



Wiedza daje  
**możliwości!**

# Temperatura barwowa

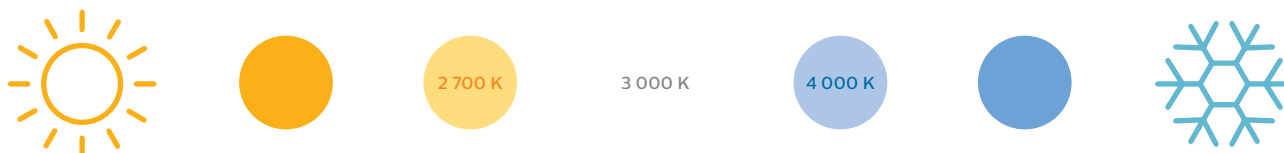
To, czy światło emitowane przez źródło światła ma postać chłodną czy ciepłą określa się za pomocą wyglądu barwowego lub temperatury barwowej (CCT). W materiałach marketingowych i kartach charakterystyki produktów LED często określa się ją w stopniach Kelwina (K). Wystarczy zapamiętać, że im temperatura barwowa jest większa, tym wygląd światła jest zimniejszy (bardziej niebieski).

Żarówki LED emitujące ciepłe białe światło (o temperaturze 2700 K lub 3000 K) stosuje się często tam, gdzie światło ma być relaksujące. Zwykle używa się ich więc w domach i restauracjach oraz w niektórych sklepach charakteryzujących się ciepłą atmosferą/nastrojem. Każdy jednak może mieć upodobania kulturowe bądź własne, więc należy zawsze porozmawiać z klientem o jego osobistych wymaganiach.

Neutralne, białe żarówki LED (4000 K) najczęściej stosuje się w restauracjach typu fast food oraz w budynkach z dużą ilością przeszkleń i stali. Żarówki LED o temperaturze CCT wynoszącej 5000 K lub więcej (chłodna biel) pracują lepiej przy dużym natężeniu oświetlenia – kiedy natężenie jest niższe, ich światło może wydawać się mdłe lub szare. Na świeżym powietrzu zimne żarówki LED dobrze sprawdzają się w oświetlaniu elementów wodnych, takich jak fontanny. Oprócz większej skuteczności świetlnej zimne światło kojarzone jest z nocą – przypomina oświetlenie księżyca. Tak się składa, że światło księżyca ma temperaturę około 4100 K – 4200 K.

„Im temperatura barwowa jest większa, tym wygląd światła jest zimniejszy (bardziej niebieski)”.

Należy też pamiętać, że żarówki LED o ciepłym świetle emitują nieco mniej lumenów na wat niż te o świetle zimnym. Podobnie żarówki LED o wysokim wskaźniku oddawania barw (CRI) emitują mniej światła niż te o niskim CRI.



Ciepła biel - 2700 K

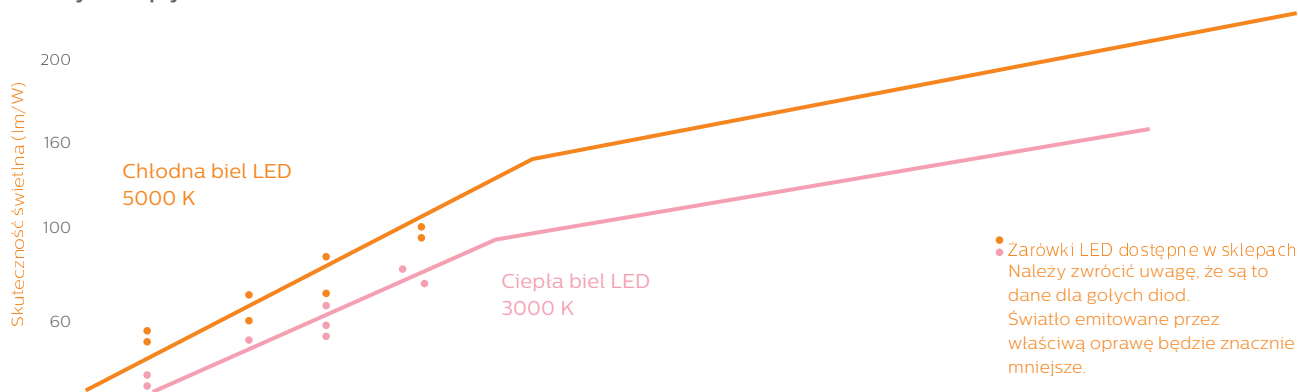


Światło dzienne - 3000 K



Chłodna biel - 4000 K

## Różnica w strumieniu świetlnym pomiędzy żarówkami LED o zimnym i ciepłym świetle



# Oddawanie barw

To, jak dobrze dane źródło oddaje barwy (lub barwniki) przedmiotów i powierzchni określa się za pomocą wskaźnika oddawania barw (CRI). Porównuje on dane źródło światła, np. żarówkę LED, do standardowego odniesienia o takiej samej temperaturze barwowej, jak to źródło światła.

Światło o temperaturze barwowej niższej niż 5000 K porównuje się do światła emitowanego przez idealny promiennik temperaturowy, np. żarówkę. Światło o temperaturze barwowej wyższej niż 5000 K porównuje się do widma światła dziennego. Porównanie to oparto na ośmiu normalnych barwach, a jego wyniki uśredniono – tak powstał wskaźnik CRI, określane też jako  $R_a$  8. Alternatywny wskaźnik dla źródeł światła –  $R_a$  14 – obejmuje 14 barw. Uwzględnia on 6 dodatkowych barw nasyconych i lepiej określa zdolność odwzorowywania barw przez żarówkę LED. W niektórych przypadkach specjalnie podaje się oddawanie głębokiej czerwieni ( $R_9$ ), ponieważ odwzorowanie czerwieni ma duże znaczenie w wielu zastosowaniach. Warto też wiedzieć, że istnieją różne inne metody oceny oddawania barw, które są obecnie rozpatrywane przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (CIE).

## Określanie zdolności oddawania barw żarówek LED:

### Barwy ogólne - $R_a$ 8



### Barwy szczególne - $R_a$ 14



W większości zastosowań wystarcza wskaźnik CRI o wartości 80, ale w przypadku obrazów i innych istotnych zastosowań zaleca się dokonania oceny wzrokowej – wymagany może być wskaźnik CRI > 90. Bardziej złożoną metodą pozwalającą określić oddawanie barw jest stosowanie wykresu skali barw. Wskazuje on, które barwy są nasycone, a które nienasycone. Pojedyncza wartość nigdy w pełni nie odzwierciedli tak złożonego zagadnienia, jak oddawanie barw. Porównując oddawanie barw przez poszczególne źródła światła, należy zwrócić uwagę na wskaźnik CRI oraz na wskaźnik skali barw (GAI). Światło białe jest zwykle wytwarzane przez diody niebieskie pokryte fosforem żółtym. Czasem stosuje się diody o barwach podstawowych RGB, ale ich przyciemnianie nie jest zadowalające. Chłodne lub ciepłe światło białe wytwarza się, różnicując skład fosforu. Zmiany w fosforze lub zestawie barw RGB pozwalają uzyskać różne wartości oddawania barw. Może to być przydatne tam, gdzie trzeba podkreślić dane barwy, np. więcej czerwieni w chłodziarkach z mięsem w supermarketach (w wypadku niektórych sklepów zabraniają tego obowiązujące przepisy).

W niektórych źródłach światła fosfor nie jest nakładany bezpośrednio na diody LED, a na inny element (np. oprawę). Nazywa się to oddaleniem fosforu (remote phosphor). Odpowiednie zaprojektowanie i wykonanie takiego rozwiązania pozwala poprawić oddawanie barw i ich stabilność w trakcie eksploatacji.

## Różnica w strumieniu świetlnym pomiędzy żarówkami LED o zimnym i ciepłym świetle

Grupa oddawania barw wg CIE	Wskaźnik oddawania barw ogólnych wg CIE $R_a$ 8	Wymagana dokładność	Typowe zastosowania
1A	$R_a > 90$	Odwzorowanie barw ma zasadnicze znaczenie.	Niektóre galerie sztuki, muzea i drukarnie
1B	$R_a$ 80 - 90	Wymagane jest trafne postrzeżenie barw.	Biura, hotele, podmioty detaliczne, w których barwa ma znaczenie, domy prywatne
2	80-60	Wymagane jest średnie oddawanie barw.	Pomieszczenia magazynowe, obszary biurowe o przeznaczeniu ogólnym
3	60-40	Postrzeżenie faktycznych barw ma niewielkie znaczenie.	Większość zastosowań zewnętrznych
4	40-20	Odwzorowanie barw nie jest wymagane.	Parkingi na wolnym powietrzu

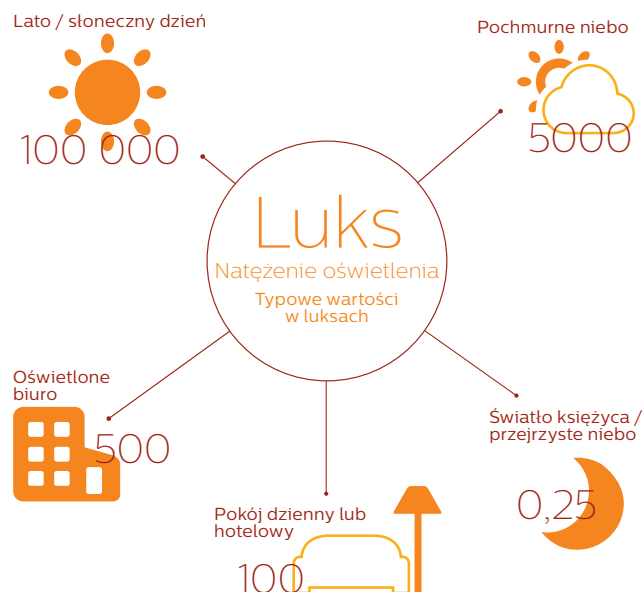
# Jednostki oświetlenia

## Lumen (lm)

Prawdopodobnie najłatwiejsza do zrozumienia jednostka świetlna. Obok mocy jest to jeden z pierwszych czynników, jakie trzeba wziąć pod uwagę przy wyborze źródła światła.

Lumen				
	Rodzaj	Skuteczność	Moc	Strumień świetlny
LEDcandle		78 lm/W	6 W	470 lm
MASTER LEDspots LV MR16 GU5.3		53 lm/W	7 W / 10 W	370 lm / 470 lm
MASTER LEDtube GA110		82 lm/W	10 W	825 lm
MASTERColour CDM Elite		97 lm/W	35 W	3800 lm
MASTER SON-T		141,5 lm /	400 W	56 500 lm

## Typowe wartości strumienia świetlnego:







## Luminancja (cd/m<sup>2</sup> lub nit)

Luminancja bywa nazywana „jasnością obiektywną” powierzchni, ponieważ można ją zmierzyć i określić, podczas gdy jasność sama w sobie jest wrażeniem subiektywnym, które zmienia się zależnie od różnych czynników. Luminancja wyraża, ile światła dociera do oczu obserwatora. Światło może być emitowane, odbijane lub przesyłane przez daną powierzchnię w konkretnym kierunku (na przykład przez powierzchniowe źródło światła, takie jak świetlówka, powierzchnia czy klosz rozpraszający). Wyraża się ją w kandelach na metr kwadratowy (lub w światłości na jednostkę powierzchni).

Powierzchnia może wydawać się jasna lub ciemna w zależności od tego, co jeszcze znajduje się w polu widzenia. Nasze oczy dostosowują się do najjaśniejszego widzianego przedmiotu. W ciągu dnia przyzwyczajamy się do dużej jasności ze strony słońca i nieba; reflektor samochodowy może wtedy nie wydawać się szczególnie jasny. Nocą, kiedy nasz wzrok przystosuje się już do niskiego natężenia oświetleniowego, ten sam reflektor będzie wydawał się bardzo jasny, a może nawet oślepiający. Reflektor oczywiście się nie zmienił, zmienił się jedynie poziom naszej adaptacji.

Luminancję czasem trudno określić ilościowo, bo zmienia się zależnie od kąta widzenia. Warto zwrócić uwagę na fakt, że sposób odbicia światła od danej powierzchni zależy od faktury, współczynnika odbicia oraz barwy powierzchni (wystarczy pomyśleć o białym papierze, wypolerowanym srebrze, błyszczącej czarnej farbie czy szorstkiej tkaninie). Jak wspomniano, mimo że pomiar luminancji sprawia pewien kłopot, do jej obliczenia można wykorzystać programy modelowania komputerowego. Luminancję stosuje się do charakteryzowania opraw świetlnych i powierzchni w pomieszczeniach w celu uniknięcia oślepiającego blasku, do określania właściwego oświetlenia drogowego oraz do kilku innych zastosowań, takich jak reklamy, znaki ewakuacyjne oraz ekrany telewizyjne i komputerowe.

Luminancja dotyczy źródeł światła nie będących pojedynczym punktem. Dobrym przykładem jest sufitowy panel oświetleniowy LED o wymiarach 600 mm x 600 mm (2' x 2') stosowany do oświetlania biur. Jego luminancja będzie się zmieniać zależnie od kąta, z którego się na niego spojrzy. Istnieją przenośne mierniki luminancji, jednak są one przeznaczone dla specjalistów oświetleniowych.

Luminancja		
Powierzchnia	Luminancja [cd/m <sup>2</sup> ]	
Węzeł autostradowy	1–2	
Dobrze oświetlona ściana w biurze	10–30	
Ekran komputera	100–250	
Powierzchnia księżycy w pełni	2500	

## Światłość [cd.]

Światłość oznacza natężenie źródła światła. Wyznacza się ją dla danego kierunku i mierzy w kandelach (cd) – określa natężenie światła padającego pod określonym kątem od źródła światła.

W ujęciu naukowym kandelę definiuje się jako światłość, którą ma w określonym kierunku źródło emitujące promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości 5,4 x 10<sup>14</sup> Hz i którego natężenie w tym kierunku jest równe 1/683 watów na steradian.