

# Klasyfikacja modelowych rozwiązań odzieży ostrzegawczej wyposażonych w źródła światła bezpośredniego

Fot. Krzysztof Łęzak



Standardowa odzież ostrzegawcza dotychczas stosowana w praktyce zawodowej i pozazawodowej, w przypadku braku oświetlenia kierunkowego nie zapewnia widzialności jej użytkownika. Czynnikiem, który może wpłynąć na poprawę właściwości ochronnych odzieży ostrzegawczej może być wyposażenie jej w źródła światła bezpośredniego, emitujące promieniowanie widzialne. Na rynku od kilku lat zaczęły się pojawiać wyroby odzieżowe wyposażone w różnego rodzaju źródła światła, jednak jak dotąd nie ma znormalizowanych metod badań i wymagań dla tego typu odzieży. Aby stworzyć możliwości oceny takiej odzieży, przeprowadzono badania fotometryczne i użytkowe modelowych rozwiązań odzieży o intensywnej widzialności z aplikacją elementów świecących. Na podstawie analizy otrzymanych wyników zaproponowano podstawową klasyfikację tego typu odzieży w zakresie minimalnych wymagań luminancji emitowanego z niej światła oraz kryteria jej oceny.

*Słowa kluczowe: odzież o intensywnej widzialności, odzież ostrzegawcza, odzież inteligentna, widzialność, luminancja, aktywne źródła światła*

## Classification of the composition of model safety clothing equipped with direct light sources

The standard high visibility clothing previous used in the professional and non-professional practice, in the absence of directional lighting does not ensure the visibility of its user. A factor that can improve the protective properties of warning clothing may be the retrofitting it with elements that emit direct visible radiation. The clothing with various types of active light sources have started to appear on the market for several years, but so far there are no the standardized test methods and the requirements for this type of clothing. In order to create the possibility of assessing such clothing, we conducted the photometric and functional tests of model high visibility clothing solutions with the application of lighting elements. On the basis of the results obtained and their analysis, a basic classification of this type of clothing was proposed in terms of the minimum luminance requirements of the light emitted from it, as well as criteria for its assessment.

*Keywords: protective clothing, high visibility clothing, warning clothing, intelligent clothing, visibility, luminance, active light sources*

## Wstęp

Odzież ostrzegawczą stosuje się tam, gdzie jednocześnie działają ludzie, pojazdy i maszyny, często w warunkach złej widzialności i widoczności, np. na skutek braku lub słabego oświetlenia ogólnego i kierunkowego, czy złych warunków atmosferycznych. Największym zagrożeniem dla człowieka jest wtedy możliwość kolizji z maszynami i pojazdami, a ciężkość urazu zależy głównie od ich prędkości. Najczęściej do kolizji dochodzi w warunkach ruchu drogowego przy prędkościach powyżej 30 km/h. Wg najnowszych danych Komendy Głównej Policji, w pierwszym kwartale 2019 r. jedną z głównych przyczyn wypadków (i jednocześnie tych najcięższych), niezmiennie, jest nadmierna prędkość, zwłaszcza w terenie zabudowanym [1]. Zmniejszenie średniej prędkości jazdy o 1 km/h prowadzi do spadku liczby wypadków o 3%, a liczby obrażeń śmiertelnych – o 5%. W przypadku potrącenia pieszego z prędkością 60 km/h prawdopodobieństwo jego śmierci wynosi 80%, a przy prędkości 50 km/h aż o połowę mniej [2].

Co istotne, przy zasięgu światła mijania pojazdu wynoszącym 40 m, zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów, przy prędkościach powyżej ok. 70 km/h droga zatrzymania jest dłuższa od jej odcinka oświetlonego [3].

Elementy odbłaskowe na odzieży ostrzegawczej przy oświetleniu światłami mijania pojazdu, umożliwiają widzialność człowieka w odległości ok. 100 m, jednak zależy to od stanu technicznego reflektorów pojazdów, ich ustawienia i warunków pogodowych, jak również od stanu elementów odbłaskowych, a także od aktualnej predyspozycji psychoruchowej kierowcy pojazdu [4, 5].

Pomimo wielu zmiennych, można przyjąć, że odległość 100 m w „modelowych warunkach” z dużym prawdopodobieństwem pozwoli na zatrzymanie pojazdu przed człowiekiem wyposażonym w elementy odbłaskowe przy prędkościach pojazdu poniżej 120 km/h. Z kolei przy oświetleniu drogi światłami drogowymi, przy dobrych warunkach widoczności, widzialność osób wyposażonych w elementy odbłaskowe wynosi ok. 150 – 180 m.

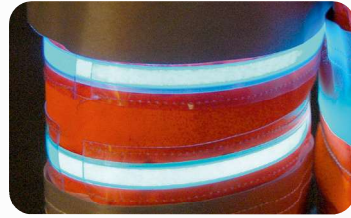
W świetle tych danych widzialność człowieka w warunkach ograniczonej widoczności, z odległości większej niż ok. 200 m może znacznie podnieść bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Wcześniej dostrzeżona sylwetka będzie mocniej absorbować uwagę kierowcy, da mu więcej czasu na podjęcie właściwych decyzji i ich bezpieczną realizację.

Środowisko w obszarze ruchu drogowego to nie jedyne środowisko pracy, w którym stosuje się odzież ostrzegawczą. Są to np. place budowy, porty, lotniska, czy stacje przeładunkowe, gdzie czynności zawodowe podejmowane są na dużej skali, także w nocy. Dotychczas stosowana odzież ostrzegawcza, wykonana z materiałów pasywnych, niekoniecznie spełnia tam wystarczająco swoją rolę.

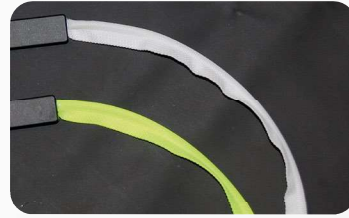
Postęp technologiczny w dziedzinie systemów oświetleniowych spowodował, że na rynku pojawiły się różnego rodzaju źródła światła, które z powodzeniem znajdują zastosowanie w wyrobach odzieżowych. Ma to miejsce również w przypadku odzieży, której funkcją jest sygnalizowanie obecności jej użytkownika zarówno w działalności zawodowej,



Fot. 1. Widok przewodów świecących typu EL wire  
Photo 1. EL-Wire luminous wire view



Fot. 2. Widok taśmy świecącej typu EL tape  
Photo 2. EL-tape luminous tape view



Fot. 3. Widok światłowodów typu SEPOF w tunelach z dzianiny konfekcyjnej barwy białej i fluorescencyjnej żółtej  
Photo 3. SEPOF fiber view in tunnels made from white or fluorescent yellow knitwear



Fot. 4. Widok taśmy z diodami typu LED SMD  
Photo 4. A view of the tape with LED SMD diodes

jak i poza nią<sup>1</sup> [6-11]. Na rynku można już znaleźć odzież ostrzegawczą, która – poza spełnieniem standardowych wymagań PN-EN ISO 20471:2013-07 [12], doposażona jest w źródła światła bezpośredniego, zasilane z przenośnych źródeł energii. Jak dotąd nie mają jednak znormalizowanych metod badań i wymagań wobec takiej odzieży, a jest ona zaliczona do II kategorii środków ochrony indywidualnej i podlega badaniu typu UE oraz obowiązkowej ocenie typu WE zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. [13].

Z tego powodu, aby stworzyć możliwości oceny standardowej odzieży ostrzegawczej doposażonej w elementy świecące, w CIOP-PIB, w ramach realizacji zadania pn. *Opracowanie metodyki badania i oceny odzieży ostrzegawczej wyposażonej w aktywne źródła światła* [14], przeprowadzono badania fotometryczne i użytkowe modelowych rozwiązań odzieży z aplikacją źródeł światła o intensywnej widzialności, a na podstawie otrzymanych wyników i ich analizy zaproponowano podstawową klasyfikację w zakresie minimalnych wymagań luminancji. Zakres przeprowadzonych badań i ich wyniki oraz zaproponowane kryteria oceny odzieży wyposażonej w źródła światła są przedmiotem artykułu.

## Modelowe rozwiązania odzieży wyposażonej w bezpośrednie źródła światła

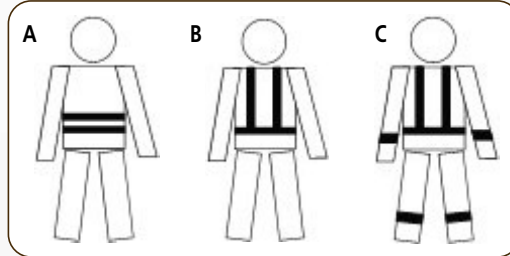
Do wytworzenia modeli wykorzystano dostępne na rynku cztery rodzaje liniowych elektroluminescencyjnych źródeł światła:

- podwójne wiązki elektroluminescencyjnych przewodów świecących, tzw. EL wire barwy białej (aqua – określenie producenta), umieszczone w tunelu z przezroczystej folii polimerowej (fot. 1.)

- elektroluminescencyjna taśma świecąca, tzw. EL tape barwy białej (aqua – określenie producenta) umieszczona w tunelu z przezroczystej folii polimerowej (fot. 2.)

- światłowody typu SEPOF<sup>2</sup> (producent SCILIF) umieszczone w tunelach z dzianiny konfekcyjnej barwy białej i fluorescencyjnej żółtej (fot. 3.)

- taśma z diodami typu LED SMD<sup>3</sup> (w liczbie 30 szt./1 m) barwy białej (3500 K) oprawiona przezroczystą powłoką silikonową, umieszczona w tunelu z przezroczystej folii polimerowej (fot. 4.).



Rys. 1. Piktogramy konfiguracji A, B, C usytuowania elementów świecących na powierzchni odzieży

Fig. 1. A, B & C configuration pictograms of luminous elements' placement on the surface of clothing

Przedstawione elektroluminescencyjne źródła światła zostały zamocowane na powierzchniach kurtek, kamizelek i spodni w trzech konfiguracjach usytuowania elementów świecących, tak jak to pokazano na rys. 1. (warianty A, B i C), przy czym: linie poziome wyznaczone przez elementy świecące opasują całe obwody poszczególnych części odzieży i są usytuowane w odległości > 5 cm od ich dolnych krawędzi, odstęp między liniami poziomymi to  $\geq 15$  cm, a odstęp między liniami pionowymi to  $\geq 30$  cm. Modele odzieży poddano badaniom w warunkach laboratoryjnych oraz rzeczywistych. Na podstawie ich wyników zaproponowano kryteria oceny odzieży wyposażonej w źródła światła.

## Laboratoryjne badania luminancji

Celem badania było wyznaczenie luminancji światła pochodzącego z elementów świecących, zaaplikowanych na powierzchni kamizelek w konfiguracji A i B w odniesieniu do trzech kątów obserwacji ( $\beta$ ) modelu odzieży w poziomie, tj.:  $\beta$ : (90°, 45°, 0°) z dokładnością  $\pm 1^\circ$  i różnych mocy strumieni świetlnych, uzyskiwanych poprzez kolejne nastawy sterowników zasilania, oferowanych przez producentów w komplecie ze źródłami światła.

## Metodyka badań modeli odzieży w warunkach laboratoryjnych

### Warunki prowadzenia badań

Badania prowadzono w zaciemnionym pomieszczeniu laboratoryjnym (natężenie oświetlenia < 0,5 lx), w stałych warunkach temperatury powietrza (20,0  $\pm$  3,0) °C, przy wilgotności względnej (50,0  $\pm$  5,0)%.

### Stanowisko badawcze

#### – aparatura i narzędzia pomiarowe

Do pomiaru wykorzystano zmodyfikowane stanowisko badawcze (wg PN-EN 13356:2004 [15]), które składało się z:

- goniometru z pół-manekinem (fot. 5.)
- detektora do pomiaru luminancji – fotoradiometru z sondą pomiarową do pomiaru luminancji w zakresie od 1 [cd/m<sup>2</sup>] do 20\*10<sup>5</sup> [cd/m<sup>2</sup>] z rozdzielczością pomiarową 0,1 [cd/m<sup>2</sup>], przy kącie „widzenia” detektora 2°. Czulość widmowa sondy jest zgodna z krzywą widzenia fototopowego (z dokładnością ponad 92%)
- podstawy umożliwiającej zamocowanie i regulację ustawienia położenia głowicy detektora do pomiaru luminancji (fot. 6.).



Fot. 5. Widok goniometru z pół-manekinem do regulacji ustawienia  
Photo 5. A view of a goniometer with a half-mannequin



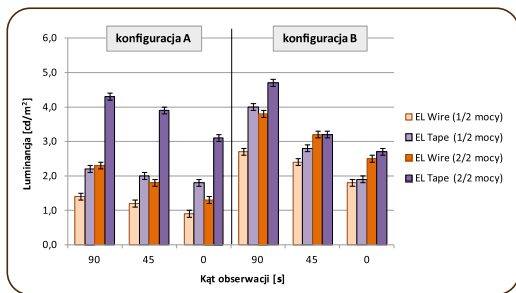
Fot. 6. Widok detektora do pomiaru luminancji i urządzenia do regulacji ustawienia  
Photo 6. A view of the luminance measurement detector and the placement regulation tool

Przed rozpoczęciem pomiarów ustawiono części składowe manekina do rozmiaru M (rozmiar modeli odzieży). Goniometr z pół-manekinem (licząc od przedniej powierzchni manekina) ustawiono w odległości 12,84 m od pola pomiarowego detektora i w taki sposób, aby pole pomiarowe głowicy znajdowało się na wysokości centralnego punktu pół-manekina, a położenie płaszczyzny pola pomiarowego było równoległe do płaszczyzny przekroju poprzecznego

<sup>1</sup> Źródła: <https://ckl.uk.com/led-hi-vis/> (dostęp z dnia 14.09.2019 r.); <http://www.hotronicltd.com/whats-new/> (dostęp z dnia 14.09.2019 r.); <https://www.amazon.com/HIGH-VISIBILITY-VEST-COMPLIANT-REFLECTIVE/dp/B01L2US0EY> (dostęp z dnia 16.09.2019 r.); <http://www.poweredlightsafety.com/home-page/> (dostęp z dnia 16.09.2019 r.).

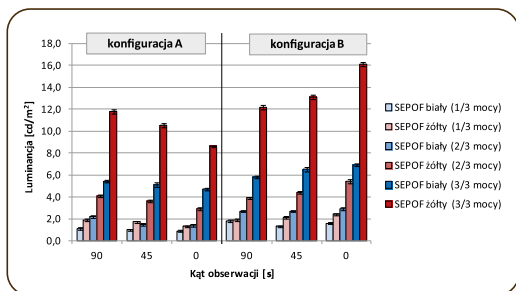
<sup>2</sup> SEPOF – ang. *Spectrally Efficient Polymer Optical Fiber* – wydajne przewody światłowodowe, polimerowe.

<sup>3</sup> SMD – ang. *Surface Mount Device*, co oznacza rodzaj montażu diod LED na jakiejś powierzchni, np. na ubraniu.



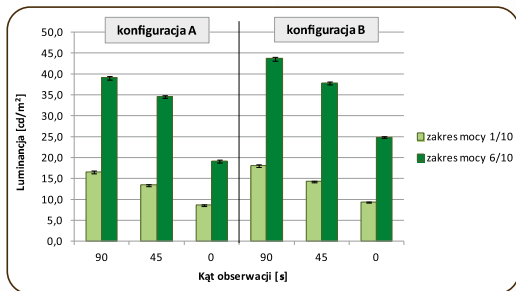
Rys. 2. Wyniki badań porównawczych luminancji modeli odzieży wyposażonych w elementy El wire i El tape (barwa biała (aqua))

Fig. 2. Results of the comparative research of the luminance of clothed models equipped with white El-wire and El-tape



Rys. 3. Wyniki badań porównawczych luminancji modeli odzieży wyposażonych w światłowody SEPOF (barwa biała i żółta fluorescencyjna)

Fig. 3. Results of the comparative research of the luminance of clothed models equipped with white and yellow fluorescent SEPOF fibers



Rys. 4. Wyniki badań luminancji modeli odzieży wyposażonych w taśmy LED SMD barwy białej

Fig. 4. Results of the luminance measurement of clothed models equipped with white tapes with LED SMD diodes

pół-manekina. Modele odzieży i źródła zasilania przed badaniami aklimatyzowano przez 1 godz. w warunkach prowadzenia badań. Źródła światła rozmieszczone były na całej odzieży (a nie w jednym punkcie), która była obserwowana jako całość.

Po nałożeniu demonstratora na pół-manekina, przed każdą serią pomiarową, w celu ustabilizowania emisji światła, włączano wszystkie elementy świecące zaaplikowane na odzieży w trybie świecenia ciągłego przy maksymalnej nominalnej mocy:

- na 3 min elementy z diodami LED: taśmy LED SMD i hybrydowe układy diod LED i światłowodów SEPOF
- na 15 min elementy typu El wire i El tape.

**Pomiary luminancji modeli odzieży**

Pomiary luminancji L (cd/m<sup>2</sup>) modeli odzieży, ustawianych w trzech wyznaczonych kątach obserwacji z danym rodzajem elementów świecących, określoną konfiguracją ich usytuowania i mocą zasilania na poziomie 1/2 i 2/2 całkowitej mocy, prowadzono czterokrotnie w 3 seriach, przy czym każdą serię badań wykonywała inna osoba.

Tabela 1. Wybrane rodzaje czynności i przestrzeni obszarów roboczych związanych z ruchem maszyn i pojazdów oraz odpowiadające im wartości eksploatacyjnego, średniego natężenie oświetlenia oraz równomierność oświetlenia wg PN-EN 12464-2:2008 [17]

Table 1. Chosen types of activities and workspace areas related to the movement of machines, vehicles and their corresponding values of the operational, mean intensity of lighting and its uniformity in accordance to PN-EN 12464-2:2008 standard [17]

Rodzaje czynności/przestrzenie	Nr ref.	$\bar{E}_m$ [lx]	$U_o$
Dozór, wykopy, ładowanie	5.3.1	20	0,25
Krótkoterminowe operowanie dużymi jednostkami i surowymi materiałami, ładowanie i rozładowywanie stałych towarów luzem	5.7.1	20	0,25
Strefy pracy dźwigów, ładowanie i rozładowywanie	5.7.2	50	0,40
Ruch pieszy (chodniki)	5.1.1	5	0,25
Ruch pojazdów do 10 km/h	5.1.2	10	0,40
Ruch pojazdów do 40 km/h	5.1.3	20	0,40
Przejścia dla pieszych	5.1.4	50	0,40
Zawracanie pojazdów	5.1.4	50	0,40

gdzie:  
 $\bar{E}_m$  – eksploatacyjne średnie natężenie oświetlenia [lx] (wartość oświetlenia, od której nie może być mniejsza wartość średniego natężenia oświetlenia, na określonej powierzchni)  
 $U_o$  – równomierność oświetlenia  $E_{min}/E_{sr}$  (stosunek wartości: najmniejszego natężenia oświetlenia do średniego natężenia)

**Wyniki badań i ich analiza**

Uśrednione wyniki badań luminancji przedstawiono w formie wykresów na rysunkach 2-4. Na dwóch pierwszych widnieją średnie wartości luminancji w zależności od: usytuowania elementów świecących i kąta obserwacji, a na trzecim również w zależności od mocy świecenia.

Otrzymane wyniki badań luminancji wskazują, że przy napięciu zasilania w przedziale 3-5 V (3 V w przypadku elementów El wire i El tape, 3,2 V w odniesieniu do światłowodów, 5 V w stosunku do taśm LED SMD) największą luminancją charakteryzują się modele odzieży kamizelek z aplikacją taśm LED SMD, a najmniejszą modele odzieży z aplikacją elementów El wire i El tape, wszystkie o barwach światła zbliżonej do barwy białej.

**Badania widzialności modeli odzieży w warunkach rzeczywistych**

Celem tego badania było zebranie kompleksowych danych o widzialności modeli odzieży z określonej odległości, w określonych warunkach otoczenia zewnętrznego, ocenianej przez „przeciętnego obserwatora”, w zależności od zastosowanego rodzaju elementów świecących, ich mocy świecenia oraz sposobu ich rozmieszczenia na powierzchni badanej odzieży.

**Długość pomiarowych odcinków drogi**

Do ustalenia długości pomiarowych odcinków drogi, wytypowanej do przeprowadzenia badań, przyjęto, że zastosowanie aktywnych źródeł światła powinno umożliwić zwiększenie dystansu widzialności po zmroku przynajmniej dwukrotnie w stosunku do widzialności pieszego, wyposażonego w elementy odbłaskowe (taśmy) na odzieży ostrzegawczej przy oświetleniu światłami mijania i przed granicą widzialności przy oświetleniu światłami drogowymi.

Z tego względu do badania przyjęto 200 m jako podstawowy dystans pomiarowy oraz dwie jego wielokrotności. Przy czym, tak jak w przypadku odzieży ochronnej z 200 m rozpoznawalne powinny być pojedyncze linie świetlne, aby ułatwiona była identyfikacja sylwetki człowieka.

**Warunki oświetleniowe drogi pomiarowej**

Do określenia wartości natężenia oświetlenia rzeczywistego odcinka drogi, na której przeprowadzone zostały badania widzialności modeli odzieży, wykorzystano PN-EN 13201 [16]. W tabeli 1. przedstawiono wybrane rodzaje czynności i przestrzeni obszarów roboczych, związanych z ruchem maszyn i pojazdów oraz odpowiadające im wartości eksploatacyjnego, średniego natężenie oświetlenia oraz równomierność oświetlenia.

Na podstawie przedstawionych danych oraz przyjmując założenie, że w warunkach rzeczywistych prawdopodobieństwo występowania sytuacji oświetleniowych charakteryzowanych przez poszczególne wiersze tabeli jest identyczne, przyjęto, że eksploatacyjne średnie natężenie oświetlenia drogi wykorzystanej do badań widzialności modeli odzieży powinno być możliwie bliskie połowie wartości różnicy  $\bar{E}_m \max$  i  $\bar{E}_m \min$  w tabeli, tj.  $\bar{E}_m$  równej 22,5 lx i równomierność oświetlenia  $U_o$  (wytypowanej analogicznie) równej 0,325.

Ponadto w celu zapewnienia tych samych warunków oświetleniowych obserwacji na poszczególnych punktach pomiarowych wytypowanej drogi, powinny być spełnione następujące warunki:

- średnie natężenie oświetlenia drogi powinno być takie same w każdym z punktów pomiarowych
- na całej długości pomiarowego odcinka drogi nie powinny występować stałe lub ruchome źródła światła intruzyjnego (światło intruzyjne – niepożądane światło emitowane w stronę obiektów, które znajdują się poza obszarem, dla którego zostało zaprojektowane oświetlenie drogi), [18-19]
- na całej długości pomiarowego odcinka drogi nie powinny występować źródła światła mogące powodować olśnienie (olśnienie jest wywoływane przez urządzenia o dużej jasności, dużo większej od poziomu luminancji, do której jest zaadaptowane oko obserwatora)
- na całej długości pomiarowego odcinka rodzaju nawierzchni drogi powinien być taki sam
- na drodze pomiarowej, w czasie prowadzenia badań, powinien panować minimalny ruch pojazdów, aby zminimalizować częstość występowania naturalnych procesów adaptacyjnych wzroku obserwatorów przez łączny czas prowadzenia wszystkich eksperymentów.

### Przedmiot i uczestnicy badań

Przedmiotem badań były modele odzieży ostrzegawczej (komplet: bluza, spodnie) wyposażonej w 4 te same rodzaje źródeł światła bezpośredniego, o mocach świecenia jak w badaniach luminancji, w trzech konfiguracjach A, B, C usytuowania na powierzchni odzieży.

W badaniach, w roli obserwatorów uczestniczyło łącznie 14 osób, będących „czynnymi” kierowcami, w przedziałach wiekowych: do 30 lat – 4 osoby (dwie kobiety, dwóch mężczyzn), 30-50 lat – 6 osób (dwie kobiety, czterech mężczyzn) oraz powyżej 50 lat – 4 osoby (dwie kobiety, dwóch mężczyzn).

### Miejsce prowadzenia badań

Do badań wytypowano ulicę, której całkowita długość wynosi ok. 680 m. Odcinek pomiarowy jest prosty, asfaltowy, bez wzniesień i skrzyżowań na całej długości w zakresie drogi pomiarowej. Ulica w godzinach nocnych oświetlona jest wyłącznie z góry, ulicznymi lampami sodowymi, rozstawionymi co 30,5 m na całej długości.

Średnie natężenie światła bezpośrednio pod oprawami latarni wynosiło 33 lx, a średnie natężenie światła w punktach środkowych między latarniami wynosiło 13,4 lx. Natężenie światła mierzone w miejscu obserwacji, w poziomie, w kierunku obserwacji wynosiło 15,5 lx. Średnie natężenie oświetlenia odpowiada przyjętym założeniom, tj.  $E_s=21,7$  lx, przy równomierności oświetlenia  $U_0=0,61$ . Model obserwowany z dystansu 200 m znajdował się 20 m za słupem i 10,5 m przed kolejnym słupem.

Pobocza ulicy stanowią szerokie, nieoświetlone pasy zieleni. Na rysunku 5. przedstawiono rzeczywisty plan sytuacyjny wokół drogi pomiarowej, na fot. 7-8 widok drogi pomiarowej odpowiednio w dzień i w nocy.

Obserwacje prowadzono w godzinach 21-24, w temperaturze 17,8°C, przy dobrej widoczności i suchej nawierzchni drogi pomiarowej.

### Metodyka badań

Ocenę widzialności modeli odzieży z każdą z trzech konfiguracji usytuowania elementów świecących przeprowadzono metodą ankietową, przy trzech kątach obserwacji (90°, 45°, 0°), z odległości 200, 400 i 600 m od modeli odzieży.

Obserwatorzy przed rozpoczęciem badań przez 15 min obserwowali drogę pomiarową i otoczenie w celu adaptacji wzroku do panujących warunków oświetleniowych, a osoba prezentująca modele odzieży włączyła elementy świecące na maksymalną moc na 10 min (stabilizacja oświetlenia) bez możliwości oglądania ich przez obserwatorów (fot. 9.).

Obserwatorzy oceniali widzialność demonstratorów na sylwetce użytkownika, kierując pojazdem, z odległości: 200 m, 400 m i 600 m, a następnie wypełniali ankietę z przyjętą parametryczną oceną widzialności. Przyjęto w niej, że:

- 3 – obiekt dobrze widzialny z rozróżnieniem poszczególnych linii świetlnych
- 2,5 – obiekt dobrze widzialny bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych
- 2 – obiekt widzialny z rozróżnieniem poszczególnych linii świetlnych
- 1,5 – obiekt widzialny bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych
- 1 – obiekt słabo widzialny z rozróżnieniem poszczególnych linii świetlnych
- 0,5 – obiekt słabo widzialny, bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych

- 0 – obiekt niewidzialny.

Wynikiem badania jest średnia ocen widzialności obiektu z różnych odległości.

### Wyniki badań i ich analiza

Wyniki ocen widzialności modeli odzieży przedstawiono w tabelach 2-6 (uwzględniają kąty obserwacji).

Na fot. 10. przedstawiono przykład obserwacji modelu odzieży wyposażonego w światłowody SEPOF barwy żółtej w konfiguracji A z odległości 200 m od obserwatorów.

Klasyfikację widzialności przyjęto na podstawie założenia:

– klasa 1. widzialności obejmuje 3 szczegółowe wymagania, które muszą być spełnione jednocześnie:

- widzialność modelu odzieży z odległości 200 m musi być oceniona przez 14 obserwatorów na poziomie – „dobrze widzialny” z rozróżnieniem poszczególnych linii świetlnych (jednostkowa wartość liczbową oceny równa 3) – sumaryczna wartość liczbową oceny musi być równa 126

- widzialność modelu odzieży z odległości 400 m musi być oceniona przez 14 obserwatorów na poziomie co najmniej – „dobrze widzialny” lub „widzialny” z rozróżnieniem lub bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych (zakres jednostkowych wartości liczbowych oceny w przedziale wartości [1,5÷3]) – sumaryczna wartość liczbową oceny musi mieścić się w przedziale (63÷126)

- widzialność modelu odzieży z odległości 600 m musi być oceniona przez 14 obserwatorów na poziomie co najmniej – „słabo widzialny” z rozróżnieniem lub bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych (zakres jednostkowych wartości liczbowych oceny w przedziale wartości [0,5÷3]) – sumaryczna wartość liczbową oceny nie może być mniejsza niż 21.

– klasa 2. widzialności obejmuje 2 szczegółowe wymagania, które muszą być spełnione jednocześnie:

- widzialność modelu odzieży z odległości 200 m musi być oceniona przez 14 obserwatorów na poziomie co najmniej – „dobrze widzialny” lub „widzialny” z rozróżnieniem lub bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych (zakres jednostkowych wartości liczbowych oceny w przedziale wartości [1,5÷3]) – sumaryczna wartość liczbową oceny musi mieścić się w przedziale (63÷126)

- widzialność modelu odzieży z odległości 400 m musi być oceniona przez 14 obserwatorów na poziomie co najmniej – „słabo widzialny” z rozróżnieniem lub bez rozróżnienia poszczególnych linii świetlnych (zakres jednostkowych wartości liczbowych oceny w przedziale wartości [0,5÷3]) – sumaryczna wartość liczbową oceny nie może być mniejsza niż 21.

W 2. klasie widzialności widzialność modelu odzieży z odległości 600 m nie jest wymagana na żadnym poziomie.

Na podstawie tak przyjętych kryteriów sklasyfikowano wyniki badań ankietowych. Wynika z nich, że:

– widzialności modeli odzieży wyposażonych w elementy El wire oraz El tape nie spełniają w ogóle, w żadnym przypadku wymagań określonych dla klas 1. i 2.

– widzialności modeli odzieży wyposażonych w światłowody SEPOF barwy białej w konfiguracji A, B i C spełniają wymagania klasy 2. tylko przy maksymalnej mocy świecenia (rys. 6.). W pozostałych przypadkach nie spełniają nawet wymagań klasy 1.



Rys. 5. Plan sytuacyjny wokół drogi pomiarowej  
Fig. 5. Situational plan around the measuring road



Fot. 7. Widok drogi pomiarowej w dzień  
Photo 7. A view of the measuring road during the day



Fot. 8. Widok drogi pomiarowej w nocy  
Photo 8. A view of the measuring road during nighttime



Fot. 9. Widok z miejsca prowadzenia badań podczas stabilizacji elektrycznej elementów świecących, model odzieży C  
Photo 9. A view of the location of research during the electric stabilization of luminous elements, C model of clothing



Fot. 10. Widok pola obserwacji modelu odzieży wyposażonego w światłowody SEPOF barwy żółtej w konfiguracji A z odległości 200 m od obserwatorów

Photo 10. A view of the field of model observation equipped with yellow SEPOF fibers in A configuration from the distance of 200 m from the observers

– widzialności modeli odzieży wyposażonych w światłowody SEPOF barwy żółtej fluorescencyjnej w konfiguracji A, B i C spełniają wymagania klasy 1. przy maksymalnej mocy świecenia (rys. 7.), oraz wymagania klasy 2. przy 1/3 i 2/3 maksymalnej mocy świecenia.

– widzialności modeli odzieży wyposażonych w taśmy LED SMD barwy białej w konfiguracji A, B i C spełniają wymagania klasy 1. przy mocach świecenia określonych jako 1/10 i 6/10 maksymalnej mocy świecenia (rys. 8.). Wartości powyżej 6/10 maksymalnej mocy świecenia powodowały odczucie olśnienia przykrego wśród obserwatorów w małych odległościach od modelu odzieży. W warunkach rzeczywistych może to być przyczyną dużego dyskomfortu odczuć wzrokowych w przypadku, gdy np. kilka osób pracuje w bezpośrednim sąsiedztwie na małym obszarze roboczym.

Na rysunkach 6-8 czerwone poziome linie wyznaczają liczbowe wartości poziomów wymagań określonych wobec 1. klasy widzialności, natomiast niebieskie poziome linie wyznaczają liczbowe wartości poziomów wymagań określonych wobec 2. klasy widzialności.

### Wymagania w zakresie luminancji odzieży o intensywnej widzialności wyposażonej w aktywne elementy świecące

Wymagania w zakresie luminancji odzieży o intensywnej widzialności wyposażonej w aktywne elementy świecące, określono na podstawie odniesienia wyników badań widzialności modeli odzieży w warunkach rzeczywistych do wyników laboratoryjnych badań luminancji odzieży. Zestawienie to przedstawiono w tabeli 7.

Na tej podstawie określono wymagania w zakresie luminancji, przyjmując założenie, że minimalna wartość luminancji w przypadku poszczególnych klas będzie stanowiła najwyższą wartość luminancji spośród minimalnych wartości, wyznaczonych w odniesieniu do modeli odzieży, zaokrągloną „w górę” do liczby całkowitej, z uwzględnieniem odchylenia standardowego. Opracowane wymagania przedstawiono w tabeli 8.

### Podsumowanie

Produkowana i stosowana obecnie odzież ostrzegawcza, wytwarzana z materiałów pasywnych, tj. fluorescencyjnych materiałów tła oraz materiałów odbłaskowych, w praktyce zawodowej oraz pozazawodowej, w przypadku braku oświetlenia kierunkowego, może nie zapewniać odpowiedniej

Tabela 2. Wyniki ocen widzialności modeli odzieży wyposażonych w elementy EI wire (barwa biała (aqua))  
Table 2. Results of the evaluation of the visibility of clothed models equipped with white EI-wire elements

Objekt badań: EL WIRE Barwa: BIAŁA (aqua)									
Konfiguracja	A			B			C		
Zakres mocy świecenia	Odległość od obserwatora [m]								
	200	400	600	200	400	600	200	400	600
1/2	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-
2/2	6	100% odp. brak widzialności	-	6	100% odp. brak widzialności	-	6	100% odp. brak widzialności	-

Tabela 3. Wyniki ocen widzialności modeli odzieży wyposażonych w elementy EI tape (barwa biała (aqua))  
Table 3. Results of the evaluation of the visibility of clothed models equipped with white EI-tape elements

Objekt badań: EL TAPE Barwa: BIAŁA (aqua)									
Konfiguracja	A			B			C		
Zakres mocy świecenia	Odległość od obserwatora [m]								
	200	400	600	200	400	600	200	400	600
1/2	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-
2/2	6	100% odp. brak widzialności	-	5	100% odp. brak widzialności	-	6	100% odp. brak widzialności	-

Tabela 4. Wyniki ocen widzialności modeli odzieży wyposażonych w światłowody SEPOF (barwa biała)  
Table 4. Results of the evaluation of the visibility of clothed models equipped with white SEPOF fibers

Objekt badań: ŚWIATŁOWÓD Barwa: BIAŁA									
Konfiguracja	A			B			C		
Zakres mocy świecenia	Odległość od obserwatora [m]								
	200	400	600	200	400	600	200	400	600
1/3	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-	100% odp. brak widzialności	-	-
2/3	60	21	100% odp. brak widzialności	60	18	100% odp. brak widzialności	68	36	100% odp. brak widzialności
3/3	93	55	100% odp. brak widzialności	94	53	100% odp. brak widzialności	97	56	100% odp. brak widzialności

Tabela 5. Wyniki ocen widzialności modeli odzieży wyposażonych w światłowody SEPOF (barwa żółta fluorescencyjna)  
Table 5. Results of the evaluation of the visibility of clothed models equipped with yellow fluorescent SEPOF fibers

Objekt badań: ŚWIATŁOWÓD Barwa: ŻÓŁTA (fluorescencyjna)									
Konfiguracja	A			B			C		
Zakres mocy świecenia	Odległość od obserwatora [m]								
	200	400	600	200	400	600	200	400	600
1/3	65	24	100% odp. brak widzialności	70	29	1	76	46	11
2/3	97	62	17,5	101	63	20,5	109	60	36
3/3	126	103,5	66	126	116	71	126	121	92

widzialności użytkownika. Doposażenie jej w aktywne źródła światła bezpośredniego może w znaczący sposób poprawić jej właściwości ochronne.

Dynamicznie rozwijająca się technologia systemów oświetlenia, w tym bardzo wydajnych świetlnie systemów niskonapięciowych, o niewielkich gabarytach, elastycznych i dobrze zabezpieczonych na działanie warunków atmosferycznych, powoduje, że mogą być one z powodzeniem aplikowane na wyrobach odzieżowych w celu pełnienia funkcji

indywidualnego sygnalizowania obecności jej użytkownika w warunkach ciemności lub słabego oświetlenia ogólnego.

Zastosowana metodologia badania luminancji pozwala na wyznaczenie właściwości świetlnych i klasyfikację odzieży ostrzegawczej, doposażonej w źródła światła bezpośredniego. Przyjęta, dwustopniowa klasyfikacja takiej odzieży, ułatwia jej dobór do warunków, w których zapewnić ma ona możliwie najbardziej efektywną ochronę człowieka

Tabela 6. Wyniki badań widzialności modeli odzieży wyposażonych w taśmy z diodami LED SMD (barwa biała)  
 Table 6. Results of the evaluation of the visibility of clothed models equipped with white tapes with LED SMD diodes

Objekt badań: TAŚMA LED SMD Barwa: BIAŁA									
Konfiguracja	A			B			C		
	Odległość od obserwatora [m]								
Zakres mocy świecenia	200	400	600	200	400	600	200	400	600
1/10	126	116,5	78	126	121	78,5	126	126	90
6/10	126	120,5	81	126	121	97	126	126	104

Tabela 7. Klasyfikacja widzialności modeli odzieży ostrzegawczej wyposażonej w aktywne źródła światła  
 Table 7. Classification of the visibility of clothed models equipped with active light sources

Lp.	Klasyfikacja widzialności wyznaczona na podstawie wyników badań widzialności modeli odzieży w warunkach rzeczywistych	Minimalna wartość luminancji [cd/m <sup>2</sup> ]
1.	Modele odzieży wyposażone w światłowodowy SEPOF barwy białej w konfiguracji A, B i C przy maksymalnej mocy świecenia – klasy 2	4,7 ± 0,2
2.	Modele odzieży wyposażone w światłowodowy SEPOF barwy żółtej fluorescencyjnej w konfiguracji A, B i C przy maksymalnej mocy świecenia – klasa 1	8,6 ± 0,2
3.	Modele odzieży wyposażone w światłowodowy SEPOF barwy żółtej fluorescencyjnej w konfiguracji A, B i C przy 1/3 i 2/3 maksymalnej mocy świecenia – klasa 2	1,3 ± 0,1 przy 1/3 max mocy świecenia
4.	Modele odzieży wyposażone w taśmy LED SMD barwy białej w konfiguracji A, B i C przy 1/10 i 6/10 maksymalnej mocy świecenia – klasy 1	8,7 ± 0,3 przy 1/10 max mocy świecenia

Tabela 8. Minimalne wymagania w zakresie luminancji odzieży o intensywnej widzialności wyposażonej w aktywne źródła światła

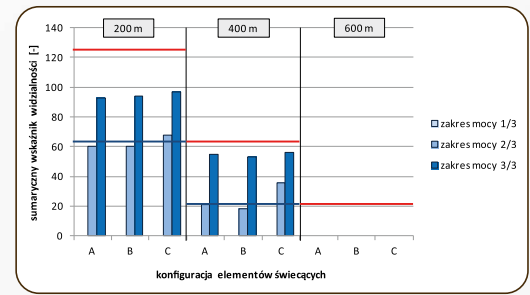
Klasa 1	
Minimalna wartość luminancji z powierzchni odzieży [cd/m <sup>2</sup> ] przy różnych kątach obserwacji w zakresie ± 180°	9
Odchyleni luminancji z przedniej i tylnej powierzchni odzieży [%]	10
Minimalna wartość luminancji z powierzchni rękawów mierzona z przodu i z tyłu [cd/m <sup>2</sup> ]	5
Minimalna wartość luminancji z powierzchni nogawek spodni i kombinezonów mierzona z przodu i z tyłu [cd/m <sup>2</sup> ]	5
Klasa 2	
Minimalna wartość luminancji z powierzchni odzieży [cd/m <sup>2</sup> ] przy różnych kątach obserwacji w zakresie ± 180°	5
Rozmieszczenie źródeł światła	Źródła światła powinny być rozmieszczone na powierzchni odzieży klasy 2 w taki sposób, aby były widzialne z każdego kierunku obserwacji przynajmniej na minimalnym wymaganym poziomie.
Tryb pracy źródeł światła	Minimalna wartość luminancji z powierzchni odzieży powinna być osiągnięta: – w trybie świecenia ciągłego, jeśli ma zastosowanie – w trybie świecenia przerywanego z równomierną częstotliwością 90 ± 30 cykli na minutę

w środowisku pracy, jak i poza nim. Stanowi ona również podstawowy składnik do oceny i certyfikacji tego typu odzieży ostrzegawczej. Wyniki badań, podane w artykule, predysponują stosowanie odzieży klasy 1. w warunkach wysokiego poziomu ryzyka podczas wykonywania czynności zawodowych, a odzieży klasy 2. – w warunkach niższego poziomu ryzyka zarówno podczas pracy, jak i poza nią.

BIBLIOGRAFIA

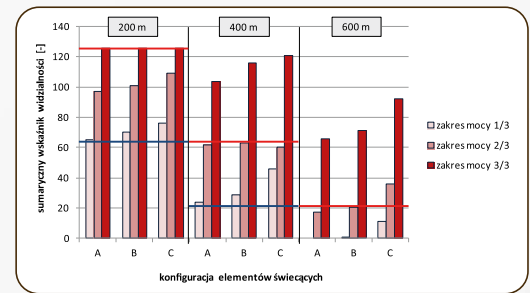
[1] Policijna baza danych SEWIK – System Ewidencji Wypadków i Kolizji, Komenda Główna Policji, 2019, [Dostęp: sierpień 2019].  
 [2] Uzasadnienie konieczności wprowadzenia ograniczenia prędkości do 50 km/h w obszarze Zabudowanym ([https://motogazeta.mojeauto.pl/Finanse\\_i\\_prawo/Dlaczego\\_50\\_km/h\\_w\\_obszarach\\_zabudowanych\\_a,2950.html](https://motogazeta.mojeauto.pl/Finanse_i_prawo/Dlaczego_50_km/h_w_obszarach_zabudowanych_a,2950.html)) [dostęp 12.09.2019 r.]  
 [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 kwietnia 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2018 poz. 855).  
 [4] KĘPA, P., ŻAGAN, W., TERESZKIEWICZ K. Badanie zakresu widoczności pieszego wyposażonego w element odblaskowy w porze nocnej. Autobusy, 2007, 6:236-241.

[5] WITASZEK, K. et al. Wpływ stanu technicznego reflektorów pojazdu samochodowego na widoczność pieszego. Logistyka, 2015, 4: 6645-6653.  
 [6] FEKETY, D.K., EDEWAARD, D.E., SEWALL, A.S., TYRRELL, R.A. Electroluminescent materials can further enhance the nighttime conspicuity of pedestrians wearing retroreflective materials. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 2016, 58 (7), 976-985.  
 [7] HELEN, S.K. Visibility aid cycling clothing: flashing light-emitting diode (FLED) configurations International Journal of Clothing Science and Technology, 2015, 27 (3): 460-471.  
 [8] QIAN, X., NING Z., XUAN Y., YIWEN S., Research on development of spontaneous light high visibility warning clothing. Design. 2017, 2 (1): 1-7.  
 [9] LEE, H-Y. Evaluation of the functionality and visibility of commercial high-visibility clothing for nighttime usage. Korean Journal of Human Ecology, 2010, 19 (6):1053-1062.  
 [10] KANG, M., LEE, S. Visibility evaluation of various retroreflective fabric types and LED position on safety life jacket. Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 2017, 41 (2): 352-361.  
 [11] HAN, H., PARK, H., JEON, E. User acceptance of a light-emitting diode vest for police officer. Fashion and Textiles Research Journal, 2013, 15 (5): 834-840.  
 [12] PN-EN ISO 20471-2013-07 „Odzież o intensywnej widzialności. Metody badania i wymagania”.



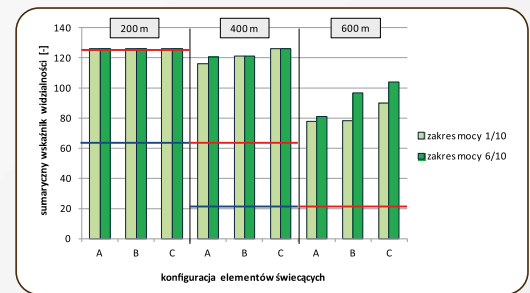
Rys. 6. Klasyfikacja ankietywnych wyników badań widzialności modeli odzieży z aplikacją światłowodów SEPOF barwy białej

Fig. 6. Classification of survey research results of the visibility of clothed models equipped with white SEPOF fibers



Rys. 7. Klasyfikacja ankietywnych wyników badań widzialności modeli odzieży z aplikacją światłowodów SEPOF barwy żółtej fluorescencyjnej

Fig. 7. Classification of survey research results of the visibility of clothed models equipped with yellow fluorescent SEPOF fibers



Rys. 8. Klasyfikacja ankietywnych wyników badań widzialności modeli odzieży z taśmami z diodami LED SMD barwy białej

Fig. 8. Classification of survey research results of the visibility of clothed models equipped with tape with white LED SMD diodes

[13] Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchynienia dyrektywy Rady 89/686/EWG.  
 [14] ŁĘŻAK, K. Opracowanie metodyki badania i oceny odzieży ostrzegawczej wyposażonej w aktywne źródła światła, raport z zadania 3.G.13, CIOP-PIB, 2019.  
 [15] PN-EN 13356:2004 „Akcesoria zapewniające widzialność, przeznaczone do użytku pozazawodowego – Metody badań i wymagania”.  
 [16] PN-EN13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych.  
 [17] PN-EN 12464-2:2008 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz.  
 [18] MICHAŁEK, P. „Zanieczyszczenie światłem”. Prace Instytutu Elektrotechniki. 2012, 255:135-143.  
 [19] DYBCZYŃSKI, W. Olsnienie przeszkadzające kierowcom. Wiadomości Elektrotechniczne, 2011, 4:22-26.

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.