

dr inż. ADAM POŚCIK (ORCID: 0000-0001-7412-3394)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: adpos@ciop.lodz.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8127

Ocena skuteczności akcesoriów odblaskowych w warunkach rzeczywistego użytkowania na podstawie wyników badań własnych

W artykule przedstawiono wyniki badań właściwości fotometrycznych wybranych akcesoriów odblaskowych wykonanych standardową metodą opisaną w PN-EN 13356: 2004 oraz metodę symulującą realistyczny sposób zamocowania i użytkowania akcesoriów odblaskowych. W tym celu standardowy goniometr zastąpiono półmanekinem. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na weryfikację skuteczności akcesoriów odblaskowych w warunkach symulujących ich zastosowanie po zamocowaniu na odzieży. W artykule omówiono również ograniczenia w stosowaniu tych akcesoriów, zalecenia dotyczące minimalnej powierzchni oraz sposób ich mocowania na odzieży, w celu uzyskania odpowiedniej widzialności.

Słowa kluczowe: akcesoria odblaskowe, gęstość powierzchniowa współczynnika odblasku, widzialność pieszych

Evaluation of the effectiveness of reflective accessories in conditions of the actual use – results of the original study

The article presents the results of the study on the photometric properties for selected reflective accessories, conducted with the use of the standard method described in PN-EN 13356: 2004 as well as the method used in simulating realistic condition of the use of reflective accessories. For this purpose the standard goniometer was replaced by a half-mannequin. Results of the study were used to verify the effectiveness of visibility of reflective accessories in conditions simulating their actual use after having them attached to clothing. The article also discusses limitations of the use of these accessories, recommendations regarding the minimum area of their attachment and ways of their proper attachment to clothing in order to achieve adequate visibility.

Keywords: reflective accessories, coefficient of luminous intensity, pedestrian visibility

Fot. Aleksandr Karanewich / Bigstockphoto



Wstęp

Dostępne na rynku akcesoria odblaskowe mają różne kształty i kolory. Można je mocować na stałe do odzieży, przyczepiać do niej tymczasowo, mogą też swobodnie zwisać. Akcesoria odblaskowe można również podzielić pod względem konstrukcji – na sztywne i elastyczne (tzw. taśmy odblaskowe) [1]. Ich wspólną cechą jest zdolność do kierunkowego odbijania światła w kierunku jego źródła (np. reflektorów samochodowych), co pozwala na zwiększenie widoczności użytkownika [2, 3]. Akcesoria odblaskowe stosowane w tych akcesoriach mogą być wykonane z zastosowaniem mikrosoczek lub mikropryzmatów naniesionych na materiał tekstylny lub twarde podłoże, wykonane z tworzywa [3, 5].

Akcesoria odblaskowe, podobnie jak odzież ostrzegawcza do użytku zawodowego i pozazawodowego, zgodnie z rozporządzeniem 2016/425 są kwalifikowane jako środki ochrony indywidualnej (ŚOI) kategorii II [6]. W związku z tym wyroby te muszą spełniać odnoszące się do nich zasadnicze wymagania, m.in. dotyczące

właściwości fotometrycznych akcesoriów odblaskowych przeznaczonych do używania w warunkach, w których obecność każdego użytkownika powinna być wizualnie sygnalizowana.

Wymagania techniczne wobec akcesoriów odblaskowych zostały określone w normie zharmonizowanej PN-EN 13356:2004 [1]. Zgodnie z jej wymaganiami akcesoria odblaskowe powinny charakteryzować się odpowiednimi wartościami gęstości powierzchniowej współczynników odblasku. W normie nie określono jednak odległości, z której element odblaskowy powinien być zauważony przez kierowcę pojazdu. Ponieważ akcesoria odblaskowe odbijają światło w wąskim kącie, w kierunku jego źródła (około $\pm 2^\circ$), w praktyce, w celu zapewnienia dobrej widzialności użytkownika, konieczne jest wyposażenie go w kilka elementów odblaskowych rozmieszczonych, najlepiej równomiernie wokół ciała, tak jak w przypadku odzieży ostrzegawczej do użytku zawodowego.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań wybranych akcesoriów odblaskowych z zastosowaniem goniometru, opisanego w PN-

-EN 13356:2004 oraz półmanekina, połączonego z nim w celu symulacji rzeczywistych warunków stosowania akcesoriów zamontowanych do odzieży [1]. Na podstawie wyników tych badań podano rekomendacje dotyczące zasad doboru i stosowania akcesoriów odblaskowych.

Akcesoria odblaskowe wykorzystane w badaniach

Do badań użyto komercyjnie dostępnych akcesoriów o wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odblasku przekraczającej 450 [$\text{cd}/\text{lx}\cdot\text{m}^2$], zapewniające wysoką widoczność światła przez nie odbitego [7]. Ich zestawienie zamieszczono w tabeli.

Aparatura pomiarowa

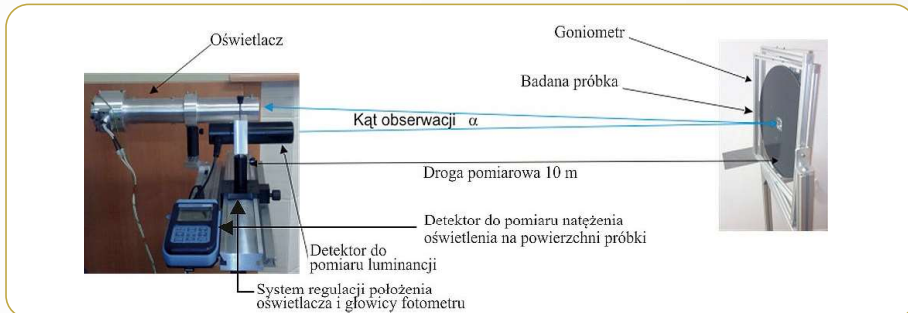
Przyrząd do badania właściwości fotometrycznych akcesoriów odblaskowych przedstawiono na rys. 1.

Przyrząd składa się z:
– goniometru

Tabela. Akcesoria odblaskowe wykorzystane do badań [7]

Table. Reflective materials used for tests [7]

Nr	Próbka	Opis
1.	Materiał odblaskowy A (taśma)	Taśma tekstylna zawierająca mikrosoczewki, wykonana z 100% poliestru. Kolor szary.
2.	Materiał odblaskowy B (arkusz)	Materiał odblaskowy 3M w formie arkusza zawierający mikropryzmaty, o dużej intensywności współczynnika odbłasku R (CIL). Kolor szary



Rys. 1. Przyrząd do badania właściwości fotometrycznych akcesoriów odblaskowych, wykorzystany w badaniach
Fig. 1. View of the device for testing of the photometric properties of reflective accessories according to PN-EN 13356:2004

- systemu umożliwiającego regulację położenia oświetlacza i głowicy fotometru
- oświetlacza (lampy halogenowej i kolimatora)
- detektora luminancji
- detektora do pomiaru natężenia oświetlenia na powierzchni próbki.

Urządzenie wyposażone jest też w uchwyt, który pozwala głowicy detektora luminancji i systemowi pozycjonowania na regulację kątów widzenia α , odpowiednio o 0,2°, 0,33°, 1°, 1,5°, 2° (rys. 1.). System pozwala również na pochylenie głowicy pomiarowej detektora luminancji, w zależności od zastosowanej geometrii pomiarowej. Urządzenie posiada poza tym optyczny system kolimacji¹, a lampa halogenowa o charakterystyce widmowej odpowiada charakterystyce widmowej iluminantu A. Średnica wiązki pomiarowej na mierniku goniometru wynosi 82 mm, co odpowiada około 28 minutom łuku w przypadku odległości pomiarowej $L = 10$ m.

Głowica fotoradiometryczna używanego w badaniach przyrządu umożliwia pomiar luminancji w zakresie od 1 cd/m² do 20* 105 cd/m² przy rozdzielczości 0,1 [cd/m²]. Czulość spektralna wykorzystywanej sondy jest natomiast zgodna z fotoradiometryczną krzywą widzenia z 92% dokładnością. Kąt widzenia detektora wynosi 2°. Do określenia natężenia oświetlenia próbki użyto fotometru wyposażonego w fotodiody krzemową o zakresie pomiaru od 1 lx do 1900 lx, z rozdzielczością 1 lx.

Do badań wykorzystano również półmanekin połączony z układem goniometrycznym, umożliwiającym jego obrót wokół osi pionowej i poziomej. Jego widok przedstawiono na rys. 2.

Metoda badań

Właściwości fotometryczne akcesoriów odblaskowych zbadano zgodnie z metodą opisaną w CIE nr 54 [8]. W odniesieniu do badanych próbek wyznaczono wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku R' , dla wybranych wartości kątów obserwacji i oświetlenia. Zasada pomiaru tego współczynnika polega na porówna-

niu wartości natężenia oświetlenia E (w luksach) padającego na próbkę o powierzchni A (za pomocą luksomierza), do wartości światłości I [cd], odbitego od próbki docierającego do detektora, w kontekście określonych wartości kątów obserwacji i oświetlenia.

Pomiary przeprowadzono w ciemni. Do regulacji wysokości i równoległości ustawienia oświetlacza względem goniometru wykorzystano celownik laserowy, a odległość detektora od badanej próbki wyznaczono za pomocą dalmierza laserowego. Badania przeprowadzono w odniesieniu do długości toru pomiarowego $10,02 \pm 0,01$ m. Za pomocą luksomierza zmierzona została jednorodność natężenia oświetlenia E wiązki światła padającego na próbkę – wynosiła ona $423 \text{ lx} \pm 1 \text{ lx}$. Prostokątne próbki zostały przymocowane do dysku pomiarowego goniometru, aby następnie, w odniesieniu do wybranego kąta α i kątów oświetlenia β wyznaczyć wartości luminancji L [8]. Wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku obliczono z równania 1.

$$R' = I/EA \text{ [cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}] \quad (1)$$

gdzie:

R' – współczynnik odbłasku

I – światłość [cd]

E – natężenie oświetlenia [lx]

A – pole powierzchni próbki [m²].

Światłość I obliczono z równania 2.

$$I = L\pi (D \text{tg} (\Theta/2))^2 \quad (2)$$

gdzie:

L – luminancja [cd/m²]

D – odległość próbki od detektora luminancji [m]

Θ – kąt widzenia detektora luminancji (2°).

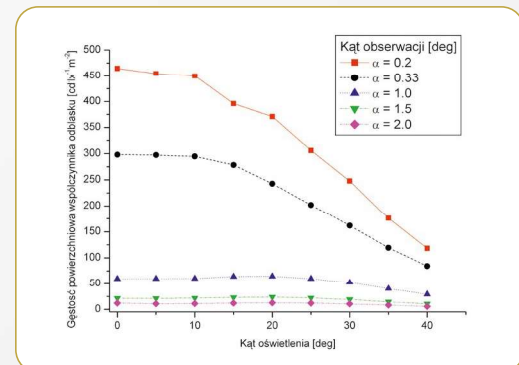
Wyniki badań

Badania przeprowadzono w odniesieniu do próbek akcesoriów odblaskowych kondycjonowanych w temperaturze $22 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $55 \pm 5\%$. Maksymalna rozszerzona niepewność dotycząca wszystkich badanych próbek była mniejsza niż 1,02%.



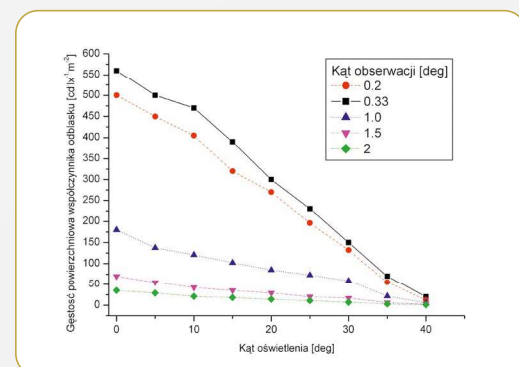
Rys. 2. Goniometr do badania akcesoriów odblaskowych wyposażony w półmanekin

Fig. 2. A view of the goniometer for testing of reflective accessories connected to the half-mannequin



Rys. 3. Wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału A zamontowanego na dysku pomiarowym goniometru, w zależności od kąta oświetlenia i kąta obserwacji

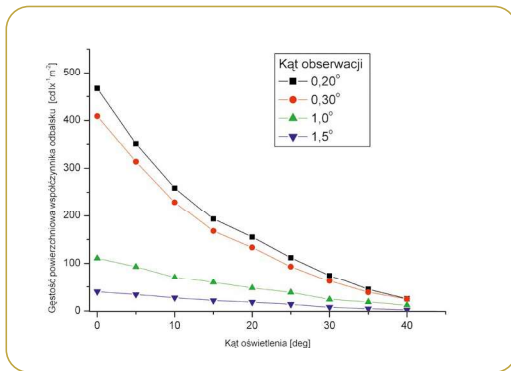
Fig. 3. Coefficient of luminous intensity of band A depending on observation angle and entrance angle



Rys. 4. Wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału B zamontowanego na dysku pomiarowym goniometru, w zależności od kąta obserwacji i kąta oświetlenia

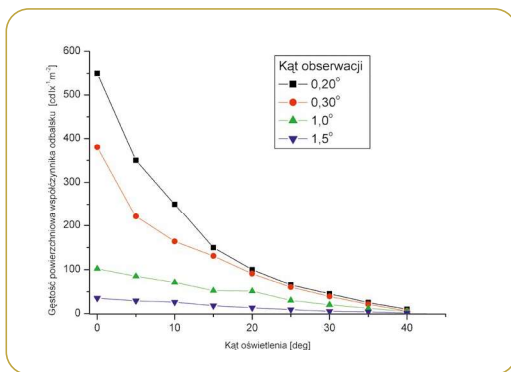
Fig. 4. Coefficient of luminous intensity of reflective material B depending on observation angle and entrance angle

¹ O fali płaskiej (przyp. red.).



Rys. 5. Wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału A zamontowanego na półmanekinie, w zależności od kąta oświetlenia i kąta obserwacji

Fig. 5. The results of the measurements of coefficient of luminous intensity for tape A mounted on the dummy, depending on the angle of illumination and the angle of observation



Rys. 6. Wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału B zamontowanego na półmanekinie, w zależności od kąta oświetlenia i kąta obserwacji

Fig. 6. The results of the measurements of coefficient of luminous intensity for reflective material B mounted on the dummy, depending on the angle of illumination and the angle of observation

Wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału A (zawierającego mikrosoczewki) oraz materiału B (zawierającego mikropryzmaty), w zależności od obserwacji i kątów widzenia, przedstawiono na rys. 3 i 4.

Jak wynika z rys. 3 i 4., wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku R' zależą od geometrii pomiaru. W przypadku kąta obserwacji $0,2^\circ$ i kąta oświetlenia 0° zarejestrowana wartość R' jest prawie 40 razy większa w porównaniu z R' uzyskaną w stosunku do kąta obserwacji 2° i tego samego kąta oświetlenia. Wartość R' zależy również od kąta oświetlenia. Na podstawie danych przedstawionych na rys. 3 i 4. można zatem stwierdzić, że materiał B ma większe wartości gęstości współczynnika odbłasku w stosunku do taśmy odbłaskowej A w przypadku kątów oświetlenia do 10° . W odniesieniu do wartości kątów oświetlenia większych niż 10° , w przypadku materiału odbłaskowego B zaobserwowano większą dynamikę spadku wartości R' w porównaniu z taśmą A.

Zjawisko to jest spowodowane większym rozproszeniem światła padającego na mikrosoczewki w porównaniu z mikropryzmatami. W przypadku materiałów zawierających mikropryzmaty większa wydajność kierunkowego odbicia światła przez materiały odbłaskowe (w wąskich kątach

obserwacji i oświetlenia) zwiększa widzialność osób poruszających się po drodze w terenie niezabudowanym, z reguły równoległe do kierunku poruszających się pojazdów.

W przypadku materiałów zawierających mikrosoczewki, ze względu na mniejszą zależność gęstości współczynnika odbłasku od kątów oświetlenia i obserwacji, ich użytkownik jest lepiej widzialny, jeżeli porusza się po drodze w szerszym kącie w stosunku do kierunku poruszających się pojazdów. Zjawisko to ma to szczególne znaczenie w przypadku stosowania materiałów odbłaskowych w terenie zabudowanym, np. podczas zbliżania się użytkownika do przejścia dla pieszych. W przypadku zastosowania akcesoriów odbłaskowych zawierających mikrosoczewki kierowca pojazdu ma większe szanse zauważenia pieszego przed wkroczeniem na jezdnię.

W odniesieniu do wybranych materiałów przeprowadzono również badania gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku z zestawem goniometrycznym. Uzyskane wyniki badań gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku materiału A i materiału B, zamontowanych na półmanekinie, w zależności od obserwacji i kątów widzenia) przedstawiono na rys. 5 i 6.

Na podstawie wyników badań przedstawionych na rys. 5 i 6. można stwierdzić, że uzyskane wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku badanych materiałów zamontowanych na półmanekinie są niższe od wartości zmierzonych z wykorzystaniem płaskiego goniometru. Zjawisko to jest spowodowane odkształcaniem się powierzchni badanych próbek podczas ich mocowania do jego powierzchni. W związku z tym należy sądzić, że wartości gęstości powierzchniowej współczynnika odbłasku elastycznych akcesoriów odbłaskowych (w szczególności taśm odbłaskowych mocowanych na ramieniu), po ich zamontowaniu na odzieży są znacznie niższe od wartości zmierzonych z wykorzystaniem metody badań opisanej w PN-EN 13356:2004 [1].

W celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników akcesoriów odbłaskowych istotne jest również odpowiednie rozmieszczenie tych akcesoriów na odzieży. Należy pamiętać, że akcesoria odbłaskowe odbijają światło w wąskim kącie w kierunku jego źródła (reflektorów samochodu). W związku z tym, w celu zapewnienia widzialności konieczne jest ich równomierne rozmieszczenie wokół całego ciała, najlepiej tak jak na odzieży ostrzegawczej. Minimalna powierzchnia zestawu akcesoriów odbłaskowych zamontowanych na odzieży nie powinna być mniejsza niż $0,06 \text{ m}^2$ [9].

Kolejnym z czynników wpływających na widzialność akcesoriów odbłaskowych jest natężenie promieniowania tła. Według PN-EN 13356:2004 badania powinny być prowadzone w ciemni laboratoryjnej. Niestety w warunkach rzeczywistych poziom natężenia promieniowania tła, na skutek światła emitowanego przez latarnie, reklamy itp., zwłaszcza w miastach, jest znacznie większy od warunków badania opisanych w normie. W związku z tym w celu poprawy widoczności

w warunkach miejskich zalecane jest dodatkowe stosowanie aktywnych źródeł światła do sygnalizowania swojej widzialności (np. oświetlenia LED). Zastosowanie tego typu elementów zwiększa widzialność użytkownika, szczególnie w odniesieniu do kątów obserwacji większych niż $0,33^\circ$.

Podsumowanie

Ze względu na właściwości optyczne akcesoriów odbłaskowych w zakresie kierunkowego odbicia, ich użytkownicy powinni wiedzieć, że są widoczni przez kierowcę jedynie wtedy, gdy znajdują się bezpośrednio przed nadjeżdżającym pojazdem. Fakt ten ma szczególne znaczenie podczas przekraczania jezdni na nieoświetlonych przejściach dla pieszych. Drugim z ważnych czynników wpływających na poprawę widoczności pieszych jest zastosowanie odpowiedniej liczby akcesoriów odbłaskowych, rozmieszczonych równomiernie wokół ciała.

Należy również pamiętać, że akcesoria odbłaskowe są skuteczne tylko w warunkach nocnych. O zmierzchu oraz w warunkach oświetlenia światłem latarni ulicznych ich efektywność znacząco maleje. W przypadku konieczności poruszania się w takich warunkach, skutecznym rozwiązaniem zwiększającym widoczność może być zastosowanie aktywnych źródeł światła, np. wyposażonych w diody LED.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 13356:2004 Akcesoria zapewniające widzialność, przeznaczone do użytku pozazawodowego. Metody badań i wymagania.
- [2] CIĘŚLAR, M. O tym, do czego służą odbłaski [On the subject of what are reflective accessories for]. *Foton* 2009, 107:23-31. Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński.
- [3] HUA, H., GAO, C.M., ROLLAND, J.P. Study of the Imaging Properties of Retro-reflective Materials Used in Head-Mounted Projective Displays (HMPDs). *Proceedings of SPIE 2002*, Vol. 4711; ISSN 0277-786X.
- [4] COSTA, M., BONETT, L., BELLELLI, I. M., LANTIERI, C., VIGNALI, V., SIMONE, A. Reflective Tape Applied to Bicycle Frame and Conspicuity Enhancement at Night; *Human Factors*, Volume 59, Issue 3, 2017, pp 485-500; <http://dx.doi.org/10.1177/0018720816677145>.
- [5] SATRA Technology High-visibility retro-reflective materials <https://www.satrap.com/spotlight/article.php?id=343>.
- [6] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenej dyrektywy 89/686/EWG Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej Nr L 81/51 z dnia 31.3.2016.
- [7] Broszura firmy 3M Scotchlite Reflective Material Visibility Solutions. <http://multimedia.3m.com/mws/media/7656940/3m-visibility-solutions-brochure.pdf>.
- [8] CIE No 54 Retroreflection. Definition and measurements, 1982.
- [9] PN-EN 1150:2001. Odzież ochronna. Odzież o intensywnej widzialności do użytku pozazawodowego. Metody badań i wymagania.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.