

PIOTR JAKUBOWSKI

E-mail: *piotr.7akubowski@gmail.com*

ANALIZA WPŁYWU RODZAJU ŹRÓDŁA ŚWIATŁA ZASTOSOWANEGO W OŚWIETLENIU ZEWNĘTRZNYM STACJI PALIW NA EFEKT ZANIECZYSZCZENIA ŚWIATŁEM OTOCZENIA

WSTĘP

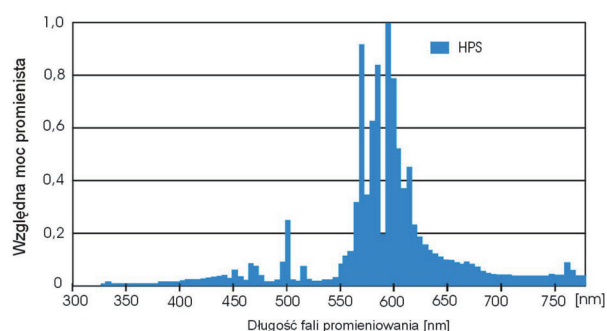
Ostatnie dwie dekady to najbardziej dynamiczny okres rozwoju elektrycznych źródeł światła. Jesteśmy nie tylko świadkami wdrażania nowych, coraz bardziej wydajnych technologii, ale również odchodzenia do historii starych rozwiązań, które towarzyszyły człowiekowi w ostatnim wieku. Zmiany przebiegają niekiedy tak szybko, że pewne etapy przekształceń technologicznych są wręcz pomijane. Przykładem mogą być często spotykane modernizacje oświetlenia, gdzie stare oprawy wyposażone w źródła fluorescencyjne T8 są zamieniane bezpośrednio na oprawy LED (tj. z pominięciem świetlówek T5). Zwykle pierwszym skojarzeniem z nowoczesnymi źródłami światła są oszczędności wynikające z dużo wyższych skuteczności świetlnych. Jest to wniosek całkowicie słuszny, aczkolwiek podwyższanie sprawności jest procesem skomplikowanym i wymagającym bardzo dużych nakładów finansowych. Istotne jest zatem właściwe

wykorzystywanie posiadanych zasobów i możliwości. Wysokie skuteczności diod LED pozwolą na osiągnięcie wymiernej korzyści dopiero wtedy, gdy generowane światło będzie właściwie wykorzystane (skierowane w pożądane obszary), a moc opraw oświetleniowych zostanie zredukowana, gdy nie ma konieczności jej stosowania (np. brak obecności użytkowników, późne godziny nocy). Wymienione czynniki przyniosą nie tylko korzyści ekonomiczne, ale również pozwolą na ograniczenie problemu zanieczyszczenia światłem. Dogłębna analiza wymagań oświetlanego obiektu, właściwy dobór źródła światła i brył fotometrycznych, to kluczowe warunki do uzyskania pożądanego efektu, jakim jest ekonomiczne i przyjazne środowisku oświetlenie. Przedstawiony przykład iluminacji stacji paliw ilustruje jak można ograniczyć efekt zanieczyszczenia otoczenia światłem dzięki przemyślanym działaniom (FALCHI i współaut. 2011, JURCZAK i FRYC 2015).

ŹRÓDŁA ŚWIATŁA W OPRAWACH ZEWNĘTRZNYCH

W zależności od przeznaczenia, w oprawach stosowanych do oświetlenia zewnętrznego spotyka się: wysokoprężne lampy wyładowcze (sodowe, metalohalogenkowe, rtęciowe, niskoprężne lampy sodowe, świetłówki liniowe i kompaktowe) oraz diody LED.

Najpopularniejszym źródłem światła wykorzystywanym w oprawach do oświetlenia zewnętrznego są wysokoprężne lampy sodowe (ang. high pressure sodium, HPS), które mają stosunkowo wysoką skuteczność świetlną (parametr informujący o tym, ile lumenów jest wytwarzane z każdego dostar-

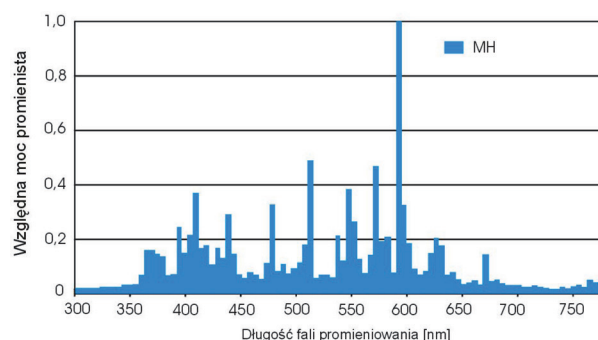


Ryc. 1. Względny rozkład mocy promienistej przykładowej wysokoprężnej lampy sodowej (HPS), na podstawie karty katalogowej lampy Philips SON-T 150W/220 E40 1SL.

czonego wata mocy) oraz niskie ceny opraw oświetleniowych. W lampach HPS promieniowanie widzialne wytwarzane jest w wyniku wyładowania łukowego w parach sodu, czego efektem jest emisja światła o barwie żółtej. Względny rozkład widmowy mocy lampy HPS przedstawia Ryc. 1.

Rozkład mocy promienistej lamp HPS ma charakter prążkowy, tzn. nieciągły, z widocznymi trzema maksimami w przedziale 560–610 nm. W efekcie, temperatura barwowa emitowanego światła wynosi około 2000 K, a ogólny wskaźnik oddawania barw (R_a , określający stopień poprawnego odwzorowania kolorów w skali 0–100) jest zaledwie na poziomie ok. 20–39. Uwagę zwraca niska moc promieniowana z zakresu 350–495 nm, na poziomie niespełna 6% całej mocy promienistej źródła (tj. w obrębie światła fioletowego i niebieskiego). Dzięki temu, problem zanieczyszczenia światłem niebieskim w przypadku tych lamp może być pominięty. Ponadto, przy użyciu specjalizowanych stateczników elektronicznych lub dławików z odczepami, możliwe jest zmniejszenie ich mocy (w zależności od producenta nawet do 60% mocy wyjściowej), dzięki czemu efekt zanieczyszczenia światłem może być dodatkowo redukowany.

Moc lamp sodowych mieści się w zakresie od 50 W do 1000 W. Osiągane skuteczności świetlne są na poziomie od 70 lm/W, nawet do 130 lm/W (przy czym zachodzi zależność: im wyższa moc lampy, tym wyższa jej skuteczność świetlna). W celu przystosowania tej technologii do różnych aplikacji, producenci źródeł światła wprowadzają pewne modyfikacje jarznika, dzięki czemu lampy HPS są również dostępne w wersjach o przedłużonej żywotności (32 tys. godzin), pod-



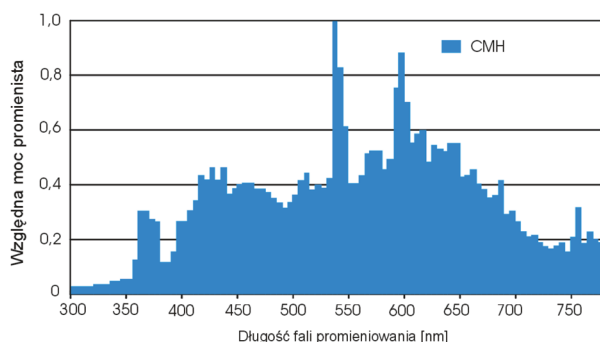
Ryc. 2. Względny rozkład widmowy mocy lampy metalohalogenkowej na podstawie karty katalogowej Philips (<http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps/son-high-pressure-sodium/master-son-t-apia-plus-xtra>).

wyższonym wskaźniku oddawania barw ($R_a > 90$), podwyższonej temperaturze barwowej (2500K) oraz podwyższonej skuteczności świetlnej (do 150 lm/W) (GRYNCEWICZ 2012, LUGINBUHL i współaut. 2014, ASHDOWN 2015).

Słabe parametry kolorymetryczne lamp sodowych sprawiły, że w ostatnim czasie bardzo szybko rozwinęła się technologia lamp metalohalogenkowych. Źródła te działają na podobnej zasadzie co lampy HPS, natomiast zasadnicza różnica polega na tym, że w jarzniku znajdują się dodatkowe związki z grupy halogenków. Dzięki temu we względnych rozkładach mocy promienistej pojawiają się dodatkowe prążki (Ryc. 2), co w efekcie pozwala na uzyskanie światła białego o temperaturach barwowych od 3000 K do 6500 K, przy zachowaniu bardzo wysokiego wskaźnika oddawania barw $R_a > 90$. Warto także dodać, że lampy te charakteryzują się wysoką skutecznością świetlną, powyżej 100 lm/W.

W przeciwieństwie do lamp sodowych, lampy metalohalogenkowe znaczną część mocy promienistej zawierają w zakresie fal 350–495 nm. Według danych przedstawionych na Ryc. 2 jest to nawet ponad 30% mocy promienistej źródła. Promieniowanie to jest silnie rozpraszane w atmosferze (rozproszenie Rayleigha i Mie). Wzmożony zostaje efekt zanieczyszczenia światłem niebieskim, co może wpływać na organizm ludzki, środowisko naturalne i ekosystem oraz potęgować zjawisko „sky glow”.

Lampy metalohalogenkowe mogą być ściemniane, aczkolwiek producenci zastrzegają, iż znaczne ograniczanie ich nominalnej mocy może wpłynąć na zmianę temperatury barwowej (ograniczona zostaje emisja w



Ryc. 3. Względny rozkład mocy promienistej ceramicznej lampy metalohalogenkowej na podstawie karty katalogowej Philips CDM-TD 150W (http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/compact-high-intensity-discharge/mastercolour-cdm/mastercolour-cdm-td/928083605133_EU/product).

pewnych zakresach promieniowania) oraz może prowadzić do skrócenia czas ich życia (YUNFEN i WOLSEY 1994). Z drugiej jednak strony, chłodne światło białe jest lepiej postrzegane w warunkach widzenia mezopowego. W związku z tym możliwe jest stosowanie lamp o niższych mocach (strumieniach wyjściowych), a to w pewnym stopniu może przyczynić się do ograniczenia efektu zanieczyszczenia światłem.

Moc lamp metalohalogenkowych mieszczą się w zakresie ok. 70–2000 W, a osiągnięte skuteczności świetlne są na poziomie 70–120 lm/W (analogicznie jak w przypadku lamp sodowych: im większa moc lampy tym większa skuteczność świetlna).

Najnowsza generacja lamp metalohalogenkowych wykorzystuje w swej konstrukcji jarznik ceramiczny (standardowo stosowany jest kwarcowy). Między innymi dzięki tej modyfikacji możliwe było uzyskanie jeszcze wyższego ogólnego wskaźnika oddawania barw ($R_a > 96$), poprawienie skuteczności świetlnej oraz czasu życia lampy. Na Ryc. 3 przedstawiono rozkład mocy promienistej ceramicznych lamp metalohalogenkowych. Moc w obrębie fal 350–495 nm jest na poziomie 26% całej mocy promienistej (WIŚNIEWSKI 2009, GRYNCEWICZ 2012, LUGINBUHL i współaut. 2014, ASHDOWN 2015).

W ostatnich latach coraz większą popularność w oświetleniu zewnętrznym zyskują oprawy oświetleniowe wyposażone w diody elektroluminescencyjne (LED) (patrz JAKUBOWSKI w tym zeszycie KOSMOSU). Diody LED o wysokich temperaturach barwowych odznaczają się przeważnie niższymi warto-

ściami wskaźnika oddawania barw (choć znane są produkty o $R_a > 90$ dla temperatur barwowych 6500 K). W przypadku ciepłych diod LED moc emitowana w obrębie fal 300–485 nm jest na poziomie 10% całej mocy promienistej generowanej przez źródło. Jedną z najważniejszych zalet diod LED jest możliwość stosunkowo prostego sterowania, tj. ściemniania w szerokim zakresie. Z kolei stosowanie zaawansowanych soczewek typu „free form” umożliwia precyzyjne i efektywne zarządzanie strumieniem świetlnym, dzięki czemu światło może być kierowane w pożądane obszary, a zanieczyszczenie nim środowiska może być ograniczane (GRYNCEWICZ 2012, LUGINBUHL i współaut. 2014, ASHDOWN 2015).

Wymienione źródła światła są obecnie najczęściej spotykane w aplikacjach oświetlenia zewnętrznego. Tym niemniej zdarza się, że stosowane są źródła wykonane w innych dostępnych technologiach, ale ich wady sprawiają, że ich użyteczność jest mocno ograniczona.

Lampy żarowe odznaczają się najwyższym możliwym wskaźnikiem oddawania barw, a przy tym emitują bardzo małą ilość światła niebieskiego. Wprawdzie nie wymagają specjalnych układów zasilania, a ich jednostkowa cena jest niewysoka, jednak niska skuteczność świetlna sprawia, że ich stosowanie jest ekonomicznie nieuzasadnione. Ponadto, odznaczają się stosunkowo krótkim czasem życia. Zdarza się, że są jeszcze spotykane w tzw. naświetlaczach (oprawy „floodlight”), ale obecnie oprawy w technologii LED skutecznie wypierają je z rynku.

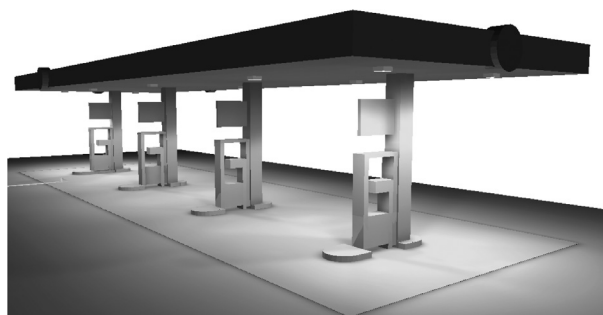
Lampy fluorescencyjne (tzw. świetlówki lub „FL”) są nadal często spotykane w ogólnym oświetleniu zewnętrznym (np. wiaty peronów kolejowych). Niewątpliwą ich zaletą jest optymalny koszt, stosunkowo długi czas życia (przy stosowaniu stateczników elektronicznych) oraz wysoka skuteczność świetlna. W krajach o umiarkowanym klimacie, gdzie nie występują mroźne zimy używa się ich również do oświetlenia ulicznego. Poważną wadą źródeł FL jest duży spadek sprawności w niskich temperaturach pracy (niektórzy producenci wprowadzili specjalne serie odporne na niskie temperatury, ale są to rozwiązania dość drogie). Lampy fluorescencyjne wytwarzają promieniowanie w zakresie fal 350–495 nm, co podnosi efekt zanieczyszczenia światłem niebieskim (szczególnie w przypadku opraw o szerokim rozsyśle światła). Podobnie jak w przypadku lamp żaro-

wych, źródła FL są coraz częściej wypierane przez liniowe oprawy LED-owe, których problem niskich temperatur nie dotyczy.

Wysokoprężne lampy rtęciowe (potocznie zwane rtęciówkami) to najstarsze źródła typu HID (ang. high intensive discharge). Działają na podobnej zasadzie co lampy sodowe i metalohalogenkowe, ale z uwagi na inny skład gazów w jarzniku emitują światło o temperaturze barwowej 3000–4200 K i ogólnym wskaźniku oddawania barw w zakresie 40–69. Skuteczność świetlna nie przekracza 60 lm/W. Pomimo swych przeciętnych parametrów fotometrycznych, pozostają nadal w ofercie producentów.

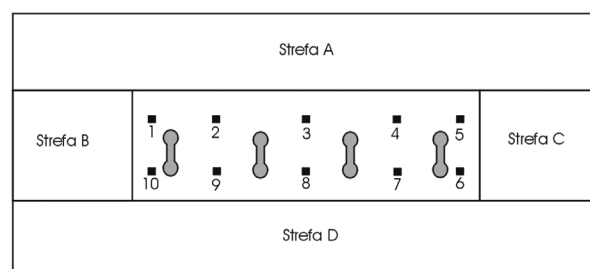
Niskoprężne lampy sodowe (LPS) są źródłami o najwyższej, komercyjnie dostępnej skuteczności świetlnej, która przekracza 200 lm/W. Generowane przez nie światło ma intensywną żółto-pomarańczową barwę, co jest wynikiem wąskiego spektrum z maksimum przy długości fali 589 nm. Taka charakterystyka widmowa sprawia, że właściwe postrzeganie kolorów nie jest możliwe. Lampy te sprawdzają się doskonale poza miastem, na drogach szybkiego ruchu oraz pomagają w tzw. „prowadzeniu wzrokowym”. Niski wskaźnik oddawania barw eliminuje je jednak z zastosowania w aplikacjach wymagających dobrego rozróżniania kolorów.

STACJA BENZYNOWA – OŚWIETLENIE ZEWNĘTRZNE



Ryc. 4. Wizualizacja modelu stacji benzynowej w programie komputerowym DIALux.

Analizie komputerowej z użyciem programu Dialux poddano typową stację paliw (Ryc. 4), z czterema dystrybutorami dozującymi paliwo. Na podstawie pomiarów funkcjonującego obiektu założono rozmieszczenie ośmiu lamp (Ryc. 5), których oprawy oświetleniowe zostały umieszczone we wnętrzu daszka wiaty. W analizie przyjęto stałe rozmieszczenie opraw oraz zastosowanie standardowych lamp przeznaczonych do tego typu obiektów. Celem było osiągnięcie średniego natężenia oświetlenia w granicach 250 lx na wysokości 1m w pobliżu dystrybutorów. Główna siatka obliczeniowa umieszczono



Ryc. 5. Plan stacji paliw wraz z rozmieszczeniem stref otaczających.

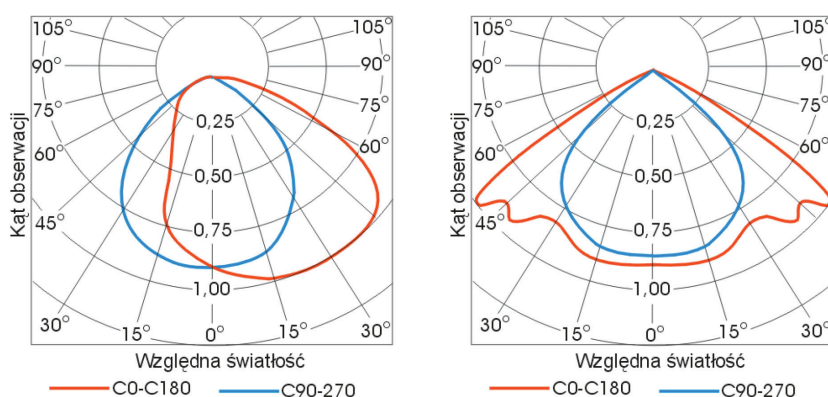
na została na wysokości 1m nad powierzchnią stanowisk i obejmowała całą powierzchnię pod wiatą. W celu analizy światła opuszczającego przestrzeń pod wiatą, rozmieszczono wokół niej 4 strefy oznaczone na Ryc. 5 literami: A, B, C oraz D. W strefach tych, na poziomie gruntu umieszczono siatki obliczeniowe w celu określenia natężenia oświetlenia. Przyjmując, że światło w tych obszarach jest niepożądane, jego średnie natężenie można uznać za miarę zanieczyszczenia światłem. Pary stref A–D oraz B–C są względem siebie symetryczne i w związku z tym dalszej analizie porównawczej poddano jedynie obszary A oraz B.

SYMULACJA Z UŻYCIEM OPRAW WYKORZYSTUJĄCYCH ŹRÓDŁA CMH

W pierwszej symulacji użyto specjalistyczne oprawy przeznaczone do oświetlania typowych stacji paliw, a w nich ceramiczne lampy metalohalogenkowe (CMH) o temperaturze barwowej 4200K i wysokim wskaźniku oddawania barw $R_a > 90$. Całkowita moc

każdej z opraw to 157 W, zaś generowany strumień opuszczający oprawę to 13250 lm, a więc skuteczność świetlna analizowanych opraw sięgała 84 lm/W.

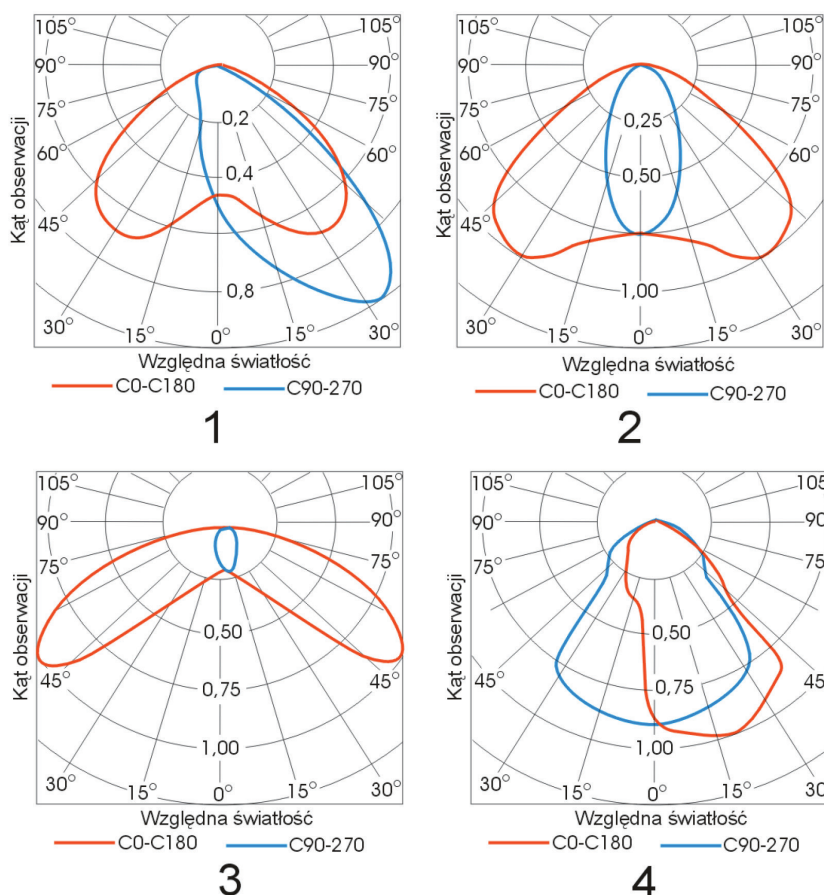
W związku z tym, że część opraw oświetleniowych znajduje się bliżej krawędzi wia-



Ryc. 6. Rozsył światłości opraw z lampami CMH zastosowanych w symulacji (po lewej oprawy skrajne, po prawej oprawy wewnętrzne) (http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/compact-high-intensity-discharge/mastercolour-cdm/mastercolour-cdm-td/928083605133_EU/product, <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/sports-and-area-floodlighting/area-and-recreational-floodlighting/mini-300-cube/mini-300-cube-dbp300>).

ty (tj. w bezpośrednim sąsiedztwie strefy B i C: oprawy 1, 5, 6 oraz 10 z Ryc. 5), zastosowano oprawy o innej charakterystyce rozsyłu światłości niż te, które umieszczono w wewnętrznych strefach wiaty (oprawy 2, 3, 4, 7, 8, 9). Na Ryc. 6 przedstawione zostały krzywe światłości użytych opraw. Stosunkowo duża moc opraw skrajnych mogłaby zostać zmniejszona, ale kolejna lampa z typoszerokiego CMH ma moc 70W i generuje strumień zaledwie 5600 lm, co znacząco obniżyłoby natężenie oświetlenia na skrajnych stanowiskach i w efekcie nie spełniłoby oczekiwań inwestora.

ROZWIĄZANIE WYKORZYSTUJĄCE DIODY LED



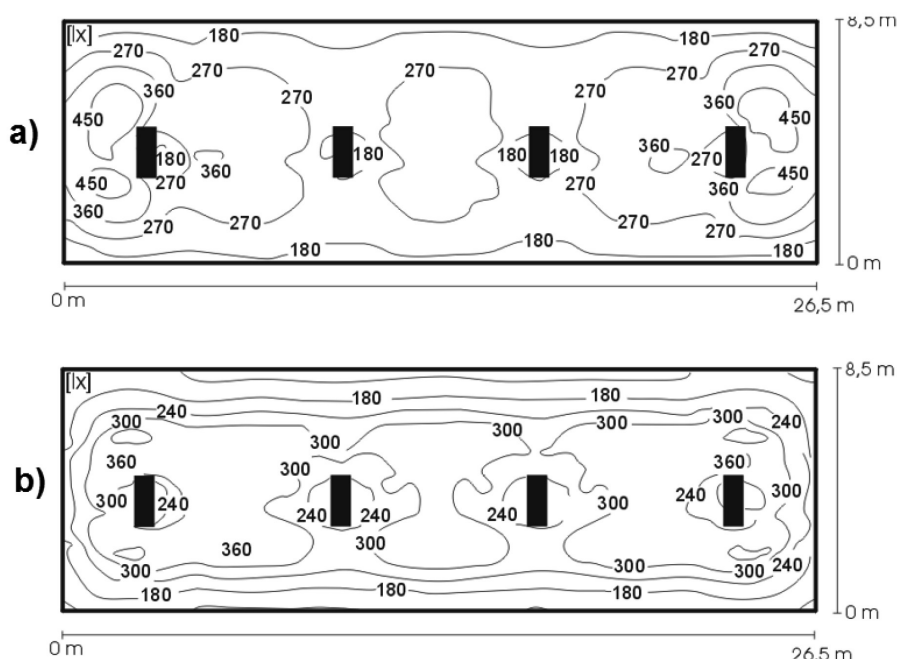
W symulacji opraw LED użyto 4 brył fotometrycznych komercyjnie dostępnych soczewek przeznaczonych do współpracy z diodami LED o mocy nominalnej 2W. Proporcje strumienia ustalono tak, aby wyniki symulacji na płaszczyźnie obliczeniowej zlokalizowanej pod wiatą, były jak najbardziej zbliżone do tych, które osiągnięto w symulacji z oprawami zawierającymi źródła CMH, dbając przy tym o to, by ograniczyć ilość światła emitowanego poza obrys wiaty. Analogicznie jak w poprzednim przypadku, zastosowano dwa rodza-

Ryc. 7. Krzywe światłości diod LED współpracujących z poszczególnymi soczewkami (oprawy skrajne: krzywa światłości oznaczona numerem 4, oraz oprawy wewnętrzne: krzywe światłości 1, 2 oraz 3) (<http://www.ledil.com/>).

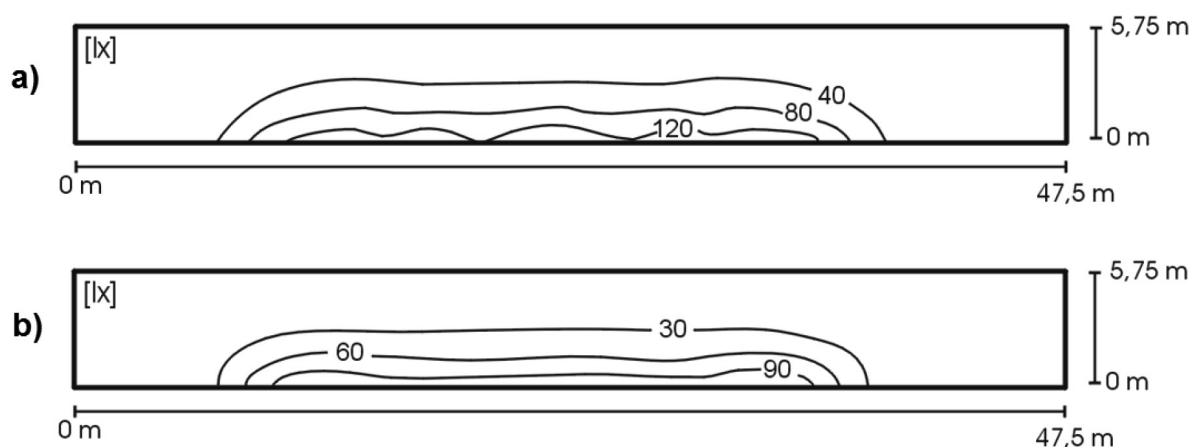
je opraw (charakterystyki na Ryc. 7). W celu zachowania porównywalnych parametrów określających jakość światła, w symulacji zastosowano diody LED o wysokim wskaźniku oddawania barw $R_a > 90$ oraz temperaturze barwowej 4000K. Oprawy wewnętrzne zawierają 72 diody o łącznej mocy 144W, generujące strumień świetl-

ny 13250 lm; szacowana moc tych opraw po uwzględnieniu strat zasilacza to około 158W, co daje skuteczność świetlną na poziomie ok. 84 lm/W. W przypadku opraw skrajnych możliwe było ograniczenie strumienia świetlnego do wartości 8000 lm, a moc tych opraw wyniosła ok. 84 W (oprawy zawierają 42 diody LED).

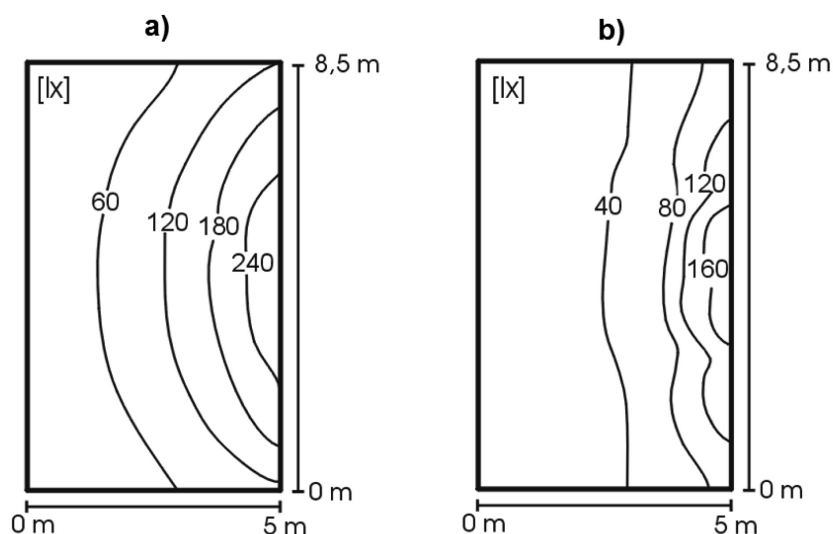
ZESTAWIENIE WYNIKÓW SYMULACJI



Ryc. 8. Rozkład natężenia oświetlenia pod wiatą stacji paliw (a, ze źródłem CMH; B, oprawa LED).



Ryc. 9. Rozkład natężenia oświetlenia w strefie A (a, symulacja ze źródłem CMH; b, symulacja z oprawą LED).



Ryc. 10. Rozkład natężenia oświetlenia w strefie B (a, symulacja ze źródłem CMH; b, symulacja z oprawą LED).

Ryc. 8 przedstawia rozkład natężenia oświetlenia pod wiatą stacji paliw na wysokości 1 m. Z symulacji z oprawą wyposażoną w źródło CMH, na powierzchni analizowanego obszaru osiągnięto średnie natężenie oświetlenia na poziomie 273 lx, zaś w symulacji z oprawą LED było to 265 lx.

Ryc. 9 oraz 10 przedstawiają rozkład natężenia oświetlenia w strefach bezpośrednio sąsiadujących z wiatą stacji paliw. Średnie natężenie oświetlenia w strefach A i B wyniosło odpowiednio: 36 lx i 56 lx (oprawy ze źródłem CMH) oraz kolejno 28 lx i 38 lx (oprawy ze źródłem LED).

PODSUMOWANIE

W symulacji z użyciem opraw LED z indywidualnie dobranymi soczewkami uzyskano średnie natężenie oświetlenia pod wiatą mniejsze o 3%, w stosunku do ceramicznych lamp metalohalogenowych (CMH), a więc niemal na tym samym poziomie. Natomiast średnie natężenie oświetlenia w strefie A (co można traktować jako miarę zanieczyszczenia światłem) zmniejszyło się o 25% w stosunku do lamp CMH, a w strefie B dzięki redukcji mocy skrajnych lamp spadło o 32%. Względna moc promienista w zakresie 300-480 nm jest zdecydowanie mniejsza w przypadku diod (LED ~10%; CMH ~26%). Oznacza to znaczną redukcję emisji światła niebieskiego. Całkowity pobór mocy przez oprawy LED to 1,2 kW, natomiast przez oprawy CMH to 1,77 kW. Ponadto, gdyby lampy LED były sprzężone z czujnikiem światła i systemem sterowania, możliwa byłaby dalsza redukcja pobieranej energii elektrycznej.

Na podstawie uzyskanych wyników można sugerować, że technologia LED, w połą-

czeniu z precyzyjnymi soczewkami, umożliwia zachowanie parametrów oświetleniowych określonej przestrzeni, osiągnięcie niższego zużycia energii oraz redukcję zanieczyszczenia światłem poprzez zawężenie kąta rozsyłu tak, aby oświetlać jedynie pożądane przestrzenie. Ponadto, stosowanie diod o wysokich wskaźnikach oddawania barw i niskich temperaturach barwowych umożliwia istotną redukcję emisji światła niebieskiego, które jest silnie rozpraszane w atmosferze i generuje efekt zanieczyszczenia światłem. Użycie jednej uniwersalnej matrycy LED wraz z różnymi kombinacjami soczewek daje niemal nieograniczone możliwości kształtowania rozsyłu światłości oprawy oświetleniowej. Koszty indywidualnie projektowanej lampy mogą być jednak wyższe niż standardowej, ze względu na złożony proces modelowania rozsyłu światłości. Tym niemniej, sam koszt produkcji jest zawsze taki sam, gdyż zależy tylko od ilości diod i soczewek (przy założeniu tej samej skali).

LITERATURA

ASHDOWN I., 2015. *Color temperature and outdoor lighting*. <http://agi32.com/blog/2015/07/07/color-temperature-and-outdoor-lighting/>

LUGINBUHL CH. B., BOLEY P. A., DAVIS R. D., 2014. *The impact of light source spectral power distribution on sky glow*. J. Quantit. Spectros. Radiat. Tran. 139, 21-26.

- FALCHI F., PIERANTONIO CINZANO D., DAVID M. K., HAIM A., 2011. *Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility*. J. Environ. Manag. 92, 14–22.
- GRYNCEWICZ W., 2012. *Wpływ barwy światła na poziom energooszczędności w oświetleniu zewnętrznym*. Oświetlenie Info. 3, 55–59.
- JURCZAK D., FRYC I., 2015. *Oświetlenie stacji benzynowej*. Elektro. Info. 4, 88–93.
- WIŚNIEWSKI A., 2009. *Wysokopiężne lampy wyładowcze*. [W:] *Technika Świetlna'09, Poradnik-informator. Tom 1*. DYBCZYŃSKI W., PRACKI P. (red.). Polski Komitet Oświetlenia, 112–130.
- YUNFEN J., WOLSEY R., 1994. *Dimming systems for high intensity discharge lamps*. Lighting Answ. 1, 1–8.

PIOTR JAKUBOWSKI

E-mail: piotr.7akubowski@gmail.com

ANALIZA WPŁYWU RODZAJU ŹRÓDŁA ŚWIATŁA ZASTOSOWANEGO W OŚWIETLENIU ZEWNĘTRZNYM STACJI PALIW NA EFEKT ZANIECZYSZCZENIA ŚWIATŁEM OTOCZENIA

Streszczenie

W artykule przedstawiono najpopularniejsze źródła światła stosowane w oświetleniu zewnętrznym. Źródła zostały przeanalizowane pod kątem ich parametrów użytkowych (parametry fotometryczne oraz elektryczne) oraz czynników mogących wpływać na efekt zanieczyszczenia światłem otoczenia. Przedstawiono też obszary zastosowań poszczególnych typów źródeł światła oraz wymagania dotyczące oświetlenia terenów zewnętrznych, a w szczególności obiektów popularnych w otoczeniu miejskim jakimi są stacje benzynowe. Na przykładzie projektu oświetlenia stacji paliw, wykonanego przy użyciu oprogramowania Dialux, oszacowano zanieczyszczenie otoczenia światłem w zależności od zastosowanej oprawy oświetleniowej. Porównano oprawy wyposażone w lampy metalohalogenkowe oraz diody LED.

PIOTR JAKUBOWSKI

E-mail: piotr.7akubowski@gmail.com

ANALYSIS OF THE IMPACT OF LIGHT SOURCE USED IN EXTERNAL PETROL STATION ILLUMINATION ON LIGHT POLLUTION EFFECT

Summary

The paper presents the most popular light sources in outdoor lighting. Basic utility parameters of lamps have been analysed (photometrical and electrical parameters) as well as factors which might have influence on light pollution. Typical applications of lamps have been presented, with special attention to urban lighting such as canopy illumination. Based on petrol station example and Dialux simulations – LED lamps have been analysed and compared with metal halide solution in perspective of area light pollution.