

O tym, że światło odgrywa w naszym życiu bardzo ważną rolę wszyscy zdajemy sobie sprawę. Czasami nawet bardziej to „czujemy”, niż wiemy. Szczególnie teraz w okresie zimowym, kiedy dni są krótkie, niebo często zachmurzone i światło słoneczne dociera do nas w zmniejszonej ilości, zaczynamy tęsknić za bezchmurnym, czystym niebem, długimi dniami, a więc za dużą ilością ciepłego światła słonecznego, które znacznie poprawia nasze samopoczucie.

Wiek XX w oświetleniu nazywany był „erą energooszczędności”, szczególnie wyraźnie to było widoczne w latach 90-tych. Natomiast wiek XXI nazywany jest wiekiem światła zorientowanego na człowieka i wokół człowieka (Human Centric Lighting), a inaczej mówiąc „erą światła i dobrego samopoczucia”. Głębsza analiza roli światła w życiu człowieka związana była także z odkryciem nowego, trzeciego typu receptora (obok czopków i pręcików) znajdującego się w ludzkim oku i czującego na światło o bardzo dyskretnej wartości, a mianowicie na promieniowanie elektromagnetyczne o długości 480 nm. Tym fotoreceptorem jest melanopsyna. Odkrycie melanopsyny doprowadziło badaczy do wniosku, że w oku ludzkim znajdują się dwie drogi odbioru światła. Jedna, znana i badana od wielu lat, oparta jest na fotodetekcji pręcików i czopków, służy do tworzenia obrazów (fotodetekcja wzrokowa). W drugiej ścieżce, fotony światła przechwytywane są przez melanopsynę, nowo odkryty barwnik wzrokowy. Melanopsyna jest odpowiedzialna za regulację naszego cyklu dobowego oraz rytmu biologicznego. To właśnie dzięki melanopsynie jesteśmy aktywni rano, czujemy przyływ energii, kiedy niebo jest bezchmurne, a czujemy się zrelaksowani, kiedy światła jest mniej i ma barwę „cieplą”. Melanopsyna powoduje, że zwiększanie intensywności światła (szczególnie barwy niebieskiej) działa na nas pobudzająco. Zmniejszanie intensywności światła (także barwy niebieskiej) sprzyja natomiast relaksowi. Dlatego tak ważny jest dobór temperatury barwowej światła do danego pomieszczenia, w zależności od jego umeblowania, wykorzystanych barw, przeznaczenia, dostępnej ilości światła dziennego, planowanej w nim aktywności a także naszego wieku.

Podsumowując rolę znanych nam dzisiaj receptorów, które znajdują się gałce ocznej, można powiedzieć, że światło ma na nas wpływ bezpośredni, jak także pośredni. Bezpośredni wpływ światła na człowieka to oczywiście widzenie barwne, odbiór świata poprzez zmysł wzroku, który dostarcza nam największej ilości bodźców i informacji o otaczającym nas świecie. Światło ma bezpośredni wpływ na naszą koncentrację, czujność oraz stan umysłu. Natomiast pośredni wpływ światła na życie

ludzkie, to wpływ na nasz system odpornościowy, na poprawę zdrowia, pamięć, zachowanie i samopoczucie.

Tak, więc jakość światła, którym się otaczamy, mocno wpływa, na jakość naszego życia. Przy wyborze źródła światła, czy też konkretnej oprawy, musimy wziąć pod uwagę temperaturę barwową, ilość światła, wskaźnik oddawania barwy, pobór mocy, trwałość produktu, utrzymanie tych parametrów w ciągu deklarowanego czasu użytkowania, ale czy to wszystko? Czy jest jeszcze coś, co bardzo istotnie może wpływać na nasze samopoczucie i jest związane zakupionymi przez nas źródłami światła, czy też oprawami? Czego jeszcze powinniśmy się dowiedzieć? Na co zwrócić uwagę? Czy wszystkie ważne informacje są ujęte w kartach katalogowych? O tym jest ten artykuł, w którym zwrócimy uwagę na to, co, nie zawsze jest dobrze wytłumaczone przez niektórych producentów, dostawców, czy też importerów. Czasami są to tematy, niestety, bardzo niewygodne dla niektórych z nich.

Kiedy światła słonecznego mamy znacznie mniej, niż byśmy chcieli, a szczególnie w okresie jesienno-zimowym, korzystamy z coraz to bardziej zaawansowanych technologicznie rozwiązań, które dostarczają nam światła sztucznego, takich jak technologia LED, która już na dobre zagościła w każdym obszarze oświetlenia. Dzisiaj osoba aktywna zawodowo 90% czasu spędza w pomieszczeniach zamkniętych, a więc w biurach, domach, w salach konferencyjnych, szkołach, uczelniach, wszędzie tam pojawia się sztuczne źródło światła, aby uzyskać optymalne warunki pracy. Ten fakt już powinien do nas mocno przemówić, że musimy zadbać o to, a by „światło wokół nas” spełniało wszelkie normy i wymagania dotyczące bezpieczeństwa. Często zadajemy sobie pytanie, czy źródła oraz oprawy oświetleniowe, które mamy w domu, w biurze, jak także te, które są zainstalowane w szkołach, na uczelniach w urzędach i wszędzie tam, gdzie przebywamy, wytwarzają światło, które jest dla nas bezpieczne. Szczególnie, jeśli uświadomimy sobie, że nasze dzieci spędzają rocznie około 200 dni w szkołach, kilka godzin dziennie. Warto się nad tym zastanowić, szczególnie, jeśli weźmiemy pod uwagę kilka aspektów związanych z naszym bezpieczeństwem. Jeśli mamy pecha i przebywamy w pomieszczeniu, gdzie zainstalowane są źródła lub oprawy LED-owe, które nie spełniają na przykład normy bezpieczeństwa fotobiologicznego (pomimo informacji na deklaracji zgodności), na skutki uboczne będziemy czekali kilka lub kilkanaście miesięcy. Co może się wydarzyć? Otóż norma bezpieczeństwa fotobiologicznego (PN-EN 62471) wymienia kilka zagrożeń dla oka i skóry, które

mogą się objawić, jeśli źródło światła lub oprawa, nie spełnia wymogów tej normy, a są to między innymi:

- Zagrożenie oka i skóry promieniowaniem aktywnym UV
- Zagrożenie oka promieniowaniem UV-A
- Zagrożenie oka światłem niebieskim
- Zagrożenie oka podczerwienią (IR)
- Zagrożenie termiczne skóry
- Zagrożenie termiczne siatkówki

Norma bezpieczeństwa fotobiologicznego opisuje m.in. sposób pomiaru skuteczności widmowej: zagrożeń skóry i oka (200 nm – 400 nm), zagrożeń skóry i oka światłem niebieskim w zakresie od 300 nm – 700 nm, zagrożeń termicznych siatkówki oka (380 nm – 1400 nm). W normie fotobiologicznej opisano także warunki ograniczenia ekspozycji przy zagrożeniu oka bliskim nadfioletem (UV-A), przy zagrożeniu oka promieniowaniem podczerwonym (780 nm – 3000 nm) jak także przy zagrożeniu termicznym skóry w zakresie widmowym (380 nm – 3000 nm).

Patrząc na powyższe zagrożenia, mamy już kilka powodów, aby zatroszczyć się o to, czy przebywamy w pomieszczeniu, gdzie wykorzystywane są źródła i oprawy pochodzące od wiarygodnego dostawcy, czy też producenta.

Bezpieczeństwo fotobiologiczne to jest zaledwie jeden aspekt związany z tym, czy mamy do czynienia z „dobrym światłem”, czy też raczej mamy do czynienia z „czymś”, co miało raczej służyć do „kompensacji” ciemności za wszelką cenę.

Efekt migotania - ( w anglojęzycznej literaturze opisywane, jako *flickering*). Z tym zjawiskiem mamy do czynienia wtedy, kiedy mamy wrażenie „niestabilności” strumienia świetlnego, a więc widoczne jest gołym okiem tzw. „tętnienie” luminancji lub zmiana rozkładu widmowego. Oba zjawiska są zależne od czasu, dlatego nasze oko je rejestruje. Badania wskazują, że oko ludzkie jest najbardziej czułe na efekt migotania, który zachodzi z częstotliwością od 1 do 80 Hz. Jest to efekt bardzo negatywnie wpływający na nasze oczy, wywołując ich zmęczenie, łzawienia i jest efektem bardzo uprzykrzającym przebywanie w pomieszczeniu, gdzie on ma miejsce. Ten dyskomfort jest mierzony poprzez dwa parametry, które go opisują: wskaźnik krótkotrwałego migotania światła (ang. *short-term flicker severity value*) oraz wskaźnik długotrwałego migotania światła (ang. *long-term flicker severity value*). Efekt migotania wywołany jest poprzez zmiany (wahania) napięcia, które mogą być wywołane poprzez urządzenie elektroniczne, jakim są m.in. oprawy LED-

owe. Zniekształcenia napięcia zasilania, jak także powstawanie kolejnych (wyższych) harmonicznym, które zniekształcają sygnał zasilający, może być ubocznym efektem wadliwej konstrukcji oprawy, lub niskiej, jakości użytych komponentów (np. o niskich parametrach własnych). Jeżeli producent szuka oszczędności, kosztem, jakości swych produktów, będzie to robił już na etapie konstrukcji, a więc będzie szukał tanich komponentów elektronicznych lub będzie rezygnował z zaawansowanych rozwiązań w obszarze zasilania czy też stabilizacji emitowanego sygnału. Te pozorne oszczędności będą się odbijały, na jakości produktu, gdyż taniej można kupić praktycznie każdy element elektroniczny, a niestety, to oznacza duży rozrzut parametrów poszczególnych elementów, ich niską wytrzymałość na zmienne warunki otoczenia, takie jak temperatura, czy też wilgotność. Zdarza się niestety czasami, że klienci, których skłoniła niska cena pewnego źródła LED-owego, narzekają na to, że podczas pracy tych źródeł odczuwają dyskomfort związany z wyraźnym zjawiskiem migotania, lub też obserwują, że sygnał radiowy jest także zakłócany w czasie pracy tego źródła LED-owego. Niestety, takie efekty mogą występować, jeśli mamy do czynienia z produktem pochodzącym od nierzetelnego producenta. Na co więc należy zwrócić uwagę i jakich informacji domagać się od producentów i dostawców? Mamy tutaj tzw. efekt „góry lodowej” w odniesieniu do parametrów technicznych. Jak wiadomo, góra lodowa wystaje ponad powierzchnię wody, zaledwie w 10%. Większa jej część i to ta najbardziej istotna, jest niewidoczna dla obserwatora. Podobne zjawisko możemy zaobserwować przeglądając podstawowe informacje dotyczące parametrów technicznych i właściwości źródeł i opraw LED-owych. Przyjrzyjmy się, co możemy zaobserwować i ocenić od razu w przypadku oprawy, np. LED-owej. Jest to wzornictwo, parametry techniczne (nie wszystkie, tylko te, które podał producent w karcie katalogowej) oraz cena. Na podstawie tych danych, tylko częściowo jesteśmy w stanie ocenić, czy mamy do czynienia z profesjonalnym rzetelnym producentem, czy też dostawcą. Dlaczego? Otóż, z tych danych nie wiemy, czy dana oprawa spełnia np. wymogi wspomnianej normy bezpieczeństwa fotobiologicznego, czy też normy kompatybilności elektromagnetycznej (EMC), do których zaliczają się:

- Sprzęt do ogólnych celów oświetleniowych (PN-EN 61547)
- Poziom zakłóceń radioelektrycznych (PN 55015)
- Poziom emisji harmonicznym (PN-EN-61 000-3-2)

- Ograniczenia wahań napięcia i migotania światła  
(PN-EN61000-3-3)

Czym jest wobec tego kompatybilność elektromagnetyczna? W skrócie można powiedzieć, że jest to zdolność danego urządzeń elektrycznego lub też elektronicznego do poprawnej pracy w określonym środowisku elektromagnetycznym, a to oznacza niegenerowanie (nieemitowanie) zaburzeń elektromagnetycznych, które będą zakłócały pracę innych urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Oznacza to, że takie urządzenie elektroniczne, jakim także jest oprawa ze źródłem LED-owym jest urządzeniem, które powinno spełniać poniższe kryteria:

- Nie powoduje zakłóceń w pracy innych urządzeń
- Nie jest wrażliwe na zakłócenia emitowane przez inne urządzenia
- Nie powoduje zakłóceń w swojej pracy.

Jak widać z powyższego opisu, w ramach kompatybilności elektromagnetycznej rozpatruje się zarówno emisję zaburzeń elektromagnetycznych jak i także odporność na te zakłócenia.

Oprócz migotania, bardzo szkodliwym efektem, z jakim możemy się spotkać, gdy będziemy mieli do czynienia z niskiej, jakości oprawą LED-ową ( jak także z każdą inną) jest efekt stroboskopowy. Efekt stroboskopowy może powstać w momencie, kiedy, poruszające się przedmioty, elementy rotujące i inne przedmioty będące w ruchu z pewną częstotliwością”, oświetlane są światłem migającym. Może powstać wówczas nieprawidłowe wrażenie, polegające na zwolnieniu, zatrzymaniu, a nawet odwróceniu się kierunku ruchu danego ruchomego przedmiotu lub elementu urządzenia. Efekt stroboskopowy może być szczególnie niebezpieczny w halach produkcyjnych, czy też innych pomieszczeniach, gdzie znajdują się urządzenia z elementami rotującymi, lub cyklicznie (z konkretną częstotliwością) zmieniającymi swoje położenie. Wrażenie pozornego zatrzymania lub zmiany kierunku, może być bardzo niebezpieczne dla przebywających w pobliżu takich urządzeń ludzi, gdyż wpływa to bezpośrednio na mylną ocenę sytuacji, a więc element będący w rzeczywistości ruchu, będziemy widzieli, jako np. nieruchomy. Skutki takiej mylnej interpretacji bardzo łatwo sobie wyobrazić. Częstotliwości szczególnie wzmacniające niepożądany efekt stroboskopowy zawierają się w przedziale od 80 Hz do 2000 Hz.

Podsumowując efekt migotania i efekt stroboskopowy należy zwrócić uwagę na to, że ich źródłem są przede wszystkim:

- kształt sygnału zasilającego, a to oznacza: amplituda, częstotliwość i zniekształcenie sygnału oraz wielkość „tętnień”.
- średnia wartość luminancji (luminancja – natężenie światła padającego w danym kierunku)
- prędkość poruszających się przedmiotów (ważne przy efekcie stroboskopowym).

Konsekwencje migotania, czy też efektu stroboskopowego są bardzo nieprzyjemne, gdyż mogą także wywoływać bóle głowy, epilepsje, zaburzenia percepcji, a także w przypadku efektu stroboskopowego, może to doprowadzić do wypadku.

Warto także zdawać sobie sprawę z tego, że źródłem efektu uciążliwego migotania jest nie tylko wahanie napięcia zasilania, ale także może to być zastosowany zewnętrzny regulator strumienia świetlnego. Wadliwie skonstruowany zasilacz lub regulator może być przyczyną efektu stroboskopowego w technologii LED. Jeśli będziemy stosowali zewnętrzne regulatory (ściemniacze), które nie są na liście rekomendowanych (sprawdzonych) ściemniaczy przez producenta, może to skutkować, tym, że efekt migotania powstanie nawet w momencie, kiedy ustawimy regulator na 100% mocy, a wyraźniejszy będzie przy próbie coraz głębszego poziomu redukcji strumienia świetlnego. Zarówno efekt migotania, czy też stroboskopowy, może zostać wywołany w wyniku błęd konstrukcyjnego zastosowanego w zasilaczach, mianowicie chodzi o sposób konwersji napięcia zmiennego na napięcie stałe.

Zmiana wartości strumienia świetlnego (ściemnianie) jest często wytwarzane poprzez modulację PWM ( Pulse-Width- Modulations). Modulacja PWM jest sposobem regulacji sygnału prądowego lub napięciowego (o stałej amplitudzie i częstotliwości) polegającym na zmianie tzw. współczynnika wypełnienia sygnału. Modulacja szerokości impulsu jest najczęściej wykonywana poprzez przełączenie pomiędzy stanem przewodzenia, a stanem zaporowym (LED). Wartość współczynnika wypełnienia zmienia się poprzez zmianę czasu trwania impulsu w stanie przewodzenia, a więc i czasu trwania w stanie zaporowym. Średnią wartość napięcia oblicza się znając współczynnik wypełnienia, gdyż iloczyn współczynnika wypełnienia i amplitudy napięcia sygnału daje nam wartość średnią napięcia

zasilania.

W przypadku technologii LED-owej modulacja PWM wykorzystywana jest do regulacji strumienia świetlnego (ściemniania). Ponieważ w stanie zaporowym nie mamy zjawiska przepływu prądu, nie występują straty mocy. Natomiast w stanie przewodnictwa występuje niewielki spadek napięcia. Gdybyśmy „przechodzili” poprzez stan zaporowy i przewodnictwa z małą częstotliwością efekt migotania będzie widoczny dla ludzkiego oka i będzie wyraźnym dyskomfortem dla obserwatora. Natomiast, gdybyśmy chcieli sterować intensywnością świecenia źródła LED należy tak zwiększyć częstotliwość sygnały PWM, aby oko ludzkie nie rozróżniało efektu migotania. Już przy częstotliwości 50 Hz efekt nie będzie widoczny dla oka ludzkiego, a w wyniku tego otrzymany efekt diody świecącej z mniejszą intensywnością. Chcąc dalej zmniejszać intensywność świecenia źródła LED, należy zmniejszać współczynnik wypełnienia, gdyż oznacza to, że w czasie jednego okresu dioda będzie świecić krócej. Oko ludzkie zarejestruje ten efekt, jako mniejszą ilość światła generowaną przez źródło LED-owe. Tutaj także ważną rolę odgrywa, jakość zastosowanych elementów elektronicznych. Oczywiście, niska, jakość modułów LED-owych, czy też samych chipów LED-owych także ma znaczenie i może wpływać na pojawienie się tych niepożądanych efektów.

We wszystkich tych rozważaniach zajmowaliśmy się tzw. „niewidzialną” częścią „góry lodowej”, a więc normami i zjawiskami, które nie są wymieniane w kartach katalogowych, ani także nie są tam tłumaczone. Pierwszym sygnałem dla nas powinna być zawartość deklaracji zgodności, jak także, jakość informacji zwrotnej, jaką otrzymujemy od producenta, czy też dostawcy opraw i źródeł LED-owych w wyniku naszych pytań i dociekań. Bezpieczeństwo i zdrowie jest najważniejsze, dlatego powinniśmy domagać się informacji o spełnianiu poszczególnych norm przez produkty danego producenta. Za wprowadzenie na rynek produktu niespełniającego wymagań technicznych, funkcjonalnych i obowiązujących norm są odpowiedzialni nie tylko producenci, ale także importerzy, dystrybutorzy i sprzedawcy danych opraw, czy też źródeł LED-owych. Wobec tego w interesie wszystkich podmiotów zaangażowanych w dystrybucję i sprzedaż źródeł i opraw LED-owych, jest sprawdzenie, czy znajdujące się w ofercie produkty spełniają określone prawem wymagania. Zbyt wiele godzin spędzamy w pomieszczeniach zamkniętych i korzystamy ze sztucznego światła, aby pozwolić na zaistnienie bylejakości, ignorancji lub sytuacji zasłaniania się niewiedzą w takich przypadkach.

Należy domagać się od producentów, dystrybutorów, importerów i sprzedawców jak najdokładniejszych danych, świadczących o tym, że mamy do czynienia ze zdrowym i bezpiecznym źródłem światła, czy też oprawą.

Dr Paweł Morawski,  
Philips Lighting Poland Sp z o.o.

Źródła: materiały własne Philips Lighting oraz

<https://www.youtube.com/watch?v=1gZg6eUmEGA&feature=youtu.be>

YouTube: Is it all flicker?