

Oprawa oświetlenia ewakuacyjnego o modyfikowanej treści

Streszczenie. W artykule zaproponowano koncepcję oprawy i systemu oświetleniowego, z komunikacją bezprzewodową, realizującą w czasie rzeczywistym wyświetlanie piktogramów, w zależności od zaistniałej sytuacji awaryjnej. Zweryfikowano właściwości fotometryczne samej oprawy z emiterami LCD i LED oraz wykonano badania na obiekcie rzeczywistym.

Abstract. The article proposes the concept of fixtures and lighting system with wireless communication, realizing the real-time display of pictograms, depending on the situation of emergency. Verified photometric same luminaire with LCD and LED emitters and tests on a real object. (**Evacuation luminaire with modified content**)

Słowa kluczowe: system oświetlenia awaryjnego, oprawa oświetlenia awaryjnego, emiter LCD oraz LED, komunikacja bezprzewodowa.
Keywords: emergency lighting system, emergency luminaire, LCD and LED emitters, wireless communication.

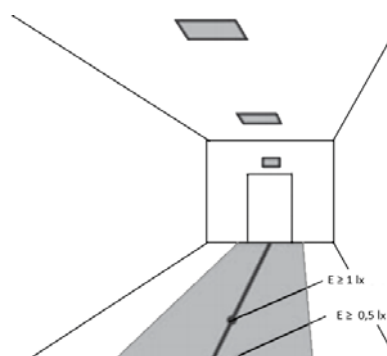
Wstęp

Oświetlenie awaryjne, szczególnie w nowoczesnych budynkach użyteczności publicznej i w szpitalach, powinno realizować funkcję oświetleniową i sygnalizować najkrótszą drogę ewakuacji. Systemy BMS (*ang. Building Management System* – system zarządzania systemami automatycznego sterowania budynku), poprzez wykorzystanie sensorów i układów automatyki, mogą informować o zaistniałych sytuacjach awaryjnych, jednak pozbawione są właściwości związanej z wysterowaniem oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego.

Poniżej przedstawiono wymagania stawiane przez Polskie Normy dotyczące oświetlenia awaryjnego oraz znaków bezpieczeństwa (piktogramów) [1], [2]. Zaprezentowano uzyskane wyniki pomiarów fotometrycznych emiterów LCD oraz LED. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono możliwość zastosowania tych wyświetlaczy do budowy koncepcyjnej oprawy oświetlenia drogi ewakuacyjnej. Wykonano testowy fragment systemu oświetlenia awaryjnego sterowanego bezprzewodowo oraz przedstawiono wyniki pomiarów fotometrycznych oprawy ewakuacyjnej na obiekcie rzeczywistym.

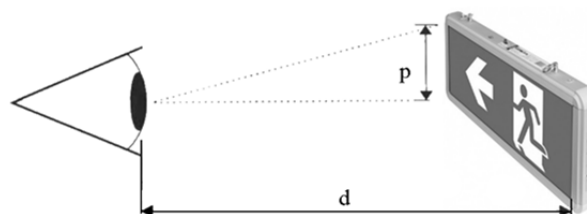
Wymagania normatywne

Norma PN-EN 1838 [1] definiuje oświetlenie drogi ewakuacyjnej jako „część oświetlenia ewakuacyjnego umożliwiającą skuteczne rozpoznanie i bezpiecznie użytkowanie środków ewakuacji przez osoby opuszczające miejsce przebywania”. Norma ta podaje wymagania ilościowe i wskazuje, że na drogach ewakuacyjnych o szerokości do 2 m natężenie oświetlenia na podłodze wzdłuż jej linii środkowej powinno wynosić nie mniej niż 1 lx, a na centralnym pasie drogi, obejmującym nie mniej niż połowę jej szerokości natężenie oświetlenia powinno wynosić co najmniej 0,5 lx (rysunek 1). Iloraz maksymalnego natężenia oświetlenia ewakuacyjnego do minimalnego wzdłuż osi drogi ewakuacyjnej nie powinien być większy niż 40:1. W celu prawidłowego rozpoznawania barw bezpieczeństwa nakazane jest, aby zastosować oprawy ze źródłami światła o wskaźniku oddawania barw R_a co najmniej 40. Na drodze ewakuacyjnej 50% obowiązkowego natężenia oświetlenia powinno być wytworzone w ciągu 5 s., a pełny poziom natężenia oświetlenia w ciągu 60 s. Minimalny czas stosowania oświetlenia na drodze ewakuacyjnej w celach ewakuacyjnych powinien wynosić co najmniej 1 h.



Rys.1. Oświetlenie drogi ewakuacyjnej

Wśród instalacji awaryjnego oświetlenia, nieodzownym elementem są znaki bezpieczeństwa tzw. piktogramy, których zadaniem jest przekazanie ogólnej informacji dotyczącej bezpieczeństwa przy zastosowaniu kombinacji barwy i kształtu oraz szczegółowej informacji po dodaniu symbolu graficznego lub tekstu. Znaki te muszą być oświetlone w taki sposób aby były wyraźnie widoczne [3]. Normy PN-EN 1838 [1] oraz PN-ISO 3864-1 [3] przewidują dwa sposoby oświetlenia znaków bezpieczeństwa. Oświetlanie od wewnątrz - prześwietlanie znaku bezpieczeństwa przez źródło światła umieszczone wewnątrz oprawy realizowane zwykle poprzez naklejenie piktogramu na klosz oprawy ewakuacyjnej. Oświetlanie zewnętrzne - oświetlanie poprzez umieszczenie oprawy oświetlenia ewakuacyjnego w bezpośrednim sąsiedztwie piktogramu. Piktogramy oświetlane wewnątrz są widocznie z dwukrotnie większej odległości niż znaki oświetlone zewnętrznie przy takiej samej mocy źródeł światła i wymiarach piktogramu.



Rys.2. Maksymalna odległość widzenia piktogramu [1], [3]

Maksymalną odległość widzenia znaku można wyznaczyć na podstawie rysunku 2 z zależności (1)[1]

$$(1) \quad d = p \cdot s$$

gdzie: d – odległość widzenia, p – wysokość znaku, s – stała: 100 dla znaków oświetlonych zewnątrz; 200 dla znaków oświetlonych wewnątrz.

Minimalna wartość luminancji piktogramu nie powinna być mniejsza niż 2 cd/m^2 we wszystkich kierunkach związanych z ewakuacją. Znaki bezpieczeństwa powinny osiągnąć 50% wymaganej luminancji po 5 s. od chwili załączenia oświetlenia i 100% wymaganej luminancji po 60 sekundach. Iloraz luminancji białego tła znaku bezpieczeństwa do luminancji części barwnej powinien wynosić minimalnie jak 5:1 i maksymalnie 15:1. Pomiary luminancji znaków bezpieczeństwa należy wykonać miernikiem luminancji prostopadle do powierzchni mierzonej.

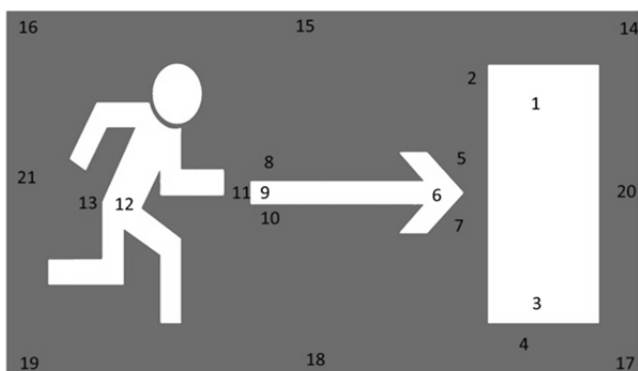
Pomiary fotometryczne wyświetlaczy

Do realizacji zadania oświetleniowego wybrano dwa urządzenia. Parametry techniczne emiterów zestawiono w tabeli 1. Następnie wykonano niezbędne pomiary fotometryczne emiterów mające na celu określenie zgodności wyświetlanych treści z warunkami stawianymi w normach [1], [2], [3].

Tabela 1. Parametry wyświetlaczy [4], [5]

| | Wyświetlacz A | Wyświetlacz B |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Technologia wyświetlacza | TFT IPS 2 | Super AMOLED |
| Przekątna | 10,1" | 10,5" |
| Rozdzielczość ekranu | 1920x1200 | 2560x1600 |
| Wymiar ekranu | 255x160 mm | 246x176 mm |

Na każdym z urządzeń wyświetlono ten sam znak (rysunek 3) i zmierzono iloraz luminancji białego tła do luminancji części barwnej znaku pod kątem zgodności z wymaganiami [1]. Punkty pomiarowe były rozłożone na całej powierzchni wyświetlanego znaku zgodnie z wytycznymi [1]. Wyświetlany znak oraz punkty pomiarowe zostały pokazane na rysunku 3.



Rys. 3. Znak wyświetlany na urządzeniach wraz z punktami pomiarowymi [1],[6]

Iloraz luminancji białego tła znaku bezpieczeństwa do luminancji części barwnej powinien wynosić minimalnie 5:1 i maksymalnie 15:1. Zgodnie z [1] iloraz luminancji wylicza się dla sąsiednich pól pomiarowych z części białej oraz barwnej znaku. Wyniki pomiarów luminancji zestawiono w tabeli 2 i 3.

Tabela. 2. Wyniki pomiarów luminancji oraz wyznaczone ilorazy luminancji urządzenia A

| Punkt pomiaru | Luminancja | Punkt pomiaru | Luminancja | Iloraz punktu | Wynik ilorazu |
|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| - | [cd/m^2] | - | [cd/m^2] | - | - |
| 1 | 255,30 | 12 | 256,30 | 1 do 2 | 5,01 |
| 2 | 51,00 | 13 | 51,09 | 3 do 4 | 5,02 |
| 3 | 257,10 | 14 | 52,30 | 6 do 5 | 5,12 |
| 4 | 51,17 | 15 | 51,50 | 6 do 7 | 5,09 |
| 5 | 50,83 | 16 | 53,40 | 9 do 8 | 5,02 |
| 6 | 260,10 | 17 | 50,90 | 9 do 10 | 5,13 |
| 7 | 51,12 | 18 | 51,30 | 9 do 11 | 5,04 |
| 8 | 51,23 | 19 | 53,10 | 12 do 13 | 5,02 |
| 9 | 257,20 | 20 | 52,40 | | |
| 10 | 50,17 | 21 | 52,80 | | |
| 11 | 51,07 | | | | |

Tab. 3. Wyniki pomiarów luminancji oraz wyznaczone ilorazy luminancji urządzenia B

| Punkt pomiaru | Luminancja | Punkt pomiaru | Luminancja | Iloraz punktu | Wynik ilorazu |
|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| - | [cd/m^2] | - | [cd/m^2] | - | - |
| 1 | 309,50 | 12 | 325,40 | 1 do 2 | 5,74 |
| 2 | 53,92 | 13 | 56,67 | 3 do 4 | 5,54 |
| 3 | 329,30 | 14 | 47,86 | 6 do 5 | 5,68 |
| 4 | 59,47 | 15 | 56,19 | 6 do 7 | 5,50 |
| 5 | 55,86 | 16 | 55,29 | 9 do 8 | 5,04 |
| 6 | 317,40 | 17 | 59,66 | 9 do 10 | 5,00 |
| 7 | 57,71 | 18 | 64,18 | 9 do 11 | 5,14 |
| 8 | 61,10 | 19 | 64,39 | 12 do 13 | 5,74 |
| 9 | 308,00 | 20 | 56,07 | | |
| 10 | 61,60 | 21 | 59,81 | | |
| 11 | 59,89 | | | | |

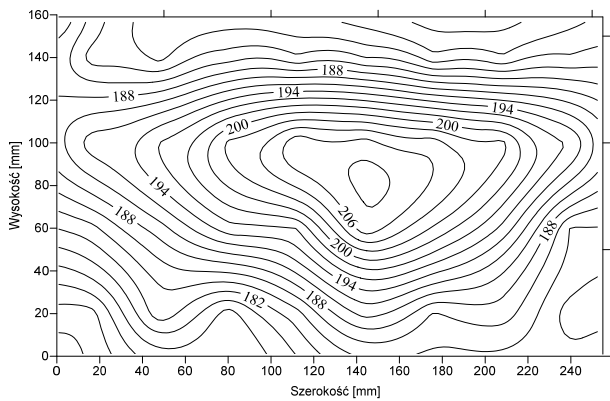
Urządzenia A oraz B, których wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2 i 3 spełniły wymagania normy [1]. Zostały one zakwalifikowane do dalszych pomiarów fotometrycznych tj. pomiaru krzywej światłości oraz rozkładu luminancji.

Na każdym z ekranów wyświetlono piktogram z rysunku 3. Następnie ekran zamocowano na goniometrze. Goniometr umożliwiał obrót badanego wyświetlacza w płaszczyźnie poziomej oraz pionowej. Mechanizm goniometru pozwalał na automatyczne wykonywanie pomiaru po zmianie kąta ustawienia wyświetlacza. W odległości przekraczającej minimalną odległość fotometryczną, w tym przypadku 1,5 metra, w osi optycznej prostopadle do powierzchni ekranu ustawiono głowicę luksomierza. Podczas pomiaru głowica luksomierza pozostawała nieruchomo, natomiast goniometr obracał wyświetlacz w osi poziomej ($\pm 90^\circ$) z krokiem co 1° oraz w osi pionowej ($\pm 75^\circ$) z krokiem co 15° . Pomiar odbywał się po ustabilizowaniu wskazań na luksomierzu w trakcie postoju ramy goniometru.

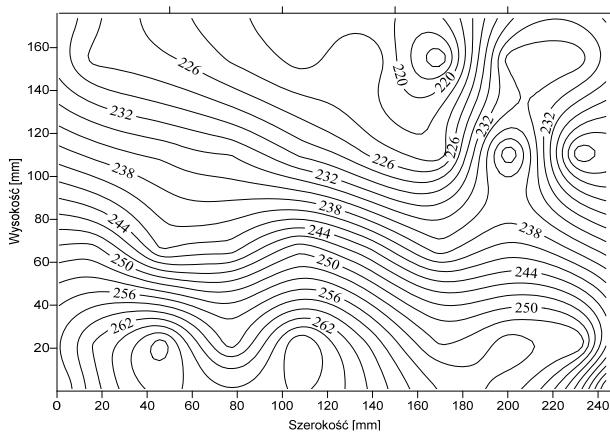
Na podstawie pomiarów goniometrycznych, korzystając z metody strumieni cząstkowych [7] wyznaczono całkowity strumień świetlny badanych wyświetlaczy.

Całkowity strumień świetlny urządzenia A: $\Phi_B = 3 \text{ lm}$
 Całkowity strumień świetlny urządzenia B: $\Phi_C = 10 \text{ lm}$

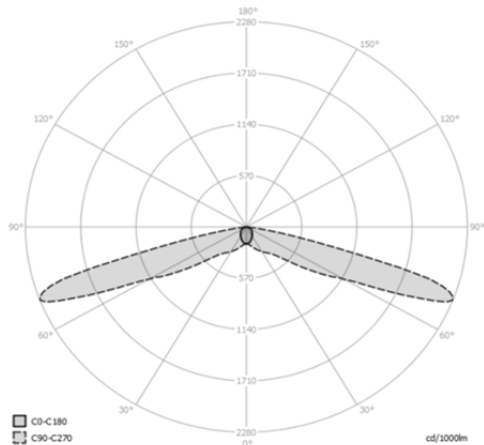
Następnie zmierzono rozkład luminancji na powierzchni ekranu dla białego tła w celu określenia równomierności podświetlenia ekranu. Pomiaru dokonano miernikiem luminancji Konica Minolta LS - 110. Izolinie rozkładu luminancji przedstawiono na rysunkach 4 oraz 5.



Rys. 4. Izolinie rozkładu luminancji urządzenia A (wartości w cd/m^2)



Rys. 5. Izolinie rozkładu luminancji urządzenia B (wartości w cd/m^2)



Rys. 6. Krzywa światłości diody doświetlającej wraz z optyką

Równomierność luminancji wyświetlacza A:

$$(2) \quad U_{0A} = \frac{L_{\min}}{L_{\text{śr}}} = \frac{173,20}{189,92} = 0,91$$

Równomierność luminancji wyświetlacza B:

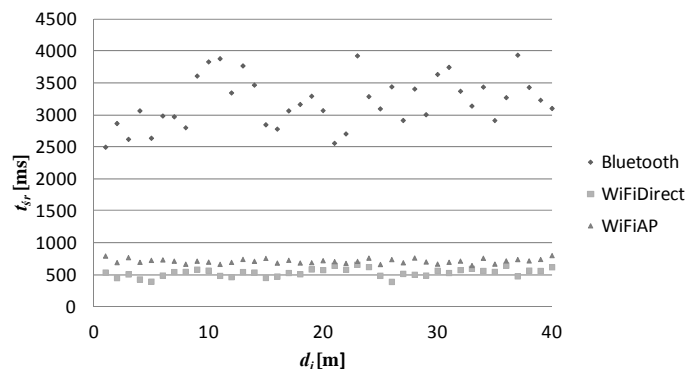
$$(3) \quad U_{0B} = \frac{L_{\min}}{L_{\text{śr}}} = \frac{220,00}{239,72} = 0,92$$

Oba wyświetlacze charakteryzują się wysoką równomiernością luminancji ekranu. Widoczność znaków bezpieczeństwa wyświetlanych przez powyższe urządzenia, wyliczono na podstawie zależności (1). Piktogram wyświetlany na ekranach miał wysokość 10 cm wobec tego widoczność piktogramu wynosi 20 metrów.

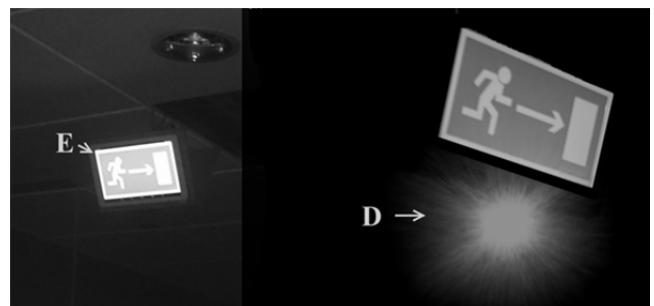
Wyświetlacze tych urządzeń charakteryzują się jednak na tyle małą wartością strumienia świetlnego, że zrealizowanie zadania oświetleniowego określonego w [1] przy ich wykorzystaniu jest utrudnione. Dlatego w koncepcji oprawy zdecydowano się zastosować diodę z układem optycznym, której krzywą światłości przedstawia rysunek 6. Układ ten ma zrealizować normatywne oświetlenie testowanej drogi ewakuacyjnej.

Pomiary na obiekcie rzeczywistym

Stworzoną oprawę do oświetlenia drogi ewakuacyjnej zawieszono pod sufitem. W tym celu wykorzystano dwa identyczne emiterzy ustawione przeciwobnie oraz diodę doświetlającą. Komunikacja pomiędzy emiterami, a urządzeniem sterującym odbywała się za pośrednictwem sieci WiFi w trybie Direct, AP oraz Bluetooth. Dzięki temu w czasie rzeczywistym możliwe jest wyświetlanie dowolnie wybranego piktogram na obydwu wyświetlaczach (badano przesył pliku referencyjnego z piktogramem, o rozmiarze 186 kB). Na rysunku 7 pokazano zależność średniego czasu transmisji $t_{\text{śr}}$ pliku referencyjnego z piktogramem (w najgorszych warunkach obciążenia sieci), w zależności od odległości d_i urządzeń względem siebie, przy wykorzystaniu komunikacji radiowej (WiFi Direct, WiFi AP oraz Bluetooth). Przy uwzględnieniu podwójnej drogi widzenia piktogramu, możliwe jest uzyskanie średniego czasu transmisji poniżej wymaganych 5 s, dla każdej z testowanych technologii. Można więc przyjąć, że w typowych konfiguracjach korytarzy i rozlokowaniu opraw awaryjnych, spełnione są wymagania dotyczące konieczności uzyskania min. 50% strumienia świetlnego w czasie poniżej 5 s od momentu zaniku napięcia zasilania [1], [2], [3]. Typowo oprawy oświetlenia awaryjnego rozmieszczone są w stałych i niezmiennych odległościach. Na podstawie rysunku 7 stwierdzono, że występuje nieznaczny wpływ odległości opraw awaryjnych na czas transferu pliku referencyjnego.



Rys. 7. Zależność czasu przesłania pliku referencyjnego w zależności od odległości urządzeń



Rys. 8. Widok oprawy o zmiennej treści LCD w warunkach rzeczywistych: E - emiter, D - dioda doświetlająca

Tabela 4. Pomiar natężenia oświetlenia na drodze ewakuacyjnej

| | E_{min} | E_{max} | E_{min}/E_{max} | Warunki spełnione |
|----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| -0,5m | 1,03 | 7,65 | 0,13 | TAK |
| Oś drogi | 1,08 | 8,86 | 0,12 | TAK |
| +0,5m | 1,06 | 7,37 | 0,14 | TAK |

Następnie wykonano pomiar natężenia oświetlenia na drodze ewakuacyjnej o długości 20 m w osi drogi oraz w pasie o szerokości $\pm 0,5$ m przesuwając głowicę luksomierza co 0,25 m. Wyniki pomiarów i obliczeń natężenia oświetlenia przedstawiono w tabeli 4. Jako długość drogi ewakuacyjnej przyjęto odległość widzenia wyliczoną według zależności (1) oraz wysokości piktogramu wyświetlanego na ekranie urządzenia. Oprawę ustawiono w połowie tej odległości.

Podsumowanie

Opracowano koncepcję oprawy ewakuacyjnej oraz przeprowadzono pomiary fotometryczne mające na celu określenie zgodności urządzenia z wymaganiami norm [1, 2, 3]. Zrealizowano pomiar natężenia oświetlenia wybranego fragmentu drogi ewakuacyjnej, oświetlonej przez skonstruowaną oprawę. Oświetlenie realizowane było tylko przez jedną oprawę oświetlenia awaryjnego, należy więc się spodziewać poprawy wyników pomiarów przedstawionych w tabeli 4 stosując kolejne oprawy. Interpretując wyniki można stwierdzić, że oprawa spełnia wymagania wspomnianych przepisów. Warto wspomnieć, że sterowanie oprawy oświetlenia awaryjnego można wykonać poprzez sieć bezprzewodową WiFi lub Bluetooth. W obydwu przypadkach czas reakcji oprawy (wyświetlenie dowolnego piktogramu) mieści się w czasie wymaganym przez normę [3]. Ważną zaletą urządzenia jest możliwość wyświetlenia dowolnego piktogramu w zależności od sytuacji awaryjnej panującej w budynku. Pozwala to na pokazanie na wyświetlaczu najkrótszej możliwej oraz bezpiecznej drogi ewakuacji. W przypadku piktogramów umieszczonych na stałe, bez możliwości jej zmiany, w razie zagrożenia nie ma możliwości zmiany kierunku ewakuacji ludzi z budynku. Czas, w jakim opuszczone zostanie zagrożone miejsce, jest kluczowym elementem sprawnej akcji ratowniczej. W celu poprawnej pracy skonstruowana oprawa powinna być sterowana przez system nadrzędny kontrolujący i koordynujący stan bezpieczeństwa w budynku.

Artykuł opracowano na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego "Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy", finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/narodowego Centrum Badań i Rozwoju - PW/BWP/WE/1/2014

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy
Wykonawca projektu: Politechnika Białostocka

Autorzy:

mgr inż. Damian Tyniecki, Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, Katedra Elektroenergetyki, Fotoniki i Techniki Świetlnej, e-mail: d.tyniecki@doktoranci.pb.edu.pl

dr hab. inż. Maciej Zajkowski, prof. nzw. w PB, Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Produkcją, ul. Ojca Tarasiuka 2, 16-001 Kleosin, e-mail: m.zajkowski@pb.edu.pl

mgr inż. Łukasz Budzyński, Politechnika Białostocka, Wydział Zarządzania, Międzynarodowy Chiński i Środkowo-Wschodnioeuropejski Instytut Logistyki i Nauki o Usługach, e-mail: l.budzynski@pb.edu.pl

LITERATURA

- [1] PN - EN 1838: 2013 Zastosowania oświetlenia. Oświetlenie awaryjne.
- [2] PN-EN 50172:2005 Systemy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego
- [3] PN-ISO 3864-1 Symbole graficzne – Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa. Część 1: Zasady projektowania znaków bezpieczeństwa stosowanych w miejscach pracy i w obszarach użyteczności publicznej.
- [4] http://modecom.pl/freetab_10.1_silver/tablety/produkty/, październik 2016
- [5] <http://www.samsung.com/pl/consumer/mobile-devices/tablets/galaxy-tab-s/SM-T800NZWAXEO>, październik 2016
- [6] <http://awex.eu/el/>, październik 2016
- [7] Żagan W., „Podstawy techniki świetlnej”, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2014
- [8] Błaszczak U., Budzyński Ł., Zajkowski M., „Analiza parametrów kolorymetrycznych wybranych urządzeń z wyświetlaczami LCD/OLED w funkcji kąta obserwacji”, Przegląd Elektrotechniczny, nr 04/2015, 167-170
- [9] Błaszczak U., Zajkowski M., Budzyński Ł., „The analysis of the possibilities of liquid crystal displays application in variable content emergency lighting luminaires”, LUMEN V4, Wyszehrad, 2014
- [10] M. Zajkowski: Właściwości fotometryczne wyświetlaczy LCD, Przegląd Elektrotechniczny, nr 08/2008, 210-213