

dr hab. inż. AGNIESZKA BROCHOCKA  
 dr MAŁGORZATA POŚNIAK  
 dr JOLANTA SKOWROŃ  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy  
 Kontakt: agbro@ciop.lodz.pl  
 DOI: 10.5604/01.3001.0012.4720

# Półmaski filtrujące do ochrony przed smogiem

Fot. B. D.-S./Bigstockphoto



Komercyjnie dostępne półmaski filtrujące, przeznaczone do ochrony przed smogiem nie spełniają wymagań ochrony przed aerozolami (pyłami, dymami), a tym bardziej przed substancjami chemicznymi występującymi w smogu; często nie są też oznakowane znakiem CE. W artykule podano wymagania prawne oraz przedstawiono podstawowe metody oceny skuteczności takiej półmaski, ponieważ ma ona być produktem bezpiecznym dla potencjalnego użytkownika. Omówiono wpływ konstrukcji półmaski na jej parametry ochronne i użytkowe. Ważne jest zastosowanie odpowiedniej półmaski filtrującej oznaczonej znakiem CE podczas występowania w powietrzu atmosferycznym smogu.

*Słowa kluczowe: półmaska filtrująca, smog, penetracja aerozoli, całkowity przeciek wewnętrzny*

## Filtering half masks for protection against smog

The commercially available filtering half masks designed to protect against smog do not meet the requirements for protection against aerosols (dusts, fumes), and even more so, against chemical substances found in the smog; often do not have the CE marking. The article presents legal requirements and presents the basic methods for assessment of the effectiveness of such half masks, so that it is a safe for a potential user. The influence of the half mask construction on the protective and functional parameters was described. It is very important to use adequate filtering half mask with CE mark when so-called Smog is present in the atmospheric air.

*Keywords: filtering half mask, smog, penetration of aerosols, total internal leakage*

## Wstęp

Smog – termin będący pochodną terminów angielskich *smoke* – dym i *fog* – mgła oznacza intensywne zanieczyszczenie atmosfery przez aerozole, spowodowane procesami naturalnymi oraz działalnością człowieka [1]. Zjawisko to występuje nadal w wielu częściach świata.

Podstawowymi składnikami smogu są cząstki stałe i ciekłe oraz różne substancje chemiczne, takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, metale ciężkie, dioksyny oraz alergen (np. pyłki roślin i zarodniki grzybów), stwarzające zagrożenie dla zdrowia i środowiska. Cząstki stałe są to pyły PM10 i PM2,5 co oznacza, że frakcja PM10 zawiera cząstki o średnicy aerodynamicznej mniejszej niż 10 µm, natomiast frakcja PM2,5 cząstki o średnicy mniejszej niż 2,5 µm.

W ostatnich latach w Polsce odnotowujemy wzrost stężenia szkodliwych substancji w powietrzu atmosferycznym. Cząstki pyłu zawieszonego oddziałują nie tylko na procesy środowiskowe, ale również na funkcjonowanie człowieka, w tym na jego stan zdrowia. W zależności od wielkości cząstek mogą one przenikać i kumulować się w róż-

nych częściach organizmu [2]. Największe problemy zdrowotne stwarzają cząstki pyłu zawieszonego o kształcie aerodynamicznym i średnicy mniejszej niż 2,5 µm, które mogą przedostawać się do obszaru wymiany gazowej płuc, a następnie do krwioobiegu i prowadzić do rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego, oddechowego czy nowotworów płuc. Większe cząstki pyłu mogą powodować stany zapalne spojówek oraz błony śluzowej nosa i gardła. Osoby cierpiące na choroby serca i płuc, osoby starsze i dzieci uważa się za bardziej podatne na szkodliwe działanie cząstek pyłu zawieszonego. Zagrożone są także osoby aktywne fizycznie, ponieważ wysiłek fizyczny powoduje, że oddychamy szybciej i głębiej, wdychając tym samym więcej zanieczyszczeń, które są wynikiem smogu. W przypadku osób starszych badania dowodzą, że wysoki poziom pyłu zawieszonego w otaczającym powietrzu jest związany ze zwiększeniem ryzyka hospitalizacji, a nawet zgonu z powodu chorób płuc i chorób sercowo-naczyniowych [3].

Długotrwałe narażenie na wysokie stężenia pyłu zawieszonego sprzyja wystąpieniu przewlekłej, obturacyjnej choroby płuc (POCHP), zmniejszeniu sprawności i wydolności płuc. Krótkoterminowe

narażenie na wysokie stężenie może nasilać objawy różnych chorób o podłożu alergicznym (astma, egzema, katar sienny, zapalenie spojówek) oraz chorób płuc i serca (zwiększona krzepliwość krwi, zaburzenia rytmu), a także zwiększać podatność na infekcje dróg oddechowych. Wg WHO dopuszczalna wartość średniego dobowego stężenia pyłu PM10 wynosi 50 µg/m<sup>3</sup>, a pyłu PM2,5 – 25 µg/m<sup>3</sup>.

Jak wskazują dane z ostatniego raportu Głównej Inspekcji Ochrony Środowiska, określone prawem dopuszczalne poziomy pyłu zawieszonego PM10 są w Polsce wielokrotnie przekroczone, sięgają nawet 1000% normy. Wynika z tego, że Polacy oddychają najbardziej zanieczyszczonym powietrzem w całej Unii Europejskiej. Według szacunków Europejskiej Agencji Środowiska z powodu zanieczyszczenia powietrza każdego roku przedwcześnie umiera ok. 42 tys. mieszkańców naszego kraju [4].

Jednym z wydarzeń związanych z zanieczyszczeniem powietrza w 1952 r. był smog londyński, na skutek którego nastąpił gwałtowny wzrost śmiertelności i zachorowalności społeczeństwa [5]. W ostatniej dekadzie w Chinach wystąpił fotochemiczny smog, któremu towarzyszyło silne zamglenie powietrza. Badania wykazały, że zanieczyszczone

powietrze znacząco zmienia fizyczne i chemiczne cechy naturalnej atmosfery. Na skutek przekroczonej stężenia zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego pyłami PM10 i PM2,5 oraz ditlenkiem siarki i ditlenkiem azotu nastąpił wzrost śmiertelności z przyczyn chorób układu oddechowego i sercowo-naczyniowego [6,7].

Autorzy innych badań (epidemiologicznych, eksperymentalnych i mechanizmów powstawania smogu) potwierdzają wzajemne powiązanie zanieczyszczenia powietrza z chorobami układu oddechowego. Wykazali bowiem uszkodzenia układu oddechowego spowodowane pyłami PM2,5 [8]. Wei i inni oceniali związek między widzialnością a niekorzystnymi skutkami zdrowotnymi. Wykazali, że ograniczona przez smog widoczność i towarzysząca jej wysoka wilgotność powietrza mają wpływ na zwiększoną śmiertelność społeczeństwa w Chinach na skutek chorób sercowo-naczyniowych [9]. Japońscy naukowcy również potwierdzili ścisłą zależność pomiędzy długotrwałym narażeniem na zanieczyszczone powietrze a chorobami układu oddechowego i nowotworami płuc [10].

Biorąc pod uwagę przytoczone fakty, oczywiście staje się podjęcie zintensyfikowanych działań w celu likwidacji źródeł emisji „smogu”, a do czasu osiągnięcia akceptowalnych poziomów stężeń jego składników wskazane jest stosowanie środków ochrony układu oddechowego w postaci półmasek filtrujących. Powinny one spełniać zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, zawarte w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej, zastępującym dyrektywę 89/686/EWG [11-12].

W artykule przedstawiono zagrożenia występujące w smogu, porównano wartości dopuszczalnych stężeń głównych składników smogu w powietrzu atmosferycznym z wartościami dopuszczalnych stężeń w środowisku pracy w odniesieniu do wymagań prawnych oraz przedstawiono podstawowe metody oceny skuteczności półmasek filtrujących chroniących przed tymi zagrożeniami.

## Ocena i ograniczanie narażenia na substancje chemiczne i pyły w powietrzu środowiska pracy i w powietrzu atmosferycznym – wymagania prawne

W nawiązaniu do obowiązków pracodawcy związanych z ochroną przed pyłami i substancjami chemicznymi w powietrzu atmosferycznym (prze-strzeni otwartej), występującymi w smogu oraz w środowisku pracy, podstawowym obowiązkiem pracodawcy jest ochrona zdrowia i życia pracowników przez zapewnienie bezpiecznych i higienicznych warunków pracy [13].

Realizacja tego obowiązku jest niezależna od miejsca wykonywania pracy, czyli niezależnie od tego, czy jest ona wykonywana w pomieszczeniach, czy też na otwartej przestrzeni, jeżeli są przekroczone najwyższe dopuszczalne stężenia czynników szkodliwych, ustalone w rozporządzeniu ministra właściwego ds. pracy [14], a nie normy dotyczące powietrza atmosferycznego, podlegające innym kryteriom ustalania.

Narażenie na czynniki chemiczne i pyły w powietrzu środowiska pracy występuje w sytuacji przekroczenia wartości Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń (NDS). Są one ustalane dla osób zdrowych (dopuszczonych do pracy) i odniesione do 8-godzinnego dnia pracy, przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy (określonego w Kodeksie pracy [13]) i 40 lat pracy. Wartości te są określone w mg/m<sup>3</sup> w rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. [14].

Jeżeli nie ma możliwości technicznych i organizacyjnych ograniczenia narażenia, a wartości NDS są przekraczane, pracodawca ma obowiązek dostarczenia pracownikom środków ochrony indywidualnej. W przypadku występowania przekroczeń wartości NDS pyłów i dymów w środowisku pracy zaleca się stosowanie półmasek filtrujących klasy: FFP1, FFP2 lub FFP3 (fot. 1.). Zapewniają one ochronę przed wszelkiego rodzaju aerozolami, w postaci pyłu, dymu i mgły, w tym pyłami PM10 i PM2,5.

Przy doborze półmasek filtrujących należy kierować się ich zgodnością z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa, ujętymi w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej, zastępującego dyrektywę 89/686/EWG [14]. Zgodnie z tym rozporządzeniem, wszystkie rodzaje sprzętu ochrony układu oddechowego są zaliczane do III kategorii ryzyka, która obejmuje zagrożenia mające poważne konsekwencje, takie jak śmierć lub nieodwracalne zmiany w organizmie, związane m.in. z oddziaływaniem niebezpiecznych dla zdrowia substancji i mieszanin chemicznych oraz pyłów. Wyroby takie powinny być oznakowane znakiem CE i mieć certyfikat badania typu UE, co potwierdza, że sprzęt ten spełnia podstawowe wymagania normy zharmonizowanej, którą w tym wypadku stanowi norma EN 149:2001+A1:2009 dotycząca półmasek filtrujących.

Natomiast wartości dopuszczalnych stężeń występujących w powietrzu atmosferycznym są wyrażone w µg/m<sup>3</sup> i są znacznie niższe od wartości NDS. Na przykład, w odniesieniu do frakcji cząstek PM2,5 stężenie to jest 12 razy mniejsze niż NDS, a w stosunku do benzenu – nawet 300 razy. Wynika to z uwzględnienia przy ich ustalaniu:

- 1) czasu oddziaływania (całodobowego lub całorocznego), a nie 8-godzinnego,
- 2) oddziaływania dotyczącego nie tylko osób zdrowych (dopuszczonych do pracy), ale też najbardziej wrażliwej grupy społeczeństwa (dzieci, osoby starsze oraz obciążone chorobami układu oddechowego i krążenia czy alergicznymi).

Stężenia pyłów i związków chemicznych określone w powietrzu atmosferycznym z zasady nie przekraczają jednoznacznych norm w środowisku pracy. Nie wynikają więc w tej sytuacji dodatkowe obowiązki dla pracodawców w zakresie dostarczenia ochron dróg oddechowych. Sytuacja narażenia w powietrzu atmosferycznym wymaga jednak działań zmierzających do ochrony całego społeczeństwa w sytuacji, gdy występuje przekroczenie wartości progowej już na poziomie 200 µg/m<sup>3</sup> pyłu zawieszonego w powietrzu. Osoby przez dłuższy czas ekspozowane na działanie smogu, których stan zdrowia, ze względu na schorzenia układu oddechowego, krążenia lub alergiczne, wskazuje na konieczność szczególnej ochrony, powinny stosować półmaski filtrujące (z zaworem wydechowym)



Fot. Półmaski filtrujące  
Photo. Filterig half masks

i z oznaczeniem CE, potwierdzającym spełnienie wymagań w zakresie ochrony przed aerozolami (pyłami, dymami i mgłami) wg przedstawionych wymagań prawnych.

Niestety, na rynku pojawiły się półmaski filtrujące o komercyjnej nazwie „antysmogowe”, które nie mają oznakowania CE i nie spełniają żadnych wymagań ochrony przed pyłami, a tym bardziej przed substancjami chemicznymi występującymi w smogu.

Półmaski neoprenowe lub dzianinowe czy tkaninowe wyposażone we wkłady filtracyjne nazywane HEPA i oznaczone jako N99 lub N95 charakteryzują się wysoką skutecznością, zatrzymując ponad 99% lub 95% cząstek pyłu, o czym zapewniają producenci na swoich opakowaniach i ulotkach reklamowych. Czasami potwierdzają swoje informacje przeprowadzanymi badaniami w laboratorium. Wydawałoby się, że użytkownik oddycha powietrzem oczyszczonym z 99% lub 95% zanieczyszczeń. W żadnym wypadku. Oznaczenie N99 i N95 mówi, że półmaski mają skuteczność ochrony na poziomie 99% i 95%, ale tylko wobec cząstek stałych wg wymagań amerykańskich. W Unii Europejskiej każdy filtrujący sprzęt powinien spełnić wymagania skuteczności filtracji wobec cząstek stałych i ciekłych.






Skuteczność wkładu filtracyjnego to jedno, a półmaski jako całej ochrony to drugie. Wkład filtracyjny może być skuteczny, ale półmaska może być niedopasowana do twarzy użytkownika, skutkiem czego jest np. nieszczelny zawór wydechowy bądź nieodpowiednia konstrukcja powodująca dyskomfort podczas użytkowania. Następstwem tego może być nieprawidłowo noszona półmaska. W efekcie, zamiast oddychać powietrzem oczyszczonym w 99%, oddychamy powietrzem oczyszczonym w 30% lub nawet mniej. Dlatego w normie zharmonizowanej EN 149:2001+A1:2009 występują badania, które dają prawdziwy obraz skuteczności ochrony danej półmaski. Jedynie na podstawie takich kompleksowych badań możliwe jest stwierdzenie, czy półmaski są skutecznym sprzętem ochrony układu oddechowego.

## Badania półmasek filtrujących

*Charakterystyka półmasek filtrujących wytypowanych do badań*

W tab. 1. podano charakterystykę czterech dostępnych na rynku półmasek filtrujących stosowanych do ochrony przed smogiem, nieposiadających oznaczenia znakiem CE oraz jednej półmaski filtracyjnej przeznaczonej do ochrony

Tabela 1. Charakterystyka półmasek filtrujących  
 Table 1. Characteristic of filtering half masks

Oznaczenie próbki	Typ półmaski filtrującej	Strona zewnętrzna	Charakterystyka półmaski od strony zewnętrznej	Strona wewnętrzna	Charakterystyka półmaski od strony wewnętrznej
A	Półmaska antysmogowa z filtrem N99 Rozmiar L Brak znaku CE		Korpus półmaski z neoprenu, filtr włókninowy, dwa zawory wydechowe i zacisk nosowy		Nie posiada żadnych uszczeltek
B	Półmaska antysmogowa Rozmiar uniwersalny Brak znaku CE		Półmaska typu tłoczonego wyposażona w zacisk nosowy		Mała uszczelka nosowa
C*	FFP3 NR D Przeznaczona do ochrony przed smogiem Rozmiar uniwersalny CE 1437		Półmaska typu tłoczonego posiadająca zawór wydechowy i zacisk nosowy		Uszczelka na całym obwodzie czaszy
D	Półmaska antysmogowa z filtrem N99 CASUAL Rozmiar M Brak znaku CE		Korpus półmaski wykonany z tkaniny, półmaska wyposażona w zawór wydechowy		Nie posiada żadnych uszczeltek
E	Półmaska antysmogowa z wkładem filtracyjnym Rozmiar M Brak znaku CE		Korpus półmaski z neoprenu, wkład filtracyjny dwa zawory wydechowe i zacisk nosowy		Nie posiada żadnych uszczeltek

\* próbka odniesienia

przed smogiem posiadającej certyfikat oceny typu WE na zgodność jeszcze z dyrektywą 89/686/EWG jako próbki odniesienia. Wszystkie półmaski poddano podstawowym badaniom w zakresie: penetracji aerozolem mgły oleju parafinowego, oporu wdechu oraz całkowitego przecieku wewnętrznego, w takim stanie jak otrzymano. Wskaźnik penetracji, czyli stosunek ilości cząstek penetrujących przez materiał filtracyjny do ilości cząstek w otoczeniu jest podstawowym parametrem, ujętym w normie,

pozwalającym na ocenę skuteczności zatrzymywania cząstek aerozoli przez materiał filtracyjny stosowany w konstrukcji półmasek filtrujących. Wskaźnik penetracji cząstek aerozolu przez materiał filtrujący z zastosowaniem aerozolu – mgły oleju parafinowego stanowi wariant tzw. najgorszego przypadku (mediana średnicy Stokesa 0,4 μm). Oznacza to, że cząstka o średnicy charakterystycznej do modelowej mgły oleju parafinowego najszybciej penetruje materiał filtracyjny i najgłębiej wnika

do układu oddechowego. Badanie oporu wdechu jest parametrem istotnym w ocenie walorów użytkowych półmasek filtrujących, natomiast badanie całkowitego przecieku wewnętrznego mówi nam o konstrukcji półmasek mającej wpływ na jej wskaźnik ochrony.

Wyznaczenie proponowanych parametrów umożliwiło ocenę półmasek „antysmogowych” dostępnych na rynku krajowym w zakresie ich skuteczności ochrony, tj. zdolności zatrzymywania

cząstek szkodliwych aerozoli o średnicach znacznie mniejszych niż występujących w smogu.

#### Metodyka badań

Komercyjnie dostępne półmaski filtrujące poddano w CIOP-PIB badaniom na zgodność z wymaganiami norm europejskich zharmonizowanych z dyrektywą 89/686/EWG/rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2016/425 [11]. Badania podstawowych parametrów ochronnych i użytkowych umożliwiające określenie klasy ochrony półmasek prowadzone były zgodnie z metodyką opisaną w normach zharmonizowanych serii EN (EN 149:2001+A1:2009 [15], EN 13274-7:2008 [16], EN 13274-3:2005 [17], EN 13274-1:2001 [18] w zakresie:

– penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego – wyznaczenie wskaźnika penetracji mgły oleju parafinowego należy do standardowych metod badawczych służących do oceny właściwości filtracyjnych materiałów włókninowych wobec aerozoli ciekłych.

– oporu oddychania (w fazie wdechu)  
– całkowitego przecieku wewnętrznego – badanie to (TIL) obrazuje, jak dopasowana jest dana półmaska do twarzy użytkownika.

#### Badanie penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego

Celem wyznaczenia penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego jest określenie skuteczności filtracji warstwy filtracyjnej, wchodzącej w skład czaszy półmasksi. Przeprowadzono je zgodnie z metodyką opisaną w normach europejskich, dotyczących metod badań oraz wymagań w odniesieniu do półmasek filtrujących [16,17]. Podczas pomiarów wytwarzany w generatorze aerozol przepuszczano z natężeniem przepływu 95 l/min przez warstwę materiału filtracyjnego umieszczonego w uchwycie pneumatycznym o średnicy 100 mm. Stężenie aerozolu przed i za badanym materiałem filtracyjnym mierzono za pomocą fotometru laserowego.

Wartość wskaźnika penetracji mgły oleju parafinowego  $P_{POM}$  wyznaczano ze wzoru:

$$P_{POM} = \frac{I_2 - I_0}{I_1 - I_0} \cdot 100\%$$

gdzie:  $I_0, I_1$  i  $I_2$  oznaczają wskazania fotometru odpowiednio dla czystego powietrza oraz mieszaniny powietrza i mgły oleju parafinowego przed i za badaną próbką.

Odczytu wyniku dokonywano po trzech minutach badania, dzięki czemu określono wartość wskaźnika w początkowej fazie filtracji.

#### Opór oddychania

Pomiar oporu oddychania polega na przepuszczeniu powietrza przez półmaskę założoną na model głowy przy stałym objętościowym jego natężeniu przepływu i ustaleniu spadku ciśnienia wewnątrz półmasksi w odniesieniu do ciśnienia atmosferycznego. Badania przeprowadzono wg normy EN 13274-3:2005 przy natężeniu przepływu powietrza równym 95 l/min, czyli odpowiadającym wentylacji minutowej płuc podczas pracy ciężkiej. Odczytu ciśnienia dokonywano na cyfrowym mikromanometrze różnicowym.

#### Całkowity przeciek wewnętrzny

Na całkowity przeciek wewnętrzny składa się: penetracja przez materiał filtrujący, przeciek przez zawory wydechowe oraz przeciek wynikający z niedopasowania części twarzowej do twarzy użytkownika.

Badania całkowitego przecieku wewnętrznego zostały wykonane zgodnie z metodyką opisaną w normie EN 13274-1:2001 z udziałem uczestników o różnych wymiarach twarzy zaznajomionych z użytkowaniem sprzętu ochrony układu oddechowego. Laboratoryjne badania TIL wykonano w warunkach normalnych, tzn. w temperaturze  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej powietrza  $(50 \pm 10)\%$ .

Uczestnik badań przed wejściem do komory miał indywidualnie dopasowaną półmaskę do twarzy z wykorzystaniem licznika cząstek. Następnie po wejściu do komory wypełnionej aerozolem testowym chlorku sodu i podłączeniu sondy do pobierania próbek stężenia aerozolu spod części twarzowej półmasksi do fotometru płomieniowego, maszerował po bieżni z prędkością 6 km/h, wykonując następujące ćwiczenia:

- 2 min marszu bez poruszania głową i bez mówienia (chód);
- 2 min marszu obracając głowę z jednej strony w drugą (głowa L/P);
- 2 min marszu poruszając głowę w górę i w dół (głowa G/D);
- 2 min marszu z mówieniem głośno liter alfabetu lub ustalonego tekstu (mowa);
- 2 min marszu bez poruszania głową i bez mówienia (chód).

Całkowity przeciek wewnętrzny obliczono na podstawie pomiarów wykonanych w ostatnich 100 sekundach każdego ćwiczenia, odnosząc stężenie substancji testowej w komorze do stężenia substancji testowej we wdychanym powietrzu.

## Wyniki badań laboratoryjnych

#### Badanie penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego

Na rys. 1. przedstawiono wyniki badań półmasek filtrujących w zakresie penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego oraz zaznaczono wymagania dla klasy FFP1, FFP2 i FFP3.

#### Badanie oporu oddychania

Na rys. 2. przedstawiono wyniki badań półmasek filtrujących w zakresie oporu oddychania w fazie wdechu oraz wymagania w tym zakresie dla klasy FFP1, FFP2 i FFP3.

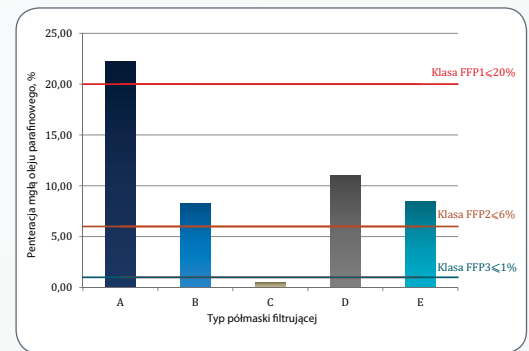
#### Badanie całkowitego przecieku wewnętrznego

Na rys. 3.-7. przedstawiono wyniki badań półmasek filtrujących w zakresie całkowitego przecieku wewnętrznego.

## Omówienie i dyskusja wyników

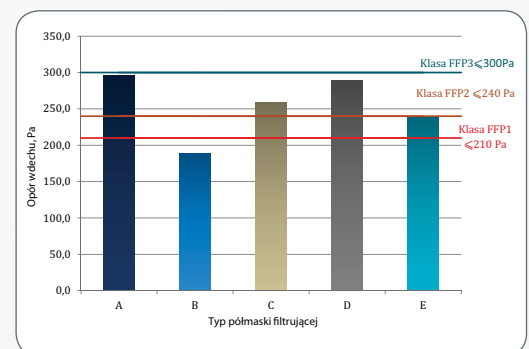
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nie wszystkie dostępne na rynku półmaski filtrujące spełniają wymagania normy EN 149:2001+A1:2009 w zakresie podstawowych parametrów ochronnych i użytkowych podanych w tab. 2.

Spśród przebadanych półmasek dostępnych komercyjnie jedna półmaska oznaczona jako



Rys. 1. Wyniki badań półmasek filtrujących (oznaczenia typu półmasksi zgodnie z tabelą 2.) w zakresie maksymalnej wartości penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego

Fig. 1. Test results of filtering half masks (determinations of the half-mask type in accordance with table 2.) in the range of maximal value of penetration of paraffin oil aerosol



Rys. 2. Wyniki badań półmasek filtrujących w zakresie maks. wartości oporu oddychania. Oznaczenia typu półmasksi zgodnie z tabelą 2.

Fig. 2. Test results of filtering half masks in the range of maximal value of breathing resistance. Determinations of the half-mask type in accordance with table 2.

Tabela 2. Podstawowe wymagania penetracji i oporu wdechu dla trzech klas ochrony

Table 2. Basic requirements for penetration and inhalation resistance for three classes of protection

Klasa ochrony	Wymagania wskaźnika penetracji według EN 149:2001+ A1:2009	Wymagania oporu wdechu według EN 149:2001+ A1:2009
FFP1	$\leq 20\%$	$\leq 210\text{ Pa}$
FFP2	$\leq 6\%$	$\leq 240\text{ Pa}$
FFP3	$\leq 1\%$	$\leq 300\text{ Pa}$

A nie spełniła wymagań w zakresie badania penetracji aerozolu mgły oleju parafinowego (rys. 1.). Wynik powyżej 20% oznacza, że nie spełnia ona wymagań dotyczących najniższej klasy ochrony: FFP1. Półmaski oznaczone jako B, D i E spełniły wymagania pierwszej klasy ochrony FFP1 na poziomie odpowiednio 8,3%, 11,0% i 8,5%, natomiast półmaska oznaczona jako C spełniła wymagania penetracji na poziomie 0,5%, czyli najwyższej klasy ochrony FFP3.

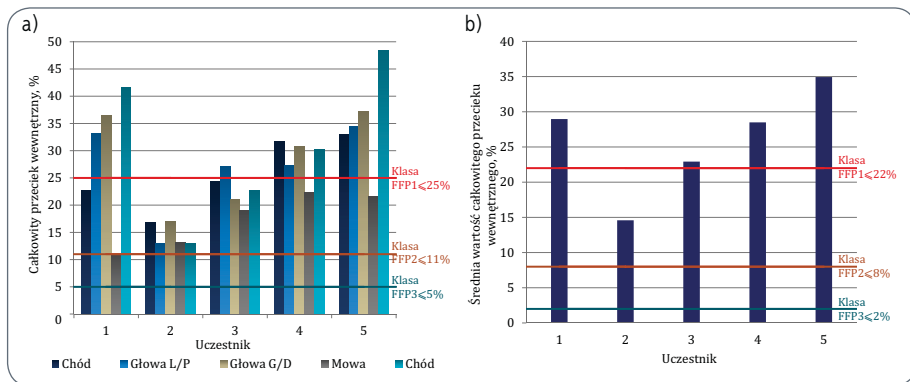
W przypadku badań użytkowych, jakimi są opory wdechu, tylko półmaska oznaczona jako B posiada opory wdechu na poziomie 188 Pa i spełnia wymagania najniższej klasy ochrony FFP1. Półmaska oznaczona jako C posiada opory wdechu na poziomie 285 Pa odpowiadające klasie trzeciej FFP3, natomiast półmaski oznaczone jako A, D i E charakteryzują się wysokimi wartościami oporu wdechu przekraczającymi wartość pierwszej klasy ochrony FFP1- 210 Pa.

Badania całkowitego przecieku wewnętrznego powinny wykazać, że półmaska filtrująca z dużym prawdopodobieństwem może być stosowana do ochrony przed spodziewanym potencjalnym zagrożeniem. Na rys. 3a) -7a) widać, jak półmaska dopasowuje się do twarzy każdego użytkownika podczas wykonywania poszczególnych ćwiczeń na bieżni w komorze. Najniższe wartości poniżej linii granicznej świadczą o bardzo dobrym dopasowaniu części twarzowej do twarzy użytkownika. Najwyższe wartości powyżej linii granicznej świadczą o niedopasowaniu półmasks do twarzy użytkownika na skutek jej rozszczelnienia w wyniku wykonywanych ćwiczeń. Jeżeli jakkolwiek wynik z cyklu ćwiczeń przekroczy wartość linii granicznej, to należy uznać, że taka półmaska jest niedopasowana do wymiarów twarzy użytkownika.

Wykresy przedstawione na rys. 3b) -7b), pokazują średnie wartości całkowitego przecieku wewnętrznego w odniesieniu do poszczególnych uczestników badań. Wyniki przekraczające linię graniczną 8% w przypadku klasy FFP2 i 22% w przypadku klasy FFP1 świadczą o niedopasowaniu półmasks do twarzy użytkownika w danej klasie ochrony. W związku z tym, przy wyborze odpowiedniej półmasks do twarzy użytkownika należy brać pod uwagę zarówno pojedyncze wyniki badań, przedstawione na rys. 3a) -7a), jak i średnie arytmetyczne ćwiczeń, przedstawione na rys. 3b) -7b).

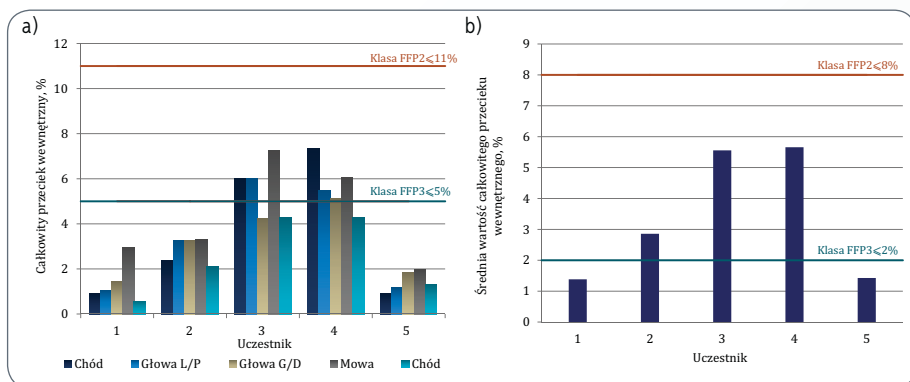
Badania całkowitego przecieku wewnętrznego wykazały, że półmaska oznaczona jako A nie jest dopasowana do użytkowników nr 1, 3, 4 i 5 nawet w zakresie pierwszej klasy ochrony FFP1. Wyniki średniej wartości całkowitego przecieku wewnętrznego przedstawione na rys. 4b) pokazują, że najwyższa wartość jest na poziomie 5,66%, a najniższa – 1,38%, zatem półmaska B spełnia wymagania dla klasy FFP2 i FFP1. W przypadku półmasks oznaczonej jako D najwyższa średnia wartość TIL jest na poziomie 31,87% a najniższa – 2,30%. Świadczy to o tym, że w zależności od wymiarów twarzy użytkownika półmaska może nie być dopasowana i wówczas należy wymienić ją na inny model. Półmaska E (rys. 7.) nie jest dopasowana tylko do jednego uczestnika badań (nr 5), gdzie wartość przecieku była na poziomie 3,09%. Porównując przytoczone wyniki badań półmasks antysmogowych z półmaską filtrującą posiadającą certyfikat oceny typu WE można stwierdzić, że półmaska C spełnia wymagania trzeciej klasy ochrony we wszystkich parametrach ochronnych i użytkowych. Ma ona maksymalną średnią wartość całkowitego przecieku wewnętrznego na poziomie 1,38%, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu do twarzy uczestników badań.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych na ich podstawie wyników stwierdzono, że półmasks antysmogowe oznaczone jako A, D, E nieposiadające certyfikatu oceny typu WE nie spełniają wymagań normy EN 149:2001+A1:2009 w zakresie wszystkich podstawowych parametrów ochronnych i użytkowych, a nie tylko wybranych. Przy zaklasyfikowaniu do najniższej klasy ochrony FFP1 tylko półmaska oznaczona jako B spełnia te wymagania. Duży wpływ na parametry ochronne i użytkowe ma również kształt półmasks i sposób jej połączenia z materiałem filtracyjnym oraz rodzaj samego materiału filtracyjnego.



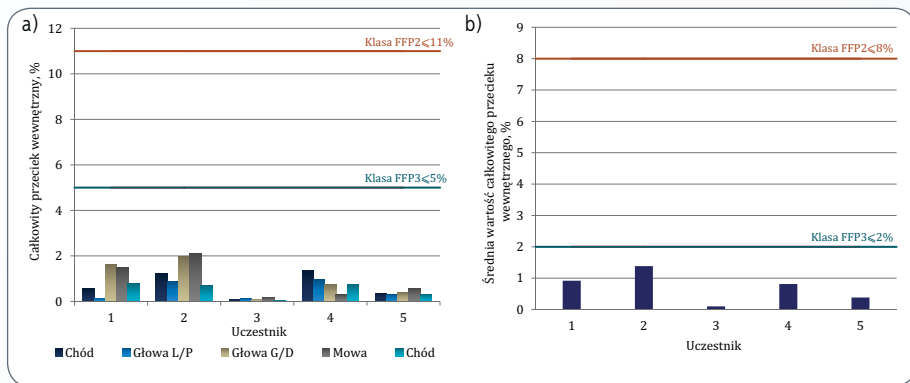
Rys. 3. Zestawienie wartości uzyskanych podczas pomiarów całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasks antysmogowej z filtrem N99 Sport (A): a) w stosunku do pojedynczych wyników ćwiczeń, b) w stosunku do średnich arytmetycznych wyników ćwiczeń

Fig. 3. Comparison of the values obtained during the measurement of the total inward leakage for the anti-smog half-mask with the N99 Sport particle filter (A): a) in relation to individual exercise results, b) in relation to the arithmetic means of the exercise results



Rys. 4. Zestawienie wartości uzyskanych podczas pomiarów całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasks filtrującej SMOG X210SV PM 2.5 (B): a) w stosunku do pojedynczych wyników ćwiczeń, b) w stosunku do średnich arytmetycznych wyników ćwiczeń

Fig. 4. Comparison of values obtained during measurements of total inward leakage for SMOG X210SV PM 2.5 filtering half mask (B): a) in relation to individual exercise results, b) in relation to arithmetic means of exercise results



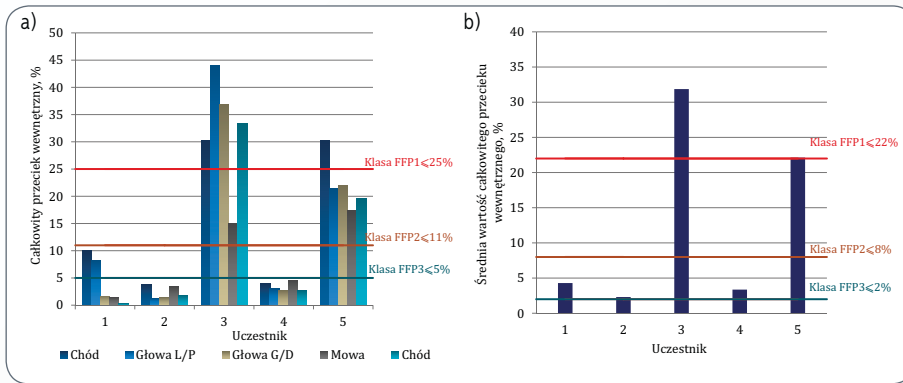
Rys. 5. Zestawienie wartości uzyskanych podczas pomiarów całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasks filtrującej FFP3 NR D (C): a) w stosunku do pojedynczych wyników ćwiczeń, b) w stosunku do średnich arytmetycznych wyników ćwiczeń

Fig. 5. Comparison of values obtained during measurements of total inward leakage for FFP3 NR D filtering half mask (C): a) in relation to individual exercise results, b) in relation to arithmetic means of exercise results

### Podsumowanie

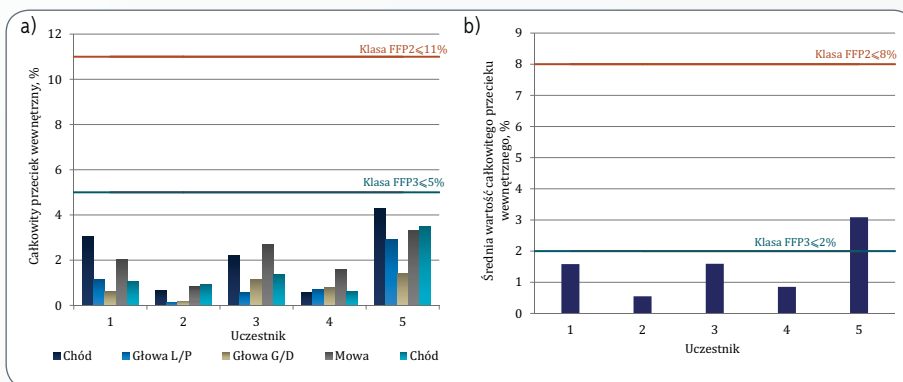
Spośród przebadanych półmasks filtrujących o komercyjnej nazwie handlowej „antysmogowe” tylko jedna spełniła wszystkie podstawowe wymagania zawarte w normie EN 149:2001+A1:2009. Została ona wykonana na wzór półmasks filtru-

jącej stosowanej przede wszystkim w przemyśle wydobywczym, gdzie występuje duże zapylenie powietrza. Charakteryzuje się ona dość dużą powierzchnią filtracyjną, ponieważ wszystkie warstwy zgrzewane są na obrzeżu czaszy półmasks. Wypo- sażona jest w dwie taśmy nagłowia, zacisk nosowy



Rys. 6. Zestawienie wartości uzyskanych podczas pomiarów całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasksi antysmogowej z filtrem N99 CASUAL II rozmiar M (D): a) w stosunku do pojedynczych wyników ćwiczeń, b) w stosunku do średnich arytmetycznych wyników ćwiczeń

Fig. 6. Comparison of values obtained during measurements of total inward leakage for the anti-smog half-mask with the N99 CASUAL II particle filter, M size (D): a) in relation to individual exercise results, b) in relation to arithmetic means of exercise results



Rys. 7. Zestawienie wartości uzyskanych podczas pomiarów całkowitego przecieku wewnętrznego dla półmasksi antysmogowej (E): a) w stosunku do pojedynczych wyników ćwiczeń, b) w stosunku do średnich arytmetycznych wyników ćwiczeń

Fig. 7. Comparison of values obtained during measurements of total inward leakage for the anti-smog half-mask (E): a) in relation to individual exercise results, b) in relation to arithmetic means of exercise results

i uszczelkę nosową, umożliwiające prawidłowe dopasowanie do twarzy użytkownika. Półmasksi filtrujące tzw. antysmogowe stosowane jako sprzęt ochrony układu oddechowego przed szkodliwymi cząstkami aerozoli zawartymi w powietrzu, powinny spełniać zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zawarte w dyrektywie 89/686/EWG/rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2016/425 w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. Potwierdzeniem tego faktu jest spełnienie wymagań zawartych w normie zharmonizowanej PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) „Sprzęt ochrony układu oddechowego. Półmasksi filtrujące do ochrony przed cząstkami. Wymagania, badanie, znakowanie”.

Półmasksi „antysmogowe” o niepotwierdzonej skuteczności ochrony wzorniczo odbiegają od tradycyjnych półmasksi filtrujących i nie kojarzą się z przemysłem. Budzą one większe zainteresowanie użytkowników aglomeracji miejskich, którzy w większości przypadków zwracają uwagę na wygląd, a nie na jakość ochrony. Ten fakt wykorzystywany jest przez dystrybutorów i/lub importerów tego typu półmasksi.

Stosowanie przez pracowników sprzętu ochrony układu oddechowego na stanowiskach pracy

w przestrzeniach zamkniętych oraz otwartych jest wymagane bezwzględnie w przypadkach przekroczenia wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS), określonych w rozporządzeniu ministra właściwego ds. pracy.

Stosowanie sprzętu ochrony układu oddechowego w postaci półmasksi filtrującej w środowisku przestrzeni otwartej jest jednak również zalecane, jeżeli: a) pracownik jest narażony na stałym stanowisku pracy w przestrzeni otwartej na oddziaływanie pyłów PM10 lub PM2,5, których stężenia przekraczają dopuszczalne limity w odniesieniu do powietrza atmosferycznego (np. policjant kierujący ruchem),

b) wskazania lekarskie uzasadniają także potrzebę stosowania sprzętu ochrony układu oddechowego w przestrzeni otwartej przez osoby ze schorzeniami układu oddechowego, krążenia lub alergicznymi.

W wymienionych sytuacjach (a, b) zaleca się stosowanie półmasksi filtrujących (fot.).

Ważne jest jednak, aby zarówno pracodawcy, jak i obywatele, stosujący półmasksi w środowisku życia, w celu ochrony przed smogiem nie ponosili kosztów zakupu „pseudochron”, tj. środków ochrony układu oddechowego o niepotwierdzonej skuteczności ochrony, czyli nieoznaczonych znakiem CE).

BIBLIOGRAFIA

[1] PN-ISO 4225:1999 Jakość powietrza -- Zagadnienia ogólne – Terminologia

[2] Koradecka D., Skowroń J. 85. posiedzenie Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 2017, 549, 6:23-25

[3] Czynniki szkodliwe w środowisku pracy – wartości dopuszczalne [red.] Rezler J., Toczko B. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2016

[4] www.eea.europa.eu

[5] Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce [red.] Rezler J., Toczko B. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2016

[6] Bell M.L., Davis D.L., Fletcher T. A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. Environmental Health Perspectives, 2004, 112, 1:6-8

[7] Jun Z., Yao L., Liang-Liang C., Shou-Qin L., Xi-Xiang Y., Huai-Chen L. Ambient air pollution, smog episodes and mortality in Jinan, China. Scientific Reports 2017, 7 DOI: 10.1038/s41598-017-11338-2

[8] Yu-Fei X., Yue-Hua X., Min-Hua S., Yi-Xin L. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. „J. Thorac. Dis.” 2016, 8, 1:E69-E74, DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19, view this article at: <http://dx.doi.org/10.3978>

[9] Wei H., Jianguo T., Haidong K., Ni Z., Weimin S., Guixiang S., Guohai Ch., Lili J., Cheng J., Renjie Ch., Bingheng Ch. Visibility, air quality and daily mortality in Shanghai, China. “Science of the Total Environment” 2009, 407:3295–3300

[10] Katanoda K., Sobue T., Satoh H., Tajima K., Suzuki T., Nakatsuka H., Takezaki T., Nakayama T., Nitta H., Tanabe K., Tominaga S. For the Three-prefecture Cohort Study Group, An Association Between Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Mortality From Lung Cancer and Respiratory Diseases in Japan “J. Epidemiol.” 2011, 21, 2:132-143 DOI: 10.2188/jea.JE20100098

[11] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej

[12] Dz. Urz. WE z 30.12.1989 – Dyrektywa Rady z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do wyposażenia ochrony osobistej (89/686/EWG)

[13] Art. 207 § 2 Kodeksu pracy 2018

[14] Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy Dz.U. 2018 poz. 1286

[15] EN 149:2001 +A1:2009 – Respiratory Protective devices – Particle filtering half masks – Requirements, testing, marking

[16] EN 13274-7: 2008 Respiratory Protective devices. Methods of tests. Determination of particle filter penetration

[17] EN 13274-3: 2008 Respiratory Protective devices. Methods of tests. Determination of breathing resistance

[18] EN 13274-1:2001 Respiratory Protective devices. Methods of tests. Determination of inward leakage and total inward leakage

*Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*