

Wymagania oświetleniowe dla zewnętrznych terenów kolejowych

Oświetlenie terenów kolejowych jest zadaniem złożonym, mamy do czynienia z różnorodnymi użytkownikami oświetlenia: piesi, pasażerowie, kierowcy samochodów, kierujący pojazdami szynowymi, pracownicy obsługi.

Zapotrzebowanie na przewozy kolejowe wymusza m.in. stałą modernizację taboru i infrastruktury kolejowej. Jednym z zadań modernizacyjnych jest poprawa efektywności i jakości oświetlenia terenów zewnętrznych na kolei.

Właściwie zaprojektowane, a następnie zrealizowane oświetlenie terenów zewnętrznych na kolei w porze nocnej powinno zapewnić każdemu użytkownikowi wygodę widzenia oraz stwarzać odpowiednie otoczenie świetlne.

Pewne wymagania i zalecenia związane z wykonywaniem projektów oświetleniowych zostały ujęte w ramy normalizacyjne.

W 2005 r. Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa (CIE) wydała normę Lighting of Outdoor Work Places [1]. Norma ta zawiera wymagania oświetleniowe dotyczące terenów zewnętrznych oraz wymagania i zalecenia dotyczące niektórych wielkości oświetleniowych istotnych przy projektowaniu oświetlenia, a także określa procedury weryfikacyjne.

Norma [1] została opracowana przez komitety techniczne Dywizji 5 CIE i 169 CEN. Pomogła ona wypełnić lukę, jaka powstała po wprowadzeniu normy [2] dotyczącej oświetlenia miejsc pracy we wnętrzach, która zastąpiła normę [3] związaną z oświetleniem części terenów zewnętrznych (tj. terenów budowy, przemysłowych, kolejowych, portowych, dworców i środków transportu publicznego) oraz normę [4] związaną z oświetleniem obiektów energetycznych.



Wspomnianą lukę, która powstała po wprowadzeniu normy [2] (zastępującej normę [3]), wypełniła nowa norma [5] dotycząca oświetlenia terenów zewnętrznych. Niestety nie została ona przetłumaczona na język polski, co mogło sprawiać kłopoty z jej sprawnym wykorzystywaniem w praktyce. W 2008 r. norma [5] została przetłumaczona i zastąpiona przez normę [6], która jest aktualnie obowiązującą normą w przedmiotowym zakresie.

W normie szczegółowe wymagania określono odnośnie do:

- średniego natężenia oświetlenia;
- równomierności oświetlenia;
- olśnienia (wskaźnik GR);
- oddawania barw;

będą one scharakteryzowane w niniejszym opracowaniu odnośnie do terenów zewnętrznych na kolei.

Pozostałe wymagania (część z nich sformułowano w formie zaleceń) obejmują:

- rozkład luminancji;
- natężenie oświetlenia i jego równomierność na polu pracy wzrokowej i w jego bliskim otoczeniu;
- ograniczenie olśnienia (sposób oceny olśnienia, ograniczenie olśnienia przeszkadzającego, ograniczenie olśnienia dekontrastującego i odbiciowego);
- ograniczenie światła przeszkadzającego;
- kierunkowość światła (modelowanie, kierunkowe oświetlenie przedmiotów pracy wzrokowej);
- barwę światła i oddawanie barw;
- tętnienie światła i efekt stroboskopowy;
- współczynnik utrzymania;
- aspekty związane z oświetleniem zrównoważonym (m.in. energooszczędność, redukcja światła obcego);
- oświetlenie awaryjne.

Tab. 1. Związek pomiędzy natężeniem oświetlenia na polu pracy wzrokowej i natężeniem oświetlenia w bezpośrednim otoczeniu pola pracy wzrokowej

Natężenie oświetlenia na polu pracy wzrokowej [lx]	Natężenie oświetlenia w bezpośrednim otoczeniu pola pracy wzrokowej [lx]
≥ 500	100
300	75
200	50
150	30
$50 \leq E_{\text{sr}} \leq 100$	20

< 50	–
------	---

Wymagania normalizacyjne

Wymagania dotyczące średniego natężenia oświetlenia i równomierność oświetlenia

Odpowiedni poziom natężenia oświetlenia i jego równomierność na polu pracy wzrokowej oraz w jego bezpośrednim otoczeniu decydują o szybkości, bezpieczeństwie i komforcie wykonania zadania wzrokowego. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, aby rozkład luminancji w polu widzenia zapewniał właściwą adaptację wzroku – chodzi o zapewnienie wygody widzenia.

Szczegółowe wymagania dotyczące eksploatacyjnego natężenia oświetlenia na polu pracy wzrokowej zestawiono w tab. 4 i 5. Podane poziomy powinny być nie niższe, niż podano w tabeli, niezależnie od stanu i wieku instalacji oświetleniowej.

W normie przyjęto następującą skalę stopniowania poziomów natężenia oświetlenia (w luksach) dla terenów kolejowych zewnętrznych:

5 – 10 – 15 – 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000

Określona wartość średniego natężenia oświetlenia może być dostosowana, ze zmianą co najmniej o jeden stopień na skali stopniowania, jeśli warunki widzenia są inne, niż pierwotnie zakładano. Prawie półtorakrotna zmiana wartości natężenia oświetlenia powoduje odczucie najmniejszej zmiany w oświetleniu.

W normie zaleca się zwiększenie wymaganego eksploatacyjnego natężenia oświetlenia w przypadkach gdy:

- praca wzrokowa ma szczególne znaczenie;
- zadanie wzrokowe lub pracownik są w ruchu;
- naprawa błędów jest kosztowna;
- duże znaczenie ma dokładność lub wysoka wydajność pracy;
- wydolność wzrokowa pracownika jest poniżej zakładanej normy;
- szczególne znaczenie mają niezwykle małe wymiary lub mały kontrast;
- zadanie wykonywane jest w bardzo krótkim czasie.

W normie dopuszcza się niższe wartości natężenia oświetlenia (oraz równomierności oświetlenia) w bezpośrednim otoczeniu pola pracy wzrokowej niż wartości natężenia oświetlenia (oraz równomierności oświetlenia) na polu pracy wzrokowej, lecz nie niższe niż wartości podane w tab. 1.

Pole pracy wzrokowej określono jako część pola na miejscu pracy, gdzie wykonywana jest praca wzrokowa. Natomiast bezpośrednie otoczenie pola pracy wzrokowej zdefiniowano jako pas, o szerokości co najmniej 2 m, otaczający pole pracy wzrokowej, a występujący w polu widzenia.

Tab. 2. Maksymalne dopuszczalne światło przeszkadzające pochodzące od zewnętrznych instalacji oświetleniowych [6]

Strefa środowiska	Światło na nieruchomościach	Światłość oprawy	Strumień półprzest.	Luminancja

					górny		
	E_v [lx]		I [cd]		ULR [%]	L_b [cd/m ²]	L_s [cd/m ²]
	Poza okresem ochrony ¹⁾	W okresie ochrony	Poza okresem ochrony	W okresie ochrony		Fasada budynku	Znaki
E_1	2	0	2 500	0	0	0	50
E_2	5	1	7 500	500	5	5	400
E_3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E_4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

¹⁾ Gdy okres ochrony (tłumaczony w normie jako czas przyciemniania) nie jest zdefiniowany, nie należy przekraczać wyższych wartości natężenia oświetlenia, a niższe wartości należy traktować jako preferowane.

W tabeli poszczególne wielkości oznaczają:

E_1 – strefy, gdzie praktycznie nie dopuszcza się oświetlenia nocą (np. parki narodowe lub tereny chronione);

E_2 – strefy o dopuszczalnej niskiej jaskrawości (np. tereny przemysłowe, mieszkalne wiejskie);

E_3 – strefy o dopuszczalnej średniej (umiarkowanej) jaskrawości (np. tereny przemysłowe, mieszkalne podmiejskie);

E_4 – strefy o dopuszczalnej wysokiej jaskrawości (np. centra miejskie, tereny handlowe)

oraz:

E_v – maksymalna wartość pionowego natężenia oświetlenia w obrębie nieruchomości [lx];

I – światłość każdego ze źródeł światła w potencjalnej strefie zagrożenia światłem przeszkadzającym [cd];

ULR – półprzestrzenny górny strumień świetlny instalacji oświetleniowej, odniesiony do całkowitego strumienia świetlnego instalacji oświetleniowej (dla opraw montowanych w przewidzianej do instalacji pozycji i pochyleniu) [%];

L_b – maksymalna wartość średniej luminancji fasady budynku [cd/m^2];

L_s – maksymalna wartość średniej luminancji znaków [cd/m^2].

W obliczeniach (ewentualnie weryfikacji) należy przyjąć siatkę (raster) obliczeniową o kształcie jednostkowego pola, zbliżonym do kwadratu – najlepiej gdy jest to kwadrat, ale nie zawsze pozwalają na to wymiary analizowanej powierzchni. W pozostałych przypadkach iloraz długości do szerokości jednostkowego pola siatki powinien zawierać się w granicach od 0,5 do 2.

Maksymalny wymiar siatki pomiarowej należy obliczyć z zależności:

$$p = 0,2 \times 5^{\log d}$$

gdzie:

$p \leq 10$, przy czym p jest maksymalnym wymiarem pojedynczego pola siatki pomiarowej [m];

d – dłuższy wymiar mierzonej powierzchni [m], gdy iloraz dłuższego boku do krótszego jest mniejszy niż 2, w przeciwnym przypadku jest krótszym wymiarem mierzonej powierzchni.

Obliczenia (weryfikację obliczeń) należy wykonywać w środkach jednostkowych pól siatki obliczeniowej.

W normie określono, że równomierność oświetlenia U_o (rozumiana jako iloraz wartości minimalnej E_{\min} i wartości średniej E_{sr}) powinna być możliwie wysoka. Wymagane wartości równomierności oświetlenia na polu pracy wzrokowej, dla poszczególnych rodzajów terenów, zestawiono w tab. 4 i 5. Dla części terenów kolejowych przedstawiono również wymagane wartości równomierności U_d , określonej jako iloraz wartości minimalnej E_{\min} i wartości maksymalnej E_{\max} .

W normie określono, że równomierność oświetlenia w bezpośrednim otoczeniu pola pracy wzrokowej nie powinna być niższa niż 0,1.

W wybranych przypadkach, m.in. torów kolejowych, peronów, istotnym kryterium jakości oświetlenia jest także zróżnicowanie natężenia oświetlenia (zgodnie z tab. 4).

Tab. 3. Maksymalna wielkość progu różnicy luminancji pochodząca od światła przeszkadzającego [6]

Parametr świetlny	Klasyfikacja drogi ¹⁾			
	Brak oświetlenia	M5	M4/M3	M2/M1

Próg różnicy luminancji (TI) ^{2) 3) 4)}	15% przy luminancji adaptacji 0,1 cd/m ²	15% przy luminancji adaptacji 1 cd/m ²	15% przy luminancji adaptacji 2 cd/m ²	15% przy luminancji adaptacji 5 cd/m ²

1) Klasyfikacja dróg według normy EN 13201-2.

2) Klasyfikacja wskaźników TI według normy EN 13201-3.

3) Zalecenia należy stosować, gdy u użytkowników następuje obniżenie zdolności postrzegania podstawowych informacji z otoczenia. Wartości podano dla pozycji i kierunków obserwacji zgodnych z kierunkiem ruchu na danej drodze.

4) W normie [10] podano odpowiednie wartości luminancji zamglenia L_v (w normie przetłumaczonej jako dekontrastującej).

Wymagania dotyczące olśnienia

W oświetleniu terenów zewnętrznych może wystąpić olśnienie przeszkadzające, bezpośrednie lub odbiciowe. Ważne jest **ograniczanie olśnienia w celu uniknięcia błędów i wypadków podczas pracy oraz zmęczenia użytkowników**. Poza tym gdy typowy kierunek obserwacji użytkowników skierowany jest powyżej płaszczyzny poziomej oczu, należy zastosować specjalne środki ograniczające olśnienie.

W normie określono, aby olśnienie przeszkadzające wyznaczać według metody wskaźników olśnienia GR (przedstawionej w [7]), a stopień olśnienia urządzenia oświetleniowego nie powinien przekraczać wartości podanych w wymaganiach szczegółowych normy (część z nich zawierają tab. 4 i 5). Ocenę olśnienia zaleca się określać dla rastra obliczeniowego, przy 45-stopniowych przedziałach kątowych z kierunkiem 0°, przyjętym jako równoległy do dłuższego boku pola zadania wzrokowego. Wszystkie założenia przyjęte przy wyznaczaniu wskaźnika GR powinny być podane w dokumentacji projektu.

W normie określono także sposoby ograniczania olśnienia odbiciowego i dekontrastującego, tj. właściwe wzajemne usytuowanie opraw i pól pracy wzrokowej, właściwe pokrycie powierzchni pracy wzrokowej (np. pokrycie matowe), stosowanie opraw niskoluminancyjnych lub o dużej powierzchni świecącej.

Tab. 4. Szczegółowe wymagania oświetleniowe dla wybranych terenów zewnętrznych na kolei [6]

Rodzaj terenu zewnętrznego	E_{sr} [lx]	U_o	GR	R_a	Uwagi
Tereny kolejowe łącznie z kolejami lekkimi,					Unikać olśnienia

pojazdami jednoszynowymi, kolejami miniaturowymi, metrem itp.					kierowców pojazdów
Tory w pasażerskiej strefie stacji, również postojowe	10	0,25	50	20	$U_d \geq 1/8$
Stacje rozrządowe: płaski rozrząd, hamulce torowe i klasyfikacja	10	0,4	50	20	$U_d \geq 1/5$
Górki rozrządowe	10	0,4	45	20	$U_d \geq 1/5$
Tor towarowy (operacje krótkotrwałe)	10	0,25	50	20	$U_d \geq 1/8$
Perony otwarte (pociągi podmiejskie i lokalne z małą liczbą pasażerów)	15	0,25	50	20	1. Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów 2. $U_d \geq 1/5$
Chodniki	20	0,4	50	20	
Skrzyżowania jednopoziomowe	20	0,4	45	20	
Perony otwarte (pociągi podmiejskie i regionalne z dużą liczbą pasażerów lub usługi międzymiastowe z małą liczbą pasażerów)	20	0,4	45	20	1. Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów 2. $U_d \geq 1/5$
Tor towarowy (operacje ciągłe)	20	0,4	50	20	$U_d \geq 1/5$

Perony otwarte (w strefach towarowych)	20	0,4	50	20	$U_d \geq 1/5$
Obsługiwanie pociągów i lokomotyw	20	0,4	50	40	$U_d \geq 1/5$
Place kolejowe ze strefami załadunku	30	0,4	50	20	$U_d \geq 1/5$
Strefa sprzęgła	30	0,4	45	20	$U_d \geq 1/5$
Schody (małe i średnie stacje)	50	0,4	45	40	
Perony otwarte (usługi międzymiastowe)	50	0,4	45	20	1. Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów 2. $U_d \geq 1/5$
Perony zadane (pociągi podmiejskie lub regionalne, lub usługi międzymiastowe z małą liczbą pasażerów)	50	0,4	45	40	1. Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów 2. $U_d \geq 1/5$
Perony zadane (w strefach towarowych, operacje krótkotrwałe)	50	0,4	45	20	$U_d \geq 1/5$
Perony zadane (usługi międzymiastowe)	100	0,5	45	40	1. Zwrócić szczególną uwagę na krawędzie peronów

					2. $U_d \geq 1/3$
Schody (duże stacje)	100	0,5	45	40	
Perony zadaszone (w strefach towarowych, operacje ciągłe)	100	0,5	45	40	$U_d \geq 1/5$
Kanał rewizyjny	100	0,5	40	40	Stosować oświetlenie miejscowe z niskim olśnieniem
gdzie:					
E_{sr} – minimalna wartość średniego eksploatacyjnego natężenia oświetlenia					
U_o – minimalna wartość równomierności oświetlenia rozumianej jako iloraz E_{min} i E_{sr}					
GR – maksymalna wartość wskaźnika olśnienia					
R_a – minimalna wartość ogólnego wskaźnika oddawania barw					

Wymagania dotyczące wskaźnika oddawania barw

W oświetleniu terenów zewnętrznych pożądane jest, aby barwy obiektów, barwy w otoczeniu oraz barwy ludzkiej skóry wyglądały naturalnie.

Barwa światła określona jest liczbowo przez temperaturę barwową najbliższą T_b . Barwa światła może być sklasyfikowana jako:

- ciepła (gdy $T_b < 3300$ K);
- pośrednia (3300 K $< T_b < 5300$ K);
- zimna ($T_b > 5300$ K).

Obiektywną ocenę właściwości oddawania barw umożliwia ogólny wskaźnik oddawania barw R_a . Minimalne dopuszczalne wartości ogólnego wskaźnika oddawania barw R_a podano w tablicach szczegółowych, w zależności od rodzaju terenu zewnętrznego (część z nich zawierają tab. 4 i 5). W normie w przypadku terenów zewnętrznych na kolei przyjęto stopniowanie wartości ogólnego wskaźnika oddawania barw R_a od 20 do 40.

Barwy znaków bezpieczeństwa powinny być zawsze rozpoznawalne, a ogólny wskaźnik oddawania barw R_a w takich zastosowaniach powinien być nie mniejszy niż 20.

Tab. 5. Szczegółowe wymagania oświetleniowe dla wybranych terenów zewnętrznych na kolei [6]

Rodzaj terenu zewnętrznego	E_{sr} [lx]	U_o	GR	R_a
Drogi wyłącznie dla pieszych	5	0,25	50	20
Strefy ruchu dla wolno poruszających się pojazdów (maks. 10 km/h), tj. rowerów, samochodów ciężarowych, koparek	10	0,4	50	20
Normalny ruch pojazdów (maks. 40 km/h)	20	0,4	50	20
Przejścia dla pieszych, zawracanie pojazdów, punkty załadunku i rozładunku pojazdów	50	0,4	50	20

Wymagania dotyczące światła przeszkadzającego (zwanego też intruzyjnym lub obcym)

W przypadku oświetlenia terenów zewnętrznych należy zwrócić uwagę, aby światło sztuczne było kierowane na obiekty lub obszary wymagające oświetlenia. Nieracjonalne wykorzystanie światła może prowadzić do istotnych problemów natury psychologicznej i ekologicznej dla ludzi i środowiska. Źródłem światła przeszkadzającego, zwanego też intruzyjnym (ang. obtrusive light), są oprawy oświetleniowe emitujące światło w półprzestrzeń górną (poza obiekt oświetlany), a także światło odbite i rozproszone.

W normie wprowadzono zalecenia mające na celu ograniczenie światła przeszkadzającego, które mogłoby wywoływać uciążliwości u ludzi, zwierząt i środowiska naturalnego. Zalecenia te zestawiono w tab. 2 i 3. W niektórych krajach określone są okresy (ang. carefew), w których wymagania związane z kontrolą światła przeszkadzającego są bardziej rygorystyczne (podział taki zawiera tab. 2).

Zestawienie wybranych szczegółowych wymagań normalizacyjnych

W normie [6] szczegółowe wymagania normalizacyjne (tab. 4) określono dla następujących grup terenów zewnętrznych: strefy komunikacyjne, porty lotnicze, tereny budowy, kanały, śluzy, porty, gospodarstwa rolne, stacje paliw, tereny przemysłowe i magazynowe, platformy wydobywcze ropy i gazu, parkingi, tereny przemysłu petrochemicznego i inne niebezpieczne, siłownie, elektrownie, gazownie i ciepłownie, koleje i linie tramwajowe, tartaki, stocznie i doki, elektrownie wodne i stacje oczyszczania ścieków.

Obszary zewnętrzne na kolei są bardzo różnorodne i wykonywane są na nich zróżnicowane

czynności. W tab. 5 zestawiono wymagania ogólne dla stref komunikacyjnych.

Zalecenia normalizacyjne

Zalecenia dotyczące tętnienia światła i efektów stroboskopowych. W normie wskazuje się, że tętnienie światła powoduje dekoncentrację i może być przyczyną bólów głowy. Efekty stroboskopowe mogą powodować niebezpieczne sytuacje w wyniku zmian postrzegania ruchu obrotowego lub posuwisto-zwrotnego w maszynach. Dlatego zaleca się, aby systemy oświetleniowe były tak projektowane, aby uniknąć efektu tętnienia światła oraz efektów stroboskopowych. Zazwyczaj można to osiągnąć przez dobranie odpowiedniego sprzętu oświetleniowego (np. elektroniczne układy zapłonowe zapewniające pracę lampy wyładowczej z wysoką częstotliwością).

Zalecenia dotyczące oświetlenia kierunkowego. Oświetlenie kierunkowe jest bardzo często stosowane w praktyce oświetlania w celu intensywnego oświetlenia danego obiektu z określonego kierunku (np. podkreślenie faktury obiektu). W normie pojawiło się określenie „modelowanie” oświetlenia, rozumiane jako osiągnięcie równowagi między światłem rozproszonym a kierunkowym. Zalecono, aby osoby i obiekty były oświetlone tak, by formy i faktury były widoczne wyraziście, z odczuciem przyjemności. Realizację tego zalecenia można uzyskać przez światło padające głównie z jednego kierunku, dzięki czemu cienie (związane z prawidłowym modelowaniem) zapewniają dobrą orientację w oświetlanej scenie. Dodatkowo oświetlenie kierunkowe pozwala podkreślić szczegóły w obszarze zadania wzrokowego, zwiększając ich widzialność, oraz może ułatwić wykonanie danego zadania. Przy oświetleniu kierunkowym należy zwrócić szczególną uwagę na unikanie odbić dekontrastujących oraz olśnienia odbiciowego. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, żeby oświetlenie nie było nadmiernie kierunkowe, aby uniknąć zbyt ostrych cieni.

Zalecenia dotyczące współczynnika utrzymania. W normie wskazuje się konieczność opracowania systemu konserwacji i obliczenie wartości współczynnika utrzymania. Wartość współczynnika konserwacji powinna uwzględniać rodzaj użytego sprzętu oświetleniowego, warunki środowiska oraz przyjętego planu konserwacji, zgodnie z opracowaniem CIE 154:2003.

W projekcie oświetlenia należy: określić współczynnik utrzymania i podać założenia uzasadniające jego wartość; przedstawić sprzęt oświetleniowy odpowiedni dla danych warunków środowiska; podać wyczerpujący plan konserwacji oświetlenia, uwzględniający częstotliwość i sposób wymiany źródeł światła, częstotliwość i metodę czyszczenia opraw oświetleniowych.

Zalecenia dotyczące zużycia energii. Powszechnie zaleca się, aby instalacja oświetleniowa spełniała stawiane jej wymagania, przy optymalnym wykorzystaniu energii elektrycznej, przez odpowiedni dobór systemu oświetlenia, sprzętu i sterowania.

Zalecenia dotyczące trwałości użytkowania. Właściwy dobór sprzętu oświetleniowego powinien zapewnić trwałość użytkowania instalacji oświetleniowej.

Zalecenia dotyczące oświetlenia awaryjnego. W sytuacji uszkodzenia zasilania podstawowego systemu oświetleniowego zaleca się, aby działało oświetlenie awaryjne (zgodne z normą EN 12193).

dr inż. Dariusz Czyżewski

Zakład Techniki Świetlnej

Politechnika Warszawska

Literatura

1. CIE S 015/E:2005 Lighting of Outdoor Work Places.
2. PN-EN 124641:2004 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
3. PN-71/E 02034 Oświetlenie elektryczne terenów budowy, przemysłowych, kolejowych i portowych oraz dworców i środków transportu publicznego.
4. PN-84/E 02035 Urządzenia elektroenergetyczne. Oświetlenie elektryczne obiektów energetycznych.
5. PN-EN 124642:2007 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz (oryg.).
6. PN-EN 124642:2008 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz.
7. CIE 112:1994 Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting.
8. CIE 115:1995 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic.
9. CIE 140:2000 Road lighting calculations.
10. CIE 150:2003 Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installation.
11. P. Pracki, *Wymagania oświetleniowe dla terenów zewnętrznych*, „Elektrosystemy” nr 5/2007.
12. S. Zalewski, *Światło jako źródło zanieczyszczenia środowiska*, „Elektrosystemy” nr 2/2005.