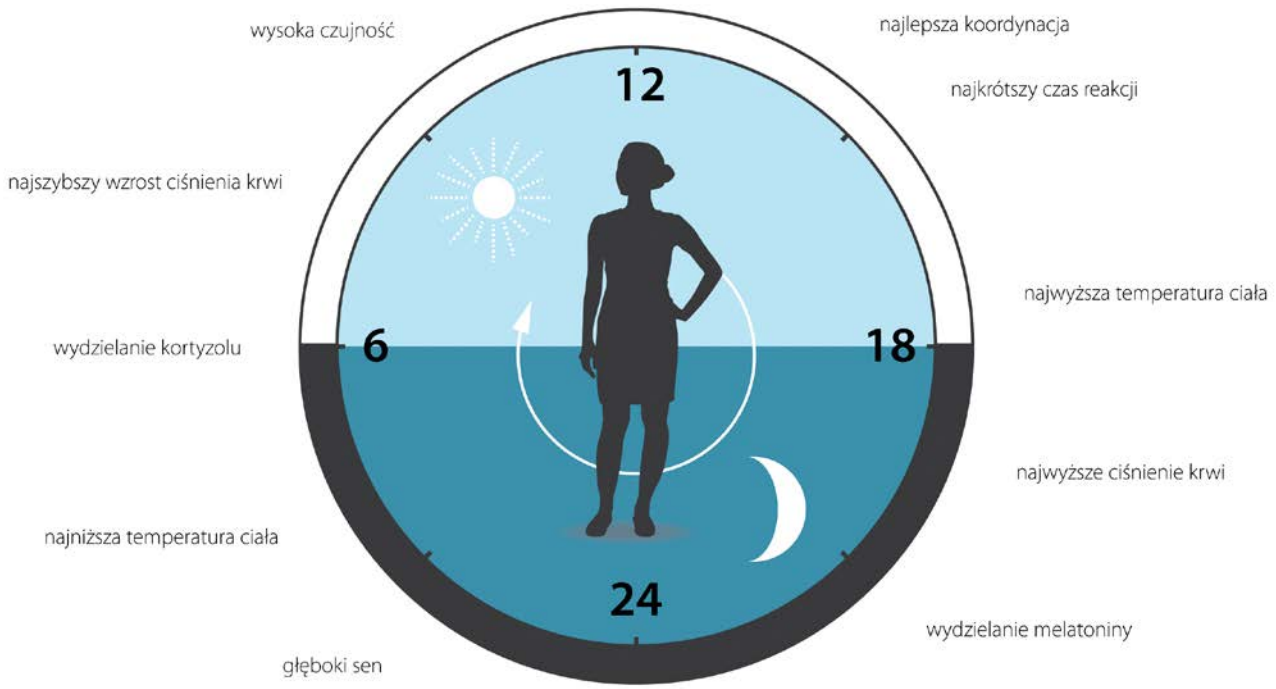
Magiczne światło – koncept HCL

Światło od wieków kojarzone było ze strefą sacrum, zjawiskiem nie do końca poznanym, mistycznym i magicznym. Twórcy dzieł artystycznych lub architektonicznych często odwoływali się do konotacji świetlnych, próbując oddać relacje człowieka z rzeczywistością pozamaterialną lub pozazmysłową oraz stworzyć wnętrza inspirujące takie przeżycia. Pomimo mistycznej otoczki światło jako zjawisko fizyczne zostało opisane językiem technicznym i scharakteryzowane wielkościami fotometrycznymi. Ale jak pokazują ostatnie badania, techniczny opis światła, jego właściwości i sposobu oddziaływania okazał się niewystarczający.

mgr Natalia Sokół,
MSc in Light and Lighting,
Politechnika Gdańska

Światło elektryczne miało być odpowiedzią na nieokiełznaną chimeryczność i nieustanną cykliczność światła dziennego. Można pokusić się o stwierdzenie, że światło elektryczne miało wyemancypować człowieka z naturalnych uwarunkowań środowiskowych, np. umożliwiając pracę po zmierzchu. Wraz z rozwojem nowych źródeł światła ich właściwości fotometryczne, skuteczność i efektywność wzrastały. Ekspansja nowych technologii oświetleniowych, zwłaszcza półprzewodnikowych źródeł LED i OLED, oraz coraz większe zaawansowanie sterowania właściwościami fali emanowanego promieniowania i jego mocą sprawiły, iż wydawało się, że światło zostało już ujarzmione przez człowieka.

Popularyzacja technologii SSL i charakterystyka światła półprzewodnikowego spowodowały rozwój badań nad jego odziaływaniem na ludzi. Zaczęto mówić o zanieczyszczeniu światłem i deregulacji cyklów okołodobowych organizmów żywych przy długotrwałej ekspozycji na intensywne światło o różnej temperaturze barwowej [1], [2]. Przypominano o negatywnym działaniu światła niebieskiego, promieniowania widzialnego o długości fali od 400 do 495 nm, emitowanego m.in. przez ekrany smartfonów i tabletów, na zdrowie ich użytkowników [3]–[5]. Pojawiły się również prace dotyczące oświetlenia prozdrowotnego, biodynamicznego, algorytmicznego lub oświetlenia wspomagającego wydajność pracy lub nauki, inspirowane nowymi odkryciami w naukach biologicznych i neuropsychologii. Koncept HCL (ang. *human centric lighting*) powstał w reakcji na informacje dotyczące wpływu światła na rytmy okołodobowe człowieka, a przez nie na gospodarkę hormonalną organizmu ludzkiego [6]. HCL opiera się na ideach tworzenia oświetlenia elektrycznego inspirowanego dynamiką światła dziennego, nastawionego i zbilansowanego na potrzeby wzrokowe i biologiczne człowieka. Udowodniono bowiem, że światło dociera do organizmu ludzkiego dwiema drogami: poprzez fotodetekcję wzrokową i pozawzrokową. Oprócz analizy funkcji wzrokowych (ang. *image forming* – IF) zaczęto badać pozawzrokowe odpowiedzi (ang. *non-image forming* – NIF) organizmu ludzkiego na światło [7]. W efekcie światło, a właściwie jego wielopłaszczyznowe oddziaływanie na człowieka, okazało się znowu niedostatecznie zbadanym zagadnieniem (rys. 2).



Rys. 1. Rytm okołodobowy dostosowuje fizjologię organizmu do potrzeb wynikających z różnych faz dnia. Zegar biologiczny człowieka pomaga regulować wzorce snu, zachowania żywieniowe, uwalnianie hormonów, ciśnienie krwi i temperaturę ciała. Źródło: https://www.nobelprize.org

Technika świetlna i chronobiologia

Zachwyt nad ideą generowania światła elektrycznego o w miarę stałych właściwościach fotometrycznych znalazł swoje odbicie w parametryzacji, normalizacji i podejściu do projektowaniu oświetlenia do różnego rodzaju wnętrz. Projektanci oświetlenia nastawieni byli na tworzenie dobrych warunków dla pracy wzrokowej, zapewnienia bezpieczeństwa, komfortu widzenia, unikania kontrastów w polu widzenia oraz na działania ograniczające olśnienie. Te zadania dużo łatwiej było osiągnąć, stosując światło elektryczne o stałej charakterystyce fotometrycznej strumienia świetlnego. Chociaż już w XIX wieku dowodzono pozytywnego wpływu światła dziennego na higienę warunków mieszkaniowych oraz funkcjonowanie i zdrowie ludzi [8], było ono często zastępowane lub wspomagane światłem elektrycznym. Niemniej u osób poddanych długotrwałej ekspozycji na światło elektryczne o dużym natężeniu, zwłaszcza w okresie po zmierzchu, zauważono zaburzenia funkcjonowania rytmów okołodobowych. Rytmami okołodobowymi lub dobowymi zaczęto określać dobowe zmiany zachowania organizmów żywych. Te tłumaczono mechanizmami zegara biologicznego, czyli czynników endogennych regulujących periodyczny charakter procesów rozwoju, wzrostu, aktywności, snu lub odżywiania się. Zaobserwowano, że zaburzenie rytmów dziennych może wpłynąć na zwiększenie się prawdopodobieństwa rozwoju określonych jednostek chorobowych [9], [10].

Ustalono, że na wewnętrzne rytmy okołodobowe ludzi wpływają uwarunkowania lokalnego środowiska, m.in. cykle światła lub temperatury. Badaniem biologicznych rytmów czasowych: dziennych, tygodniowych sezonowych, rocznych, zajmuje się chronobiologia. Na zainteresowanie się tą dziedziną nauki wśród profesjonalistów zajmujących się techniką oświetleniową wpłynęło odkrycie nowego typu receptorów w oku ludzkim – ipRGC (ang. *intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*) – światłoczułych komórek zwojowych siatkówki zawierających melanopsynę [4], [5]. Jest to barwnik wzrokowy umożliwiający tzw. widzenie niewzrokowe, pozwalające na synchronizację rytmów okołodobowych z warunkami oświetleniowymi [11], [12]. Komórki ipRGC przesyłają informacje do jądra nadskrzyżowaniowego (łac. *nuclei suprachiasmatici* – SCN), części mózgowia, które odpowiada za synchronizację i regulację rytmów biologicznych, czyli sen i czuwanie. Stwierdzono, że brak światła determinuje nocny wyrzut melatoniny, co rzutuje na obniżenie sprawności psychofizycznej. Z kolei ekspozycja na światło o długości fali od 465–470 nm wpływa na hamowanie wydzielania melatoniny i uwalnianie się kortyzolu [11]. Kortyzol, znany jako hormon stresu, wpływa na inne hormony, w tym na insulinę, a także kontroluje metabolizm, czujność i inne procesy fizjologiczne [13].

Regulatorem rytmu okołodobowego (ang. *circadian rythm* od łac. *circa dies* – 'około dzień') jest światło wraz z naturalnym cyklem dobowym: dzień – noc, jasność – ciemność. Światło dzienne stanowi bodziec do aktywności, pobudzenia fizjologicznego organizmu, zwiększenia czujności. Brak światła to sygnał do odpoczynku i snu, przy czym człowiek najlepiej funkcjonuje przy naturalnym oświetleniu, mimo jego nieprzewidywalności (pogoda) i zmienności.

Wraz z postępem w chronobiologii i neuropsychologii pojawiły się nowe wytyczne wypływające na postrzeganie roli oświetlenia dwupłaszczyznowo: wzrokowo i pozawzrokowo

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

NOWOŚĆ

GL OPTIC
Light quality control

GL OPTICAM 1.0

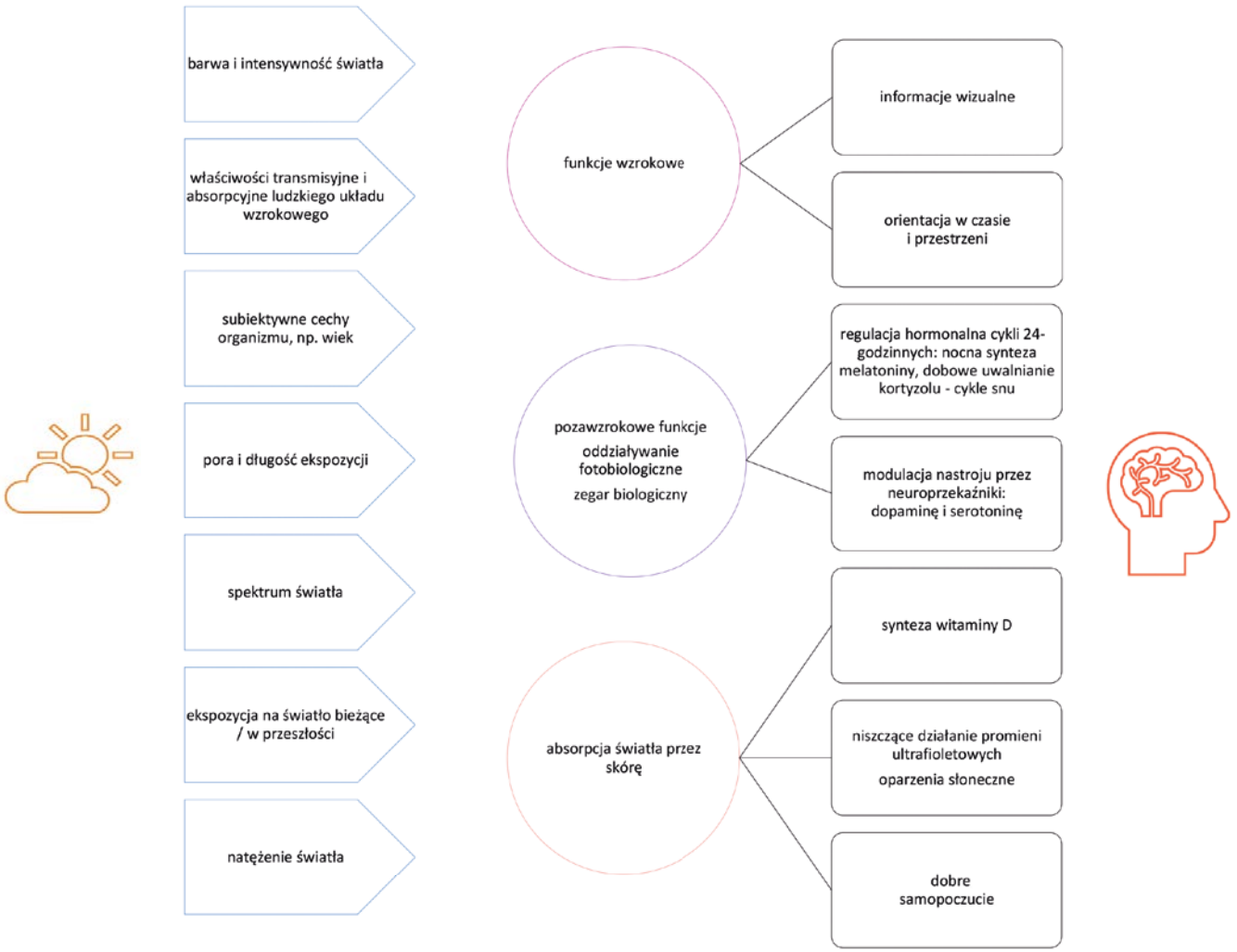
Nowatorskie narzędzie do pomiaru luminancji!

Matrycowy miernik luminancji z układem optycznym do szerokiego zakresu zastosowań: pomiarów oświetlenia ogólnego, w tym lamp i opraw LED, układów i modułów LED, do audytów oświetlenia wewnętrznego i zewnętrznego, a także audytów oświetlenia drogowego.

- Skalibrowany i wyposażony w układ optyczny z filtrem korekcyjnym V-Lambda i światłoczuły przetwornik obrazu CMOS.
- Rejestruje obraz i szybko oblicza luminację w każdym punkcie obrazu, a wszystko to w pojedynczej klatce i w jednym pomiarze.
- Oprogramowanie analityczne zapewnia przyjazny dla użytkownika, intuicyjny interfejs, który umożliwia obróbkę zapisanych danych oraz tworzenie raportów pomiarowych.
- Umożliwia połączenie ze spektrometrem i zebranie jednocześnie danych spektralnych, kolorymetrycznych i z pomiaru luminancji.

GL OPTIC
Light quality control

www.gloptic.com
office@gloptic.com

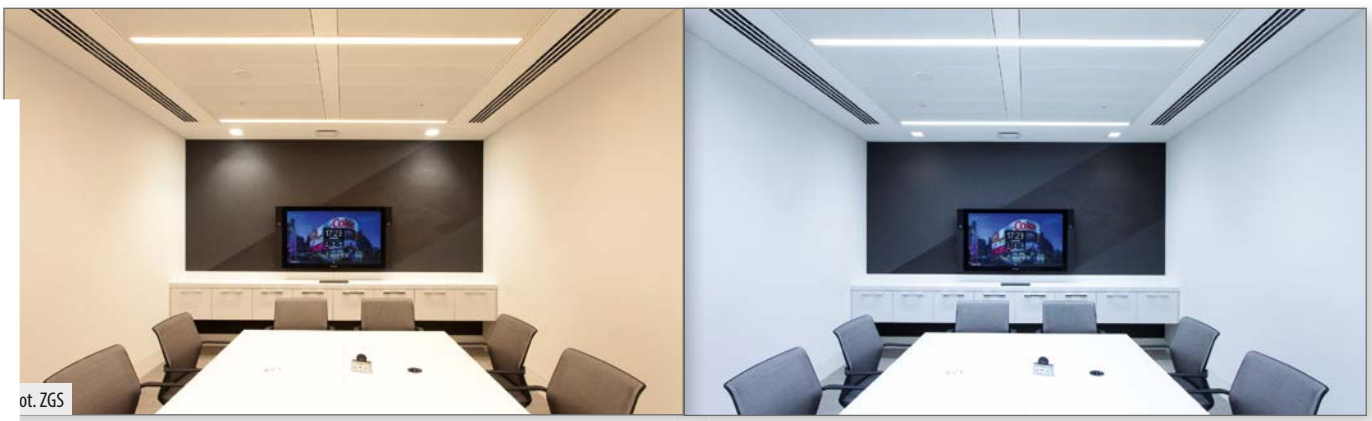


Rys. 2. Światło jako regulator różnorodnych procesów zachodzących w organizmie ludzkim. Wykres przedstawiający wzrokowe i pozawzrokowe efekty oddziaływania światła na organizm ludzki

(biologicznie). I tak, w ostatnich tygodniach angielska organizacja publiczna monitorująca zagadnienia i zagrożenia zdrowotne – Public Health England (PHE) – ostrzegła, że stosowanie niewłaściwego oświetlenia eklektycznego może spowodować zakłócenia w rytmach okołodobowych, a to może mieć duży wpływ na jakość snu, procesy poznawcze i czujność w ciągu dnia, co z kolei może warunkować dobre samopoczucie i poczucie bezpieczeństwa [14].

Muszki owocówki i Nobel

W 2017 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny zdobyli Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash i Michael W. Young. Doceniono ich pracę badawczą dotyczącą mechanizmów molekularnych kontrolujących rytm dobowy organizmu nierozerwalnie związany z ekspozycją organizmu na światło dzienne. Wspomniany już rytm okołodobowy związany jest z cyklem dnia i nocy, który reguluje funkcjonowanie większości organizmów na Ziemi.



fot. ZGS

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Wśród wyjaśnień Komitetu Noblowskiego znalazły się słowa: „Z wyjątkową precyzją nasz wewnętrzny zegar dostosowuje naszą fizjologię do dramatycznie różnych faz dnia (...). Zegar biologiczny reguluje kluczowe funkcje, takie jak zachowanie, poziom hormonów, sen, temperatura ciała i metabolizm" [15]. Nobliści przez wiele lat badali mechanizmy cyklicznego działania zegara komórkowego. Udało się im wyizolować u muszek owocówek geny kontrolujące cykl okołodobowy. Wykazali, że gen, który został opisany w latach osiemdziesiątych i nazwany *period,* koduje białko PER, gromadzone wewnątrz komórki w nocy i ulegające rozpadowi w dzień. Udowodniono, że białko PER jednocześnie jest odpowiedzialne za blokadę genu *period*, tworząc mechanizm sprzężony. Trzeci z noblistów, Michael W. Young opisał gen *timeless*, kodujący białko TIM, które warunkuje, by PER dostało się do jądra komórkowego. Zauważono, że podobne mechanizmy zachodzą u innych wielokomórkowych organizmów żywych, również ludzi. Przyczynił się do tego m.in. współodkrywca genu *clock,* neurobiolog i genetyk Joseph Takahashi, który prowadził badania dotyczące mechanizmów zegarów biologicznych u ssaków. Wyróżnienie badań nad cyklami dobowymi zależnymi od ekspozycji na światło Nagrodą Nobla potwierdziło tylko to, co podejrzewano od dawna – ich niezwykle istotne znaczenie.

Światło jako regulator – podstawy HCL

Przedstawione powyżej badania wskazują jednoznacznie, że potrzeby fotobiologiczne człowieka są obecnie lepiej zdefiniowane niż jeszcze kilka lat temu. Koncept HCL nie może opierać się tylko na zmianie koloru barwy światła i naśladowaniu dynamiki zmian światła dziennego. Pod uwagę należy wziąć również czas i częstotliwości ekspozycji oraz dostosowanie natężenia oświetlenia do cech indywidualnych, wieku i trybu życia odbiorcy. Pełny wpływ światła dziennego na funkcjonowanie organizmu ludzkiego nie został jeszcze zbadany [16]–[21]. Trwają badania nad nowymi parametrami światła, które wartościowałyby oddziaływanie światła o zmiennej intensywności, różnorodnym rozkładzie widma i zmiennej temperaturze barwowej na funkcje pozawzrokowe, na fizjologię organizmu i efektywność pracy [11]. Mark Rea z Centrum Badań Oświetleniowych (LRC – Lighting Research Center) z Rensselaer Polytechnic Institute w jednym ze swoich ostatnich artykułów zauważył, że dotychczasowe badania oświetleniowe poświęcone były IF, czyli funkcjom wzrokowym, i skupiały się m.in. na sposobach podniesienia wydajności świetlnej źródeł, zapewnienia równomierności strumienia świetlnego, energooszczędności zaproponowanych rozwiązań. Z kolei współczesne badania neurobiologiczne w zakresie widzenia i światła koncentrują się na zrozumieniu podstawowych cech neurofizjologicznych i biofizycznych układu wzrokowego oraz stworzeniu sposobów opisu fotometrycznego i aplikacji tych zjawisk. Zdaniem badaczy, „niezbędna jest możliwość zmierzenia niezawodnej odpowiedzi układu okołodobowego człowieka na promieniowanie optyczne padające na siatkówkę, aby zdefiniować jego bodźce" [22].

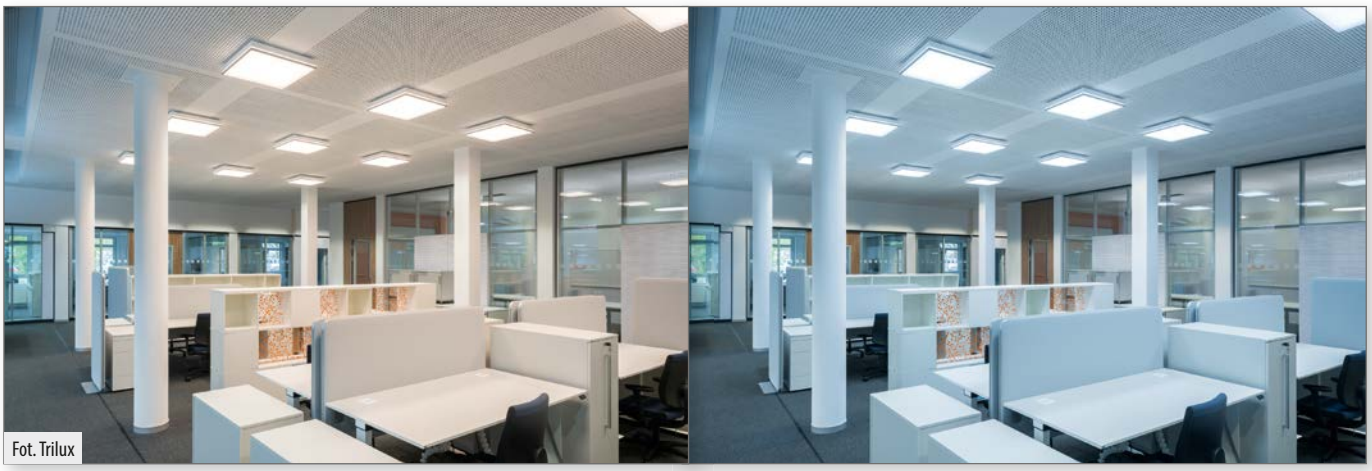
Parametryzacja biologicznych efektów światła wspomagających projektowanie oświetlania jest tematem wielu badań i grantów naukowych [23]–[25]. Wspominany już M. Rea oraz M. Figueiro z LRC proponują nowe wyznaczniki światła, np. CS (ang. *circadian stimulus*) dla wartościowania oddziaływania światła na rytm okołodobowy człowieka we wnętrzach [26]. J. Mardeljevic i grupa naukowców z Lozanny wraz z M. Andersen zastanawiają się nad strukturą parametryzacji efektów pozawzrokowych światła dziennego [18], [24].

Zmienia się również podejście do projektowania oświetlenia. Koncepcja wykorzystania światła elektrycznego zsynchronizowanego z oświetleniem dziennym i zorientowanego na fotobiologiczne potrzeby człowieka znalazła swoje odzwierciedlenie w HCL. Podstawą idei HCL jest założenie, że rytm światła dziennego wpływa pozytywnie na funkcje IF i NIF. Światło elektryczne dostarczane za pomocą diod elektroluminescencyjnych powinno zatem charakteryzować się zmiennym rozkładem, intensywnością i zmienną temperaturą barwową w zależności od potrzeb odbiorcy warunkowanych rytmami okołodobowymi.

HCL i entuzjazm producentów

Technologie oświetleniowe związane z pozawzrokowymi reakcjami człowieka na światło będą się dynamicznie rozwijać. Reakcja rynku komercyjnego na koncept HCL była pozytywna. Produkty i rozwiązania sygnowane literami HCL pojawiły się w ofercie większości liczących się producentów (Tabela 1). Również prognozy przedstawiane przez agencje konsultingowe typu A.T. Kearney dla LightingEurope i Niemieckiego Stowarzyszenia Producentów Sprzętu Elektrycznego i Elektronicznego (ZVEI) wskazują na szybką dynamikę rozwoju tych technologii. Według A.T. Kearney wartość produktów HCL w Europie do 2020 roku może osiągnąć sumę od 0,87 mld do 1,4 mld euro (realistyczna infiltracja rynku) lub nawet do 12,8 mld euro (stuprocentowa infiltracja rynku) [27]. Według tego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl


Fot. Trilux

samego raportu wartość rynku HCL w Polsce w 2020 roku szacowana jest na 44 mln euro. Sektorami, w których nastąpi największe spopularyzowanie tej technologii, będą sektor biurowy, medyczny, edukacyjny. Niemniej jednak analiza wartości rynkowej koncepcji HCL jest trudna ze względu na to, że HCL jest obecnie traktowany często jako nośny slogan reklamowy. Na rynku komercyjnym pojawiło się dużo produktów o różnej proweniencji i jakości. Weryfikowalne badania na temat skuteczności koncepcji HCL są możliwe dopiero po pewnym okresie funkcjonowania tych produktów w aplikacjach oświetleniowych przeznaczonych dla zróżnicowanych grup odbiorców. Należy wspomnieć, że idea HCL nie opiera się na samym sterowaniu lub charakterystyce fotometrycznej źródła światła, lecz na długofalowych skutkach ekspozycji poszczególnych użytkowników na zindywidualizowane systemy oświetlenia odpowiadające na pozawzrokowe potrzeby ich odbiorców. Przytoczone wcześniej badania ukazują, że potrzeby te nie są do końca zdefiniowane.

Podsumowanie

Oświetlenie prozdrowotne, biodynamiczne lub w skrócie HCL jest inspirowane charakterystyką światła dziennego i stanowi odpowiedź na wzrokowe (IF) i pozawzrokowe (NIF) funkcje światła oraz biologiczne potrzeby odbiorców. Idea HCL realizowana jest z wykorzystaniem źródeł SSL i systemów sterujących, które powinny umożliwiać:

- kontrolę barwy strumienia świetlnego,
- kontrolę natężenia strumienia świetlnego opartego na jego korelacji ze zmiennym oświetleniem dziennym,
- kontrolę długości ekspozycji na światło o różnej charakterystyce fotometrycznej w zależności od zindywidualizowanych i zmieniających się potrzeb wzrokowych i biologicznych odbiorców,
- monitoring i zapis informacji oraz reewaluację przyjętych rozwiązań.

Tab. 1. Zestawienie wybranych kierunków działań i niektórych produktów promowanych konceptem HCL

Kierunki działań	Organizacje	Cele	Przykłady rozwiązań i produktów
Wartościowanie rynkowe koncepcji HCL	– LightingEurope – A.T. Kearney – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI)	– Badania nad technologiami SSL w kontekście HCL – HCL a wydajność pracy	– Przygotowanie prognoz i raportów rynkowych
Indywidualizacja potrzeb	– Philips Lighting/ Signify	– Wszystkie sektory – indywidualizacja kontroli – HCL dominującym trendem – Reklama produktów o zmiennych właściwościach fotometrycznych	– Urządzenia kontrolujące i sterujące, przekaźniki, ściemniacze, źródła światła, oprawy: Coreline, Freestreet, Iridium gen3, MasterColour CDM lamps, Metronomis LED, MASTERColour CDM MW eco
Innowacyjność, nowa jakość	– Osram	– Kontrola i jakość strumienia świetlnego – Utylizacja światła dziennego – Personifikowanie oświetlenia w biurach – Aplikacje pokazowe: Centre for Interdisciplinary Pan Therapy w Monachium/DE	– Oprawy: Scriptus®, Rondel flat – LIGHTIFY® Pro TW Novaluna lub Lunis 2, DALI
Inteligentne oświetlenie	– Trilux	– Kontrola i sterowanie oświetleniem – Aplikacje pokazowe w szkołach Hamburg-Eppendorf, Bridge Academy Hackney, School of Business, University of Essex, w szpitalach Ipswich Hospital Haughley Ward, Maria-Hilf Hospital, Brilon w Niemczech	– LiveLink, OccuSwich, Oprawy typu 3331, Sanesca Acuro, Luceo, Lunexo itd.
)świetlenie aktywne	– Zumtobel	– Dywersyfikacja produktów i aplikacji	– Lighting Management System, indywidualizacja produktów Cava, Caela

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Wydaje się jednak, że naczelną zasadą wszystkich działań idei HCL powinny być dalsze pogłębione studia nad fotobiologicznymi i neuropsychicznymi efektami oddziaływania oświetlenia na organizm ludzki.

Literatura

[1] K.J. Gaston, J. Bennie, T.W. Davies, and J. Hopkins, "The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal", Biol. Rev., vol. 88, no. 4, pp. 912–927, 2013.

[2] I. Fryc, "Zanieczyszczenie nocnego nieboskł onu światłem emitowanym przez oprawy oświetlenia zewnętrznego", no. June, 2017.

[3] J.A. Brons, J.D. Bullough, and M.S. Rea, "Outdoor site-lighting performance: A comprehensive and quantitative framework for assessing light pollution", Light. Res. Technol., vol. 40, no. 3, pp. 201–220, 2008.

[4] G. Tosini, I. Ferguson, and K. Tsubota, "Effects of blue light on the circadian system and eye physiology", Mol. Vis., vol. 22, no. August 2015, pp. 61–72, 2016.

[5] S.L. Chellappa, R. Steiner, P. Blattner, P. Oelhafen, T. Götz, and C. Cajochen, "Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: Can blue-enriched light keep us alert?", PLoS One, vol. 6, no. 1, 2011.

[6] S. Walerczyk, "Human Centric Lighting", Archit. SSL, p. 5, 2012.

[7] M. L. Amundadottir, S. Rockcastle, M. Sarey Khanie, and M. Amado, "A human-centric approach to assess daylight in buildings for non-visual health potential, visual interest and gaze behavior", Build. Environ., vol. 113, no. February, pp. 5–21, 2017.

[8] D. Łukasiewicz, "Problem mieszkaniowy i higiena w Prusach 1806–1871", Colloq. Wydz. Nauk Humanist. i Społecznych Kwart., vol. II, p. 8, 2012.

[9] J.F. Duffy and C.A. Czeisler, "Effect of Light on Human Circadian Physiology", Sleep Med Ciln., vol. 4, no. 2, pp. 165–177, 2009.

[10] M.B.C. Aries, M.P.J. Aarts, and J. Van Hoof, "Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment", Light. Res. Technol., vol. 47, no. January 2016, pp. 6–27, 2013.

[11] R.J. Lucas, S.N. Peirson, D.M. Berson, T.M. Brown, H.M. Cooper, C.A. Czeisler, M.G. Figueiro, P.D. Gamlin, S.W. Lockley, J.B. O'Hagan, L.L.A. Price, I. Provencio, D.J. Skene, and G.C. Brainard, "Measuring and using light in the melanopsin age", Trends in Neurosciences, 2014.

[12] J. Zawilska and K. Czarnecka, "Melanopsyna – nowo odkryty chronobiologiczny receptor światła", Postępy Biol. Komórki, vol. 33, no. 2, pp. 229–246, 2006.

[13] R.J. Lucas, S.N. Peirson, D.M. Berson, T.M. Brown, H.M. Cooper, C.A. Czeisler, M.G. Figueiro, P.D. Gamlin, S.W. Lockley, J.B. O'Hagan, L.L.A. Price, I. Provencio, D.J. Skene, and G.C. Brainard, "Measuring and using light in the melanopsin age", Trends in Neurosciences, vol. 37, no. 1. pp. 1–9, 2014.

[14] PHE, "Annual Report of the Chief Medical Officer 2017 Health Impacts of All Pollution – what do we know ?", 2017.

[15] Nobelprize.org., "The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2017", Nobel Media AB 2014, 2017. [Online]. Available: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2017/%3E. [Accessed: 15-Jan-2018].

[16] P.R. Boyce, "Editorial: Exploring human-centric lighting", vol. 48, no. 101, p. 2016, 2016.

[17] M. Andersen, J. Mardaljevic, and S.W. Lockley, "A framework for predicting the non-visual effects of daylight-Part I: Photobiology-based model", Light. Res. Technol., vol. 44, pp. 37–53, 2012.

[18] J. Mardaljevic, M. Andersen, N. Roy, and J. Christoffersen, "Daylighting, Artificial Lighting and Non-Visual Effects Study for a Residential Building", VELUX Corp., vol. (In Press), 2013.

[19] J.A. Jakubiec and C.F. Reinhart, "A Concept for Predicting Occupants' Long-Term Visual Comfort within Daylit Spaces", Leukos, vol. 2724, no. December, pp. 1–18, 2015.

[20] M.S. Rea and M.G. Figueiro, "Quantifying light-dependent circadian disruption in humans and animal models", Chronobiology International, 2014.

[21] M. Rea, "The what and the where of vision lighting research", Light. Res. Technol., vol. 50, no. 1, pp. 14–37, 2018.

[22] M.S. Rea, M.G. Figueiro, A. Bierman, and J.D. Bullough, "Circadian light", J. Circadian Rhythms, vol. 8, no. 1, p. 2, 2010.

[23] K. Konis, "A novel circadian daylight metric for building design and evaluation," Build. Environ., 2016.

[24] M.L. Amundadottir, S. Rockcastle, M. Sarey Khanie, and M. Andersen, "A human-centric approach to assess daylight in buildings for non-visual health potential, visual interest and gaze behavior", Build. Environ., vol. 113, no. February, pp. 5–21, 2016.

[25] M.S. Rea, A. Bierman, M.G. Figueiro, and J.D. Bullough, "A new approach to understanding the impact of circadian disruption on human health", J. Circadian Rhythms, vol. 6, no. 0, p. 7, May 2008.

[26] M.S. Rea and M.G. Figueiro, "Light as a circadian stimulus for architectural lighting", vol. 0, pp. 1–14, 2016.

[27] A.T. Kearney, "Quantified benefits of Human Centric Lighting", no. April, 2015.

MEAN WELL

Transfer Multisort Elektronik
autoryzowany dystrybutor
MEAN WELL

ZASILACZE DO OŚWIETLENIA LED
SERII ELG

szeroki wybór mocy 75-240 W

dostępne wersje stałoprądowe oraz stałonapięciowe

możliwość ściemniania (0-10 V DC, PWM, rezystancja)

dostępne wersje sterowane protokołem DALI

wysoki stopień szczelności IP65 lub IP67

Transfer Multisort Elektronik

TME®
Electronic Components

tme.eu

Ustronna 41, 93-350 Łódź, Polska
tel. 42 645 55 55, dso@tme.pl

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl