



dr inż. JOANNA SZKUDLAREK (ORCID: 0000-0002-8728-0118)
 dr inż. GRZEGORZ OW CZAREK (ORCID: 0000-0003-3744-6535)
 dr MAŁGORZATA OKRASA (ORCID: 0000-0003-4980-0909)
 Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
 inż. MICHAŁ DZIĘGIELEWSKI (ORCID: 0009-0006-1031-6959)
 Katedra Inżynierii Mechanicznej, Informatyki Technicznej
 i Chemii Materiałów Polimerowych, Politechnika Łódzka
 Kontakt: joszka@ciop.lodz.pl
 DOI: 10.54215/BP.2023.09.19.Szkudlarek

Ochrona wzroku w miejscu pracy: wymagania i aspekty praktyczne dotyczące okularów przeciwsłonecznych w kontekście zastosowań zawodowych



Fot. troyanphoto/Bigstockphoto

W artykule omówiono zagadnienia związane ze stosowaniem okularów przeciwsłonecznych podczas wykonywania czynności zawodowych. Przeanalizowano podstawowe funkcje takich okularów oraz parametry charakteryzujące stosowane w nich filtry ochronne, zwłaszcza w zakresie interpretacji widmowej charakterystyki przepuszczania promieniowania optycznego. Przedstawiono wymagania techniczne stawiane takim okularom na podstawie aktualnej normy PN-EN ISO 16321-1:2022-10. Przytoczono argumenty za używaniem okularów przeciwsłonecznych, w których zastosowano filtry zapobiegające zjawisku oślnienia, które w skrajnych przypadkach bywa przyczyną sytuacji niebezpiecznych (kolizji drogowych, upadków z wysokości). Ponadto wyjaśniono różnice między okularami przeciwsłonecznymi do użytku zawodowego i codziennego oraz podano wskazówki dotyczące wyboru okularów przeciwsłonecznych spełniających wszystkie wymagania bezpieczeństwa, a jednocześnie zapewniających wygodę użytkownika. Celem artykułu jest pokazanie, jak odpowiednie okulary przeciwsłoneczne mogą się przyczynić do poprawy komfortu i bezpieczeństwa pracy.

Słowa kluczowe: okulary przeciwsłoneczne, ochrona przed oślnieniem słonecznym, ochrona przed promieniowaniem UV, zastosowania zawodowe

Eye protection in the workplace: constructions, parameters and functions in the context sunglasses for professional use

The article discusses issues related to the use of sunglasses during professional activities. The basic functions of such glasses and the parameters characterizing the protective filters used in them were analyzed, especially in terms of the interpretation of the spectral characteristics of light transmission. The technical requirements for such glasses are presented on the basis of the current PN-EN ISO 16321-1:2022-10 standard. Arguments for the use of sunglasses with anti-glare filters have been cited (in extreme cases, sunglare may be the cause of dangerous situation: road collisions, falls from heights). In addition, the article explains the differences between sunglasses for professional use and glasses for everyday use, and gives tips on choosing sunglasses that meet all safety requirements while ensuring comfort of use. The aim of the article is to show how the right sunglasses can contribute to improving the comfort and safety of work.

Keywords: sunglasses, sunglare protection, UV protection, professional applications

Wstęp

Środki ochrony indywidualnej (ŚOI) oczu mają na celu zabezpieczenie narządu wzroku przed szkodliwymi czynnikami obecnymi w środowisku pracy – zarówno optycznymi, jak i nieoptycznymi. Ze względu na konstrukcję dzielimy je na: okulary ochronne, gogle i osłony twarzy. Takie ochrony bez względu na rodzaj są zbudowane z szybki ochronnej (zwanej również soczewką), wykonanej z materiału organicznego (np. z poliwęglanu, polimetakrylanu metylu, octanu celulozy) lub ze szkła nieorganicznego, której charakterystyka widmowa przepuszczania jest tak zmodyfikowana, by zapewnić tłumienie promieniowania optycznego z zakresu widzialnego, nadfioletu i podczerwieni.

Filtry dzielą się na chroniące przed oślnieniem wywołanym promieniowaniem widzialnym, promieniowaniem nadfioletowym oraz podczerwonym w zależności od zakresu promieniowania optycznego, przed którym mają zapewnić ochronę. W widmie promieniowania, które może występować na stanowiskach pracy, zagrożeniem jest zarówno promieniowanie widzialne, jak i promieniowanie nadfioletowe lub podczerwone. Wspomniany podział filtrów jest związany z tym, jaki zakres widmowy promieniowania optycznego jest dominujący.

W przypadku promieniowania słonecznego, a więc promieniowania naturalnego, w widmie dominuje promieniowanie widzialne. Natężenie promieniowania z tego zakresu zmienia się w zależności od pory dnia i roku, warunków pogodowych oraz położenia geograficznego [1]. Niezależnie od tego filtry stosowane w okularach przeciwsłonecznych mają również za zadanie tłumić promieniowanie nadfioletowe (z zakresu UV-B i UV-A). Podstawową funkcją okularów przeciwsłonecznych jest wytłumienie promieniowania widzialnego do takiego poziomu, by wyeliminować efekt oślnienia oraz zapewnić komfortową obserwację otoczenia.

Oślnienie jest zaliczane do zagrożeń występujących w środowisku pracy [2] i skutkuje chwilową utratą widzenia, co w konsekwencji może prowadzić do sytuacji potencjalnie niebezpiecznych, a nawet do wypadków. Narażone na ten czynnik szkodliwy są osoby wykonujące prace na otwartej przestrzeni (np. pracownicy budowlani, operatorzy maszyn i dźwigów) oraz kierujące różnego rodzaju pojazdami mechanicznymi.

Stosowane w okularach przeciwsłonecznych filtry barwne w naturalny sposób zmieniają percepcję widzenia barw [3, 4]. Zmiana ta może być na tyle duża, że w niektórych przypadkach dochodzi nawet do zakłócenia rozpoznawania barw światła sygnalizacji drogowej. W warunkach, w których stosowane są okulary przeciwsłoneczne, mogą też występować odbicia promieniowania, w znaczący sposób zwiększające natężenie promieniowania widzialnego docierającego do oczu. Technologia wytwarzania filtrów przeznaczonych do stosowania w okularach przeciwsłonecznych pozwala na zminimalizowanie m.in. niepożądanych odbić

promieniowania widzialnego, co można osiągnąć np. poprzez nanoszenie warstw antyrefleksyjnych. Warstwy takie powszechnie stosuje się również w konstrukcji okularowych soczewek korekcyjnych. Soczewki z warstwami eliminującymi odbicia są chętnie stosowane przez kierowców. Podwyższają komfort jazdy w dzień i o zmroku [5]. Okulary z warstwami zabezpieczającymi przed niepożądanymi odbiciami światła są wciąż niezastąpione pomimo wprowadzania przez branżę motoryzacyjną innowacyjnych rozwiązań ograniczających efekt oślnienia kierowców, które wykorzystują systemy śledzenia wzroku, czujniki natężenia światła, a nawet rozwiązania z zakresu rzeczywistości rozszerzonej i mieszanej [6].

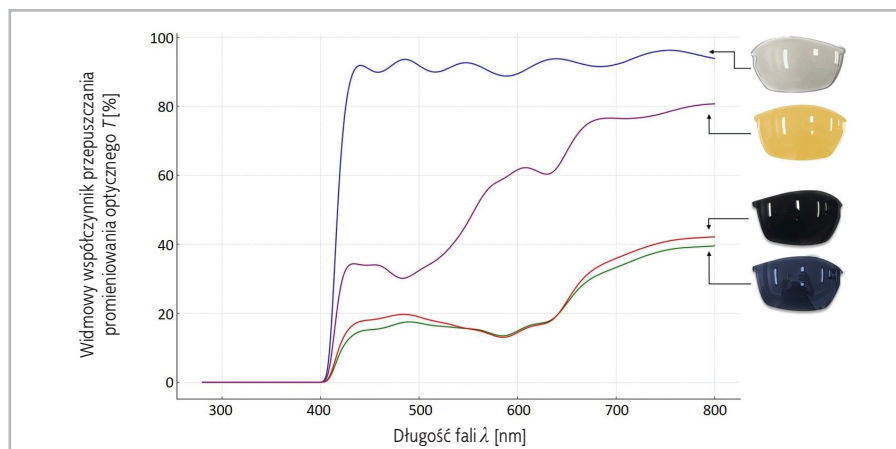
Trendy w projektowaniu okularów przeciwsłonecznych obejmują ponadto prace z zastosowaniem nowych rozwiązań materiałowych i elementów elektronicznych. Poszukiwane są materiały umożliwiające wszechstronną ochronę przed specyficznymi rodzajami promieniowania. Fu i in. [7] opisali badanie nowego, przezroczystego polimeru przewidującego o właściwościach elektromagnetycznych. Wytworzono materiały polimerowe na bazie 3,4-propylenodiosyftiofenu, a jeden z nich wykazywał silne właściwości filtracyjne przeciw promieniowaniu niebieskiemu. W efekcie uzyskano okulary inteligentne, które mogą przejść z funkcji filtra przeciwsłonecznego do filtra światła niebieskiego w czasie krótszym niż pięć sekund. Landerer i in. [8] przedstawili propozycję zastosowania półprzezroczystych ogniw fotowoltaicznych zamiast standardowych soczewek stosowanych w okularach przeciwsłonecznych. Dzięki zaprojektowaniu układu elektronicznego oraz umieszczeniu go w oprawie okularowej uzyskano urządzenie umożliwiające zasilenie innych urządzeń elektronicznych, jak słuchawki, telefony itp., Hu i in. [9] zaprojektowali okulary przeciwsłoneczne dla osób z nadwrażliwością na światło, wykorzystujące przestrzenny modulator światła. Technologia ta zapewnia przyciemnienie obrazu w miejscach

o intensywnej jasności. Lee i in. zbadali możliwości wprowadzenia interfejsu bezpośrednio do elektromagnetycznych okularów przeciwsłonecznych [10]. Poza monitorowaniem tętna lub parametrów typowo kontrolowanych podczas uprawiania sportu ma to umożliwić kompleksową analizę ruchu człowieka (dzięki zastosowaniu akcelerometrów) oraz zaawansowaną analizę uzyskanych danych.

Celem artykułu jest omówienie roli okularów przeciwsłonecznych w środowisku pracy, zwłaszcza że mogą się one przyczynić do poprawy komfortu i bezpieczeństwa pracy. Przedstawiono argumenty za stosowaniem okularów przeciwsłonecznych przez osoby pracujące na zewnątrz lub w warunkach, gdzie ochrona oczu i poprawa widoczności mają szczególne znaczenie (np. zapobieganie oślnieniu i jego pośrednim skutkom, poprawa komfortu widzenia poprzez zwiększenie kontrastu). Przedstawiono terminologię opisującą właściwości okularów przeciwsłonecznych oraz omówiono wymagania stawiane takim okularom, prezentowane w nowych normach międzynarodowych. Wyjaśniono różnice między okularami przeciwsłonecznymi do użytku zawodowego i pozazawodowego oraz podano wskazówki dotyczące wyboru okularów przeciwsłonecznych, które spełniają wszystkie wymagania bezpieczeństwa, a jednocześnie zapewniają komfort użytkowania.

Definicja i działanie okularów przeciwsłonecznych

Według definicji podanej w PN-EN ISO 4007:2019-01 filtry przeciwsłoneczne mają zapewniać ochronę przed oślnieniem słonecznym oraz ograniczać do bezpiecznego poziomu słoneczne promieniowanie ultrafioletowe, jakie dociera do oczu [11]. Filtry takie montuje się np. w okularach i goglach przeciwsłonecznych. Są one barwione na różne kolory (najczęściej: żółty, brązowy, niebieski lub szary), mogą być wykonane w wersji z polaryzacją, z powłoką antyrefleksyjną lub z gradientem zaciemnienia.



Rys. 1. Widmowe charakterystyki przepuszczania promieniowania optycznego przykładowych soczewek montowanych w okularach przeciwsłonecznych do zastosowań zawodowych. Od góry: soczewka transparentna, soczewka o barwie żółtej, soczewka o barwie szarej z powłoką antyrefleksyjną, soczewka o barwie szarej (źródło: CIOP-PIB)

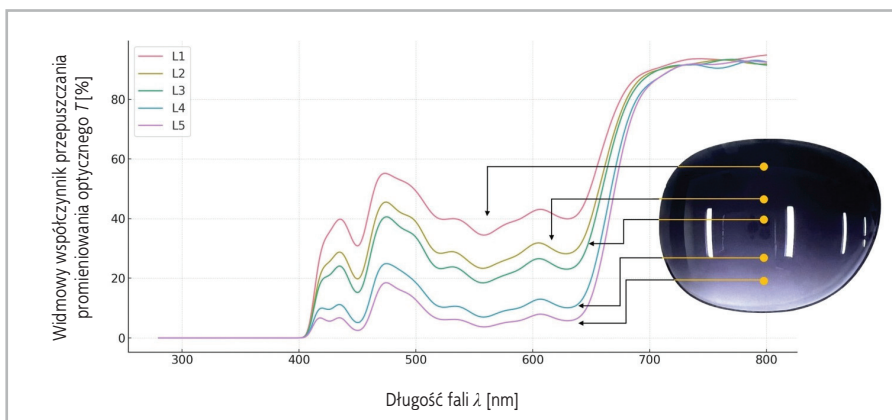
Fig. 1. Spectral transmission characteristics of optical radiation of sample lenses mounted in sunglasses for professional use. From the top: transparent lens, yellow-tinted lens, gray-tinted lens with anti-reflective coating, gray-tinted lens (source: CIOP-PIB)

Projektowanie wszystkich rodzajów filtrów optycznych opiera się na modyfikacji widmowych charakterystyk przepuszczania promieniowania optycznego. Kształt charakterystyki widmowej może być modyfikowany na dwa sposoby: wzdłuż osi λ – możliwe jest wówczas przesunięcie blokowania określonej długości fali, wzdłuż osi T – poprzez osłabienie natężenia promieniowania optycznego przechodzącego przez filtr. Ten proces gwarantuje, że filtry optyczne można precyzyjnie dostosować do konkretnych wymagań ochronnych lub użytkowych, co czyni je elementem koniecznym do uzyskania odpowiedniej wydajności profesjonalnych okularów i gogli przeciwsłonecznych. Wyniki badań charakterystyk widmowych przykładowych soczewek o różnych barwach przedstawiono na rys. 1.

Zbadane warianty soczewek wykazują różnicowany kształt widmowej charakterystyki przepuszczania promieniowania optycznego, co przekłada się na różne obszary ich stosowania na stanowiskach pracy.

Soczewka transparentna osiąga najwyższy widmowy współczynnik przepuszczania w zakresie widzialnym, z maksimum na poziomie 96,27% (dla długości fali 755 nm) i minimum widmowego współczynnika przepuszczania w zakresie promieniowania UV na poziomie $1,34 \times 10^{-5}\%$ (przy 376 nm). Soczewka ta przepuszcza najwięcej światła, a jednocześnie zapewnia skuteczną ochronę przed promieniowaniem UV, co może być korzystne tam, gdzie ochrona przed jasnym światłem nie jest priorytetem. Narażenie na promieniowanie UV, pochodzące zarówno ze źródła naturalnego (słońce), jak i ze sztucznych źródeł promieniowania optycznego, może stanowić zagrożenie dla oczu i prowadzić do tymczasowego lub trwałego uszkodzenia wzroku. Ryzyko to jest szczególnie duże w środowiskach, w których używa się urządzeń emitujących promieniowanie UV [12] – np. w laboratoriach badawczych, w zakładach przemysłowych, gdzie promieniowanie UV wykorzystuje się do hartowania materiałów lub badania jakości wyrobów, czy w pracowniach konserwatorskich, gdzie za pomocą promieniowania UV identyfikuje się ubytki lub wcześniejsze interwencje w dziełach sztuki.

Soczewka o barwie szarej osiąga najwyższy widmowy współczynnik przepuszczania w zakresie widzialnym na poziomie 41,83% (dla 780 nm) oraz minimum widmowego współczynnika przepuszczania w zakresie promieniowania UV na poziomie $3,09 \times 10^{-6}\%$ (dla 357 nm). Natomiast soczewka o barwie szarej z powłoką antyrefleksyjną ma maksimum wynoszące 39,22% (dla 780 nm) oraz minimum $2,80 \times 10^{-5}\%$ (dla 362 nm). Spośród analizowanych wariantów soczewek te o barwie szarej zapewniają znacznie większą ochronę przed intensywnym promieniowaniem widzialnym. Dodatkowo powłoka antyrefleksyjna może zwiększać przepuszczalność promieniowania widzialnego poprzez redukcję odbić, co jest szczególnie korzystne w kontekście poprawy komfortu widzenia w warunkach słabego oświetlenia [13, 14].



Rys. 2. Widmowe charakterystyki przepuszczania promieniowania optycznego przykładowej soczewki gradientowej w zależności od miejsca pomiaru L1-L5 (źródło: CIOP-PIB)

Fig. 2. Spectral transmission characteristics of optical radiation of sample gradient lens depending on measurement location on the L1-L5 (source: CIOP-PIB)

Soczewka o barwie żółtej osiąga maksimum widmowego współczynnika przepuszczania promieniowania w zakresie widzialnym na poziomie 80,15% (dla 780 nm) oraz minimum widmowego współczynnika przepuszczania w zakresie UV na poziomie $2,22 \times 10^{-5}\%$ (dla 287 nm). Choć soczewka ma żółty odcień, nie blokuje znacząco więcej niebieskiego światła niż pozostałe analizowane soczewki (poza soczewką transparentną) jej głównym celem jest poprawa kontrastu. Okulary przeciwsłoneczne z żółtymi soczewkami mogą zwiększać kontrast (tłumienie światła niebieskiego) podczas jazdy samochodem czy uprawiania sportu i aktywności na świeżym powietrzu. Zwiększony kontrast zapewniany przez żółte soczewki może pomóc osobom w rozróżnianiu obiektów i dokładniejszym postrzeganiu głębi. W wyniku zwiększenia kontrastu soczewki zabarwione na żółto mogą poprawić widoczność w warunkach zamglenia [15].

Wszystkie zbadane soczewki (rys. 1) zapewniają wysokie tłumienie promieniowania UV (widmowy współczynnik przepuszczania promieniowania optycznego bliski zeru). W każdym przypadku próg narastania, obserwowany w końcu zakresu ultrafioletu, wskazuje na granice technologiczne materiału używanego do produkcji soczewek. Zakres ten występuje dla ok. 400 nm. W przypadku soczewek gradientowych poziom przepuszczania światła filtrów stosowanych w okularach przeciwsłonecznych może się różnić w zależności od analizowanego obszaru na powierzchni filtra (rys. 2). Widmowe współczynniki przepuszczania promieniowania optycznego w różnych częściach soczewki gradientowej różnią się w zależności od miejsca pomiaru. Najjaśniejsza część soczewki (L1) charakteryzuje się najwyższym widmowym współczynnikiem przepuszczania w zakresie widzialnym, podczas gdy część najciemniejsza (L5) ma najniższy widmowy współczynnik przepuszczania w tym zakresie. W zakresie długości fali poniżej 400 nm wszystkie części soczewki mają bardzo niskie i porównywalne widmowe współczynniki przepuszczania dla promieniowania UV – na poziomie średnio 0,003% – co wskazuje, że so-

czewka gradientowa zapewnia praktycznie identyczny poziom ochrony przed promieniowaniem UV niezależnie od miejsca na powierzchni soczewki. W zakresie długości fali od 400 nm do 700 nm (w zakresie widzialnym) obserwuje się wyraźne różnice w wartościach widmowych współczynników przepuszczania w zależności od miejsca pomiaru, co świadczy o różnicach we właściwościach optycznych różnych części soczewki gradientowej, które bezpośrednio przekładają się na właściwości użytkowe soczewki w zależności od miejsca na jej powierzchni.

Soczewki gradientowe oferują użytkownikom unikalne korzyści – łączą ochronę przed szkodliwym promieniowaniem UV z różnymi poziomami tłumienia promieniowania widzialnego. Ciemniejsze zabarwienie na górze soczewek gradientowych pomaga blokować intensywne promieniowanie widzialne i odbłaski ze źródeł znajdujących się nad głową, co zmniejsza dyskomfort i zaburzenia widzenia spowodowane nadmierną jasnością, zwłaszcza podczas aktywności na świeżym powietrzu. Z kolei jaśniejsze zabarwienie na dole soczewki pozwala na przepuszczenie większej ilości światła, co jest przydatne zwłaszcza podczas zadań wymagających patrzenia w dół, takich jak np. czytanie czy korzystanie z urządzeń elektronicznych typu smartfony, tablety itp. [16].

Praktyczne aspekty stosowania okularów przeciwsłonecznych podczas wykonywania pracy

Zastosowanie okularów przeciwsłonecznych nie ogranicza się wyłącznie do celów pozazawodowych. Poza tym granica między zastosowaniem pozazawodowym i zawodowym uległa zatarciu. Jeszcze do niedawna jadący ulicą rowerzysta w okularach przeciwsłonecznych jednoznacznie kojarzył się z kimś, kto jeździ na rowerze dla własnej przyjemności. Tym samym okulary przeciwsłoneczne, jakie stosował, były okularami do zastosowań pozazawodowych. Obecnie rowery są powszechnie wykorzystywane m.in. przez posłańców dostarczających różnego rodzaju przesyłki lub artykuły

spożywcze. Użytkownicy rowerów często są więc pracownikami, a używane przez nich okulary przeciwsłoneczne – wyrobami stosowanymi w warunkach zawodowych. Podany przykład rodzi pewne wątpliwości. Czy w związku z takim podejściem pracownicy firm kurierskich, którzy przemieszczają się na rowerach, powinni używać okularów przeciwsłonecznych do zastosowań ogólnych czy też wyłącznie okularów przeciwsłonecznych do zastosowań zawodowych? W praktyce stosowane przez nich (a także przez zawodowych kierowców) okulary przeciwsłoneczne są okularami przeciwsłonecznymi do zastosowań ogólnych, spełniającymi wymagania PN-EN ISO 12312-1:2022-12 [17].

Tym, co wyróżnia okulary lub gogle przeciwsłoneczne do zastosowań zawodowych, jest fakt, że takie ochrony mogą być stosowane w warunkach przemysłowych wobec narażenia na wiele innych czynników – np. odpryski ciał stałych, rozbryzgi cieczy, pyły, a nie tylko na promieniowanie optyczne. Wymagania, jakie muszą spełniać okulary chroniące przed oślnieniem słonecznym przeznaczone do zastosowań zawodowych, zamieszczono w PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18]. Właściwości tych ochron muszą zostać potwierdzone badaniami laboratoryjnymi przeprowadzonymi zgodnie z obowiązującymi normami metodycznymi, które omówiono w dalszej części artykułu. Cechy wspólne okularów do zastosowań pozazawodowych i zawodowych obejmują:

- poziom tłumienia promieniowania widzialnego i nadfioletowego, a w określonych warunkach – także promieniowania podczerwonego;
- jakość optyczną materiału, z których wykonano okulary;
- właściwości polegające na polaryzacji światła;
- właściwości związane z eliminacją niepożądanego odbicia;
- właściwości związane z eliminacją określonej części widma promieniowania widzialnego;
- właściwości związane z ustaleniem gradientu zmian przepuszczania światła w zależności od miejsca na powierzchni filtra.

Poziom tłumienia promieniowania optycznego określany jest poprzez wartość współczynnika przepuszczania światła dla zakresu widzialnego oraz widmowe i średnie widmowe współczynniki przepuszczania dla zakresu nadfioletu i podczerwieni. Jakość optyczna materiału zależy w dużej mierze od jakości tworzyw zastosowanych do produkcji okularów oraz od utrzymania reżimu technologicznego podczas ich wytwarzania. Polaryzacja jest cechą pozwalającą w praktyce na wyeliminowanie takich niekorzystnych efektów, jak miraż powstające w specyficznych warunkach pogodowych (szczególnie uciążliwe dla kierowców). Zastosowanie powłok antyrefleksyjnych eliminujących odbłaski (działających na zasadzie interferencji światła) pozwala m.in. na wyeliminowanie oślnienia od reflektorów pojazdów.

Przeprowadzenie modyfikacji widmowej charakterystyki przepuszczania filtrów w taki sposób, aby wyeliminować określoną część widma pro-



Fot. Okulary z filtrem *blue blocker* poprawiające widzenie zmierzchowe, stosowane przez kierowców (źródło: CIO-PiB) *Photo. Glasses with a blue light-blocking filter improve dusk vision, used by drivers (source: CIO-PiB)*

mieniowania widzialnego, która jest dominująca w otoczeniu, powoduje zwiększenie poczucia kontrastu. Na tej zasadzie działają okulary tłumiące część promieniowania niebieskiego – tzw. *blue blocker* (patrz fot.).

Żółty kolor filtra jest stosowany z uwagi na właściwości widmowe, polegające na blokadzie promieniowania niebieskiego, głównie w przypadku prowadzenia pojazdów podczas zamykania oraz o zmroku. Podczas jazdy nocą zmieniają się warunki widzenia. W tym przypadku niezmiernie istotne jest zapewnienie filtrów o właściwościach powodujących zminimalizowanie zjawiska oślnienia od reflektorów innych pojazdów przy zachowaniu jak największego poziomu przepuszczania światła.

Większość dostępnych na rynku okularów przeciwsłonecznych jest przeznaczona dla osób, które nie stosują okularów korekcyjnych. Nałożenie okularów przeciwsłonecznych na okulary korekcyjne nie jest wskazane, a w niektórych przypadkach może generować dodatkowe zagrożenia. Użytkownicy okularów korekcyjnych mogą stosować specjalnie zaprojektowane nakładki, w których są zamontowane filtry – takie jak w okularach przeciwsłonecznych. Konstrukcja nakładki umożliwia jej zamocowanie na większości typowych opraw okularów korekcyjnych (na mostku oprawy za pomocą klipsa). Nakładki mogą się znajdować w pozycji opuszczonej lub podniesionej. Jest to bardzo dobre i praktyczne rozwiązanie, z którego korzysta wiele osób noszących okulary korekcyjne. Jego wadą, której praktycznie nie da się wyeliminować, jest to, że zamontowanie nakładki na oprawie okularów korekcyjnych zmienia jej wyważenie. Niektórzy użytkownicy nakładek skarżą się więc na dodatkowy ucisk wywierany przez mostek oprawy okularowej. W celu poprawy komfortu użytkownika okularów przeciwsłonecznych i zapewnienia możliwości ich stosowania przez osoby z wadami refrakcji wzroku konstruktorzy okularów zaproponowali inne rozwiązanie w postaci nakładki przeciwsłonecznej mocowanej na dopasowanej oprawie okularowej za pomocą kontaktu magnetycznego. Ten sposób mocowania znacznie obniża masę nakładki, przez co wyważenie całej oprawy nie zmienia się znacząco. Wadą w tym przypadku jest jednak konieczność stosowania nakładki wyłącznie z dedykowaną oprawą okularów korekcyjnych.

Innym podejściem do zabezpieczenia oczu osób z wadą refrakcji przed szkodliwym promieniowa-

niem słonecznym jest nadanie soczewkom korekcyjnym cech filtrów chroniących przed oślnieniem słonecznym. Wówczas soczewki o dobranych dla użytkownika mocach optycznych są barwione do wymaganego poziomu tłumienia promieniowania widzialnego.

Zasady certyfikacji i wymagania wobec okularów przeciwsłonecznych do zastosowań zawodowych

Okulary przeciwsłoneczne zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenia dyrektywy Rady 89/686/EWG (dalej: rozporządzenie) [19] zaliczane są do ŚOI kategorii I, tj. odpowiednich do zagrożeń określanych jako minimalne, które obejmują m.in. uszkodzenie wzroku w wyniku narażenia na działanie światła słonecznego (innego niż podczas obserwacji słońca). W przypadku ŚOI zaliczanych do kategorii I nie jest wymagane, by w ocenie zgodności uczestniczył podmiot zewnętrzny (np. jednostka certyfikująca). To producent powinien przeprowadzić wewnętrzną kontrolę produkcji i sporządzić dokumentację techniczną zgodnie z załącznikiem III do rozporządzenia. Warto wspomnieć, że dokumentacja techniczna musi zawierać wyniki badań laboratoryjnych potwierdzających spełnienie wymagań w zakresie właściwości, projektowania i produkcji ŚOI, co dotyczy wszystkich wyrobów udostępnianych na rynku UE celem zapewnienia ochrony zdrowia i bezpieczeństwa użytkowników. Następnie producent powinien podjąć działania, które zapewnią zgodność procesu produkcji z dokumentacją techniczną, a ponadto – umieścić na każdym egzemplarzu ŚOI oznakowanie CE i sporządzić deklarację zgodności UE (załącznik IX do rozporządzenia).

Jeżeli producent chce zaangażować w proces instytucję zewnętrzną i uzyskać certyfikat, może to zrobić na zasadach certyfikacji dobrowolnej. Przygotowuje wówczas wniosek i przedkłada go wraz z dokumentacją techniczną wybranej jednostce zewnętrznej (certyfikującej) [20], która określi zgodność wyrobu z odpowiednią normą. Na tej podstawie producent przygotowuje deklarację zgodności stosownie do wymagań rozporządzenia. Taki certyfikat stanowi wartość dodaną w kontekście oferowania wyrobu na rynku.

Rozporządzenie nie ustanawia szczegółowych wymagań technicznych – zawiera jedynie wymagania zasadnicze dotyczące cech wyrobu oraz zagrożeń, przed jakimi on chroni. Konkretnie rozwiązania techniczne mogą być przez producenta zastosowane na podstawie norm lub innych specyfikacji technicznych. Szczegółowe wymagania stawiane środkom ochrony oczu, zapewniającym ochronę przed oślnieniem słonecznym i przeznaczonym do zastosowań zawodowych, określono w PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18], a zestawienie wymagań technicznych w tym zakresie, wraz z odniesieniem do metodyki badań [21-24], przedstawiono w tabeli na s. 23.

Tabela. Wymagania techniczne wobec filtrów i kompletnych środków ochrony oczu przed oślepieniem słonecznym do zastosowań zawodowych zgodnie z PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18]
 Table. Technical requirements for sun glare protection filters and complete protectors for professional applications in accordance with PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18]

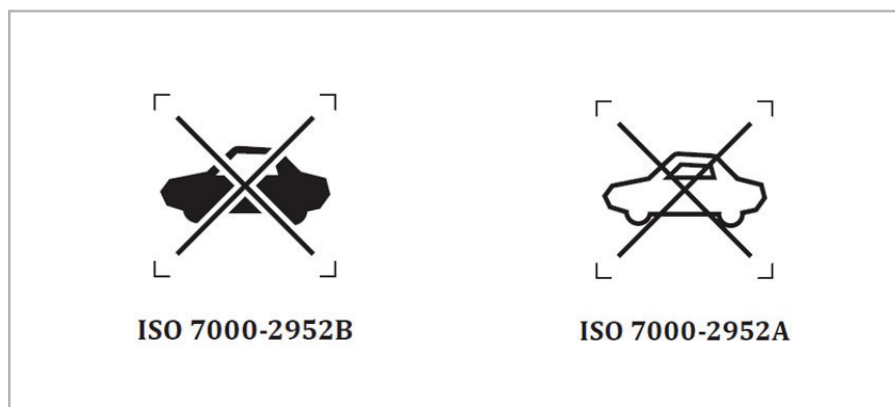
Wymaganie	Punkt PN-EN ISO 16321-1:2022-10	Zakres ujęty w normie	Odniesienie do metodyki badań
Konstrukcja i kompatybilność fizjologiczna	4.2, 4.3	Wymagania odnośnie do konstrukcji kompletnych ochron oraz materiałów użytych do ich wykonania, zwłaszcza do części składowych stykających się z twarzą użytkownika, oraz wymagania dotyczące nieszkodliwości dla zdrowia i życia użytkownika, w tym konieczność ograniczenia ryzyka narażenia na wydzielające się substancje o działaniu alergizującym, kancerogennym, mutagenym i toksycznym	Ocena na podstawie dokumentacji producenta oraz oceny organoleptycznej zgodnie z p. 6.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020 – 06 [21]
Pole widzenia	4.5, 5.1	Wymagania w odniesieniu do minimalnego pola widzenia dla kompletnych ochron oraz kompletnych ochron przeznaczonych do prowadzenia pojazdów mechanicznych	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6.2 normy PN-EN ISO 18526-3:2020 – 06 [21]
Obszar chroniony**)	4.5, 7.1	Wymagania w zakresie minimalnego obszaru chronionego	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 7.1.2-7.1.3 normy PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18] oraz p. 6.3-6.4 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Moce optyczne	5.2	Wymagania odnośnie do wartości maksymalnych mocy optycznych (sferycznej i astygmatycznej, odchyłek mocy optycznych oraz różnicy mocy pryzmatycznych)	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6.1-6.3 normy PN-EN ISO 18526-1:2020-09 [22]
Współczynnik przepuszczania ¹⁾	6.3.1-6.3.3, 6.1	Wymagania dotyczące wartości współczynników przepuszczania światła i widmowych współczynników przepuszczania	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6, 7.1, 7.3 normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09 [23]
Jednorodność	6.4	Wymagania w odniesieniu do zmienności współczynnika przepuszczania	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 7.4-7.5 normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09 [23]
Rozproszenie światła	6.5	Wymagania w odniesieniu do szerokokątowego rozproszenia światła	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 14.1 normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09 [23]
Współczynnik przepuszczania ramki**)	6.6	Wymagania dotyczące wartości współczynników przepuszczania światła i widmowych współczynników przepuszczania ramki	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6, 7.1, 7.3 normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09 [23]
Soczewki z powłoką antyrefleksyjną ¹⁾	6.7	Wymagania w odniesieniu do współczynnika odbicia	Badanie zgodnie z p. 5.4 normy PN-EN ISO 8980-4 [24]
Taśma opasująca głowę i nagłowie**)	7.2	Wymagania funkcjonalne związane z użytkowaniem taśm opasujących głowę i nagłowie	Badania eksploatacyjne zgodnie z p. 6.5 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Jakość materiału optycznego i jego powierzchni	7.3	Wymagania związane z jakością materiału optycznego (brakiem defektów)	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6.6 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność na uderzenie	7.4	Wymagania w odniesieniu do odporności na uderzenie stalową kulką o wymiarach 25,4 mm i masie 66,8 g, zrzucanej z wysokości 1,27 m	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 7.3.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność termiczna	7.5	Wymagania dotyczące braku deformacji po działaniu temperatury 55°C przez 120 min	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6.7 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność na promieniowanie UV	7.6	Wymaganie w odniesieniu do współczynnika przepuszczania, widmowych współczynników przepuszczania oraz współczynnika rozproszenia światła po działaniu promieniowania UV	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6, 7.1, 7.3 normy PN-EN ISO 18526-2:2020-09 po działaniu promieniowania UV zgodnie z p. 6.8.3 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność na korozję	7.7	Wymagania dotyczące odporności metalowych części ochrony po badaniu odporności na korozję	Ocena organoleptyczna zgodnie z p. 6.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 po badaniu odporności na korozję zgodnie z p. 6.9 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność na zapalenie	7.8	Wymagania odnośnie do odporności na zapalenie podczas badania z użyciem rozgrzanego pręta	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 6.10 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Penetracja otworów wymiany powietrza i innych otworów**)	7.9	Wymaganie w odniesieniu do wymiarów otworów umieszczonych w ochronie	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 7.5 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność na uderzenie cząstkami o dużej prędkości**)	7.10	Wymagania mechaniczne po badaniu uderzenia kulką o średnicy 6 mm i masie 0,86 g z prędkością 45 m/s i/lub 80 m/s i/lub 120 m/s	Badania laboratoryjne zgodnie z p. 7.3.2.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]
Odporność podwyższona**)	7.11.2	Wymagania mechaniczne po badaniu uderzenia trzpieniem zakończonym stożkiem o średnicy 25,4 mm i masie 500 g spadającym z wysokości 180 mm	Ocena organoleptyczna zgodnie z p. 6.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 po badaniu zgodnie z p. 7.3.3.1 normy PN-EN ISO 18526-3:2020-06 [21]

¹⁾ dotyczy filtrów, ^{**)} dotyczy kompletnych środków ochrony oczu

Zakres normy [18] nie obejmuje ochron oczu przeznaczonych jedynie do ochrony przed światłem słonecznym w zastosowaniach pozazawodowych, dla których wymagania określono w PN-EN ISO 12312-1:2022-12 [17].

Ponadto PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18] określa zakres informacji, które producent środków ochrony oczu powinien dostarczyć bezpośrednio z wyrobem, na etykiecie lub na opakowaniu. Dane te obejmują:

- nazwę i adres producenta;
- odniesienie do PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18];
- typ, kategorię i numer filtra oraz opis;
- wyjaśnienie symboli użytych w znakowaniu wyrobu;
- identyfikację modelu;
- warunki przechowywania, stosowania i konserwacji;
- opis sposobu czyszczenia i dezynfekcji;
- szczegóły dotyczące obszaru stosowania, warunków otoczenia docelowego stosowania oraz właściwości ochronnych i charakterystyki działania;
- opis stosowanego modelu głów zgodnie z ISO 18526-4, np.: *Ten środek ochrony oczu jest odpowiedni dla modelu głowy 1-5* (w formie oznaczeń na ramce lub oddzielnych informacji na etykietach, opakowaniach, metkach);
- ostrzeżenie o treści: *Środek ochrony oczu może wpływać na rozpoznawanie kolorów i/lub detekcję światła sygnalizacyjnych* (w przypadku środków ochrony oczu z niejednorodną przepuszczalnością widmową w zakresie VIS);
- ostrzeżenie o treści: *Środki ochrony oczu, które były narażone na uderzenia, nie powinny być używane i powinny być utylizowane i wymieniane na nowe;*
- ostrzeżenie o treści: *Jeśli symbole poziomu uderzenia zamieszczone na soczewce/filtrze i w ramce nie są takie same, to niższy poziom powinien być przypisany do kompletnego środka ochrony oczu;*
- ostrzeżenie o treści: *Ochrona odpowiadająca numerom/kodowi literowemu 7, 9, CH jest zapewniona przez cały środek ochrony oczu tylko wtedy, gdy odpowiednie symbole umieszczone na soczewce i ramce są identyczne;*
- szczegóły dotyczące jakichkolwiek aspektów wydajności, które zostały ocenione w skrajnych temperaturach, i odpowiadające im granice temperatury;
- szczegóły dotyczące odpowiednich części dodatkowych i części zamiennych oraz opis sposobu ich dopasowywania;
- informacje o tym, jak rozpoznać, kiedy środek ochrony oczu powinien być naprawiony lub wymieniony;
- ostrzeżenie o treści: *Nieodpowiedni do jazdy o zmierzchu lub w nocy lub przy słabym świetle, gdy współczynnik przepuszczania światła zawiera się w przedziale od więcej niż 8% do mniej niż 75% (gdy filtr ma przepusz-*



Rys. 3. Piktogramy: Nieodpowiednie do prowadzenia pojazdów lub użytku na drogach [18]
Fig. 3. "Not suitable for driving or road use" pictogram [18]

czalność światła poniżej 75% i więcej niż 8% lub gdy filtr fotochromatyczny ma przepuszczalność światła w stanie jasnym poniżej 75%);

- ostrzeżenie o treści: *Nieodpowiedni do jazdy i użytku drogowego* i/lub piktogram zgodnie z normą ISO 7000, numer referencyjny: 2952A lub 2952B (jeśli wymaganie pola widzenia i/lub przepuszczalności dla jazdy nie jest spełnione) – patrz rys. 3.

Znakowanie okularów przeciwsłonecznych powinno być nanoszone na soczewki oraz ramki i zawierać następujące informacje:

- na soczewce: znak identyfikujący producenta, kod filtra (symbole obszarów stosowania), stopień zaciemnienia, poziom odporności mechanicznej;
- na ramce: odniesienie do PN-EN ISO 16321-1:2022-10 [18], znak identyfikujący producenta, kod filtra, poziom odporności mechanicznej, rozmiar głowy.

Podsumowanie

W artykule omówiono zagadnienia związane ze stosowaniem okularów przeciwsłonecznych na stanowiskach pracy. Bez wątpienia należy chronić wzrok, zwłaszcza w sytuacjach, gdy zadania zawodowe są wykonywane na zewnątrz lub w bliskim kontakcie z intensywnym światłem lub z wykorzystaniem źródeł promieniowania UV. Współczesne rozwiązania techniczne i materiałowe stosowane w produkcji okularów gwarantują coraz większą skuteczność ochrony i coraz większy komfort użytkownika.

Dla pracodawcy i pracownika ważna jest znajomość dostępnej oferty okularów przeciwsłonecznych oraz ich podstawowych funkcji i konstrukcji, a także świadomość, które właściwości okularów wpływają na skuteczność ochrony przed promieniowaniem optycznym oraz na poprawę komfortu i bezpieczeństwa pracy. W artykule przedstawiono więc charakterystyki widmowe typowych filtrów, istotne z punktu widzenia efektywnego tłumienia szkodliwego promieniowania. Skupiono się na różnych aspektach stosowania okularów przeciwsłonecznych na stanowiskach pracy, m.in. uwzględniono uży-

wanie: okularów z filtrami barwnymi, okularów polaryzacyjnych i gradientowych, a także nakładek na okulary korekcyjne. Ponadto, co istotne dla producentów okularów przeciwsłonecznych, omówiono zasady certyfikacji tych wyrobów oraz stawiane im wymagania techniczne, których spełnienie jest konieczne do zapewnienia skutecznej ochrony oczu i szczególnie aktualne w świetle ostatnich zmian w normach dotyczących środków ochrony oczu i twarzy.

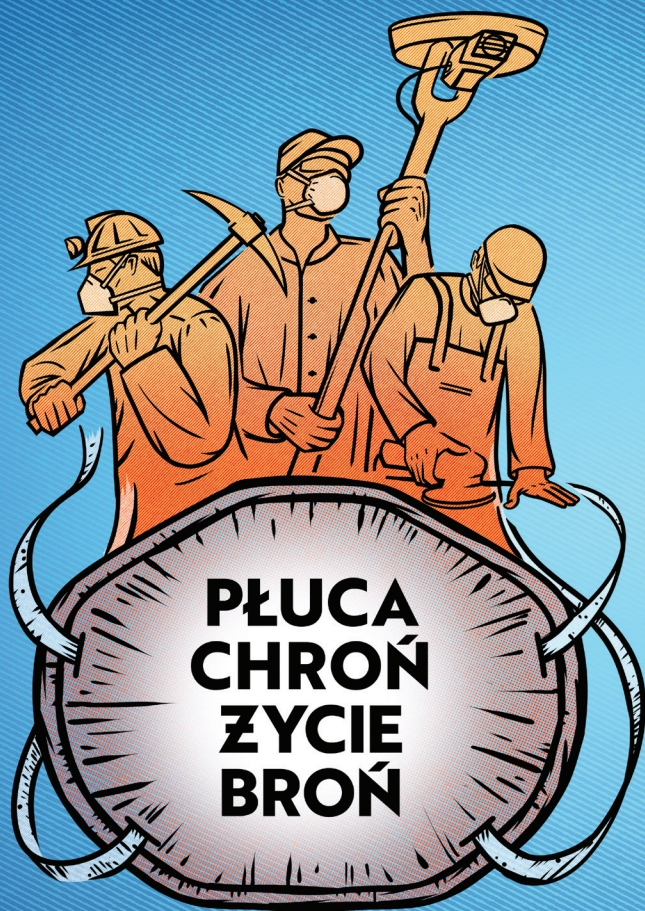
Podsumowując, artykuł stanowi źródło informacji dla producentów i pracodawców, a także użytkowników indywidualnych, którzy chcą lepiej zrozumieć rolę okularów przeciwsłonecznych w eliminacji efektu olśnienia, ochronie przed szkodliwym promieniowaniem oraz poprawie komfortu i bezpieczeństwa pracy. Dodatkowo w artykule zaprezentowano najnowsze rozwiązania techniczne i materiałowe w tej dziedzinie oraz zasady certyfikacji tych wyrobów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BURIĄK J. Ocena warunków nasłonecznienia i projektowanie elektrowni słonecznych z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania oraz baz danych. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. 2014, 40: 29-32.
- [2] KUPKA D. Środki ochrony narządu wzroku. Wyd. 1. Warszawa: Państwowa Inspekcja Pracy, 2015.
- [3] MAJCHRZYCKA K. Head, eye, and face personal protective equipment: new trends, practice and applications. Wyd. 1. CRC Press, 2023.
- [4] OWCZAREK G. i in. Light transmission through intraocular lenses with or without yellow chromophore (blue light filter) and its potential influence on functional vision in everyday environmental conditions. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2016, 22(1): 66-70.
- [5] FRIEDLAND H. i in. The effectiveness of glare-reducing glasses on simulated nighttime driving performance in younger and older adults. Cognition, Technology & Work. 2017, 19: 571-586; doi: 10.1007/s10111-017-0442-2.

- [6] UNGUREANU V.I. i in. A novel approach against sun glare to enhance driver safety. *Applied Sciences*. 2020, 10(9): 3032; doi: 10.3390/app10093032.
- [7] FU H. i in. Dual polymer electrochromic sunglasses with black to anti-blue-ray conversion based on new anti-blue-ray transparent polymer. *Chemical Engineering Journal*. 2023, 461: 141848; doi: 10.1016/j.cej.2023.141848.
- [8] LANDERER D. i in. Solar glasses: a case study on semitransparent organic solar cells for self-powered, smart, wearable devices. *Energy Technology*. 2017, 5: 1936-1947; doi: 10.1002/ente.201700226.
- [9] HU X. i in. Smart dimming sunglasses for photophobia using spatial light modulator. *arXiv*. 2023; doi: 10.48550/arXiv.2304.07013.
- [10] LEE J.H. i in. 3D Printed, customizable and multi-functional smart electronic eyeglasses (e-glasses) for wearable healthcare systems and human-machine interfaces. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2023, 12(19), 21424-21432; doi: 10.1021/acsami.0c03110.
- [11] PN-EN ISO 4007:2019-01. Środki ochrony indywidualnej – Ochrona oczu i twarzy – Terminologia.
- [12] ROBERTS J.E. Ultraviolet radiation as a risk factor for cataract and macular degeneration. *Eye and Contact Lens: Science and Clinical Practice*. 2011, 37(4): 246-249; doi: 10.1097/ICL.0b013e31821cbcc9.
- [13] ROBERTS C.M., COOK T.A., PODOLSKI V.A. Metasurface-enhanced transparency. *Journal of the Optical Society of America B*. 2017, 34(7): D42; doi: 10.1364/JOSAB.34.000D42.
- [14] LI Y. i in. Improved light extraction efficiency of white organic light-emitting devices by biomimetic antireflective surfaces. *Applied Physics Letters*. 2010, 96(15): 153305; doi: 10.1063/1.3396980.
- [15] BAZZAZI N. i in. Quality of sunglasses available in the Iranian market; a study with emphasis on sellers' license. *Indian Journal of Ophthalmology*. 2015, 63(2): 152; doi: 10.4103/0301-4738.154395.
- [16] NSELE N. i in. The effect of tints on distance stereoacuity under varying retinal illuminations. *African Vision and Eye Health*. 2019, 78(1): a475; doi: 10.4102/aveh.v78i1.475.
- [17] PN-EN ISO 12312-1:2022-12. Ochrona oczu i twarzy – Okulary przeciwsłoneczne i odpowiadające im ochrony oczu – Część 1: Okulary przeciwsłoneczne do zastosowań ogólnych.
- [18] PN-EN ISO 16321-1:2022-10. Ochrona oczu i twarzy do zastosowań zawodowych – Część 1: Wymagania ogólne.
- [19] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchyleń dyrektywy Rady 89/686/EWG – tekst mający znaczenie dla EOG (Dz.Ur. UE L 89/686 z 9 marca 2016 r. s. 51-98).
- [20] Materiały informacyjne Ośrodka Certyfikacji CIOP-PIB: <https://tiny.pl/cwn3b>.
- [21] PN-EN ISO 18526-3: 2020-06. Ochrona oczu i twarzy – Metody badań – Część 3: Właściwości fizyczne i mechaniczne.
- [22] PN-EN ISO 18526-1:2020-09, Ochrona oczu i twarzy – Metody badań – Część 1: Geometryczne właściwości optyczne.
- [23] PN-EN ISO 18526-2:2020-09. Ochrona oczu i twarzy – Metody badań – Część 2: Fizyczne właściwości optyczne.
- [24] PN-EN ISO 8980-4:2007. Optyka oftalmiczna – Gotowe soczewki okularowe nieokrojone – Część 4: Wymagania i metody badań dotyczące powłok przeciwoodblaskowych.

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 1.ZS.14 pt. „Wspomaganie krajowych podmiotów gospodarczych we wdrażaniu do krajowej praktyki gospodarczej wymagań rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady [UE] 2016/425 w sprawie środków ochrony indywidualnej”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



**Ogólnopolska kampania społeczna
na rzecz poprawy świadomości
w zakresie doboru oraz zasad
stosowania, przechowywania,
konserwacji i utylizacji
półmasek filtrujących.**

www.ciop.pl/nos-polmaske

 @nos_polmaske