



Ochrona dróg oddechowych — nowe wyzwania

WŁADYSŁAW HARMATA, DOROTA KAMIONEK¹

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Nowych Technologii i Chemii,
ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, wladyslaw.harmata@wat.edu.pl
Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, Al. gen. Antoniego Chruściela „Montera” 105,
00-910 Warszawa, d.kamionek@wichir.waw.pl

Abstrakt. W pracy scharakteryzowano problem zanieczyszczenia powietrza smogiem. Przeanalizowano możliwość przenoszenia wirusa SARS-CoV-2 na cząsteczkach pyłu zawieszzonego oraz możliwość zakażeń. Poddano analizie indywidualne środki ochrony dróg oddechowych dostępne na rynku pod kątem masowego stosowania z uwzględnieniem wymagań prawnych i normatywnych.

Słowa kluczowe: środki ochrony indywidualnej, ochrona dróg oddechowych, SARS-CoV-2

DOI: 10.5604/01.3001.0015.6963

Wprowadzenie

Cel artykułu to analiza problemu ochrony dróg oddechowych w czasie zwiększonych emisji zanieczyszczeń do atmosfery, głównie pyłów, a także doboru środków ochrony w zależności od rodzaju i stężenia zanieczyszczeń. Scharakteryzowano prawdopodobny wpływ zanieczyszczeń powietrza pyłami na zdrowie ludzi z uwzględnieniem transportu substancji biologicznych, w tym wirusa SARS-CoV-2, na cząsteczkach pyłu zawieszzonego. Poddano analizie indywidualne środki ochrony dróg oddechowych w zależności od klas ochrony i rodzaju środka skażającego.

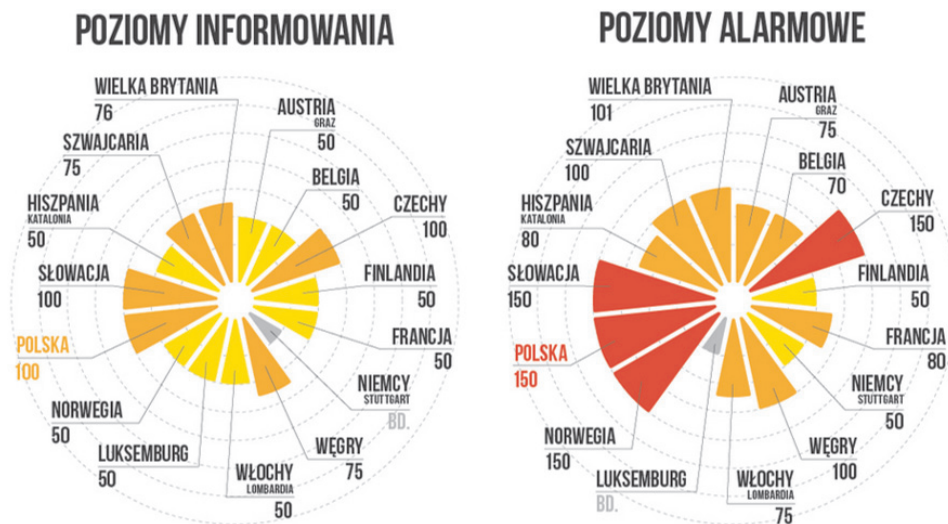
Rozwój cywilizacyjny to nie tylko współczesne dobrodziejstwo, lecz także wielkie niebezpieczeństwo dla człowieka i środowiska przyrodniczego. Gwałtownie rośnie zagrożenie chorobami cywilizacyjnymi, do których można zaliczyć na pewno choroby alergiczne oraz występujące coraz częściej choroby górnych i dolnych

dróg oddechowych. Większość substancji (niezależnie od pochodzenia i składu chemicznego) wywołujących negatywne efekty w organizmie człowieka znajduje się w powietrzu. Mogą to być gazy toksyczne oraz pyły zawierające bakterie, wirusy, grzyby oraz liczne pierwiastki i związki chemiczne (organiczne i nieorganiczne). Głównymi drogami wnikania substancji toksycznych do organizmu ludzkiego są drogi oddechowe [1, 2, 3].

Bardzo dużym zagrożeniem są pyły, których wysokie stężenia w powietrzu atmosferycznym są jednym z głównych czynników środowiskowych wywierających szkodliwy wpływ na zdrowie populacji, dotyczy to zwłaszcza chorób układu oddechowego oraz sercowo-naczyniowego [4].

W naszym kraju obowiązują bardzo liberalne zasady określania poziomów informowania społeczeństwa o zanieczyszczeniu, a jednocześnie jakość powietrza określana jest jako jedna z gorszych w krajach Unii Europejskiej. W październiku 2019 roku, rozporządzeniem ministra środowiska, obniżono dotychczasowe poziomy alarmowania oraz informowania o smogu. Wynoszą one odpowiednio 150 i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla pyłu PM10 (wcześniej 300 i 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [5]. Na rysunku 1 przedstawiono poziomy informowania i alarmowania dla pyłu PM10 w wybranych krajach.

W związku z dużym wpływem na zdrowie i życie ludzkie krótkoterminowej ekspozycji na zanieczyszczenia pyłowe zalecenia Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) dotyczące dopuszczalnych stężeń dobowych podają 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM2,5 oraz 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM10 [6].



Rys. 1. Poziomy informowania i alarmowania dla pyłu PM10 w wybranych krajach

Źródło: [7]

Pył zawieszony jest mieszaniną cząstek stałych i par cieczy utrzymujących się w powietrzu. Cząsteczki te zawierają różne składniki, np.: siarkę, związki organiczne takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (głównie benzo(a)piren), dioksyny, metale ciężkie, alergeny (takie jak pyłki roślin i zarodniki grzybów) oraz substancje biologiczne — bakterie i wirusy [8].

Szkodliwość pyłu dla zdrowia ekspozowanych osób jest ściśle związana z wielkością i składem chemicznym ziaren. Pył drobny o średnicy poniżej 2,5 μm jest najbardziej niebezpieczny. Dociera do pęcherzyków płucnych, a nawet penetruje do naczyń krwionośnych, a stamtąd do krwiobiegu, dlatego jest szkodliwy zarówno dla układu oddechowego, jak i dla układu krążenia. Większe ziarna pyłu mogą powodować stany zapalne spojówek oraz błony śluzowej nosa i gardła. Narażenie na wysokie stężenia pyłu może nasilać objawy choroby płuc, różnych chorób o podłożu alergicznym (astma, egzema, katar sienny, zapalenie spojówek) i chorób serca (zwiększona krzepliwość krwi, zaburzenia rytmu), zwiększać podatność na infekcje dróg oddechowych, nie można także wykluczyć działania rakotwórczego [9, 10, 11]. Pył PM_{2,5} wykazuje najsilniejszy związek z umieralnością: wzrost długotrwałej koncentracji PM_{2,5} o 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zwiększa ryzyko śmierci z różnych przyczyn o 6% [12]. Powyższe szacunki opierają się na porównaniu ekspozycji pomiędzy miastami i przyjmuje się, że wszyscy mieszkańcy miasta są narażeni na taką samą średnią ekspozycję. Ostatnie badania w stanie Kalifornia wykazały, że oceny ekspozycji, które bazują tylko na średnich stężeniach w społeczności, mogą prowadzić do zaniżenia ryzyka zdrowotnego o współczynnik dwa lub trzy [13, 14].

Według specjalistów ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza wiąże się z określonymi negatywnymi skutkami zdrowotnymi, mogą pojawić się między innymi:

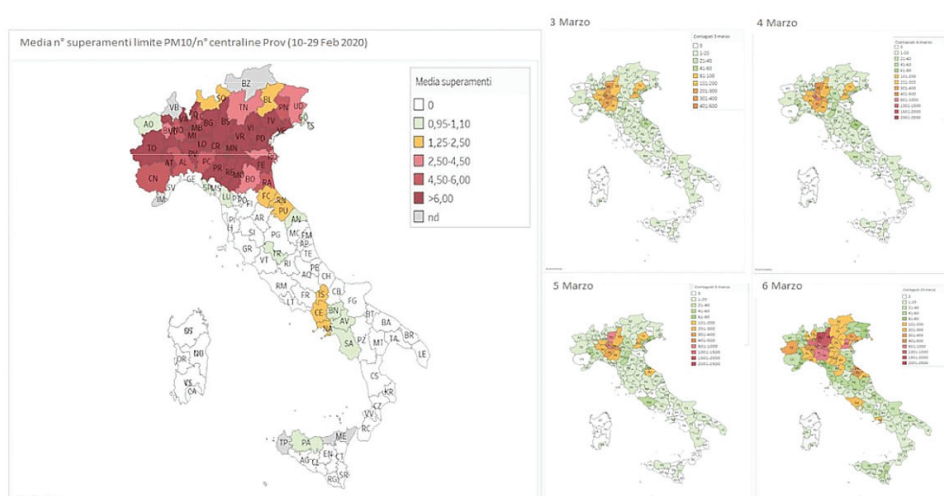
- problemy z pamięcią i koncentracją, wyższy poziom niepokoju, stany depresyjne, zmiany anatomiczne w mózgu, alzheimier, przyspieszone starzenie się układu nerwowego, udar mózgu;
- problemy z oddychaniem, podrażnienia oczu, nosa i gardła, kaszel, katar, zapalenie zatok;
- zawał serca, nadciśnienie tętnicze, choroba niedokrwienna serca, zaburzenia rytmu serca, niewydolność serca;
- astma, rak płuc, przewlekła obturacyjna choroba płuc, częstsze infekcje dróg oddechowych;
- bezpłodność, obumieranie płodu, przedwczesny poród [15, 16].

1. Ochrona dróg oddechowych — nowe wyzwania

1.1. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na pandemię koronawirusa

Od lat dobrze znane były głosy ekspertów, którzy podkreślali, że zniszczenie różnorodności biologicznej, urbanizacja oraz globalizacja mogą potęgować mechanizmy polegające na transmisji nieznanymi człowiekowi gatunków wirusów ze zwierząt na ludzi. Na początku marca 2020 profesor Leonardo Setti z Uniwersytetu Bolońskiego wskazał na możliwość istnienia korelacji pomiędzy wysokim poziomem zanieczyszczenia powietrza w niektórych regionach Włoch a dużą liczbą stwierdzonych przypadków osób zarażonych COVID-19 na tym obszarze. Jak podkreśla sam naukowiec, „hipoteza oparta została na ograniczonej liczbie obserwacji i z pewnością wymaga prowadzenia dalszych badań”. Warto jednak przyjrzeć się, na jakiej podstawie zostały oparte powyższe tezy oraz jakie mogą zachodzić korelacje. W dniach 10-29 lutego 2020 r. stwierdzono wysokie stężenie pyłów MP10 w powietrzu na obszarze Niziny Padańskiej we Włoszech. To właśnie zanieczyszczenie powietrza mogło działać jako wektor infekcji, czyli czynnik przyspieszający transmisję koronawirusa [16, 17].

Nad potwierdzeniem tezy związanej z bezpośrednią korelacją pomiędzy zanieczyszczeniem powietrza a rozprzestrzenianiem się koronawirusa pracuje obecnie duża grupa badaczy. Poniższa mapa (rys. 2) przedstawiająca poziom stężenia zanieczyszczenia pyłami PM_{2,5} we Włoszech w lutym 2020 bardzo wyraźnie pokazuje, że w dniach, w których niezwykle szybko dochodziło do zakażeń, zanieczyszczenie pyłami PM_{2,5} w północnych Włoszech było bardzo wysokie [17].



Rys. 2. Mapa zanieczyszczenia powietrza pyłami PM_{2,5} we Włoszech w lutym i marcu 2020

Źródło: [17]

1.2. Możliwości zarażenia się przez drogi oddechowe

Wirus przenosi się głównie drogą kropelkową, co sugeruje, że pomimo jego bardzo małych rozmiarów (wielkość cząsteczek wirusa oszacowano na 80 do 120 nm [18]) nośnik (kropelka, pył, zanieczyszczenie), na którym się transportuje, zdecydowanie może przekraczać 0,2 μm [19]. Wyniki badań dowodzą, że niektóre patogeny mogą „podróżować” na cząsteczkach zanieczyszczeń znajdujących się w powietrzu. Należały do nich wirus ptasiej grypy, odry czy pryszczycy [20]. Zespół badawczy z Uniwersytetu w Bolonii potwierdził znalezienie materiału genetycznego charakterystycznego dla SARS-CoV-2 po przebadaniu 34 próbek PM10, które pobrano nad przemysłową częścią Bergamo w ciągu trzech tygodni (od 21 lutego do 13 marca 2020). Wyniki badań zostały opublikowane 24 kwietnia na łamach medrxiv.org [21]. Naukowcy sugerują, że „w warunkach stabilności atmosferycznej i wysokich stężeń PM SARS-CoV-2 może tworzyć skupiska z PM na zewnątrz”. Drobinę zawieszoną w powietrzu mogą ułatwiać rozprzestrzenianie się wirusa w atmosferze i wpływać na jego trwałość (w ten sposób koronawirus mógłby przenosić się na większe odległości) [22].

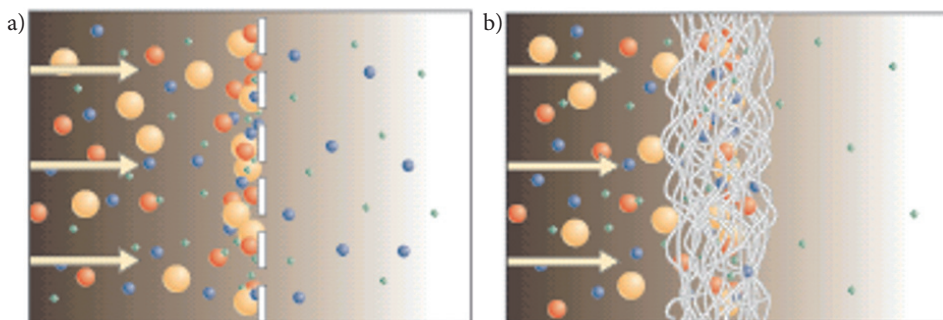
Najnowsze badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii potwierdzają zabójczy związek między zanieczyszczeniem powietrza a przebiegiem COVID-19. Zdaniem naukowców ryzyko zgonu zwiększa się o kilka procent, gdy zakażony jest narażony na przebywanie w smogu. Badania przeprowadzone przez Office for National Statistics wykazały, że długotrwałe narażenie na zanieczyszczenie powietrza może zwiększyć ryzyko zgonu z powodu COVID-19. Zdaniem badaczy smog zwiększa śmiertelność nawet o 6%. Naukowcy przeanalizowali ponad 46 tys. zgonów spowodowanych koronawirusem SARS-CoV-2, które miały miejsce w Wielkiej Brytanii. Okazało się, że niewielki wzrost narażenia ludzi na zanieczyszczone powietrze, w tym smog, jaki miał miejsce w ciągu ostatnich dziesięciu lat, mógł zmniejszyć odporność mieszkańców. „The Guardian” zwraca uwagę również na inne badania, przeprowadzone m.in. w USA i Niderlandach. Wskazały one, że ryzyko zgonu spowodowane połączeniem zanieczyszczonego powietrza i COVID-19 wzrasta od 8 do 15%. Zdaniem ekspertów może to wyjaśniać, dlaczego w obszarach miejskich infekcje wywołane SARS-CoV-2 mają zwykle cięższy przebieg. Office for National Statistics (ONS) zwraca jednak uwagę, że zebrane dane nie brały pod uwagę innych czynników, które również mogły wpłynąć na przebieg COVID-19. Stałe narażenie na zanieczyszczenie powietrza jest znaną przyczyną trudności w oddychaniu i innych długotrwałych dolegliwości w płucach i sercu — podaje ONS w swoim raporcie. To daje podstawy, by podejrzewać, że smog faktycznie może osłabiać odporność również w przypadku COVID-19 [23].

Można założyć, że koronawirus SARS-CoV-2 może być roznoszony drogą kropelkową lub jako składnik aerozoli (pyłów) atmosferycznych. Zakaźne aerozole mogą być emitowane podczas kaszlu, kichania, wraz ze śliną, ale również podczas rozmowy, śpiewania, wysiłku fizycznego, nawet wydechu. Oznacza to, że element „nośnik + wirus” powinien być skutecznie zatrzymywany przez filtry odpowiedniej klasy w procesie nazywanym filtracją.

2. Proces filtracji

Proces filtracji przebiega na przegrodzie filtracyjnej, która może być włóknista bądź ziarnista, luźna lub zwarta. Ilość zanieczyszczeń i wykorzystywany mechanizm filtracji decydują o tym, czy na przegrodzie zachodzi filtracja powierzchniowa, czy też wgłębna. Znaczenie mają tutaj również rozmiary cząstek oraz prześwitów w przegrodzie filtracyjnej lub porów, jeżeli jest to ośrodek porowaty.

1. **Filtracja powierzchniowa** (rys. 3a) zachodzi w przypadku znacznej ilości zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych zawartych w filtrowanym powietrzu. Na przegrodzie powstaje wówczas warstwa osadu (zanieczyszczeń), która następnie bierze udział w procesie filtracji. Z biegiem czasu warstwa ta rośnie, wzrasta również opór przepływu powietrza przez przegrodę.
2. **Filtracja wgłębna** (rys. 3b), zwana też **objętościową**, zachodzi w przypadku małej ilości cząstek stałych, które albo są zatrzymywane na przegrodzie filtracyjnej, albo wnikają do niej. Nie można wówczas wyróżnić wyraźnej warstwy osadu. W klimatyzacji i wentylacji znacznie częściej spotykana jest filtracja wgłębna. Jednak na niektórych filtrach, głównie wyciągowych oraz filtrach z odciągów miejscowych znacznie zanieczyszczonych pomieszczeń lub pomieszczeń, w których emitowane są cząstki dość znacznych rozmiarów, zauważa się też filtrację powierzchniową.



Rys. 3. Filtracja: a) powierzchniowa, b) wgłębna (objętościowa)

Źródło: [24]

3. Środki ochrony dróg oddechowych przed aerozolami

Skuteczność filtracji dla indywidualnych środków ochrony dróg oddechowych wyznacza się wobec standardowych aerozoli, tj. chlorku sodu i mgły oleju parafinowego. Elementy filtrujące dzieli się w zależności od skuteczności filtrowania na trzy klasy ochronne:

- **klasa 1** (oznaczenie **P1**) — skuteczność filtracji **80%** — stosowane do ochrony przed cząstkami stałymi o niskiej toksyczności, dla których **NDS $\geq 2 \text{ mg/m}^3$ ***;
- **klasa 2** (oznaczenie **P2**) — skuteczność filtracji **94%** — stosowane do ochrony przed cząstkami stałymi i ciekłymi o niskiej i średniej toksyczności, dla których **NDS $\geq 0,05 \text{ mg/m}^3$** ;
- **klasa 3** (oznaczenie **P3**) — skuteczność filtracji **99,95%** — stosowane do ochrony przed cząstkami stałymi i ciekłymi o wysokiej toksyczności, dla których **NDS $< 0,05 \text{ mg/m}^3$** [25].

W Polskiej Normie PN-EN 143:2004/AC:2006 sprecyzowano podstawowy parametr ochronny, jakim jest skuteczność filtracyjna określona penetracją filtra, która nie powinna przekraczać wartości podanych w tabeli 1, a przykładowe rozwiązania praktyczne przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Penetracja filtra — wartość maksymalna wg PN-EN 143

TABELA 1

Klasa filtra	Maksymalna penetracja filtra %	
	Badanie chlorkiem sodu przy przepływie 95 l/min	Badanie mgłą oleju parafinowego przy przepływie 95 l/min
P1	20	20
P2	6	6
P3	0,05	0,05

Źródło: [25]

* Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) to wartość średnia ważona stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w ustawie z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U., poz. 1286.



Rys. 4. Wymienne wkłady filtracyjne klasy P1, P2, P3

Źródło: [26]



Rys. 5. Wymienny filtr klasy P3 do maski lub półmaski

Źródło: [27]

Według normy PN-EN 149+A1:2010 półmaski filtrujące dzieli się w zależności od skuteczności filtrowania na trzy klasy ochronne:

- **klasa 1 (FFP1 filtering face piece)** — podstawowa skuteczność filtracji (na poziomie 80% dla cząsteczek stałych o średnicy 0,6 μm), ochrona przed stałymi i ciekłymi cząstkami (pyły, dymy, mgły) o **niskiej toksyczności**, dla których **NDS $\geq 2 \text{ mg/m}^3$** , o ile maksymalne stężenie wynosi do **$4 \times \text{NDS}$** ;
- **klasa 2 (FFP2)** — średnia skuteczność filtracji (na poziomie 94% dla cząsteczek stałych o średnicy 0,6 μm) do ochrony przed stałymi i ciekłymi cząstkami o **niskiej bądź średniej toksyczności**, dla których **NDS $\geq 0,05 \text{ mg/m}^3$** , o ile maksymalne stężenie wynosi do **$10 \times \text{NDS}$** ;
- **klasa 3 (FFP3)** — wysoki poziom filtracji (na poziomie 99% dla cząsteczek stałych o średnicy 0,6 μm) do ochrony przed stałymi lub ciekłymi cząstkami o **wysokiej toksyczności**, jeżeli maksymalne stężenie wynosi maksimum **$30 \times \text{NDS}$** [28].

Wobec braku udokumentowanych wartości NDS dla bioaerozoli nie jest możliwe stosowanie standardowej procedury doboru sprzętu filtrującego, polegającej na doborze klasy ochronnej do krotności przekroczenia dopuszczalnej wartości stężenia aerozolu. Z tego powodu opracowano wytyczne doboru klasy ochronnej filtrów

i półmasek filtrujących stosowanych do ochrony przed bioaerozolem w zależności od wielkości cząstek i grupy ryzyka zawodowego, w których ustalono:

- dla bioaerozolu, którego cząstki mają wielkość powyżej $1 \mu\text{m}$ i zaliczany jest do 1. grupy ryzyka — półmaski o niskiej skuteczności — FFP1 lub filtry P1 kompletowane z półmaskami lub filtropochłaniaczami;
- dla bioaerozolu, którego wielkość cząstek zawiera się w przedziale $0,5 \leq d < 1 \mu\text{m}$ i zaliczany jest do 1. lub 2. grupy ryzyka — półmaski o średniej skuteczności – FFP2 lub filtry P2 kompletowane z półmaskami lub filtropochłaniaczami;
- dla bioaerozolu, którego wielkość cząstek zawiera się w przedziale $0,3 \leq d < 0,5 \mu\text{m}$ i zaliczany jest do 3. grupy ryzyka — półmaski o najwyższej skuteczności FFP3 lub filtr P3 kompletowany z półmaskami lub filtropochłaniaczami [29, 30].

Na rynku dostępne są różnego rodzaju środki ochrony dróg oddechowych. Są one ogólnodostępne, ale w większości nie jest znana skuteczność ich ochrony (rys. 6-9).



Rys. 6. Półprzyłbica i przyłbica ochronna

Źródło: [31, 32]



Rys. 7. Maseczki ochronne tkaninowe (antywirusowe, przeciwpyłowe)

Źródło: [33, 34]



Rys. 8. Maseczki ochronne tkaninowe medyczne (chirurgiczne)

Źródło: [35, 36]



Rys. 9. Półmaski z wymiennymi filtrami klasy P1-P3 lub filtropochłaniaczami

Źródło: [37, 38]

4. Dobór środków ochrony

Maski FFP2 i FFP3 różnią się m.in. efektywnością filtracji. Dla masek typu FFP2 wynosi ona 94%, a dla FFP3 — 99%. Maski FFP2 (przeciwpyłowe i antysmogowe) może stosować każdy. Maski FFP3 (antywirusowe i antybakteryjne) są przeznaczone dla personelu medycznego narażonego na kontakt z zakażonymi.

Środki ochrony typu FFP3 były rekomendowane przez PZH Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego dla ratowników medycznych mogących mieć kontakt z SARS-CoV-2 [39]. Niezbędne jest jednak zachowanie innych elementów higieny — przede

wszystkim unikanie dotykania oczu, ust, nosa, regularne mycie dłoni, unikanie miejsc publicznych, reagowanie na pojawienie się zagrożenia w najbliższym otoczeniu. Maski nie spełni swojej funkcji, jeśli będzie źle dopasowana do twarzy. Dlatego przy zakupie trzeba zwracać uwagę na rozmiar. Najczęściej stosowana jest numeracja znana z ubrań — od „S” do „XL” [40]. Jest to z reguły niestety jedyna informacja o dopasowaniu.

Określenia efektywności filtracji dokonuje się przy użyciu cząstek o średnicy 0,3 μm , ponieważ cechują się one największą zdolnością penetracji. Badania dowodzą, że maski FFP2, mające filtrować co najmniej 94%, w praktyce filtrują od 94% aż do 99%. Maski FFP2 oraz FFP3 w kontekście redukcji transmisji koronawirusa okazują się niemal tak samo skuteczne. Zarówno maski FFP2, jak i FFP3 mogą być stosowane wielorazowo. Należy jednak poddawać je odpowiedniej, dostosowanej do nich dezynfekcji, aby nie obniżyć efektywności filtrowania [41].

Wybierając maskę ochronną, warto zwrócić uwagę także na inne oznaczenia umieszczane na maskach:

- **CE** — produkt został poddany procedurze oceny zgodności, gwarantuje spełnienie wymagań techniczno-prawnych;
- **NR** — półmaska jednorazowego użytku, przeznaczona do noszenia przez maksymalnie 8 godzin, nie należy jej zakładać ponownie;
- **R** — półmaska wielokrotnego użytku.

W przypadku masek filtrujących bardzo często można spotkać także oznaczenia **N**, **R** lub **P** — są to klasy filtracji obowiązujące w USA, określone standardem NIOSH. Każda z nich odpowiada innej skuteczności w ochronie przed **cząsteczkami oleistymi** i są to odpowiednio:







- **N** — nieodporny na cząsteczki oleiste,
- **R** — odporny na cząsteczki oleiste,
- **P** — o najwyższej odporności na cząsteczki oleiste [42].

Na rysunku 10 przedstawiono indywidualne środki ochrony dróg oddechowych oferowane na rynku i wskazano, jak je stosować.

Na rysunku 11 przedstawiono wizualizację kaszlu w zależności od zastosowanego środka ochrony dróg oddechowych (badanie wykonali naukowcy z Uniwersytetu w Dublinie).

Z przedstawionej wizualizacji wynika, że skuteczną ochronę człowieka w przypadku kontaktu z osobą kaszlącą zapewnia specjalistyczna maseczka FFP3.

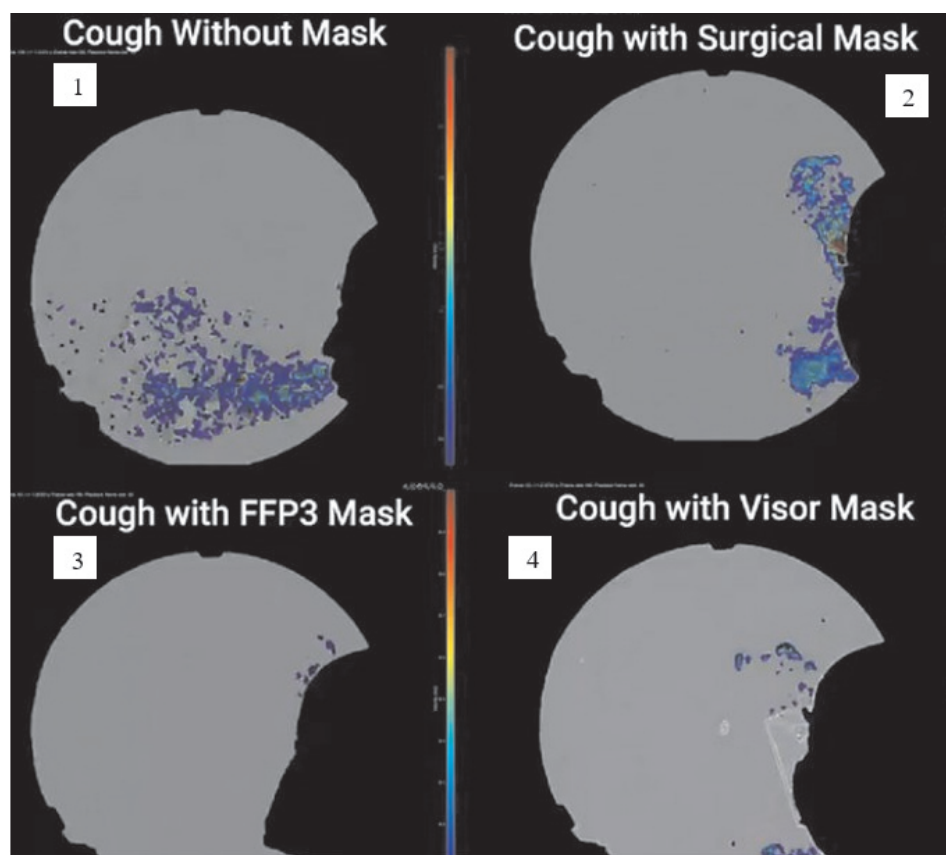
Należałoby postawić pytanie, czy wystarczające jest posiadanie informacji nt. klasy elementu oczyszczającego powietrze — FFP-1÷3, P1÷3? Niestety nie można na nie jednoznacznie odpowiedzieć.

Typ maseczki	Norma	Grupa odbiorców:	Jak długo możemy stosować?	Poziom ochrony innych:	Poziom ochrony siebie:
3-warstwowa chirurgiczna 	PN-EN 14683+AC:2019-09	wszyscy	< 4 h	98%	50%
FFP1(KN80) 	PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) (USA KN80)	wszyscy	< 8 h	98%	80%
FFP2(KN90) bez zaworka 	PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) (USA KN90)	wszyscy	< 8 h	98%	95%
FFP2(KN90) z zaworkiem 	PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) (USA KN90)	służby i medycy	< 8 h	0%	95%
FFP3(KN95) bez zaworka 	PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) (USA KN90)	służby i medycy	< 8 h	98%	99%
FFP3(KN95) z zaworkiem 	PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009) (USA KN90)	służby i medycy	< 8h	0%	99%

Uwaga: maseczki szyte, bawełniane, własnoręcznie wykonane — brak danych dotyczących parametrów ochronnych

Rys. 10. Typy maseczek ochronnych — porównanie

Źródło: [42]



Rys. 11. Wizualizacja kaszlu w zależności od zastosowanego środka ochrony dróg oddechowych (1 — kaszel bez maski, 2 — kaszel z maską chirurgiczną, 3 — kaszel z maską FFP3, 4 — kaszel z maską daszkową (przyłbicą))

Źródło: [42]

Elementy filtracyjne odpowiedniej klasy, zaopatrzone w atest (certyfikat zgodności) na odpowiednią normę są realnym zabezpieczeniem dróg oddechowych przed aerozolami. Od 21 kwietnia 2018 r. podstawą prawną badania typu UE są wymagania ujęte w **Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej, a uchylona została dyrektywa Rady 89/686/EWG**. Według tego rozporządzenia środki ochrony indywidualnej (ŚOI) to wyroby przewidziane do noszenia lub trzymania przez użytkownika w celu jego ochrony przed jednym lub większą liczbą zagrożeń, które mogą oddziaływać na jego bezpieczeństwo lub zdrowie. Wyroby te muszą posiadać oznakowanie CE i przejść procedurę oceny zgodności. Okres między **21.04.2018 a 21.04.2019 r. to czas, w którym producenci, importerzy oraz dystrybutorzy środków** ochrony indywidualnej muszą dostosować swoje wyroby

do wymagań zawartych w nowym rozporządzeniu. Zgodnie z harmonogramem Rozporządzenia 2016/425 wszystkie wyroby wprowadzone do obrotu po 21.04.2019 r. muszą pozostawać w zgodności z nowymi przepisami. Oznacza to, że producenci ŚOI muszą uzyskać certyfikaty badania typu UE do 21.04.2019 r. Dokumentem niezbędnym do wprowadzenia ŚOI jest deklaracja zgodności UE. Producent lub osoba wprowadzająca produkt na rynek UE deklaruje w nim, że produkt spełnia wszelkie wymagania przewidziane prawem. Według nowego rozporządzenia należy go dołączać do każdego egzemplarza produktu. Deklaracja zgodności może być zawarta w instrukcji użytkownika lub też dopuszczalne jest wskazanie użytkownikowi adresu internetowego, pod którym dokument się znajduje. Producenci, upoważnieni przedstawiciele oraz importerzy powinni przechowywać deklarację zgodności UE do dyspozycji krajowych organów nadzoru rynku przez dziesięć lat po wprowadzeniu środka na rynek [44].

Na pilny wniosek Komisji Europejskiej Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) i Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (CENELEC), we współpracy z wszystkimi ich członkami, zgodziły się udostępnić wiele norm europejskich dla niektórych wyrobów medycznych i sprzętu ochrony osobistej. Działanie to pomoże zarówno przedsiębiorstwom z Unii Europejskiej, jak i z państw trzecich, które chcą wytwarzać te produkty, w szybkim rozpoczęciu produkcji i łatwiejszym wprowadzaniu produktów na rynek wewnętrzny, zapewniając jednocześnie wysoki poziom bezpieczeństwa.

Inicjatywa ta uzupełnia **zalecenie Komisji 2020/403 z dnia 13 marca 2020 r. w sprawie procedur oceny zgodności i procedur nadzoru rynku w kontekście zagrożenia COVID-19**, które zawiera wytyczne dla organów krajowych w sprawie dopuszczania sprzętu ochrony osobistej **bez oznakowania CE, ale który jest zgodny z niezbędnymi normami zdrowia i bezpieczeństwa, na rynku UE**.

Na podstawie Uchwały Rady Ministrów nr 33/2020 z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie szczególnych rozwiązań w zakresie zaopatrzenia w środki ochrony indywidualnej, które są niezbędne do przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2, § 1 ust. 2 stanowi, że środki ochrony indywidualnej, o których mowa w ust. 1, mogą zostać zakupione pod warunkiem, że są zgodne z wytycznymi krajowego konsultanta w dziedzinie chorób zakaźnych opublikowanymi w Biuletynie Informacji Publicznej na stronie podmiotowej ministra właściwego do spraw zdrowia. *Środki te mogą być nabywane przed zakończeniem oceny ich zgodności i bez oznakowania CE nie dłużej niż 30 dni od dnia zakończenia stanu epidemii w związku z zakażeniami wirusem SARS-CoV-2* [45].

Należałoby postawić pytanie, czy wystarczające jest posiadanie informacji nt. klasy elementu oczyszczającego powietrze? Niestety nie.

Pierwszym elementem jest możliwość dopasowania do twarzy użytkownika. W normie obronnej NO-42-A214:2017 zawarto następujące wymaganie: **dopasowalność części twarzowej** — asortyment rozmiarowy części twarzowej maski przeciwgazowej powinien zapewnić dopasowanie dla 98% potencjalnych użytkowników z populacji polskiej, przy liczbie rozmiarów nie większej niż cztery. Współczynnik dopasowania maski przeciwgazowej (FIT FACTOR) nie powinien wynosić mniej niż 10 000 [46]. Wymaganie normy dotyczy wojskowych masek filtracyjnych, ale istnieje możliwość dopasowania wszystkich masek i półmasek np. na stanowiskach pracy. Maski typu FFP posiadają kołnierz i regulowaną długość troków (gumek), co umożliwia lepsze dopasowanie do twarzy. Maseczki tkaninowe i z tworzyw praktycznie nie dają się dopasować do twarzy. W niektórych maskach umieszczony jest także zawór wydechowy. Problemem jest jednak to, że maski te nie filtrują powietrza wydychanego, tylko wdychane. Zapewniają przez to jedynie jednostronną ochronę użytkownika, a w przypadku osoby chorej stanowią zagrożenie dla innych. Maseczek medycznych i podobnych tkaninowych nie można dopasować do twarzy użytkownika (rys. 8). Oprócz miejsc pokazanych za pomocą strzałek bardzo ważny będzie kształt twarzy. Maseczki lepiej będzie dopasować do twarzy owalnej, bez zarostu i zmarszczek. Problemem jest ich jeden rozmiar i brak możliwości regulacji docisku maseczki do twarzy za pomocą gumek (można wiązać węzłki lub zszywać gumki). Na rysunku 12 przedstawiono sposób dopasowania maski typu FFP.



Rys. 12. Schemat dopasowania maseczki do twarzy

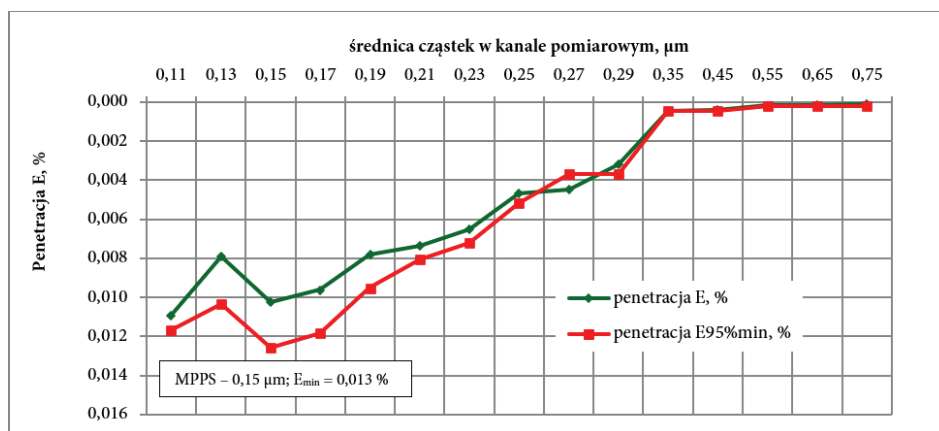
Źródło: [47]

Kolejnym elementem jest skuteczność filtracji. Przykładowo dla filtrów klasy P3 według PN-EN 143:2004 maksymalna penetracja filtra powinna wynosić 0,05%, co odpowiada klasie filtra E12 według wymagań PN EN 1822-1:2009, dla masek FFP2 (N95) skuteczność filtracji powinna być na poziomie 95%, co odpowiada klasie filtra E11, a penetracja $\leq 5\%$ [25, 48].

Na rysunku 13 przedstawiono wartości penetracji, a na rysunku 14 skuteczność filtracji z określeniem cząsteczki najbardziej penetrującej (MPPS) dla filtrów klasy E11 (maseczki FFP-2 lub N95). Badania wykonano według metodyki zawartej w Polskiej Normie PN-EN 143:2004 dla badań płaskiego materiału filtracyjnego

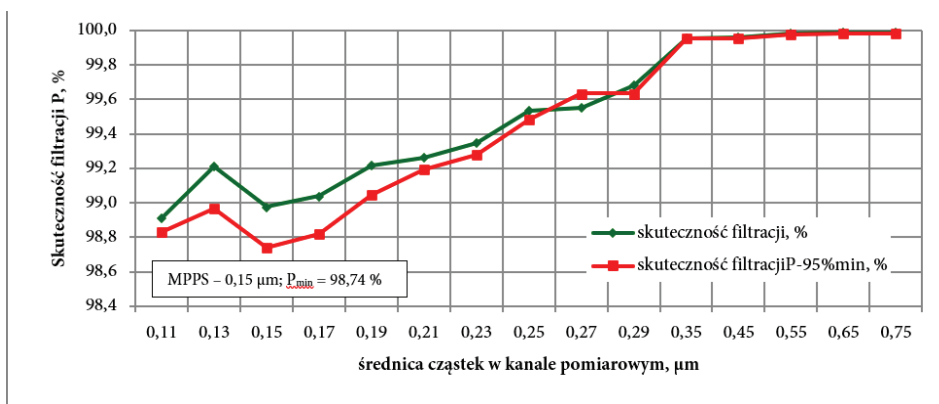
z użyciem polidispersyjnego aerozolu testowego. Wyniki pochodzą z badań własnych autorów wykonanych w czasie doboru materiału filtracyjnego dla wojskowych filtropochłaniaczy FP-6. Opory przepływu wynosiły ok. 300 Pa.

Przyjmując, że koronawirus może się przenosić na cząsteczkach pyłu zawieszonego, można założyć, że będą to cząstki o średnicach $0,2 \pm 0,6 \mu\text{m}$ (w publikacjach $0,3 \leq d < 0,5 \mu\text{m}$). Dla takiego przedziału filtr będzie oczyszczał powietrze z jeszcze większą skutecznością — skuteczność filtracji 99,1, 99,8% (rys. 15 i 16).



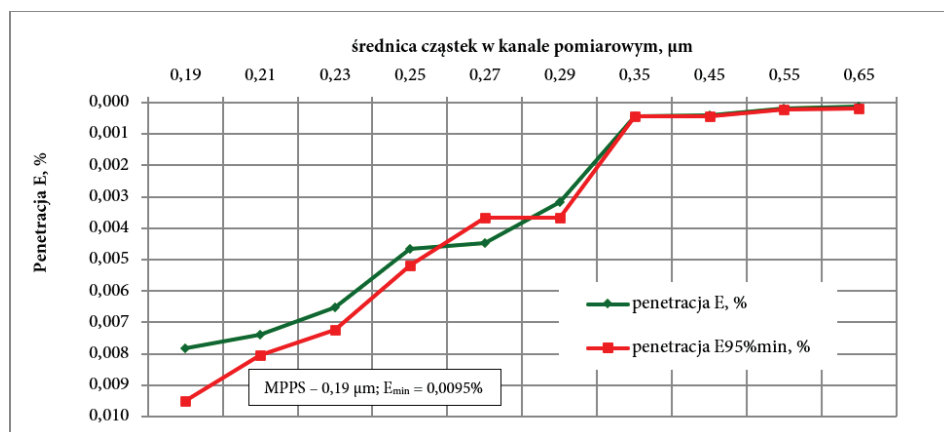
Rys. 13. Wartości penetracji dla płaskiego materiału filtracyjnego klasy E11

Źródło: opracowanie własne

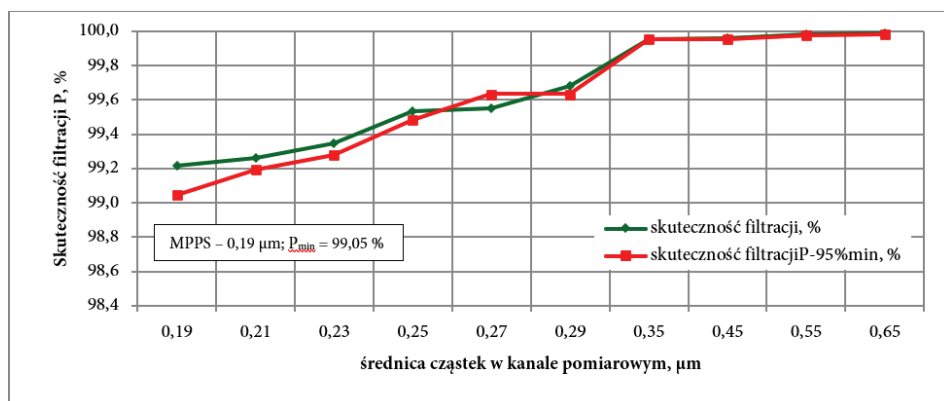


Rys. 14. Wartości skuteczności filtracji dla płaskiego materiału filtracyjnego klasy E11

Źródło: opracowanie własne

Rys. 15. Wartości penetracji dla cząstek o średnicach 0,2÷0,6 μm

Źródło: opracowanie własne

Rys. 16. Wartości skuteczności filtracji dla cząstek o średnicach 0,2÷0,6 μm

Źródło: opracowanie własne

Z przedstawionych wyników badań wynika, że wykorzystanie materiału filtracyjnego o odpowiedniej klasie będzie skutecznym środkiem ochrony dróg oddechowych przed pyłami, w tym przed pyłami z koronawirusem.

5. Podsumowanie

Elementy filtracyjne odpowiedniej klasy, zaopatrzone w atest (certyfikat zgodności) na odpowiednią normę, są realnym zabezpieczeniem dróg oddechowych przed aerozolami (rys. 17-18).



Rys. 17. Oznakowanie CE i procedura oceny zgodności według EN149:2001, A1:2009 na wyrobach klasy FFP2 i FFP3

Źródło: ze zbiorów własnych



Rys. 18. Maseczka ochronna EH95 według GB2626-2006 (Chiny) bez oznaczenia CE

Źródło: ze zbiorów własnych

W wytycznych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy PIB do uchwały Rady Ministrów nr 33/2020 z dnia 20 marca 2020 r. dla półmasek filtrujących: wyrób o cechach ochronnych, chroniący przed aerozolami, w tym bioaerozolami, powinien zapewniać zgodność z wymaganiami zasadniczymi Rozporządzenia Parlamentu

Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 dot. środków ochrony indywidualnej, w tym co najmniej jedną z wymienionych norm lub regulacji: EN 149:2001+A1:2009 (UE), normy NIOSH-42 CFR 84 (USA), GB2626-2006 (Chiny), AS/NZ 1716:2012 (Australia), JMHLW — 2000 (Japonia), NOM-116-2009 (Meksyk), ABNT/NBR 13698:2011 (Brazylia) lub KMOEL-2017-64 (Korea) w zakresie:

- 1) skuteczności filtracji wobec aerozoli stałych i/lub ciekłych nie mniej niż 94%,
- 2) oporu oddychania — nie więcej niż 300 Pa,
- 3) zawartości CO₂ w powietrzu wdychanym — jeżeli dotyczy — mniejsza niż 1% obj. [49].

Niestety na rynku jest wiele wyrobów, które nie spełniają żadnych wymagań. Przykład przedstawiono na rysunku 19, ale to samo dotyczy maseczek tekstylnych szytych metodą domową.



Rys. 19. Nieprawidłowe oznakowanie CE na maseczkach

Źródło: ze zbiorów własnych

Należy zdawać sobie sprawę, że przyłbice czy półprzyłbice nie stanowią rzeczywistej ochrony przed aerozolami. Według specjalistów od zdrowia publicznego skuteczna ochrona dróg oddechowych może być realizowana tylko w układzie maseczka plus przyłbica. Alergolog oraz specjalista zdrowia publicznego profesor Bolesław Samoliński stwierdził: „żadną ochroną dróg oddechowych nie są natomiast maski pleksi, ponieważ nie posiadają filtra wdychanego i wdychanego powietrza. Zdaniem ekspertów można je porównać raczej do okularów. Tak więc osoby narażone na kontakt z klientami, np. w sklepie czy restauracji, absolutnie nie powinny nosić tego typu zabezpieczeń” [50].

W dostępnej literaturze można znaleźć wyniki badań porównawczych dotyczących np. porównania masek FFP2 (N95) z maseczkami chirurgicznymi [51, 52, 53]. Z badań tych wynika, że maseczki chirurgiczne nie chronią dróg oddechowych przed aerozolami drobnodyspersyjnymi, a takim jest aerozol zawierający wirusy (0,2÷0,6 µm). Wiąże się to głównie z brakiem możliwości dopasowania oraz wysoką penetracją do 60% (dużym przeciekami) przez materiał.

Na rynku dostępnych jest wiele różnych środków ochrony. Półmaski typu FFP2 preferowane do powszechnego stosowania posiadają wymagane certyfikaty potwierdzające stopień ochrony. Oferenci na stronach internetowych załączają stosowne dokumenty. Ogólnie oferowane (sklepy stacjonarne, sklepy internetowe) maseczki chirurgiczne, tkaninowe i z tworzywa nie posiadają takiego certyfikatu pomimo wymagań.

Maseczki tkaninowe nie są wystarczającą ochroną przed koronawirusem, rządy Francji, Austrii i Bawarii zakazały stosowania tych środków przez ludność [54].

6. Wnioski

- 1) W kraju istnieje odpowiednie umocowanie prawne i normalizacyjne indywidualnej ochrony dróg oddechowych, głównie stanowisk pracy.
- 2) W dobie pandemii koronawirusa SARS-CoV-2 brakuje wiarygodnych informacji nt. powszechnego stosowania środków ochrony, głównie informacji typu co, jak, gdzie i kiedy w formie ogólnodostępnych przewodników.
- 3) Środkami administracyjnymi powinno się wymusić na dystrybutorach sprzętu ochronnego stosowanie certyfikatów, zgodnie z wymaganiami ujętymi w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r.

Artykuł był współfinansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach realizacji projektu UGB 762/WAT/2020 pt. „Naukowe podstawy doskonalenia wojskowego systemu rozpoznania skażeń i obrony przed bronią masowego rażenia”.

Artykuł wpłynął do redakcji 22.10.2020. Zatwierdzono do publikacji 27.01.2021.

Władysław Harmata <https://orcid.org/0000-0001-6271-9000>

Dorota Kamionek <https://orcid.org/0000-0002-0208-707X>

LITERATURA

- [1] CHMIEL M.J., FRĄCZEK K., GRZYB J., *Problemy monitoringu zanieczyszczeń mikrobiologicznych powietrza*, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 15, 1, 49, 2015, 17-27.
- [2] DUTKIEWICZ J., GÓRNY R.L., *Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia. Klasyfikacja i kryteria oceny narażenia*, Medycyna Pracy, 53, 1, 2002, 29-39.
- [3] MICHAŁKIEWICZ M., *Powstawanie, przenoszenie i szkodliwość bioaerozoli emitowanych do powietrza atmosferycznego*, Ochrona Środowiska, 40, 4, , 2018, 21-30.
- [4] *Health aspects of air pollution. Results from the WHO project "Systematic review of health aspects of air pollution in Europe"*, WHO 2004, online: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0003/74730/E83080.pdf, [dostęp: 6 kwietnia 2020].
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 października 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Poz. 1931, online: <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/show/1001717>, [dostęp: 6 października 2020].
- [6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0050>, [dostęp: 8 października 2020].
- [7] <https://www.polskialarmsmogowy.pl/polski-alarm-smogowy/smog/szczegoly,poziomy-informowania-i-alarmowe,19.html>, [dostęp: 6 października 2020].
- [8] *Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*, (red.) K. Judy-Rezler i B. Toczko, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, IOŚ 2016, https://www.gios.gov.pl/images/aktualnosci/Pyly_drobne_w_atmosferze.Kompendium_wiedzy.pdf, [dostęp: 9 września 2020].
- [9] JEDRYCHOWSKI W., PERERA F., MROZEK-BUDZYN D., MROZ E., FLAK E., SPENGLER J.D., et al. *Gender differences in fetal growth of newborns exposed prenatally to airborne fine particulate matter*, Environmental Research, 109, 2009, 447-456.
- [10] JEDRYCHOWSKI W., PERERA F., MAUGERI U., MROZ E., KLIMASZEWSKA-REMBIASZ M., FLAK E., EDWARDS S., SPENGLER J.D., *Effect of prenatal exposure to fine particulate matter on ventilatory lung function of preschool children of non-smoking mothers*, Paediatric and Perinatal Epidemiology, 24, 5, 2010, 492-501.
- [11] SIMKHOVICH B.Z., KLEINMAN M.T., KLONER R.A., *Air Pollution and Cardiovascular Injury Epidemiology, Toxicology, and Mechanisms*, J Am. Coll. Cardiol., 52, 9, 2008, 719-726.
- [12] KOWALSKA M., KOCOT K., *Krótkoterminowe narażenie na drobny pył zawieszony w powietrzu (PM_{2,5} i PM₁₀) a ryzyko zaburzeń rytmu serca i udarów mózgu*, Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej, 70, 2016, 1017-1025, <http://www.phmd.pl/api/files/view/117009.pdf>, [dostęp: 19 września 2020].
- [13] NIDZGORSKA-LENCEWICZ J., MAKOSZA A., *Specyficzne cechy klimatu miasta w aspekcie zdrowia człowieka*, Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych, 65, 4, 313, 2016, 637-645.
- [14] JĘDRAK J., KONDUACKA E., BADYDA J., DĄBROWIECKI P., *Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie*, Polska Federacja Stowarzyszeń Chorych na Astmę, Alergię i POChP, Krakowski Alarm Smogowy, 2018, <https://polskialarmsmogowy.pl/files/artykuly/1346.pdf>, [dostęp: 6 października 2020].
- [15] JĘDRAK J., ADAMKIEWICZ Ł., KONDUACKA E., PAWLAS K., *Wybrane skutki zdrowotne zanieczyszczenia powietrza*, <https://www.mp.pl/pulmonologia/artykuly-wytyczne/pogladowe/116839,wybrane-sutki-zdrowotne-zanieczyszczenia-powietrza>, [dostęp: 6 października 2020].
- [16] <https://loveair.pl/smog/zanieczyszczenie-powietrza-a-pandemia-koronawirusa>, [dostęp: 7 października 2020].

- [17] SETTI L. et al., *Relazione circa l'effetto dell'inquinamento da particolato atmosferico e la diffusione di virus nella popolazione*, http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID19_Position-Paper_Relazione-circa-l'effetto-dell'inquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-diffusione-di-virus-nella-popolazione.pdf, [dostęp: 9 października 2020].
- [18] PASTUSZAK-LEWANDOWSKA D., *SARS-CoV-2/COVID-19*, Zakład Mikrobiologii i Laboratoryjnej Immunologii Medycznej, UM w Łodzi, <https://ptmr.info.pl/wp-content/uploads/pdf/SARS-CoV-2%20COVID-19.pdf> wirusa, [dostęp: 9 września 2020].
- [19] HARMATA W., SZMIGIELSKI R., *Analiza taktyczno-techniczna i ekonomiczna. Typoszereg filtropochłaniaczy do ochrony zbiorowej z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych i biologicznych* „OBOL”, Wyd. WICHiR-ONIW-939/2003.
- [20] <https://fakty.interia.pl/raporty/raport-koronawirus-chiny/aktualnosci/news-koronawirusa-wykrzyto-na-czasteczkach-zanieczyszczenia-powietrza,nId,4458682>, [dostęp: 10 września 2020].
- [21] <https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm>, [dostęp: 1 października 2020].
- [22] <https://natemat.pl/306975,koronawirus-jest-obecny-w-zanieczyszczeniach-powietrza-nowe-wyniki-badan>, [dostęp: 1 października 2020].
- [23] <https://tech.wp.pl/smog-i-koronawirus-to-zabojcze-polaczenie-nowe-badania-oceniaja-ryzyko-6542654655113760a>, [dostęp: 9 października 2020].
- [24] HARMATA W., *Ochrona przed skażeniami. Cz. I. Współczesne zagrożenia. Podstawy teoretyczne indywidualnej ochrony przed skażeniami*, WAT, Warszawa 2013.
- [25] PN-EN 143:2004/AC:2006 *Sprzęt ochrony układu oddechowego - Filtry - Wymagania, badanie, znakowanie*.
- [26] <https://horus.net.pl/p8132-3m-seria-5900-filtr-przeciwpylowy>, [dostęp: 8 października 2020].
- [27] <https://sklep.endeco.pl/filtr-f-21-80-p3.html>, [dostęp: 8 października 2020].
- [28] PN-EN 149+A1:2010 *Sprzęt ochrony układu oddechowego - Półmaski filtrujące do ochrony przed cząstkami - Wymagania, badanie, znakowanie*.
- [29] Dyrektywa 2000/54/WE - *Ochrona pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/>, [dostęp: 9 października 2020].
- [30] MAJCHRZYCKA K., BROCHOCKA A., *Ochrona układu oddechowego przed bioaerozolami*, Bezpieczeństwo Pracy, 12, 2008, 4-7.
- [31] https://e-aston.pl/product-pol-94844-Mini-Przylbica-na-Nos-i-Usta.html?utm_source=iai_ad&utm_medium=google_shopping, [dostęp: 14 września 2020].
- [32] <https://www.petrostar.pl/artykuly-higieniczne/przylbice-ochronne/przylbica-podnoszona-certyfikowana>, [dostęp: 14 października 2020].
- [33] <https://sklep-ppoz.pl/pl/p/Maski-maseczki-ochronne-tkanina-bakteriostatyczna-1020-SZTUK/7987>, [dostęp: 14 września 2020].
- [34] <https://www.agmi-tuning.com/1497-maseczka-maska-ochronna-na-twarz-3-warstwowa-z-gumka-5-szt-kilkukrotnego-uzyciu>, [dostęp: 14 września 2020].
- [35] <https://magrosbhp.pl/produkt/maseczka-ochronna-chirurgiczna-3-warstwowa-z-gumka-maska-z-certyfikatem-1-sztuka/>, [dostęp: 14 września 2020].
- [36] <https://www.gwarant.pl/blog/art126.maski-przeciwpylowe.html>, [dostęp: 14 września 2020].
- [37] <https://archiwum.allegro.pl/oferta/polmaska-maska-z-wymiennymi-filtrami-2-szt-z-maska-i6231953681.html>, [dostęp: 14 września 2020].
- [38] <https://www.maskpol.com.pl/produkty-cywilne/polmaska-125g.html>, [dostęp: 14 października 2020].
- [39] <http://www.psserszeszow.pl/pages/oswiata/nCoV/komunikat1.pdf>, [dostęp: 2 czerwca 2020].

- [40] <https://www.tokfm.pl/Tokfm/7,103085,25786902,fpp2-czy-fpp3-jakie-maski-ochronia-przed-koronawirusem-nie.html>, [dostęp: 12 września 2020].
- [41] DŁUGOSIŃSKA K., *Maski typu FFP2 i FFP3 – czym się od siebie różnią?*, <https://www.aptekagmini.pl/poradnik/zdrowie/maski-typu-ffp2-i-ffp3-czym-sie-od-siebie-roznia/>, [dostęp: 15 września 2020].
- [42] <https://loveair.pl/zdrowie/maseczki-ochronne>, [dostęp: 4 października 2020]
- [43] <https://portal.abczdrowie.pl/koronawirus-jaka-jest-najlepsza-maseczka-badanie-naukowcow-z-university-collage-of-dublin-pokazuje-roznice-miedzy-zabezpieczeniami>, [dostęp: 16 września 2020].
- [44] <https://www.icd.pl/poradnik/post/rozporzadzenie-ue-2016-425>, [dostęp: 20 września 2020].
- [45] Uchwała Rady Ministrów nr 33/2020 z dnia 20 marca 2020 r. w sprawie szczególnych rozwiązań w zakresie zaopatrzenia w środki ochrony indywidualnej, które są niezbędne do przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2, <https://www.google.com/url?2Fuchwała-rady-ministrow-w-sprawie-zaopatrzenie-w-srodky-ochrony-indywidualnej.pdf&usq=AOvVaw3hgjPI57GDbx-klsp8A6oE>, [dostęp: 15 października 2020].
- [46] NO-42-A214:2017 *Sprzęt ochrony układu oddechowego – Maski przeciwgazowe. Wymagania i badania*.
- [47] <https://securabc.com/wp-content/uploads/2018/05/ARIA-5210-FFP2-NR-D-Karta-Katalogowa.pdf> [dostęp: 10 października 2020].
- [48] PN-EN 1822-1:2009 – *Wysokoskuteczne filtry powietrza (EPA, HEPA i ULPA). Część 1: Klasyfikacja, badanie parametrów, znakowanie*.
- [49] <https://www.gov.pl/web/zdrowie/informacje-dotyczace-produktow-wykorzystywanych-podczas-zwalczania-covid-19>, [dostęp: 12 października 2020].
- [50] <https://www.infodent24.pl/techdentpost/prof-samolinski-przylybice-to-zadna-ochrona-przed-koronawirusem,115738.html>, [dostęp: 14 października 2020].
- [51] SMERKA J., RUETZLER K., SZARPAK L., FILIPIAK K., JAGUSZEWSKI M., *Role of Mask/Respirator Protection Against SARS-CoV-2*, *Anesth Analg.*, 131, 1, 2020, 33-34, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7173698/>, [dostęp: 10 października 2020].
- [52] SERFOZO N., ONDRÁČEK J., ŽÍKOVÁ N., LAZARIDIS M., ŽDÍMAL V., *Resolved Penetration of Filtering Materials from CE-Marked Filtering Facepiece Respirators*, *Aerosol Air Quality Research*, 17, 5, 2017, <https://aaqr.org/articles/aaqr-16-09-0a-0390>, [dostęp: 10 października 2020].
- [53] BAŁAZY A., TOIVOLA M., ADHIKARI A. *Do N95 Respirators Provide 95% Protection Level Against Airborne Viruses, and How Adequate are Surgical Masks?*, *American Journal of Infection Control*, 34, 2, 2006, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16490606/>, [dostęp: 10 października 2020].
- [54] https://wydarzenia.interia.pl/raporty/raport-koronawirus-chiny/aktualnosci/news-maseczki-z-tkaniny-nowe-przepisy-we-francji-i-austrii,nId,5010501#utm_source=paste&utm_medium=paste&utm_campaign=firefox, [dostęp: 26 stycznia 2021].

W. HARMATA, D. KAMIONEK

Respiratory protection — new challenges

Abstract. The paper characterises the problem of smog polluted air. The possibilities of SARS-CoV-2 virus transmission on particulate matter (PM) and infections of people were analysed. Individual respiratory protection measures, available on the market, were analysed in terms of mass use taking into account legal and normative requirements.

Keywords: personal protective equipment, respiratory protection, SARS-CoV-2

DOI: 10.5604/01.3001.0015.6963

