

ODDZIAŁYWANIE IMISYJNE ILUMINACJI

Streszczenie

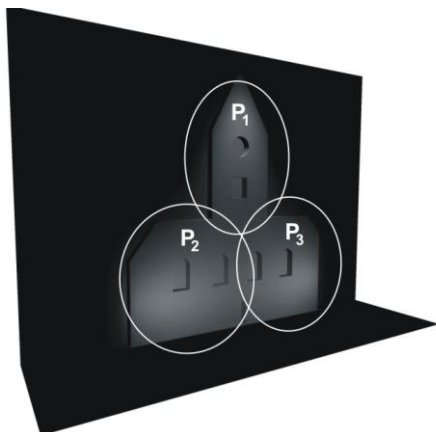
W artykule omówiono problematykę możliwości negatywnego oddziaływania iluminacji na otoczenie oświetlanych obiektów architektonicznych. W rozważaniach szczegółowych przedstawiono trzy aspekty imisji: obejmującej zagadnienie zaśmiecania światłem środowiska poza obrysem konturowym obiektu architektonicznego, oddziaływania iluminacji na warunki oświetleniowe panujące wewnątrz obiektu oraz imisję światłem w ramach zalewowej metody iluminacji. W oparciu o stosowane obecnie komputerowe techniki projektowania iluminacji zaproponowano metody pozwalające ocenić ryzyko występowania imisji w iluminacji.

WSTĘP

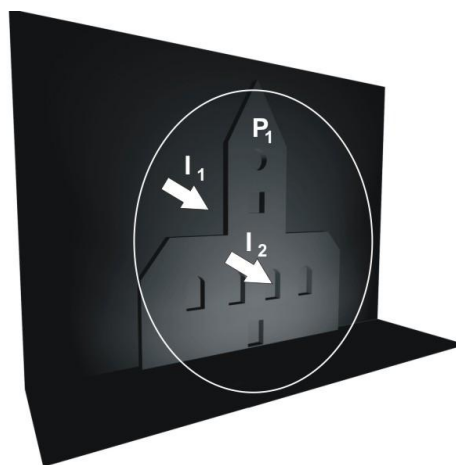
Wśród szeregu zadań iluminacji zasadnicze miejsce zajmuje kreowanie atrakcyjnego obrazu obiektu w porze nocnej z użyciem zewnętrznego oświetlenia elektrycznego. Jednak oświetlenie to, poza bez wątpienia wzmacnianiem piękna architektonicznego obiektu, tworzy równocześnie warunki negatywnego oddziaływania światła rozproszonego na środowisko naturalne [4, 6]. Aktualnie problematyka ta jest przedmiotem badań szczegółowych. W wyniku zaproponowanego przez współczesnych badaczy podziału, światło emitowane przez oprawy iluminacyjne może nadmiernie rozświetlać bliskie otoczenie wraz z obiektem oraz mogą tworzyć się warunki sprzyjające olśnieniu przykreemu obserwatorów przez nadmierną luminancję źródeł światła systemu iluminacyjnego (z oceny wyłącza się źródła oświetlenia drogowego) [5,9]. Zjawiska te nazwano terminem imisji światłem lub zanieczyszczeniem środowiska światłem.

W toku badań sformułowano zalecenia ilościowe, mające na celu ograniczenie zjawiska imisji światłem [3,8,10].

Odnoszą się one do okien oświetlanych budynków (dopuszczalne średnie natężenie oświetlenia na płaszczyźnie okna najbardziej oświetlonego spośród wszystkich w mieszkaniu) oraz tarasów i balkonów (dopuszczalne pionowe natężenie oświetlenia na przyległych ścianach). W zakresie oddziaływania olśnieniowego obejmują ustalenie maksymalnych, akceptowalnych poziomów średnich luminancji źródeł światła dla przyjętych kątów przestrzennych obserwacji optycznie aktywnych powierzchni opraw, luminancji otoczenia źródeł światła oraz współczynnika proporcjonalności [4]. W dziedzinie iluminacji ryzyko nadmiernego rozświetlenia okien mieszkań występuje zarówno w metodzie iluminacji strefowej jak i zalewowej (rys. 1) [12].



Rys. 1. Oddziaływanie imisyjne w iluminacji strefowej



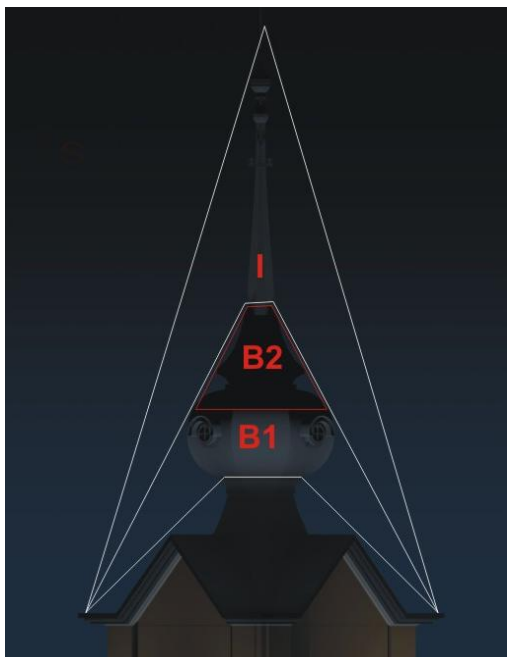
Rys. 2. Oddziaływanie imisyjne w iluminacji zalewowej

Rozświetlenie elewacji występuje w wyniku nałożenia się zespołu plam świetlnych P_1, P_2, P_3 na opisaną linią konturową obiektu powierzchnię. W przypadku iluminacji zalewowej (rys. 2) angażowanych jest mniej opraw oświetleniowych (skrajnie jedna o szerokim rozsyłe strumienia świetlnego, obejmująca wiązką świetlną P_1 cały zarys konturowy obiektu).

Jak widać na zamieszczonej ilustracji, poza rozświetleniem okien – imisja cząstkowa I_2 , pojawia się dodatkowo zagrożenie skierowania części wiązki świetlnej oprawy iluminacyjnej na zewnątrz obiektu, na sąsiadującą zabudowę lub w kierunku nieboskłonu – imisja cząstkowa I_1 .

1. IMISJA W OBRĘBIE STREFY ZEWNĘTRZNEGO OBRYSU KONTUROWEGO OBIEKTU ARCHITEKTONICZNEGO

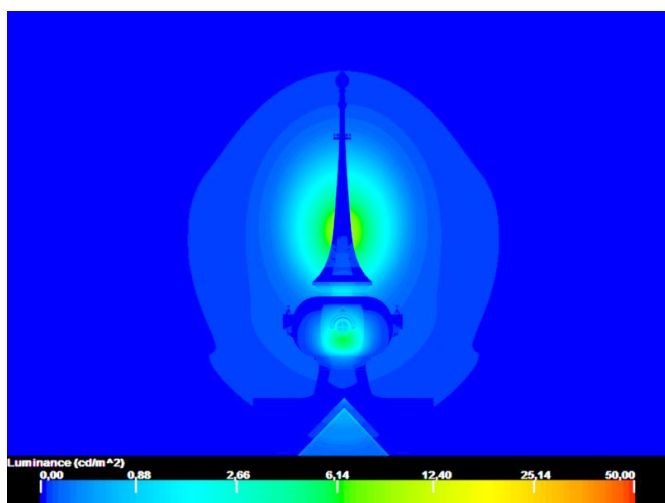
Na potrzeby analizy oddziaływania imisyjnego w obrębie otoczenia obiektu wykorzystano komputerową metodę projektowania opracowując model komputerowy Zamku Lubomirskich w Rzeszowie [7]. Wybór tego obiektu wynika ze specyficznego kształtu wieży dominującej nad otoczeniem, a ściślej cebulastego kształtu hełmu. Próba ograniczenia skali występowania imisji (smug świetlnych na drodze od obiektu do nieboskłonu) przez lokowanie sprzętu oświetleniowego u podstawy hełmu z nieco szerszymi rozsyłami nie przyniosło spodziewanych rezultatów (rys. 3). Co prawda część wiązki świetlnej oprawy iluminuje strefę iglicy (I) oraz dolną partię hełmu (B_1) ale niedoświetlona pozostaje część B_2 .



Rys. 3. Ograniczone możliwości prawidłowej iluminacji cebulastego hełmu wieży przy instalacji opraw w strefie szczytowej cokołu

Powyższy przykład wskazuje, iż dla niektórych kształtów hełmów jedynym sposobem ich pełnej iluminacji jest instalowanie opraw iluminacyjnych w dalszej odległości – na słupach latarniowych, elewacjach sąsiednich obiektów lub dachu zamku.

Dla oszacowania skali imisji związanej z iluminacją rozpatrywanego hełmu, bezpośrednio przed frontonem wieży zamkowej, na słupie latarnianym lokowano kolejno modele opraw o rozsyle obrotowo-symetrycznym oraz kątami rozsyle 8°, 21°, 29° oraz 46° [9]. Dodatkowo bezpośrednio za wieżą umieszczono pionową powierzchnię obliczeniową (rys. 4). Po wykonaniu obliczeń na powierzchni obliczeniowej uzyskano eliptyczną plamę świetlną związaną z całkowitym strumieniem oprawy iluminacyjnej. Imisja w tym wypadku to różnica pomiędzy polem eliptycznej plamy świetlnej a polem ograniczonym obrysem konturowym części cokołu wieży oraz hełmu.

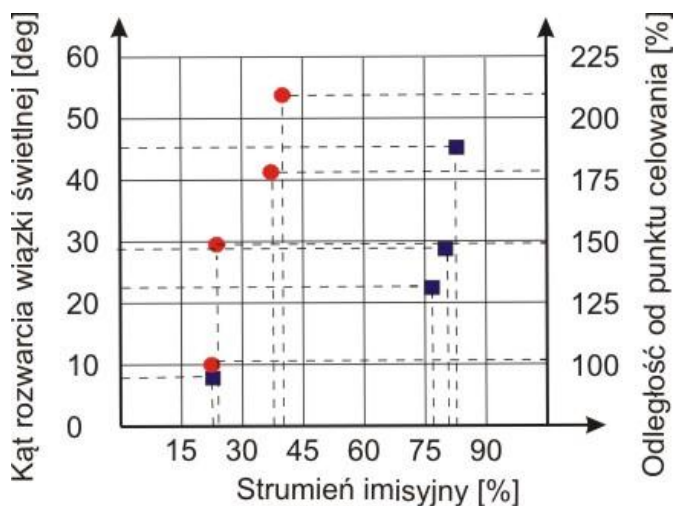


Rys. 4. Rozkład luminancji na powierzchni tła oraz hełmu dla przykładowego symulacyjnego z zastosowaniem obrotowo-symetrycznej oprawy iluminacyjnej o kącie rozsyle 8 stopni

Zastosowanie wąskostrumieniowej oprawy do iluminacji hełmu, której wiązka świetlna obejmuje w całości hełm, prowadzi to wypro-

mieniowania w stronę nieboskłonu 22% strumienia (możliwa widoczna w porze obniżonej przejrzystości powietrza nieestetyczna smuga świetlna, widoczna z dalekich kierunków obserwacji obiektu). Zestawienie pozostałych wyników przeprowadzonej analizy umieszczono na rysunku 5 (niebieskie punkty obliczeniowe).

Niestety oprawy z niewiele szerszymi rozsylami nie powinny być stosowane do iluminacji szczytowych partii obiektów. Oprawa wyposażona w układ optyczny, realizujący rozsył o kącie 46° będzie emitować poza kontur hełmu ok. 80% strumienia świetlnego.



Rys. 5. Wykres zależności wielkości strumienia imisyjnego od przyjętego systemu odbłyśnikowego oprawy iluminacyjnej oraz jej odległości od iluminowanej strefy obiektu architektonicznego

Dodatkowej analizie poddano wpływ zmiany lokalizacji oprawy oświetleniowej o rozsyle z kątem 8° na poziom imisji w rejonie hełmu (rys.5). Wyniki porównawcze kolejnych obliczeń potwierdzają przypuszczenie, iż koncentrowany przez układ optyczny przemieszczanej oprawy strumień świetlny będzie tworzył na powierzchni obliczeniowej plamę świetlną o dużo niższej dynamice zmian: dla oddalenia o 50% imisja wzrosła z 22% do 25%. Bez nadmiernego zwiększenia imisji możliwa jest zatem zmiana miejsc lokalizacji opraw wąskostrumieniowych np. celem grupowania ich z innym sprzętem iluminacyjnym w baterie lub zapewnienia lepszych warunków zasilania bądź punktów montażu.

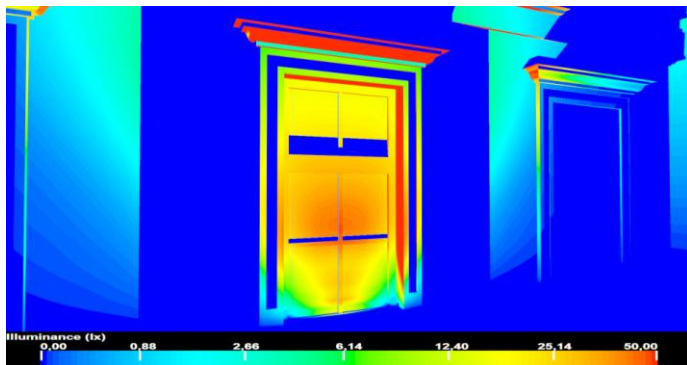
2. IMISJA W OBRĘBIE WNĘTRZA OBRYSU KONTUROWEGO OBIEKTU ARCHITEKTONICZNEGO – ODZIAŁYWANIE OKIENNE

Wytyczne prawidłowej iluminacji, prezentowane w literaturze przedmiotu, zawierają zalecane poziomy natężenia oświetlenia na elewacji w zależności od materiału elewacji, poziomu jasności otoczenia stanu czystości elewacji oraz rodzaju źródła światła [2,12]. Najniższa proponowana średnia wartość natężenia oświetlenia jasnej elewacji wynosi 20 lx (bez uwzględnienia współczynników korekcyjnych, podnoszących tę wartość). O ile w obiekcie tak iluminowanym przebywają ludzie przez dłuższy czas, to taki poziom oświetlenia tworzy warunki nadmiernego rozjaśnienia - szczególnie rejonów wnek okiennych.

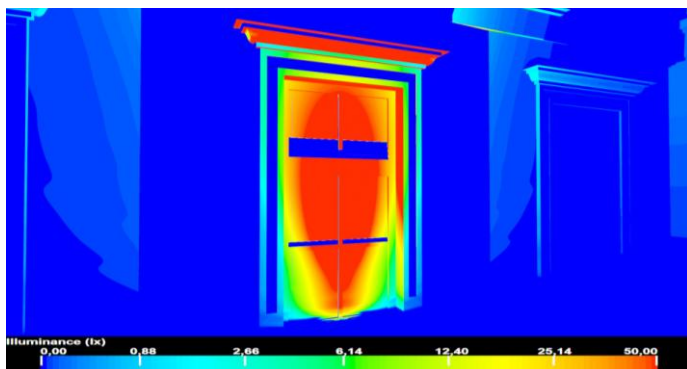
W kontekście imisji graniczna dopuszczalna wartość rozjaśnienia dla zdefiniowanych przedziałów czasowych 6h ..20h, 20h ..22h oraz 22h ..6h wynosi 3 lx. Wytyczne te dotyczą źródeł światła o barwie białej lub zbliżonej do białej, promieniujących strumień świetlny stały nie krócej każdorazowo niż przez godzinę, co najmniej kilka razy w tygodniu.

Na potrzeby analizy skali imisji w obrębie okien wykonano symulacje obliczeniowe z wykorzystaniem liniowych, półprzewodnikowych opraw, produkowanych przez jednego z czołowych producentów sprzętu oświetleniowego. Modele opraw były kolejno rozmieszczone na zewnętrznym parapecie okna zamku i celowane pionowo w górę. Zazwyczaj taki sposób montażu oprawy pozwala atrakcyjnie rozświetlić wnękę okienną oraz iluminować fragmenty gzymsu nad oknem. Rezultaty obliczeń w postaci rozkładu natężenia oświetlenia na powierzchni okna przedstawiono na rysunkach 6-8.

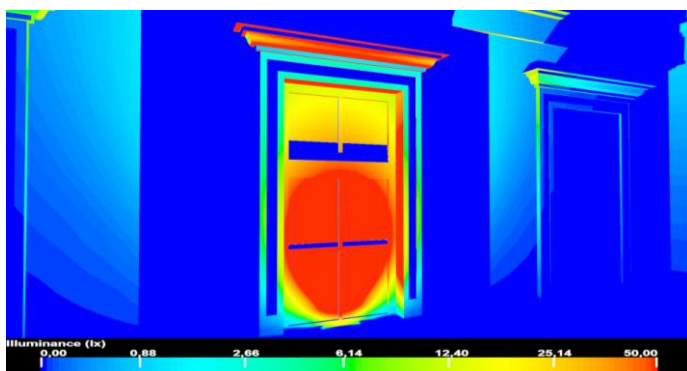
We wszystkich trzech przypadkach uzyskane rozkłady natężenia oświetlenia znacząco przekraczają dopuszczalny poziom rozświetlenia wnęki okiennej. W tym wypadku jedynym środkiem zaradczym przed nadmiernym rozświetleniem wnętrza jest użycie źródeł LED o dużo mniejszej mocy.



Rys. 6. Rozkład natężenia oświetlenia na powierzchni okna dla przykładowego symulacyjnego z zastosowaniem oprawy liniowej z rozsyłem $10^\circ \times 60^\circ$



Rys. 7. Rozkład natężenia oświetlenia na powierzchni okna dla przykładowego symulacyjnego z zastosowaniem oprawy liniowej z rozsyłem $15^\circ \times 30^\circ$



Rys. 8. Rozkład natężenia oświetlenia na powierzchni okna dla przykładowego symulacyjnego z zastosowaniem oprawy liniowej z rozsyłem $30^\circ \times 60^\circ$

3. IMISJA WEWNĄTRZ OBRYSU KONTUROWEGO OBIEKTU ARCHITEKTONICZNEGO – ODZIAŁYWANIE ELEWACYJNE

W praktyce projektowej, poza metodą zalewową oraz punktową iluminacji, stosowana jest metoda mieszana [12]. Polega ona na konturowym rozświetleniu elewacji, a następnie tworzeniu dodatkowych akcentów świetlnych, podkreślających atrakcyjne elementy ornamentyki. Dość często, szczególnie w strefach zurbanizowanych, pojawiają się trudności z jednorodnym rozświetleniem konturowym elewacji. Wynika to z faktu oddziaływania świetlnego na elewację opraw ulicznych.

Dla zbadania skali tego oddziaływania użyto matrycowy miernik luminancji [11]. Analizie poddano dwa przypadki: rozmieszczenie słupów oświetlenia ulicznego w pewnej odległości od elewacji (zwykle po drugiej stronie ulicy) oraz umiejscowienie ich w bezpośrednim sąsiedztwie (rys. 9-10).



Rys. 9. Rozkład plam świetlnych, pochodzących od zespołu opraw ulicznych (słupy usytuowane w większej odległości od elewacji kamienic)



Rys. 10. Rozkład plam świetlnych, pochodzących od zespołu opraw ulicznych (słupy usytuowane w bliskiej odległości od elewacji kamienic)

Mimo znacznych odległości opraw ulicznych od elewacji oraz wysokich słupów nie uzyskuje się jednorodnego rozświetlenia elewacji zarówno w osi poziomej (na ilustracji zamieszczono punkty porównawcze 1-8) jak i pionowej (ograniczone do dolnej półsfery promieniowanie strumienia świetlnego opraw ulicznych). W takiej sytuacji istniejące konturowe rozświetlenie elewacji trzykondygnacyjnych budynków bardzo trudno jest "wyrównać" dodatkowym sprzętem iluminacyjnym.

Jeszcze bardziej niekorzystnie przedstawia się rozświetlenie elewacji kamienic przez oprawy uliczne rozlokowane w bliskiej odległości od fasad. Przykład dużej niejednorodności rozświetlenia elewacji w osi pionowej zilustrowano na rys. 10.

Ewentualne wykorzystanie opraw ulicznych do konturowej iluminacji elewacji może mieć miejsce w odniesieniu do obiektów

stosunkowo niskich oraz takiego rozmieszczenia słupów, które zapewni pokrywanie się na elewacji plam świetlnych poszczególnych opraw. Oczywiście barwa źródeł światła opraw ulicznych oraz ich wskaźnik oddawania barw powinien odpowiadać cechom barwnym elewacji.

Trudno na koniec nie wspomnieć o drugim parametrze emisji świetlnej – olśnieniu. W dobie coraz powszechnie wprowadzanych na rynek oświetleniowych półprzewodnikowych źródeł LED należy zauważyć, iż luminancja źródeł LED jest bardzo wysoka – porównywalna z luminancją żarówek żarówek o dużej mocy. Może osiągnąć wartość ok 10 Mcd/m² [1]. Dla porównania warto podać, iż maksymalna akceptowalna wartość luminancji źródła światła wynosi ok 1000 cd/m², zakładając luminancję otoczenia na poziomie 0,1 cd/m², współczynnik proporcjonalności z wartością 32 oraz przestrzenny kąt obserwacji o wartości 0,0001 sr. Z tego punktu widzenia zagrożenie olśnieniowe systemów iluminacyjnych jest duże.

PODSUMOWANIE

Wnioski końcowe sformułowano następująco:

- w pracach projektowych iluminacji z użyciem graficznych aplikacji obliczeniowych można z powodzeniem wykorzystywać pomocnicze powierzchnie obliczeniowe dla szacowania wielkości strumienia emisji,
- zmniejszenie emisji w partiach szczytowych obiektów architektonicznych (szczególnie wieże) wymaga stosowania opraw iluminacyjnych o możliwie dużym poziomie koncentracji wiązki świetlnej,
- rozświetlenie okien budynków zamieszkałych powinno odbywać się z użyciem źródeł światła o małej luminancji, niewielkiej mocy oraz odpowiednio dobranym rozsyłem strumienia świetlnego,
- w pracach symulacyjnych iluminacji należy analizować rozkłady natężenia oświetlenia na powierzchniach okien,
- szczególnie w obszarach miejskich oświetlenie uliczne w odniesieniu do planowanych iluminacji ma charakter emisyjny.

BIBLIOGRAFIA

1. Wiśniewski A., *Źródła światła*. Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa 2013.
2. CIE Technical Report No 94 - Guide for Floodlighting.
3. Entwurf TC5.12 "Obtrusive light," 01/2001.
4. Leszczyńska H., *Zanieczyszczenie – Imisja światłem*. Technika Świetlna 09, Warszawa 2009.
5. Hinweise zur Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen. Beschluss des Laenderausschusses fuer Immissionschutz vom 10. Mai 2000.
6. Grzonkowski J., *Ekologiczne aspekty oświetlenia*. Elektroinstalator nr 9/97 – Technika Świetlna s.82-86.
7. Krupiński R., *Modelowanie 3D dla potrzeb iluminacji obiektów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
8. Messung und Beurteilung von Lichtimmissionen kuenstlicher Lichtquellen. LiTG – Publication No 12.2 1996
9. PN-90/E-01005. Technika Świetlna. Terminologia.
10. Publication 150 „Guide on the limitation of effects of obtrusive light from outdoor installations, 2003.
11. Słomiński S., *Prawidłowa rejestracja obrazu obiektu iluminowanego - problemy wynikające z możliwości oprogramowania i*

- ograniczeń sprzętu*. Przegląd Elektrotechniczny, Sigma NOT, vol. 89, 2013, ss. 259-261.
12. Żagan W., *Iluminacja Obiektów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

IMMISSIONAL IMPACT OF ILLUMINATIONS

Abstract

The article discusses the issue of the possibility of negative impact of illumination of architectural objects on the environment. In detailed considerations are presented three aspects of immissions: the issue of light pollution on the environment outside of the contour of the architectural object, impact of illumination on the lighting conditions inside the building and immission of the floodplain illumination method. Based on the currently used computer design techniques of illumination are proposed methods to assess the risk of immission in illumination.

Autorzy:

dr inż. **Henryk Wachta** – Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W.Pola 2, 35-959 Rzeszów, 17 865 1977, e-mail:hwachta@prz.edu.pl
inż. **Paulina Bojda** – Politechnika Rzeszowska, e-mail:paulbojda@gmail.com