

doi:10.15199/48.2017.06.14

Oświetlenie ewakuacyjne – analiza porównawcza projektów i wyników pomiarów

Streszczenie. Celem badań była weryfikacja pomiarowa poprawności wyników projektów oświetlenia ewakuacyjnego z wykorzystaniem programów DIALux i ReluxSuite. Do wykonania projektów wytypowano 5 opraw oświetlenia ewakuacyjnego ze źródłami LED różniących się krzywą światłości oraz wartością strumienia świetlnego. W przyjętych do projektów korytarzu wykonano rzeczywiste pomiary natężenia oświetlenia ewakuacyjnego w celu praktycznego zweryfikowania wykonanych projektów. Drugim etapem weryfikacji było wykonanie pomiarów natężenia oświetlenia, z wykorzystaniem poszczególnych opraw oświetlenia ewakuacyjnego, w pomieszczeniu o czarnych ścianach, suficie i podłodze.

Abstract. The purpose of the study was to determine the performance accuracy of the simulation of escape route lighting installations using programs DIALux and ReluxSuite and possible errors associated with illuminance measuring of emergency escape lighting. In order to complete the projects we have selected five emergency lighting luminaires with LED sources with different light curve and the value of the luminous flux. To verify in practice performed projects we have made measurements of horizontal illuminances of escape route lighting in a corridor. The second stage of verification of performed computer simulations were measurements of illuminance of escape route luminaires same as in computer simulations taken in a corridor with black walls, ceiling and floor. (**Escape route lighting – a comparative analysis of projects and measurement results**).

Słowa kluczowe: oświetlenie ewakuacyjne, oprawy oświetlenia ewakuacyjnego, PN-EN 1838: 2013.

Keywords: escape route lighting, escape lighting luminaire, PN-EN 1838: 2013.

Wstęp

Do oświetlania dróg ewakuacyjnych stosowane są odpowiednie oprawy oświetleniowe, nazywane oprawami oświetlenia ewakuacyjnego. Zadaniem tych opraw jest, w przypadku wystąpienia potencjalnego zagrożenia, umożliwienie bezpiecznego opuszczenia pomieszczeń przez osoby tam się znajdujące. Aby oświetlenie ewakuacyjne działało niezawodnie, stosuje się dodatkowe źródła energii elektrycznej do zasilania wytypowanych opraw oświetlenia ogólnego lub specjalnie montowanych w tym celu opraw oświetleniowych. Ponadto oprawy te muszą spełniać zawarte w normie PN-EN 1838: 2013 [1] minimalne wymagania dotyczące wartości natężenia oświetlenia na drodze ewakuacyjnej. Każda realizacja oświetlenia ewakuacyjnego musi być poprzedzona prawidłowo wykonanym projektem. Zagadnieniem dotyczącym poprawności wykonywania symulacji instalacji oświetlenia ewakuacyjnego z wykorzystaniem najpopularniejszych programów służących do wspomaganie projektowania oświetlenia – DIALux i ReluxSuite poświęcony był artykuł opublikowany w 9 numerze Przeglądu elektrotechnicznego z 2016 r. [2].

Natomiast celem badań zaprezentowanych w niniejszym artykule była weryfikacja pomiarowa poprawności wyników projektów oświetlenia ewakuacyjnego z wykorzystaniem ww. programów – DIALux i ReluxSuite. Weryfikację tę przeprowadzono w rzeczywistym korytarzu, którego ściany i sufit były koloru białego, a podłoga niebiesko-szarego oraz w pomieszczeniu o czarnych ścianach, suficie i podłodze.

Wymagania oświetleniowe

Zgodnie z wymaganiami oświetleniowymi zawartymi w normie PN-EN 1838: 2013 [1] w przypadku dróg ewakuacyjnych o szerokości do 2 m, natężenie oświetlenia w żadnym z punktów wzdłuż środkowej linii tej drogi nie może być mniejsze niż 1 lx. Natomiast na centralnym pasie drogi, obejmującym co najmniej połowę szerokości drogi, natężenie oświetlenia powinno wynosić co najmniej 0,5 lx. Ponadto:

- iloraz maksymalnego do minimalnego natężenia oświetlenia (U_d) wzdłuż centralnej linii drogi ewakuacyjnej nie powinien być większy niż 40:1,
- minimalna wartość wskaźnika oddawania barw (R_a) zastosowanych źródeł światła powinna wynosić nie mniej

niż 40.

Wymagania dotyczące oświetlenia dróg ewakuacyjnych zostały dokładnie omówione w artykułach [3-5].

Oprawy oświetlenia ewakuacyjnego

W badaniach wykorzystano pięć różnych typów opraw oświetlenia ewakuacyjnego z zasilaniem awaryjno-sięciowym, tj. z własnym źródłem zasilania awaryjnego oraz spełniające wymagane przez normę PN-EN 1838: 2013 [1] czasy, po których na drodze ewakuacyjnej będzie osiągnięte natężenie oświetlenia o wartości 0,25 lx i 0,5 lx w ciągu 5 s i odpowiednio 0,5 lx i 1 lx w ciągu 60 s. Wymaganiom tym są w stanie sprostać, przede wszystkim, oprawy ze źródłami LED. Były to oprawy:

- firmy ZUMTOBEL, ORILED 2/1W LED 760, które były już zamontowane na ścianie korytarza,
- DISCRET N, 4 x 1 LED, AT, DW1/4/4/AS/1H/ okrągła firmy AMATECH,
- ALFA III, AT, AL3/4/4/AS/1H jednostronna firmy AMATECH,
- HERKULES-P ROAD AT 1J LED 5 firmy HYBRYD,
- KWADRA SIDE N AT 1J LED 3 firmy HYBRYD.

Oprawy te różniły się krzywymi światłości oraz przewidziane były jednogodzinnego trybu pracy awaryjnej. Dokładny opis wykorzystanych do badań opraw oświetlenia ewakuacyjnego – ich zdjęcia oraz krzywe światłości zamieszczono w artykule [2].

Projekty oświetlenia ewakuacyjnego

Do wykonania projektów oświetlenia ewakuacyjnego wybrano dwa najpopularniejsze w Polsce, komercyjne programy wspomagające projektowanie oświetlenia DIALux i ReluxSuite. W obu programach przyjęto najdokładniejszą z możliwych siatkę obliczeniową, która wynosiła 4 096 punktów (128 x 32). Wykonano też symulacje komputerowe dla liczby punktów wynikających z przyjętej siatki pomiarowej, czyli 132 (44 x 3). Uzyskany w programie ReluxSuite wynik natężenia oświetlenia nie uległ zmianie. Natomiast w programie DIALux, przy takiej samej zmianie liczby punktów, uzyskano te same wyniki natężenia oświetlenia na środkowej linii drogi ewakuacyjnej, a w centralnym pasie tej drogi uzyskano mniejsze wartości maksymalnego natężenia oświetlenia, a większe minimalnego. Do obliczeń w obu programach przyjęto opcję

wykorzystującą tylko składową bezpośrednią, tzn. współdziałanie światła odbitego nie było uwzględnione – co jest zgodne z wymaganiami dla projektowania oświetlenia awaryjnego. Ponadto w wykonanych projektach oświetleniowych przyjęto zerowe współczynniki odbicia ścian, sufitu oraz podłogi oraz współczynnik konserwacji (utrzymania) równy 0,77 (wartość sugerowana przez oba programy) [6].

Projekty oświetlenia ewakuacyjnego wykonano dla korytarza o wymiarach 22 x 2 x 2,28 m. W związku z tym, w obu programach do obliczeń natężenia oświetlenia zostały przyjęte: centralny pas drogi ewakuacyjnej o wymiarach 22 x 1 m oraz umiejscowiona pośrodku tej drogi linia o długości 22 m. Oprawy firm AMATECH i HYBRYD usytuowano na wysokości 2 m względem podłogi zgodnie z wymaganiem zawartym w normie [1]. Jedynie oprawy firmy ZUMTOBEL były zamontowane w ścianie na wysokości 0,58 m względem podłogi.

Badane pomieszczenie

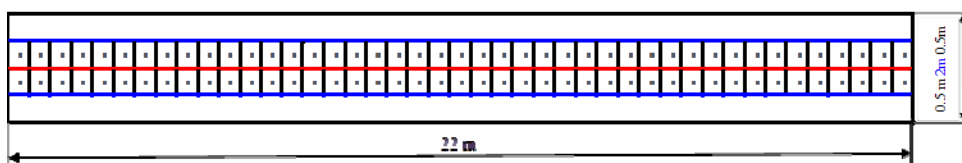
Pierwszy etap badań wykonano w rzeczywistym korytarzu o wymiarach 22 x 2 x 2,28 m. Ściany i sufit korytarza miały kolor biały, a podłoga w połowie była jasna, a w drugiej granatowa. Oprawy firmy ZUMTOBEL zamontowane były kilka lat temu na jednej ścianie na wysokości 0,58 m (ze względu na specyfikę tych opraw) względem podłogi i w odległości 4,4 m pomiędzy oprawami (2,2 m od krótszych ścian). Pozostałe oprawy umieszczono na ścianie na wysokości 2 m, a odległości pomiędzy oprawami wynikały z projektów oświetlenia ewakuacyjnego oraz ze spełnienia wymagań normatywnych.

Weryfikacja pomiarowa projektów oświetlenia ewakuacyjnego w rzeczywistym korytarzu

Pomiary natężenia oświetlenia ewakuacyjnego

Pomiary natężenia oświetlenia wykonano z wykorzystaniem luksomierza L-100 produkcji Sonopan. Głowica fotometryczna G.L.-100 luksomierza jest skorygowana widmowo do względnej skuteczności biologicznej widzenia fotonowego $V(\lambda)$ oraz kierunkowo do krzywej cosinus. Klasa dokładności miernika 5 lub A (wg CIE), błąd całkowity $\leq 2,5\%$. Podzakres pomiarowy wynosił od 0,001 lx do 30 lx, a więc doskonale nadawał się do pomiarów małych wartości natężenia oświetlenia ewakuacyjnego.

Pomiary natężenia oświetlenia wykonano na podłodze korytarza w siatce pomiarowej pokazanej na rysunku 1. W linii środkowej rozmieszczono 44 punkty pomiarowe w odległości 0,5 m między punktami, a w pasie centralnym - 88 punktów w dwóch rzędach po 44 w każdym. Odległość pomiędzy punktami wynosiła również 0,5 m. Tak więc łącznie wykonano 132 pomiarów dla jednego rodzaju opraw oświetlenia ewakuacyjnego. Liczba oraz rozmieszczenie punktów pomiarowych było zgodne z wykonanymi projektami oświetlenia. Pomiary wykonano przy poszczególnych oprawach oświetlenia ewakuacyjnego będących w trybie pracy awaryjnej (zasilanych z własnych akumulatorów) po odczekaniu około 15 min w celu ustabilizowania się strumienia świetlnego źródeł LED. Pomiary wykonano bez dostępu światła dziennego.



Rys. 1. Widok siatki pomiarowej na korytarzu

kolor czerwony - linia środkowa, kolor niebieski - pas centralny

Na rysunku 2 pokazano korytarz, na którym wykonywano badania oświetlenia ewakuacyjnego, z zamontowanymi oprawami ORILED 760 firmy ZUMTOBEL. Pięć sztuk opraw było zamontowanych na ścianie na wysokości 0,58 m względem podłogi w odległości pomiędzy oprawami 4,4 m (odległość od krótszych ścian wynosiła 2,2 m). Pozostałe oprawy zostały zamontowane na ścianie na wysokości 2,0 m względem podłogi. Odległość pomiędzy oprawami HERKULES ROAD i KWADRA SIDE firmy HYBRYD (każdej po 3 szt.) wynosiła 7,3 m (odległość od krótszych ścian wynosiła 3,67 m). Natomiast odległość pomiędzy oprawami DISCRET N i ALFA III, firmy AMATECH (każdej po 4 szt.) wynosiła 5,5 m (odległość od krótszych ścian wynosiła 2,75 m). Na rysunku 3 pokazano widok korytarza z przykładowo zamontowanymi oprawami ALFA III firmy AMATECH. Rozmieszczenie opraw wynikało z wykonanych obliczeń z wykorzystaniem programów DIALux i ReluxSuite.



Rys. 2. Widok korytarza z zamontowanymi oprawami ORILED 760 firmy ZUMTOBEL



Rys. 3. Widok korytarza z zamontowanymi oprawami ALFA III firmy AMATECH

Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia ewakuacyjnego

Uzyskane z pomiarów wartości minimalnego oraz maksymalnego natężenia oświetlenia dla środkowej linii oraz centralnego pasa drogi ewakuacyjnej w rzeczywistym korytarzu („biały” korytarz) zamieszczono w tabeli 1. W tabeli tej podano również wyznaczone stosunki wartości maksymalnej do minimalnej natężenia oświetlenia dla obu obszarów pomiarowych.

Wyniki pomiarowe zestawiono z analogicznymi parametrami uzyskanymi z symulacji komputerowych wykonanych w programach DIALux i ReluxSuite.

Tabela 1. Zestawienie wyników projektów i pomiarów oświetlenia ewakuacyjnego Kursywą oraz pogrubioną czcionką zaznaczono wartości nie spełniające wymagań normy

Typ oprawy / producent	Źródło danych	Środkowa linia drogi ewakuacyjnej			Centralny pas drogi ewakuacyjnej		
		E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} / E_{min}	E_{max} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} / E_{min}
ORILED 2/1W LED 760 ZUMTOBEL	DIALux	14,0	2,94	4,76 : 1	15,0	0,44	34,1 : 1
	ReluxSuite	14,6	1,5	9,73 : 1	19,8	0,0	---
	Pomiar – „biały” korytarz	16,2	2,2	7,36 : 1	19,5	1,6	12,2 : 1
DISCRET N, 4 x 1 LED, AT AMATECH	DIALux	10,78	1,94	5,56 : 1	11,0	2,02	5,45 : 1
	ReluxSuite	10,5	1,5	7,0 : 1	11,7	1,4	8,36 : 1
	Pomiar – „czarny” korytarz	15,8	3,1	5,1 : 1	18,1	2,5	7,2 : 1
	Pomiar – „biały” korytarz	25,5	6,9	3,69 : 1	28,0	7,0	4,0 : 1
ALFA III, AT, AL3/4/4/AS/1H AMATECH	DIALux	6,0	1,32	4,55 : 1	14,0	1,48	9,46 : 1
	ReluxSuite	5,8	0,8	7,25 : 1	16,7	0,7	23,86 : 1
	Pomiar – „czarny” korytarz	19,7	2,6	7,6 : 1	17,8	2,1	8,5 : 1
	Pomiar – „biały” korytarz	35,5	8,7	4,1 : 1	39,1	7,7	5,1 : 1
HERKULES-P ROAD AT 1J LED 5 HYBRYD	DIALux	28,0	2,8	10 : 1	29,0	2,9	10 : 1
	ReluxSuite	20,8	0,5	41,6 : 1	21,2	0,4	53 : 1
	Pomiar – „czarny” korytarz	40,2	4,8	8,4 : 1	27,9	3,9	7,2 : 1
	Pomiar – „biały” korytarz	55,0	12,8	4,3 : 1	70,4	11,6	6,1 : 1
KWADRA SIDE N AT 1J LED 3 HYBRYD	DIALux	10,5	1,89	5,56 : 1	12,0	1,74	6,9 : 1
	ReluxSuite	11,1	0,6	18,5 : 1	12,8	0,3	42,67 : 1
	Pomiar – „czarny” korytarz	8,8	1,6	5,5 : 1	10,2	1,4	7,3 : 1
	Pomiar – „biały” korytarz	27,8	7,14	3,89 : 1	26,8	6,62	4,1 : 1

Wnioski z weryfikacji projektów oświetlenia ewakuacyjnego w rzeczywistym korytarzu

Na podstawie analizy wartości natężenia oświetlenia zamieszczonych w tabeli 1 można jednoznacznie stwierdzić, że wyniki z pomiarów są większe od wartości uzyskanych z projektów i we wszystkich przypadkach wystąpiło spełnienie wymagań PN-EN 1838 [1].

W przypadku opraw ORILED 2/1W LED 760 firmy ZUMTOBEL, zamontowanych na ścianie na wysokości 0,58 m od podłogi, wystąpiły minimalne różnice (poniżej 1 lx) w uzyskanych wynikach. Natomiast w przypadku wszystkich pozostałych badanych opraw, które zamontowano na ścianie na wysokości 2 m od podłogi, te różnice były znacznie większe.

Różnice te zależały od porównywanego parametru – wartości minimalnej czy maksymalnej natężenia oświetlenia, a nie zależały od obszaru na którym wykonywano pomiary – środkowa linia lub centralny pas drogi ewakuacyjnej. W przypadku wartości maksymalnych natężenia oświetlenia różnice te były mniejsze i wynosiły od około dwóch do sześciu razy. W przypadku wartości minimalnych natężenia oświetlenia różnice te były znacznie większe i wynosiły od około trzech do trzydziestu razy (z uwzględnieniem wartości natężenia oświetlenia nie spełniających wymagań normy [1]).

W pierwszej kolejności sprawdzono, czy w obliczeniach natężenia oświetlenia ewakuacyjnego w obu programach uwzględniona była całkowita wartość strumienia świetlnego emitowanego przez oprawy. Taka opcja występuje przy projektowaniu oświetlenia ewakuacyjnego i dotyczy opraw,

które wykorzystywane są w oświetleniu podstawowym, a w sytuacjach awaryjnych załączane jest zasilanie tylko jednego źródła światła. Dotyczy to przede wszystkim opraw świetłokowych. Natomiast niniejsze symulacje wykonano dla opraw pracujących tylko w trybie awaryjnym, w związku z tym wykorzystywany do obliczeń strumień świetlny powinien wynosić 100%. Dla takich warunków wykonano wszystkie projekty, gdyż w opisach projektów w obu programach widniały zapisy potwierdzające ten fakt – w ReluxSuite czynnik korekcyjny wyniósł jeden, a w DIALuxie był zapis - wykorzystanie w 100% strumienia świetlnego.

Uzyskane różnice wynikały z wykonania obliczeń dla składowej bezpośredniej strumienia świetlnego – bez uwzględnienia odbić wielokrotnych. W rzeczywistości ściany i sufit badanego korytarza miały barwę białą, a podłoga była w połowie jasna, a w drugiej granatowa. Natomiast otrzymanie minimalnych różnic w uzyskanych wynikach w przypadku opraw firmy ZUMTOBEL jest spowodowane faktem zamontowania ich na ścianie stosunkowo blisko podłogi, co powoduje znaczne zmniejszenie odbić wielokrotnych od ścian i podłogi. Natomiast większe różnice w uzyskanych wynikach, w przypadku wszystkich pozostałych badanych opraw, spowodowane były znacznie większym wpływem odbić wielokrotnych strumienia świetlnego. Na odbicia te miała również wpływ struktura powierzchni pionowych, ściany były praktyczne matowe (pomalowane farbą emulsyjną), a drzwi były połyskliwe (pomalowane farbą olejną). Jednak ze względów technicznych nie było możliwe wyeliminowanie powierzchni połyskliwych.

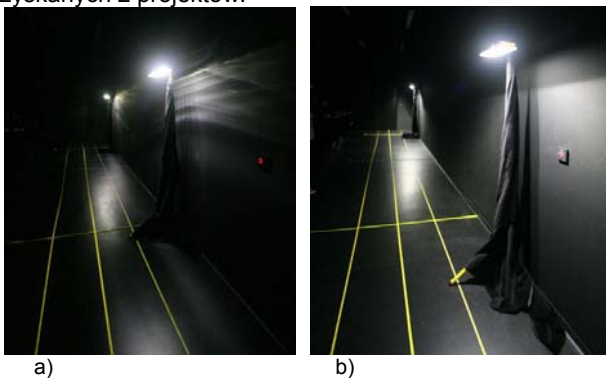
Weryfikacja pomiarowa projektów oświetlenia ewakuacyjnego w „czarnym” korytarzu

Ze względu na stwierdzenie bardzo dużego wpływu na wyniki pomiarów odbić wielokrotnych od białych powierzchni, postanowiono dokonać weryfikacji pomiarowej projektów w pomieszczeniu o ścianach, podłodze i suficie pomalowanych na kolor czarny. Z powodów technicznych do pomiarów wykorzystano pomieszczenie o długości 11 m, w którym na podłodze wydzielono pas o szerokości 2 m – odzwierciedlający przyjęty do poprzednich badań korytarz. W uzyskanym w ten sposób „czarnym” korytarzu zamontowano, również na wysokości 2 m względem podłogi, obie oprawy firm Amatech i Hybryd. Wykorzystanie do pomiarów opraw firmy ZUMTOBEL nie było, gdyż są one na stałe zamontowane w rzeczywistym korytarzu. Na rys. 4 i 5 pokazano widok „czarnego korytarza” z przykładowo zamontowanymi oprawami ALFA III firmy AMATECH oraz HERKULES-P i KWADRA SIDE firmy HYBRYD.

Pomiary wykonano również w siatce pomiarowej pokazanej na rys. 1 z tym, że w linii środkowej rozmieszczono 22 punkty pomiarowe w odległości 0,5 m między punktami. Natomiast w pasie centralnym rozmieszczono 44 punkty pomiarowe w dwóch rzędach po 22 w każdym. Odległość pomiędzy punktami wynosiła również 0,5 m.

Uzyskane z pomiarów wartości minimalnego oraz maksymalnego natężenia oświetlenia dla środkowej linii oraz centralnego pasa drogi ewakuacyjnej w „czarnym” korytarzu zamieszczono w tabeli 1. W tabeli tej podano również wyznaczone stosunki wartości maksymalnej do minimalnej natężenia oświetlenia dla obu obszarów pomiarowych.

W tym przypadku różnice w wartościach natężenia oświetlenia na środkowej linii i w centralnym pasie drogi ewakuacyjnej były już mniejsze w stosunku do wartości uzyskanych z projektów.



Rys. 4. Widok „czarnego” korytarza z zamontowanymi oprawami ALFA III firmy AMATECH (a) i HERKULES-P firmy HYBRYD (b)



Rys. 5. Widok „czarnego” korytarza z zamontowanymi oprawami KWADRA SIDE firmy HYBRYD

Tak jak w przypadku korytarza rzeczywistego, zależały one od porównywanego parametru – wartości minimalnej czy maksymalnej natężenia oświetlenia, a nie zależały od obszaru na którym wykonywano pomiary – środkowa linia lub centralny pas drogi ewakuacyjnej. W przypadku wartości maksymalnych natężenia oświetlenia różnice te były mniejsze, a ich krotność wynosiła od 1,4 do 3,3. W przypadku wartości minimalnych natężenia oświetlenia różnice te były znacznie większe i wynosiły od 1,6 do 9,75 (z uwzględnieniem wartości natężenia oświetlenia nie spełniających wymagań normy [1]).

Należy zauważyć, że dla dwóch opraw firmy Hybryd wartości z pomiarów były mniejsze od wartości uzyskanych z projektów. Dla oprawy Herkules dotyczyło to tylko projektu wykonanego w DIALuxie w zakresie maksymalnego natężenia oświetlenia w centralnym pasie drogi. Natomiast dla oprawy Kwadra Side dotyczyło obu projektów – i to zarówno wartości minimalnych i maksymalnych natężenia oświetlenia w środkowej linii oraz na centralnym pasie drogi ewakuacyjnej (bez uwzględnienia wartości natężenia oświetlenia nie spełniających wymagań normy [1]). Pomimo tego uzyskane z pomiarów wartości minimalnego natężenia oświetlenia spełniały wymagania normy [1], a różnice wynosiły około 2 lx – 2,8 lx przy poziomie 20 lx – 30 lx, a 0,08 lx i 0,3 lx przy odpowiednio 1,4 lx i 1,9 lx.

Podsumowanie

Uwzględniając wnioski z weryfikacji pomiarowej projektów oświetlenia ewakuacyjnego w rzeczywistym korytarzu oraz w całkowicie czarnym korytarzu, można stwierdzić, że oba programy wspomagające projektowanie oświetlenia ewakuacyjnego – DIALux i ReluxSuite – prawidłowo obliczają to oświetlenie. Z kolei wymóg uwzględniania w projekcie tylko składowej bezpośredniej strumienia świetlnego, czyli przyjmowania wszystkich powierzchni jako czarnych, jest jak najbardziej słuszny, gdyż uwzględnia w rzeczywistości najgorszy przypadek wyposażenia drogi ewakuacyjnej.

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy.

Autor: mgr inż. Andrzej Pawlak, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, 00-701 Warszawa, ul. Czerniakowska 16, e-mail: anpaw@ciop.pl

LITERATURA

- [1] Polska Norma PN- EN 1838: 2013, Zastosowania oświetlenia - Oświetlenie awaryjne, PKN, Warszawa, 2013
- [2] Pawlak A., Porównanie symulacji komputerowych instalacji oświetlenia ewakuacyjnego, *Przegląd Elektrotechniczny*, 92 (2016), nr 9, 169-172
- [3] Pawlak A.: Zasady eksploatacji systemów oświetlenia awaryjnego. *Przegląd Elektrotechniczny*, 91 (2015), nr 7, 62-66
- [4] Górczewska M., Oświetlenie awaryjne i inne nowe normy i zalecenia, *IMPE*, nr 179, 33-38
- [5] Strzyżewski J., Oświetlenie awaryjne, *Elektroinstalator*, 4/2015
- [6] Kamiński D., Oświetlenie ewakuacyjne – wymagania projektowe, *elektro.info*, 9/2015
- [7] Freza M., Oświetlenie awaryjne w ewakuacji, *Elektroinstalator*, 1/2017, 46-49
- [8] Zajkowski M., Błaszczak U., Budzyński Ł., Analiza wykorzystania wyświetlaczy ciekłokrystalicznych do budowy opraw oświetlenia awaryjnego o zmiennej treści, *Przegląd Elektrotechniczny*, 91 (2015), nr 8, 146-148