalnych lub antropogennych, które potęgują szkodliwe oddziaływanie pyłów drewna na organizm pracowników [2–4].

Wyniki dotychczasowych badań toksykologicznych nie dają możliwości ustalenia wielkości dawki pyłów niepowodującej szkodliwego działania na zwierzęta doświadczalne (poziom niewywołujący dających się zaobserwować szkodliwych skutków – no observable adverse effect level (NOAEL)), która byłaby podstawą określenia wartości dopuszczalnego poziomu narażenia zawodowego pyłów drewna.

Analiza światowego piśmiennictwa wskazuje, że w większości badań epidemiologicznych potwierdzających działanie rakotwórcze pyłów drewna pracownicy byli narażeni na pyły drewna pochodzące z buku i dębu. Działanie to zostało udokumentowane badaniami epidemiologicznymi w zakładach przemysłu meblowego. Występowanie istotnych statystycznie przypadków raka gruczołowego błony śluzowej i zatok przynosowych wśród pracowników zakładów meblarskich wynosi 5–7 przypadków na 10 tys. narażonych w ciągu roku i jest ok. 500-krotnie większe niż w populacji ogólnej (1 przypadek na 1 mln osób) [4–6]. Badania te wskazują, że przyczyną tego raka jest narażenie na pyły drewna, głównie buku i dębu. Gatunki te zostały sklasyfikowane jako drewno twarde z uwagi na właściwości fizyczne, jak również przynależność do drzew 2-liściennych okrytonasiennych, których drewno jest drewnem twardym według klasyfikacji Międzynarodowej Agencji ds. Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer – IARC) [2,3].

Z uwagi na działanie rakotwórcze pyłów drewna w Dyrektywie 2004/37/WE [7] zaliczono procesy, podczas których występuje narażenie na pyły drewna twardego i mieszanego, do procesów rakotwórczych i ustalono wartość wiążącą dopuszczalnego poziomu narażenia zawodowego na poziomie 5 mg/m³ dla

frakcji wdychalnej. Ponadto określono, że za drewno twarde należy uznać drewno pochodzące od gatunków drzew okrytonasiennych 2-liściennych wymienionych w 62. tomie monografii w sprawie oceny zagrożeń rakotwórczych dla ludzi opublikowanej przez IARC [3].

Międzynarodowa Agencja ds. Badań nad Rakiem (IARC) odstępnie od rozróżniania pyłu drewna twardego i miękkiego w aspekcie oceny narażenia zawodowego [2,3]. Na podstawie dostępnych badań, w tym epidemiologicznych, klasyfikuje pyły drewna jako czynnik rakotwórczy dla ludzi (grupa 1). Podobne podejście reprezentuje Komitet Naukowy ds. Dopuszczalnych Norm Zawodowego Narażenia na Oddziaływanie Czynniki Chemiczne w Pracy (The Scientific Committee on Occupational Exposure Limit Values – SCOEL), proponując wskaźnikową dopuszczalną wartość narażenia zawodowego (indicative occupational exposure limit value – IOELV) dla pyłów drewna frakcji wdychalnej na poziomie 1 mg/m^3 , a dla pyłu całkowitego – $0,5 \text{ mg/m}^3$ [8], bez podawania, jakiego rodzaju pyłu drewna ta wartość dotyczy.

Zasady ustalania wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń w krajach Unii Europejskiej oraz Stanach Zjednoczonych i Kanadzie są bardzo zróżnicowane, na co wskazują dane w tabeli 1. Amerykańska Konferencja Rządowych Higienistów Przemysłowych (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH) oraz Rządowa Agencja ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (Occupational Safety and Hygiene Administration – OSHA) różnicują wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego na pyły drewna w zależności od działania uczulającego, ustalając wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (threshold limit value – TLV) dla pyłu drewna pochodzącego z cedru czerwonego, który jest silnym alergenem, oraz dla wszystkich innych pyłów drewna z wyłączeniem pyłów drewna sklasyfikowanych jako rakotwórcze.

Spośród państw UE tylko w Belgii, Wielkiej Brytanii i Szwajcarii wartości dopuszczalnych poziomów dla drewna twardego i miękkiego są takie same, z tym że pyły drewna twardego są oznakowane symbolem „C” (czynnik o działaniu rakotwórczym). W Polsce, Chorwacji i Nowej Zelandii różnicuje się wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń w zależności od twardości drewna. Wielkość cząstek pyłu drewna jest uwzględniona przy ustalaniu dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego tylko w Chorwacji i przez OSHA USA.

Jak wynika z powyższych danych, interpretacja zapisów Dyrektywy 2004/37/WE [7] różni się w poszcze-

gólnych państwach Unii Europejskiej, o czym świadczą różne wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego dla pyłów drewna i ustalanie tych wartości dla różnych rodzajów pyłów (tab. 1).

Obecnie w UE trwają prace Komitetu Doradczego ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Miejscu Pracy (Advisory Committee on Safety and Health at Work – ACSH) nad określeniem wartości wiążącej (binding occupational exposure limit value – BOELV). Proponowana wartość BOELV dla pyłów drewna twardego wynosi 3 mg/m^3 . Po określeniu BOELV dla pyłów drewna wszystkie państwa UE powinny wprowadzić tę lub niższą wartość do krajowego ustawodawstwa jako wartość wiążącą.

Amerykańska Konferencja Rządowych Higienistów Przemysłowych (ACGIH) w 1998 r. ustaliła wartość TLV dla pyłów drewna w odniesieniu do frakcji wdychalnej, czyli frakcji aerozolu wnikażącej przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia [20]. W Unii Europejskiej Dyrektywą 2004/37/WE została również ustalona wartość wiążąca dopuszczalnego poziomu narażenia zawodowego dla frakcji wdychalnej pyłu drewna twardego [7]. W Polsce natomiast dopiero w 2014 r. frakcja ta została uwzględniona w wartościach najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) dla pyłu drewna. Nowe zapisy dotyczące frakcji aerozoli w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [16] pociągają za sobą konieczność wprowadzenia zmian w sposobie pobierania próbek powietrza na stanowiskach pracy, żeby zapewnić wyodrębnienie cząstek aerozolu z powietrza zgodnie z konwencją frakcji wdychalnej.

Podczas prowadzenia pomiarów w celu oceny narażenia zawodowego na pyły drewna należy obecnie stosować próbniki z odpowiednimi filtrami, które spełniają kryteria dla frakcji wdychalnej określone w normie PN-EN 481:1998 [23]. Próbniki te powinny zapewnić zatrzymanie cząstek ze sprawnością obliczoną według wzoru:

$$\text{IPM}(d_{ac}) = 0,5[1 + \exp(0,06 d_{ac})] \quad \text{dla } 0 < d_{ac} < 100 \text{ } \mu\text{m}, \quad (1)$$

gdzie:

IPM(d_{ac}) – sprawność zatrzymywania cząstek,

d_{ac} – średnica aerodynamiczna cząstek [μm],

exp – funkcja wykładnicza.

Tabela 1. Najwyższe dopuszczalne stężenie pyłów drewna w różnych krajach
Table 1. Occupational exposure limits for wood dusts in different countries

Rodzaj pyłu drewna Kind of wood dust	NDS TLV [mg/m ³]	NDSCh TLV-short [mg/m ³]	Piśmiennictwo Reference
Kanada / Canada			
pyły cedru czerwonego frakcja wdychalna / western red cedar inhalable fraction ¹	0,5	-	9
wszystkie pozostałe pyły drewna / all other wood dusts	1,0	-	9
Kolumbia Brytyjska / British Columbia			
pyły drewna twardego lub uczulającego / hardwood or allergenic wood dusts	1,0	-	9
inne pyły drewna miękkiego / all other softwood dusts	2,5	-	9
Kanada – Alberta / Canada – Alberta			
pyły cedru czerwonego / western red cedar dusts ¹	0,5	-	9
wszystkie pozostałe pyły drewna / all other wood dusts	5,0	-	9
Kanada, Nowa Szkocja, Nowa Funlandia i Labrador, Monitoba, Wyspa Księcia Edwarda / Canada, New Scotland, Newfoundland and Labrador, Monitoba, Prince Edward Island			
pyły cedru czerwonego frakcja wdychalna / western red cedar dusts inhalable fraction ¹	0,5	3,0	9
wszystkie pozostałe pyły drewna frakcja wdychalna / all other wood dusts inhalable fraction ¹	1,0	3,0	9
Kanada – Ontario, Nowy Brunswik / Canada – Ontario, New Brunswick			
pyły drewna twardego / hardwood dusts	5,0	-	9
pyły drewna miękkiego / softwood dusts	5,0	10,0	9
Kanada – Quebec / Canada – Quebec			
pyły cedru czerwonego / western red cedar dusts ¹	2,5	-	9
wszystkie pozostałe pyły drewna / all other wood dusts	5,0	-	9
Belgia / Belgium			
pyły drewna / wood dusts	3,0	-	10
pyły drewna twardego / hardwood dusts ²	3,0	-	10
Chorwacja / Croatia			
pył drewna twardego (buku, dębu i egzotycznego drewna) / hardwood dusts (beech, oak and exotic wood)			
pył całkowity / total dust	3,0	-	11
frakcja respirabilna / respirable fraction	1,0	-	11
Finlandia / Finland			
pył drewna miękkiego i iglastego / softwood dust and acicular dusts	10,0	-	11
pył całkowity / total dust	3,0	-	11
frakcja respirabilna / respirable fraction	2,0	-	12
pyły drewna / wood dusts	1,0	-	12
Francja / France			
pyły drewna dla nowych i zmodernizowanych fabryk / wood dust for new and renovated plants	1,0	-	13
pyły drewna / wood dusts	1,0	-	13
Hiszpania / Spain			
pyły drewna miękkiego / softwood dusts	5,0	-	14
Holandia / Netherlands			
pyły drewna / wood dusts	2,0	-	11

Nowa Zelandia / New Zealand					
pyły drewna / wood dusts					
drewno twarde / hardwood ²	1,0	10,0		15	
drewno miękkie / softwood	2,0	10,0		15	
Polska / Poland					
pyły drewna, z wyjątkiem pyłów drewna twardego ³ (frakcja wdychalna ⁴) / wood dust with the exception of hardwood ³ dusts (inhalable fraction ⁴)	4,0	-		16	
pyły drewna twardego, takiego jak buk i dąb (frakcja wdychalna ⁴) / hardwood dusts such as beech and oak (inhalable fraction ⁴)	2,0	-		16	
pyły drewna mieszanne zawierające pył drewna twardego ³ (frakcja wdychalna ⁴) / wood dusts mixed containing hardwood ³ dust (inhalable fraction ⁴)	2,0	-		16	
Szwajcaria / Switzerland					
pyły drewna miękkiego (frakcja wdychalna) / softwood dusts (inhalable fraction)	2,0	-		7	
pyły drewna twardego ² (frakcja wdychalna) / hardwood dusts ² (inhalable fraction)	2,0	-		7	
Szwecja / Sweden					
pyły drewna / wood dusts ²	2,0	-		18	
Wielka Brytania / United Kingdom					
pył drewna miękkiego / softwood dust	5,0	-		19	
pył drewna twardego / hardwood dust ²	5,0	-		19	
USA – ACGIH					
pyły cedru czerwonego / western red cedar dusts ⁵	0,5	-		20	
wszystkie inne pyły z wyłączeniem rakotwórczych pyłów drewna / all other species with the exception of carcinogenicity wood dusts ⁶	1,0	-		20	
USA – NIOSH					
pyły drewna / wood dusts	1,0	-		19	
USA – OSHA					
pyły drewna za wyjątkiem pyłu cedru czerwonego / wood dusts with the exception of cedar dusts ⁵					
pył całkowity / total dusts	15,0	-		22	
pył respirabilny / respirable dusts	5,0	-		22	
Unia Europejska / European Union					
drewna twarde, podane w monografii IARC / hardwood, given in the IARC monograph [3] ⁷	5,0	-		7	

ACGIH – Amerykańska Konferencja Rządowych Higienistów Przemysłowych / The American Conference of Governmental Industrial Hygienists, NIOSH – Narodowy Instytut Zdrowia i Bezpieczeństwa Pracy / National Institute for Occupational Safety and Health, OSHA – Rządowa Agencja ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy / Occupational Safety and Hygiene Administration, IARC – Międzynarodowa Agencja ds. Badań nad Rakiem / International Agency for Research on Cancer.

¹ Czynniki potencjalnie uczulający / Potential for sensitization agent.

² Czynniki rakotwórczy / Carcinogenic agent.

³ Drewna twarde – takie jak buk, dąb, osika, jesion, grab, brzoza, klon, czeresnia, wiśnia, grusza, jabłoń, kasztan, orzech włoski, orzech biały, teak, palisander, cis, mahoni i heban / Hardwood – such as beech, oak, aspen, hornbeam, birch, maple, cherry, sour cherry, pear, apple, chestnut, walnut and hickory, teak, rosewood, yew, mahogany, and ebony.

⁴ Frakcja wdychalna – frakcja aerolu wnikać przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia (definicja frakcji wdychalnej odpowiada definicji pyłu całkowitego [16]) / Inhalable fraction – the fraction of aerosol penetrating through the nose and mouth, which when deposited in the respiratory tract presents a risk to health (the definition of the inhalable fraction corresponds to the definition of total dust [16]).

⁵ Czynniki uczulające astmatycznie, rakotwórczy kategorii A4 / Asthmatic agent, carcinogenic agent category A4 [20].

⁶ Pyły rakotwórcze dębu i buku kategorii A1; brzozy, mahonii, teku i orzechy włoskiego kategorii A2; wszystkie pyły drewna kategorii A4 / Carcinogenic wood dust of oak and beech category A1; birch, mahogany, teak, walnut category A2; all other wood dust of category A4 [20].

⁷ Zgodnie z Dyrektywą 2004/37/WE wykaz drewna twardego znajduje się w monografii IARC [3] i obejmuje drewno pochodzące z drzew takich, jak: drewna twarde – klon, olcha, brzoza, orzech biały, grab (buk biały), kasztan, buk, jesion, orzech włoski, platan, osika, wiśnia, wierzba, dąb, lipa, wiąz; egzotyczne drewna twarde – sosna kauri, iroko, rimu (czerwona sosna), palisander, palisander brazylijski, heban, mahoni afrykański, mansonia (bete), balsa, nyatoh, afromosia, meranti, teak, limba (afara) i obeche / In accordance with Directive 2004/37/EC list of hardwood is given in the IARC monograph [3] and includes wood from trees such as: hardwood – maple, alder, birch, hickory, hornbeam (beech and white), chestnut, beech, ash, walnut, sycamore, poplar, cherry, willow, oak, linden, elm; exotic hardwood – kauri pine, iroko, rimu (red pine), rosewood, Brazilian rosewood, ebony, African mahogany, mansonia (Bete), balsa, nyatoh, afromosia, meranti, teak, stone pine (afar), obéché.

NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie / TLV – threshold limit value, NDSCh – najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe / TLV-short – short term exposure limit.

Obecnie komercyjnie jest dostępnych kilka rodzajów próbników do pobierania frakcji wdychalnej aerozoli, różniących się konstrukcją. Wyniki dotychczasowych badań porównujących zdolności zatrzymywania frakcji wdychalnej przez różne próbki wskazują na znaczące różnice w zatrzymywanych przez nie masach cząstek [12,24–30]. Badania te pozwoliły na wyznaczenie współczynników korekcyjnych, które można zastosować w celu przeliczenia wyników uzyskiwanych za pomocą różnych próbników. Umożliwia to porównywanie wyników oceny narażenia zawodowego na pyły drewna wykonywane z zastosowaniem różnych próbników na przestrzeni lat.

W tabeli 2. zestawiono współczynniki przeliczeniowe uzyskane przez różnych autorów. Wyniki te jednoznacznie wskazują na konieczność zastąpienia dotychczas stosowanych w Polsce próbników typu kasety otwartej próbnikami przeznaczonymi wyłącznie do wyodrębniania frakcji wdychalnej aerozolu. Przeprowadzone badania wykazały, że przeliczając masę pyłu

drewna całkowitego pobranego otwartymi próbnikami na masę frakcji wdychalnej, należy stosować współczynnik przeliczeniowy wynoszący 1,59–3,35.

Dane z piśmiennictwa, potwierdzone badaniami epidemiologicznymi, wskazują na działanie drażniące, uczulające i rakotwórcze pyłów drewna u pracowników zatrudnionych podczas obróbki drewna w przemyśle meblowym. Dlatego celem badań przedstawionych w niniejszym artykule była ocena narażenia zawodowego na pyły drewna w polskich zakładach przemysłu meblowego oraz ustalenie korelacji między stężeniami frakcji wdychalnej i frakcji respirabilnej pyłów drewna.

MATERIAŁ I METODY

Opis badanej próby

Badaniami środowiskowymi objęto 7 zakładów produkujących meble, które ze względu na konieczność zachowania poufności uzyskiwanych wyników oceny narażenia zawodowego oznaczono jako zakłady A–G.

Tabela 2. Współczynniki przeliczeniowe stężenia pyłu całkowitego drewna na stężenie frakcji wdychalnej pyłu drewna zależnie od rodzaju stosowanego próbniaka

Table 2. Conversion factors of total dust concentration to inhalable fraction concentration depending on the used sampler

Typ próbniaka IOM* Type of IOM sampler*	Współczynnik przeliczeniowy Conversion factor	Piśmiennictwo References
37 mm – zamknięta kasetka / closed cassette	3,15	24
37 mm – zamknięta kasetka / closed cassette	3,35	25
37 mm – zamknięta kasetka / closed cassette	2,00	8
CIS	1,00	12
37 mm – zamknięta kasetka / closed cassette	1,59	12
37 mm – otwarta kasetka / open cassette	2,00	12

* Próbniki skonstruowane w: / The sampler constructed at: the Institute of Occupational Medicine (IOM), United Kingdom.

CIS – stożkowy próbnik do frakcji wdychalnej / conical inhalable sampler.

Tabela 3. Charakterystyka zakładów produkujących meble, w których przeprowadzono pomiary stężeń pyłów drewna

Table 3. Characteristics of the investigated furniture enterprises where measurements of wood dusts were carried out

Zakład Facility	Pracownicy Employees [n]	narażeni na pyły drewna exposed to wood dusts	Podstawowy surowiec Basic raw material	Produkowane wyroby Manufactured products
A	120	70	plyty wiórowe laminowane, płyty MDI, drewno lite miękkie / laminated particle boards, MDI boards soft solid wood	meble mieszkaniowe, biurowe, kuchenne, sklepowe / home, office, kitchen, shop furniture
B	48	33	plyty MDI, płyty MDF, drewno lite twarde i miękkie / MDI boards, MDF boards, solid wood hard and soft	meble łazienkowe / bathroom furniture

Tabela 3. Charakterystyka zakładów produkujących meble, w których przeprowadzono pomiary stężeń pyłów drewna – cd.
Table 3. Characteristics of the investigated furniture enterprises where measurements of wood dusts were carried out – cont.

Zakład Facility	Pracownicy Employees [n]		Podstawowy surowiec Basic raw material	Produkowane wyroby Manufactured products
	ogółem	narażeni na pyły drewna exposed to wood dusts		
C	366	120	plyty wiórowe okleinowane okleiną naturalną, drewno lite twarde i miękkie / natural veneered chipboard, solid wood hard and soft	meble, materiały podłogowe / furniture, flooring
D	275	112	drewno lite twarde i miękkie, płyta wiórowa okleinowana, płyty MDF kryta emaliami / solid wood hard and soft, laminated chipboard, MDF boards covered with enamel	meble biurowe, jadalnie, sypialnie / office furniture, dining room furniture, bedroom furniture
E	48	29	plyty melaminowane, płyty pokryte melaminą lub okleiną naturalną, płyty MDF / melaminated boards, board covered with melamine or natural veneer, MDF boards	meble biurowe, hotelowe, gabinetowe / office and hotel furniture
F	120	65	plyty MDI fornirowane i z drewna litego twardego i miękkiego / / MDF boards veneer and solid wood hard and soft	meble mieszkaniowe / home furniture
G	230	98	plyty MDF fornirowane i z drewna litego twardego i miękkiego / / MDF boards veneer and solid wood hard and soft	meble mieszkaniowe / home furniture

MDI – płyta wiórowa klejona za pomocą metylenodifenylo-4,4'-diizocyjanianu / particle board glued using methylene diphenyl diisocyanate, MDF – średnio gęsta płyta z włókien drzewnych / medium density fibreboard.

Zakłady A, B, E i G reprezentują najliczniejszą grupę przedsiębiorstw przemysłu meblowego – małe i średnie przedsiębiorstwa, natomiast zakłady C i D – duże przedsiębiorstwa. Ogólną charakterystykę zakładów podano w tabeli 3.

W celu oceny narażenia zawodowego pracowników zakładów meblarskich na pyły drewna przeprowadzono pomiary stężeń pyłu całkowitego drewna i frakcji respirabilnej na 132 stanowiskach pracy, na których wykonywane czynności powodują emisję tego czynnika. Próbkę powietrza pobierano podczas procesów frezowania, piłowania, nawiercania otworów i szlifowania w strefie oddychania pracowników. Na stanowiskach pracy poddawano procesom obróbki drewno lite, zarówno miękkie, jak i twarde, oraz płyty otrzymane z różnych rodzajów drewna.

Metoda oznaczania pyłów drewna

Pomiary stężeń wykonało laboratorium badań środowiskowych posiadające akredytację na oznaczanie stężeń pyłu całkowitego i pyłu respirabilnego w powietrzu na stanowiskach pracy. Próbkę powietrza do oznaczania stężeń pyłów drewna na każdym z objętych badaniami stanowiskach pobierano w strefie oddychania pracowników, zgodnie z zasadami dozimetrii indywidualnej podanymi w normach PN-Z-04008-7:2002 [31] i PN-EN 689:2002 [32]. Badania obejmowały ozna-

czenie pyłu całkowitego i pyłu respirabilnego metodą filtracyjno-wagową. Pomiary wykonywano w latach 2010–2012.

Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową, zgodnie z normą PN-Z-04030-05:1991 [33], polegało na zasysaniu zapyłonego powietrza ze znanym strumieniem objętości w określonym czasie przez filtr pomiarowy, umieszczony w próbnikach tzw. otwartych do wyodrębniania pyłu całkowitego. Masę pyłu zatrzymanego na filtrze pomiarowym wyznaczano jako przyrost masy filtru pomiarowego ważonego przed pobraniem i po pobraniu próbki pyłu. W związku ze stosowaniem na każdym stanowisku pracy różnych rodzajów drewna podjęto decyzję, że ocena narażenia zawodowego pracowników zostanie przeprowadzona w odniesieniu do wartości NDS dla pyłu całkowitego drewna mieszane- go – 2 mg/m³.

Mimo że dla frakcji respirabilnej pyłu drewna wartość NDS nie jest ustalona w polskich przepisach (tab. 1), wykonano oznaczanie tej frakcji pyłu, ponieważ konieczność oznaczania frakcji respirabilnej pyłu drewna przy ocenie narażenia zawodowego jest dyskusyjna. Badania Sass-Kortsak i wsp. [34] wykazały słabą korelację między sparowanymi stężeniami pyłu całkowitego i frakcji respirabilnej pyłu, co wskazuje, że obydwie frakcje powinny być mierzone.

Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową, zgodnie z normą PN-Z-04030-06:1991 [35], polegało na przepuszczaniu zapyłonego powietrza ze strumieniem objętości zgodnym z instrukcją w określonym czasie kolejno przez mikrocyklon stanowiący selektor wstępny, zatrzymujący frakcje gruboziarniste, a następnie przez filtr pomiarowy, na którym osadzała się respirabilna frakcja pyłu.

Do pobierania próbek powietrza stosowano aspiratory indywidualne GilAir-5 (prod. Gilian, USA) z elektronicznym systemem automatycznej regulacji strumienia objętości w zakresie 750–5000 cm³/min, przy stabilizacji strumienia powietrza $\pm 5\%$ nastawianej wartości. Przed pomiarem filtry pomiarowe umieszczono w ekcykatorze na co najmniej 24 godz., a następnie ważono z dokładnością do 0,01 mg i mocowano w ponumerowanych oprawkach. Podczas badań głowice z filtrami pomiarowymi łączono z aspiratorami giętkimi przewodami. Filtry z pobranym pyłem po przewiezieniu do laboratorium umieszczano w ekcykatorze na co najmniej 24 godz., a następnie ważono.

Każdorazowo przed przeprowadzeniem pomiaru regulowano strumień objętości powietrza zasysanego przez aspirator przy wykorzystaniu systemu kalibracyjnego Gilibrator-2 (prod. Gilian, USA) ze standardową celą o zakresie pomiaru 20 cm³/min – 6 dm³/min i dokładności $\pm 1\%$ mierzonej wielkości.

Pomiar stężenia pyłu całkowitego przeprowadzano przy strumieniu objętości powietrza 2 dm³/min, a pomiar stężenia pyłu respirabilnego przy strumieniu objętości powietrza 1,9 dm³/min. Do oznaczenia stężeń pyłów stosowano filtry pomiarowe wykonane z włókien szklanych – GF/B (prod. Whatman, Wielka Brytania), o średnicy porów 1 μm .

Ponieważ obecnie w Polsce, państwach UE i USA wartość dopuszczalnych poziomów narażenia zawodo-

wego na pyły drewna jest ustalona dla frakcji wdychalnej, a pomiary stężeń pyłów drewna omawiane w niniejszym artykule były wykonywane z zastosowaniem próbników do wyodrębniania pyłu całkowitego, jako przelicznik stężenia pyłu całkowitego na stężenie frakcji wdychalnej wybrano 1,59, który był wykorzystywany przez badaczy francuskich i holenderskich [12]. Zastosowanie takich samych wartości przeliczników umożliwi analizę porównawczą narażenia zawodowego na pyły drewna w polskich zakładach przemysłu meblowego z narażeniem na te pyły w zakładach przemysłu meblowego innych państw.

Analiza statystyczna

Badanie korelacji między stężeniami frakcji respirabilnej pyłów drewna i frakcji wdychalnej w różnych procesach obróbki drewna mieszanego wykonano metodą rozkładów współczynnika korelacji r-Pearsona dla poziomu istotności $p < 0,05$ i liczbie stopni swobody odpowiadającej wartości $N = 2$.

WYNIKI

Zestawienie średnich geometrycznych stężeń pyłu całkowitego i frakcji respirabilnej pyłów drewna oznaczone podczas różnych procesów produkcji mebli lub ich elementów oraz stężenia frakcji wdychalnej wraz z wartościami geometrycznego odchylenia standardowego (geometric standard deviation – GSD), medianą, minimalną i maksymalną wartością stężenia podano w tabeli 4.

Procentowy udział frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej pyłów drewna podano w tabeli 5., a stężenia frakcji wdychalnej i respirabilnej na poszczególnych objętych badaniach stanowiskach pracy podczas produkcji mebli – na rycinach 1–5.

Tabela 4. Stężenie pyłu całkowitego oraz frakcji respirabilnej i wdychalnej* pyłu drewna mieszanego podczas różnych procesów obróbki w zakładach produkujących meble

Table 4. Concentrations of total dust, respirable and inhalable fractions* of mixed wood dust during different processes in furniture enterprises

Proces produkcji i frakcja pyłu Production process and dust fraction	Stężenie frakcji pyłu drewna Concentration of wood dust fractions [mg/m ³]				
	GM	GSD	min.	maks. max	Me
Szlifowanie / Grinding (N = 24)					
pył całkowity / total dust	3,19	3,58	1,28	13,92	2,58
wdychalna / inhalable*	5,08	5,69	2,04	22,13	4,10
respirabilna / respirable	1,67	0,94	0,65	4,04	1,61

Tabela 4. Stężenie pyłu całkowitego oraz frakcji respirabilnej i wdychalnej* pyłu drewna mieszanego podczas różnych procesów obróbki w zakładach produkujących meble – cd.
Table 4. Concentrations of total dust, respirable and inhalable fractions* of mixed wood dust during different processes in furniture enterprises – cont.

Proces produkcji i frakcja pyłu Production process and dust fraction	Stężenie frakcji pyłu drewna Concentration of wood dust fractions [mg/m ³]				
	GM	GSD	min.	maks. max	Me
Frezowanie / Milling (N = 28)					
pył całkowity / total dust	2,26	0,71	1,28	3,63	2,34
wdychalna / inhalable*	3,59	1,13	2,04	5,84	3,72
respirabilna / respirable	1,16	0,44	0,43	2,11	1,18
Nawiercanie / Drilling (N = 32)					
pył całkowity / total dust	2,94	1,41	1,07	6,21	3,36
wdychalna / inhalable*	4,67	2,25	1,70	9,87	5,35
respirabilna / respirable	1,20	0,58	0,38	2,54	1,21
Cięcie / Sawing (N = 48)					
pył całkowity / total dust	4,55	2,65	0,84	9,74	4,62
wdychalna / inhalable*	7,24	4,21	1,33	15,48	7,35
respirabilna / respirable	1,36	0,54	0,38	2,52	1,46
Total / Ogółem (N = 132)					
pył całkowity / total dust	3,31	2,58	0,84	13,92	3,21
wdychalna / inhalable*	5,26	4,10	1,34	22,13	5,10
respirabilna / respirable	1,32	0,66	0,38	4,04	1,42

* Stężenie frakcji wdychalnej uzyskane z przeliczenia stężenia pyłu całkowitego z zastosowaniem przelicznika 1,59 / Concentration of inhalable fraction obtained from the conversion of the concentration of total dust using a conversion factor of 1.59.

N – stanowiska pracy / workposts, GM – średnia geometryczna / geometric mean, GSD – geometryczne odchylenie standardowe / geometric standard deviation, min. – wartość minimalna / minimal value, maks. – wartość maksymalna / max – maximal value, Me – mediana / median.

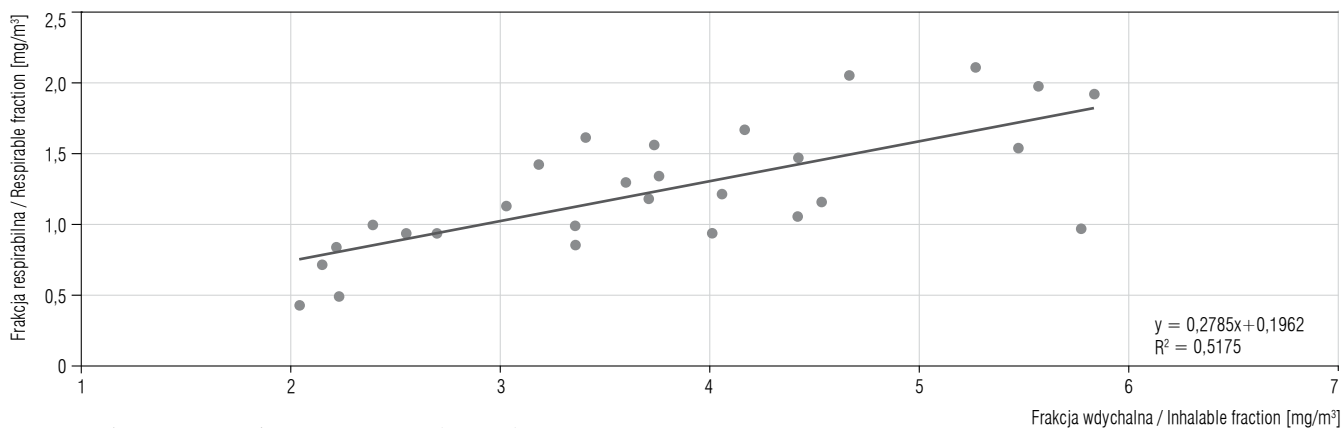
Tabela 5. Udział frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej* pyłu drewna podczas różnych procesów obróbki w zakładach produkujących meble

Table 5. Share of the respirable fraction in the inhalable fraction* of wood dust during different processes in furniture enterprises

Proces produkcji Production process	Frakcja respirabilna we frakcji wdychalnej pyłu drewna Respirable fraction in the inhalable fraction of wood dust [%]				
	GM	GSD	min.	maks. max	Me
Szlifowanie / Grinding (N = 24)	32,94	8,86	16,32	50,84	35,52
Frezowanie / Milling (N = 28)	32,37	7,67	16,81	47,32	34,12
Nawiercanie / Drilling (N = 32)	25,75	11,19	11,17	58,78	27,78
Cięcie / Sawing (N = 48)	18,73	6,99	10,15	38,93	18,95
Ogółem / Total (N = 132)	25,18	10,51	10,15	58,78	25,62

* Stężenie frakcji wdychalnej uzyskane z przeliczenia stężenia pyłu całkowitego z zastosowaniem przelicznika 1,59 / Concentration of inhalable fraction obtained from the conversion of the concentration of total dust using a conversion factor of 1.59.

Inne objaśnienia jak w tabeli 4 / Other abbreviations as in Table 4.

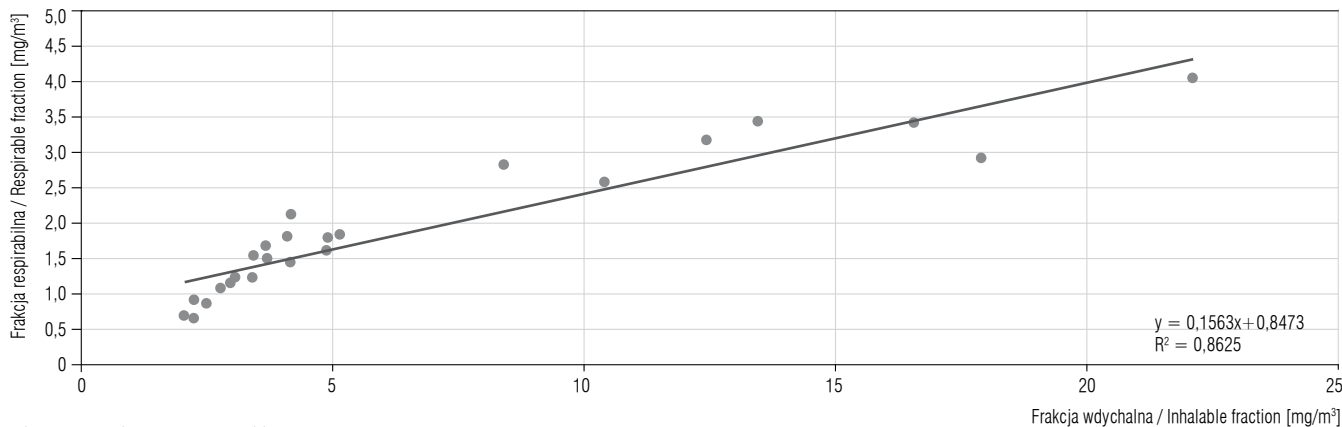


W równaniu krzywej regresji / The regression equation ($y = Ax+B$):

y – frakcja respirabilna / respirable fraction, x – frakcja wdychalna / inhalable fraction, R^2 – współczynnik korelacji / correlation coefficient.

Ryc. 1. Zależność między stężeniem frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłu drewna podczas procesu frezowania w zakładach produkujących meble

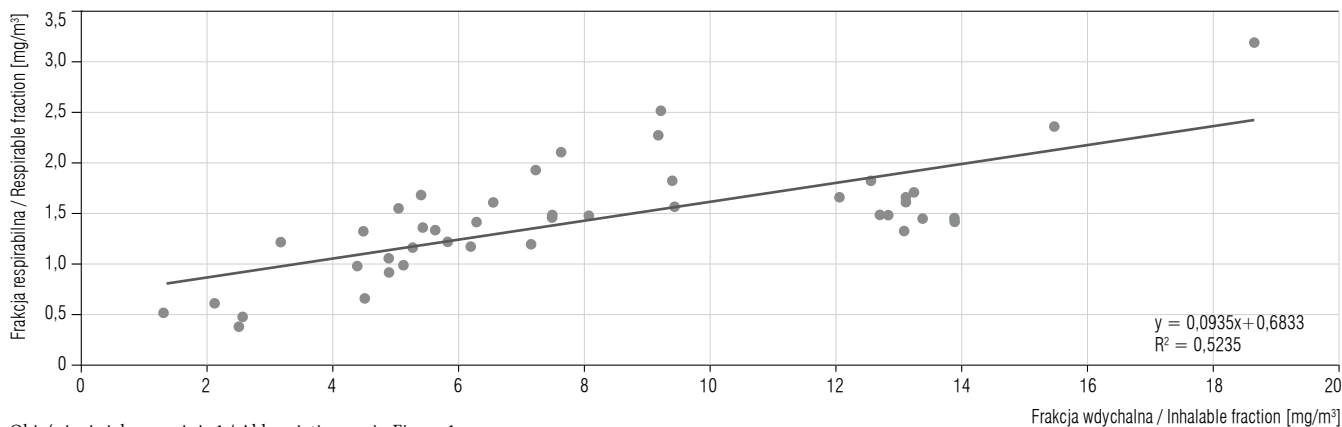
Fig. 1. Correlation between concentration of inhalable fraction and respirable fraction from milling process in furniture enterprises



Objaśnienia jak na rycinie 1 / Abbreviations as in Figure 1.

Ryc. 2. Zależność między stężeniem frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłu drewna podczas procesu szlifowania w zakładach produkujących meble

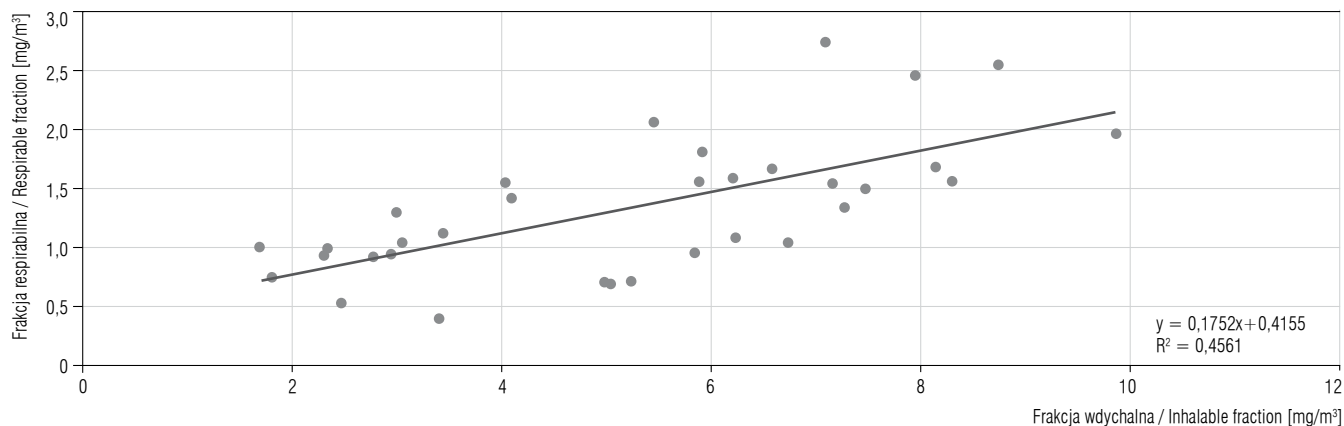
Fig. 2. Correlation between concentration of inhalable fraction and respirable fraction from grinding process in furniture enterprises



Objaśnienia jak na rycinie 1 / Abbreviations as in Figure 1.

Ryc. 3. Zależność między stężeniem frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłu drewna podczas procesu cięcia w zakładach produkujących meble

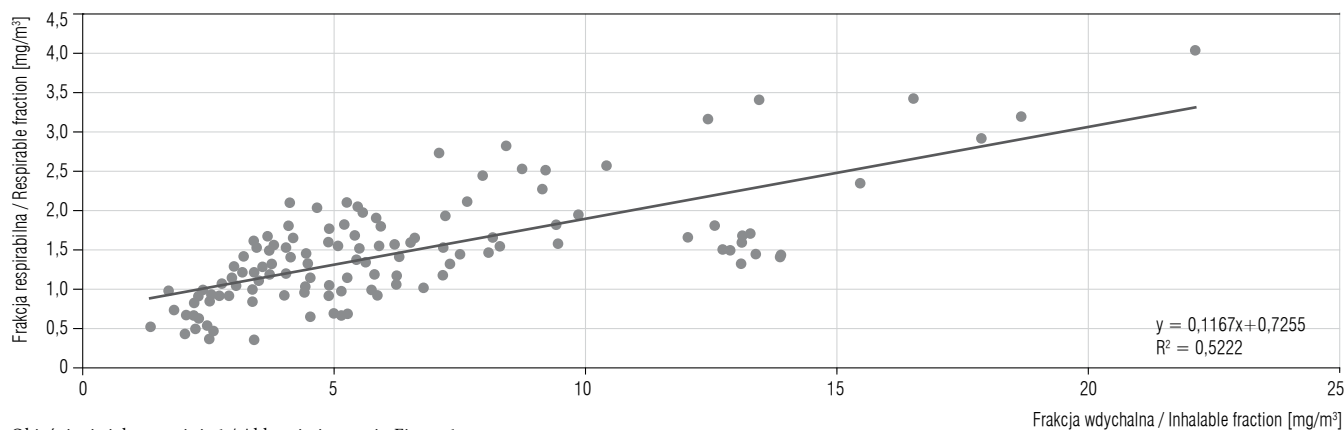
Fig. 3. Correlation between concentration of inhalable fraction and respirable fraction from sawing process in furniture enterprises



Objaśnienia jak na rycinie 1 / Abbreviations as in Figure 1.

Ryc. 4. Zależność między stężeniem frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłu drewna podczas procesu nawiercania otworów w zakładach produkujących meble

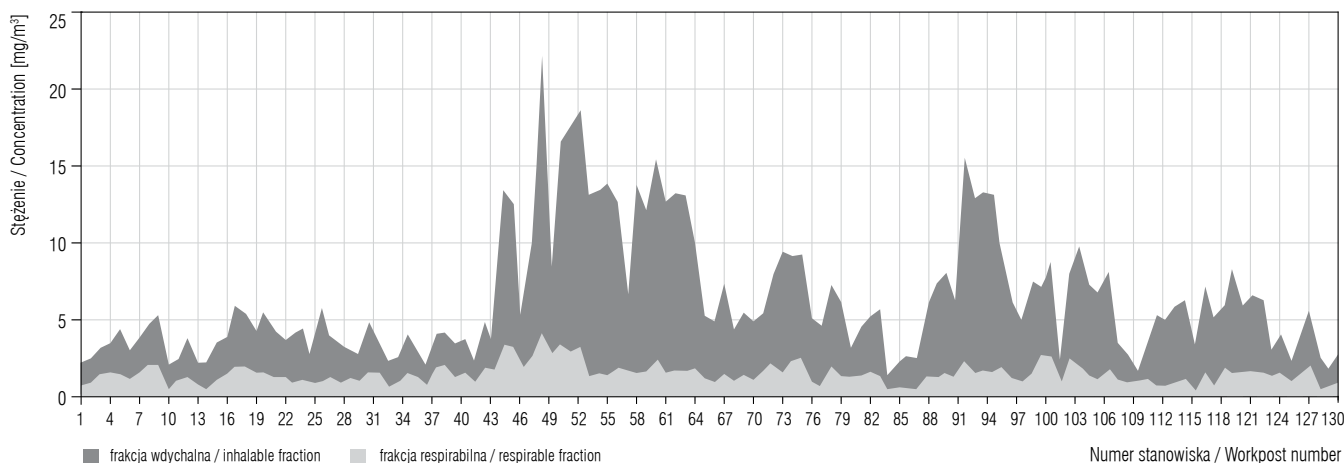
Fig. 4. Correlation between concentration of inhalable fraction and respirable fraction from drilling process in furniture enterprises



Objaśnienia jak na rycinie 1 / Abbreviations as in Figure 1.

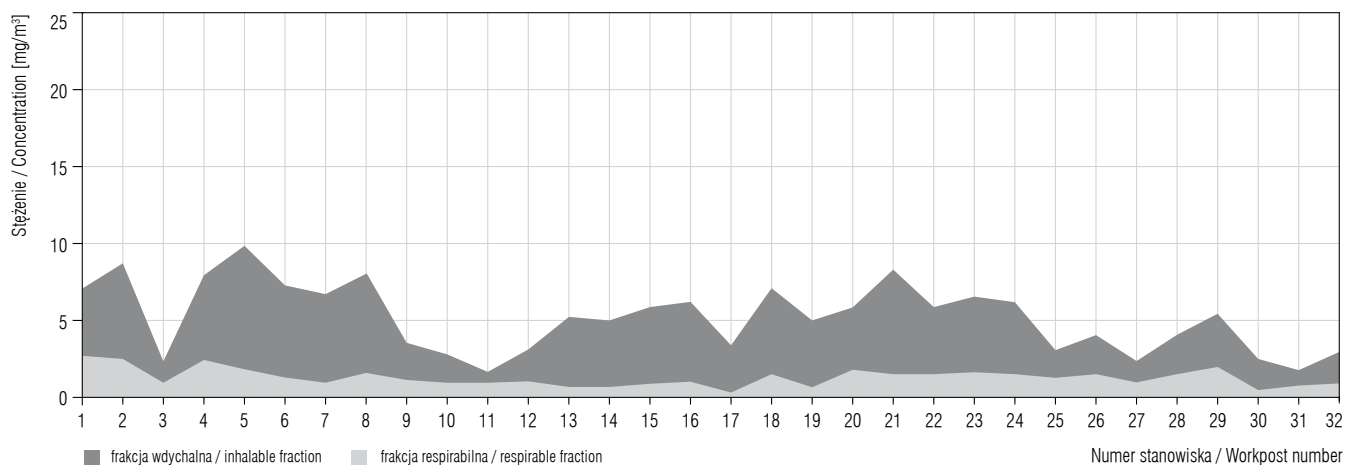
Ryc. 5. Zależność między stężeniem frakcji wdychalnej i respirabilnej pyłów drewna podczas wszystkich procesów produkcji objętych badaniami w zakładach produkujących meble

Fig. 5. Correlation between concentration of inhalable fraction and respirable fraction of wood dusts from all production processes in furniture enterprises



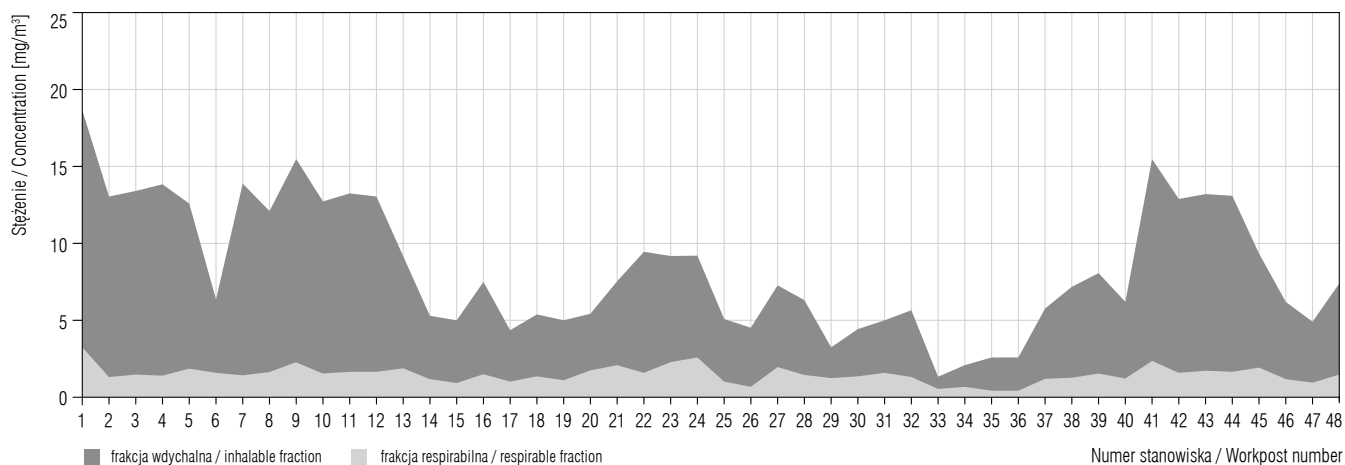
Ryc. 6. Stężenie frakcji wdychalnej vs stężenie frakcji respirabilnej pyłów drewna podczas wszystkich procesów objętych badaniami w zakładach produkujących meble

Fig. 6. Concentration of inhalable fraction vs. respirable fraction of wood dusts from all processes in furniture enterprises



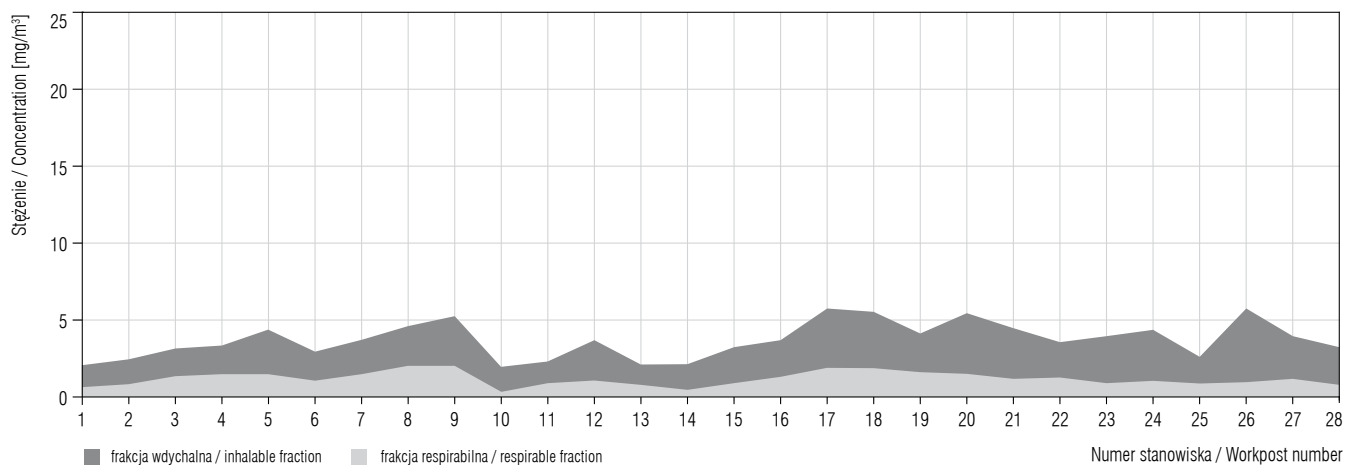
Ryc. 7. Stężenie frakcji wdychalnej vs stężenie frakcji respirabilnej pyłów drewna podczas procesu nawiercania otworów w zakładach produkujących meble

Fig. 7. Concentration of inhalable fraction vs. respirable fraction of wood dusts from drilling process in furniture enterprises



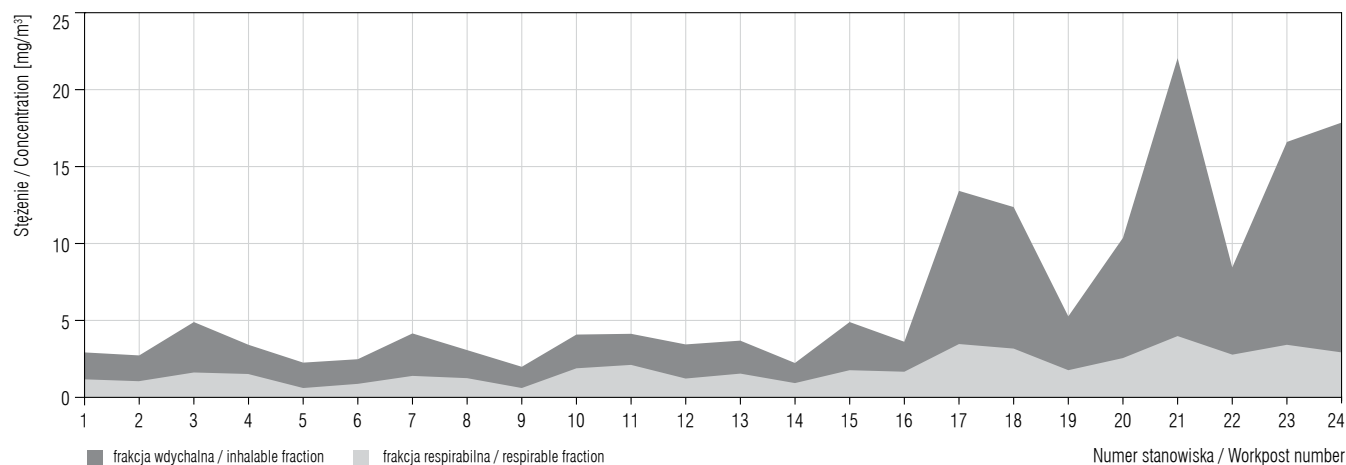
Ryc. 8. Stężenie frakcji wdychalnej vs stężenie frakcji respirabilnej pyłów drewna podczas procesu cięcia w zakładach produkujących meble

Fig. 8. Concentration of inhalable fraction vs. respirable fraction of wood dusts from sawing process in furniture enterprises



Ryc. 9. Stężenie frakcji wdychalnej vs stężenie frakcji respirabilnej pyłów drewna podczas procesu frezowania w zakładach produkujących meble

Fig. 9. Concentration of inhalable fraction vs. respirable fraction of wood dusts from milling process in furniture enterprises



Ryc. 10. Stężenie frakcji wdychalnej vs stężenie frakcji respirabilnej pyłów drewna podczas procesu szlifowania w zakładach produkujących meble

Fig. 10. Concentration of inhalable fraction vs. respirable fraction of wood dusts from grinding process in furniture enterprises

Korelację między stężeniem frakcji wdychalnej pyłu drewna uzyskanym z przeliczenia stężeń pyłu całkowitego z zastosowaniem przelicznika 1,59 a stężeniami frakcji respirabilnej podczas różnych procesów obróbki drewna lub płyt przedstawiono na rycinach 6–10.

OMÓWIENIE

Przeprowadzone pomiary wskazują na bardzo duże zróżnicowanie stężeń pyłu drewna na stanowiskach pracy objętych badaniami. Stężenia pyłu całkowitego wynosiły 0,84–13,92 mg/m³, a stężenia frakcji respirabilnej – 0,38–4,04 mg/m³. Stężenia frakcji wdychalnej, uzyskane z przeliczenia pyłu całkowitego z zastosowaniem współczynnika 1,59, wynosiły natomiast 1,34–22,13 mg/m³. Najwyższe stężenie wszystkich frakcji pyłów drewna występowało na stanowiskach szlifowania, a najniższe podczas mechanicznego frezowania materiałów stosowanych do produkcji mebli. Średnie stężenie geometryczne ze wszystkich pomiarów dla pyłu całkowitego, frakcji wdychanej i respirabilnej wynosiło odpowiednio: 3,31 mg/m³ (GSD = 2,58), 5,26 mg/m³ (GSD = 4,10) i 1,32 mg/m³ (GSD = 0,66) oraz było bardzo zbliżone do wyników uzyskanych przez innych autorów dla stanowisk pracy w zakładach przemysłu meblowego [36,37]. Uzyskane wyniki pomiarów stężenia pyłu całkowitego były bardzo zbliżone do stężeń występujących w zakładach przetwórstwa drewna w Chorwacji [11], w których średnie stężenie na badanych stanowiskach pracy wynosiło 3,6 mg/m³ (GSD = 2,22).

Również wyniki pomiarów pyłów drewna przeprowadzone w różnych państwach UE oraz w USA,

a przedstawione w artykule badaczy z Uniwersytetu w Aarhus [37], wskazują, że poziom narażenia zawodowego na pyły drewna pracowników zakładów przemysłu meblowego w USA, Austrii, Szwecji, Holandii i Nowej Zelandii w latach 1991–2001 kształtował się na podobnym poziomie, a średnie stężenia geometryczne wynosiły odpowiednio: 2,9 mg/m³ (GSD = 2,6), 3,7 mg/m³ (GSD = 3,7), 4,3 mg/m³ (GSD nie podano), 2,8 mg/m³ (GSD = 2,2), 3,6 mg/m³ (GSD = 2,22). Stężenia pyłu całkowitego były natomiast wielokrotnie mniejsze w zakładach przemysłu meblowego w Danii. Średnie stężenie geometryczne dla 109 stanowisk pracy wynosiło 0,6 mg/m³, a podczas szlifowania – 1,14 mg/m³ [30].

Analiza stężenia frakcji respirabilnej pyłu drewna w zakładach A–F wykazała, że stanowi ona 10,15–58,7% frakcji wdychalnej pyłu drewna mieszanego emitowanego do powietrza stanowisk pracy podczas różnych procesów obróbki elementów mebli.

Średnia geometryczna procentowej zawartości frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej pyłu drewna na wszystkich 131 stanowiskach pracy wynosiła 25,2% i była bardzo zbliżona do średniej procentowej zawartości frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej (23%) uzyskanej podczas pomiarów zapylenia w zakładach przemysłu meblowego i podczas wycinki drzew uzyskanej z 206 par wyników pomiarów stężeń pyłu drewna [11]. Najwyższy poziom stężeń tej frakcji, ok. 32%, stwierdzono podczas procesów szlifowania i frezowania, najniższy, ok. 18%, na stanowiskach cięcia. Uzyskane wyniki stężeń frakcji respirabilnej pyłów drewna są zgodne z wynikami badaczy z Kanady, Austrii

i Danii [29]. Odsetek frakcji respirabilnej we frakcji wdychalnej lub w pyłe całkowitym wynosił 13–33% [29].

Korelację między stężeniem frakcji wdychalnej pyłu drewna a stężeniem frakcji respirabilnej podczas różnych procesów obróbki drewna lub płyt przedstawiono na rycinach 6–10. W analizie statystycznej ustalającej poziom istotności korelacji między stężeniem tych 2 frakcji stwierdzono najwyższy dodatni poziom korelacji podczas szlifowania elementów mebli. Współczynnik korelacji był wysoki i wynosił $R^2 = 0,862$. Oznacza to, że z prawdopodobieństwem 0,05 korelacja stężeń frakcji respirabilnej i wdychalnej w tym procesie jest istotna statystycznie. Również w pozostałych 3 procesach korelacja dla tych frakcji jest istotna statystycznie (ryc. 6–10). Ze względu na przedostawanie się frakcji respirabilnej pyłu drewna do pęcherzyków płucnych pomiar jej stężeń w przemyśle meblowym nie powinien być pomijany [34].

Ocena narażenia na pyły drewna mieszanego wykazała, że na 22 stanowiskach pracy nie stwierdzono przekroczenia najwyższego dopuszczalnego stężenia pyłu całkowitego drewna mieszanego, co stanowi 17,5% objętych badaniami 131 stanowisk pracy. Przeliczenie stężeń pyłu całkowitego na stężenie frakcji wdychalnej i porównanie z aktualnie obowiązującą wartością NDS dla frakcji wdychalnej pyłu drewna spowodowało przesunięcie wszystkich stanowisk pracy do stanowisk, na których występuje przekroczenie wartości NDS. Oczywiście jest to ocena szacunkowa, ale wskazująca, że pyły drewna mieszanego stanowią poważne zagrożenie zdrowia pracowników zatrudnionych w zakładach przemysłu meblowego.

WNIOSKI

Z szacunkowej oceny narażenia zawodowego na frakcję wdychalną pyłów drewna mieszanego wynika, że wprowadzanie w Polsce wartości NDS dla frakcji wdychalnej pyłów drewna spowoduje wzrost liczby stanowisk pracy w zakładach przemysłu meblowego, na których będą występowały przekroczenia tej wartości NDS.

Podczas pomiarów stężeń pyłów drewna w celu oceny narażenia zawodowego konieczne jest zastąpienie dotychczas stosowanych próbników do oznaczania pyłu całkowitego próbnikami, które zapewnią ilościowe wyodrębnienie frakcji wdychalnej pyłów drewna. Jest to zgodne z konwencją tej frakcji określonej w normie PN-EN 481:1998 [23], ze względu na ustalenia wartości NDS dla frakcji wdychalnej pyłów drewna.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych w latach 2010–2012 pomiarów stężeń pyłów drewna mieszanego w zakładach produkujących meble wskazują, że frakcja respirabilna stanowi poważny udział we frakcji wdychalnej tych pyłów.

PIŚMIENNICTWO

1. Ministerstwo Gospodarki: Polska 2014. Raport o stanie gospodarki [Internet]: Ministerstwo, Warszawa 2014 [cytowany 20 stycznia 2016]. Adres: https://www.mr.gov.pl/media/15362/Raport_o_stanie_gospodarki_2014_pl.pdf
2. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 100 C. Arsenic, metals, fibres and dusts. Agency, Lyon 2012
3. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization: IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 62. Wood dust and formaldehyde. Agency, Lyon 1995
4. Maciejewska A., Więcek E., Wojtczak J., Woźniak H., Stroszejn-Mrowca G., Domańska A. i wsp.: Pyły drewna. Podstawy i metody oceny środowiska pracy. Podst. Met. Oceny Środ. Pr. 1997;15:149–196
5. Vallières E., Pintos J., Parent M-E., Siemiatycki J.: Occupational exposure to wood dust and risk of lung cancer in two population-based case-control studies in Montreal, Canada. Environ. Health 2015;14:1, <https://doi.org/10.1186/1476-069X-14-1>
6. Andersen H.C., Andersen I., Solgaard J.: Nasal cancers, symptoms and upper airway function in woodworkers. Br. J. Ind. Med. 1977;34:201–207
7. Dyrektywa 2004/37/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie ochrony pracowników przed zagrożeniem dotyczącym narażenia na działanie czynników rakotwórczych lub mutagenów podczas pracy (szósta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy Rady 89/391/EWG). DzU WE z 2004 r., L 158
8. European Commission: Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits: Risk assessment for Wood Dust. SCOEL/SUM/102. Commission, Luksemburg 2003
9. Carex Canada [Internet]: Carex Canada, Burnaby 2016 [cytowany 20 stycznia 2016]. Wood dust. Adres: http://www.carexcanada.ca/en/wood_dust
10. Royal Decree of 11 March 2002 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at the workplace MB 2002/981 (Jun 26, 2002)

11. Puntarić D., Kos A., Šmit Z., Zečić Ž., Šega K., Beljo-Lučić B. i wsp.: Wood dust exposure in wood industry and forestry. *Coll. Antropol.* 2005;29(1):207–211
12. Kauppinen T., Vincent R., Liukkonen T., Grzebyk M., Kauppinen A., Welling I. i wsp.: Occupational exposure to inhalable wood dust in the member states of the European Union. *Ann. Occup. Hyg.* 2006;50:549–561, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mel013>
13. [French Research and Safety Institute for the Prevention of Occupational Accidents and Diseases: Occupational exposure limits to chemical agents in France. Institute, Paris 2012]. Po francusku
14. [National Centre of Working Conditions, The National Work Safety and Health Institute: Occupational exposure limits for chemical agents in Spain 2008. Institute, Madrid 2008]. Po hiszpańsku
15. Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance [Internet]: Institute, Berlin [cytowany 20 stycznia 2016]. GESTIS – International limit values for chemical agents (Occupational exposure limits, OELs). Adres: <http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Internationale-Grenzwerte-f%C3%BCr-chemische-Substanzen-limit-values-for-chemical-agents/index-2.jsp>
16. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. *DzU z 2014 r., poz. 817*
17. Suva: Occupational exposure limit values 2014. Suva, Lucerna 2014
18. The Swedish Work Environmental Authority's Statute Book: Occupational exposure limits values, AFS 2011:18. The Swedish Work Environmental Authority's provisions and general recommendations on occupational exposure limits values. Authority, Sztokholm 2011
19. Health and Safety Executive: EH40/2005 Workplace exposure limits. Containing the list of workplace exposure limits for use with the Control of substances hazardous to health regulations (as amended). EH40 2nd ed. HSE Books, Sudbury 2011
20. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Conference, Cincinnati 2015
21. National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Publication No. 2005-149 [Internet]: Institute, Cincinnati 2007 [cytowany 20 stycznia 2016]. Adres: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>
22. Department of Industrial Relations [Internet]: Department, California 1995–2016 [cytowany 20 stycznia 2016]. Permissible exposure limits for chemical contaminants. Adres: http://www.dir.ca.gov/title8/5155table_acl.html#_blank
23. PN-EN 481:1998. Atmosfera miejsca pracy. Określenie składu ziarnowego dla pomiaru cząstek zawieszonych w powietrzu. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1998
24. Getschman B.J.: Evaluation of the validity of the inhalable and "total" dust concentration ratio [dissertation] [Internet]: University of Iowa, Iowa 2013 [cytowany 20 stycznia 2016]. Adres: <http://ir.uiowa.edu/etd/2500>
25. Harper M., Akbar M.A., Andrew M.E.: Comparison of wood-dust aerosol size-distributions collected by air samplers. *J. Environ. Monit.* 2004;6:18–22, <https://doi.org/10.1039/B312883K>
26. Harper M., Muller B.S.: An evaluation of total and inhalable samplers for the collection of wood dust in three wood products industries. *J. Environ. Monit.* 2002;4:684–656, <https://doi.org/10.1039/B202857N>
27. Harper M., Demange M.: Analytical performance criteria. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2007;4(9):81–86, <https://doi.org/10.1080/15459620701493149>
28. Jiménez A.S., van Tongeren M., Charrie J.W.: A review of monitoring methods for inhalable hardwood dust. Research Report P 937/1A. The Institute of Occupational Medicine, Edinburgh 2011
29. Kauffer E., Wrobel R., Görner P., Rott C., Grzebyk M., Simon X. i wsp.: Site comparison of selected aerosol samplers in the wood industry. *Ann. Occup. Hyg.* 2010;54(2):188–203, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mep078>
30. Schlünssen V., Vinzents P.S., Mikkelsen A.B., Schaumburg I.: Wood dust exposure in the Danish furniture industry using conventional and passive monitors. *Ann. Occup. Hyg.* 2001;45:157–164, <https://doi.org/10.1093/annhyg/45.2.157>
31. PN-Z-04008-7:2002. Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
32. PN-EN 689:2002. Powietrze na stanowiskach pracy. Wytyczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategia pomiarowa. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
33. PN-Z-04030-05:1991. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1991

-
34. Sass-Kortsak A.M., Holness D.L., Pilger C.W., Nethercott J.R.: Wood dust and formaldehyde exposure in Cabinet-Making industry. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1986;47: 747–753, <https://doi.org/10.1080/15298668691390601>
35. PN-Z-04030-06:1991. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 1991
36. Ayalew E., Gebere Y., de Weal K.: A survey of occupational exposure to inhalable wood dust among workers in small- and medium-scale wood processing enterprises in Ethiopia. *Ann. Occup. Hyg.* 2015;59(2):253–257, <https://doi.org/10.1093/annhyg/meu086>
37. Mikkelsen A.B., Schlünssen V., Sigsgaard T., Schaumburg I.: Determinants of wood dust exposure in the Danish furniture industry. *Ann. Occup. Hyg.* 2002;46: 673–685, <https://doi.org/10.1093/annhyg/mef082>