

ELŻBIETA JANOSIK

## Zdrowotne aspekty oświetlenia stosowanego w mieszkaniach

### Health aspects of lighting used in households

Zakład Szkodliwości Fizycznych, Fizjologii Pracy i Ergonomii, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu

#### SŁOWA KLUCZOWE

światło, parametry oświetleniowe, proces widzenia, zegar biologiczny, świetlówki i lampy LED

#### STRESZCZENIE

Światło i jego praktyczne zastosowanie w formie oświetlenia odgrywa istotną rolę w życiu człowieka, ponieważ generuje wrażenia wzrokowe, kształtuje doznania psychiczne i rytm funkcji życiowych. Sposób, w jaki światło determinuje możliwości wizualne i reakcje fizjologiczne, zależy od właściwości oddziałujących bodźców świetlnych. W artykule podano drogi oddziaływania światła na człowieka, omówiono ilościowe i jakościowe parametry oświetleniowe kształtujące warunki widzenia i klimat świetlny we wnętrzach oraz podkreślono możliwe negatywne skutki zdrowotne niedoboru lub nadmiaru bodźców świetlnych w otoczeniu. Przybliżono także, z uwzględnieniem aspektu ekologicznego, zalety i wady nowoczesnych źródeł oświetleniowych stosowanych do oświetlenia mieszkań. Ponieważ światło wpływa na sprawność widzenia, samopoczucie, a nawet zdrowie człowieka, dobre oświetlenie można uznać za podstawową potrzebę w naszym życiu codziennym. Redukcję szkód wywołanych nieprawidłowymi warunkami oświetleniowymi można osiągnąć, stosując się do zaleceń podanych w artykule oraz korzystając ze wskazówek osób zajmujących się kreowaniem oświetlenia we wnętrzach.

#### KEYWORDS

light, lighting parameters, vision process, biological clock, fluorescent lamps and LED lamps

#### SUMMARY

Light and its practical application in the form of lighting plays an important role in human life, because it generates visual impressions, shapes mental experiences and the rhythm of vital functions. The way in which light determines visual capabilities and physiological reactions depends on the properties of the interacting light stimuli. The article presents the ways of its influence on human beings, quantitative and qualitative lighting parameters shaping the visual conditions and the light climate in the interiors were discussed, and possible negative health effects of deficiency or excess light stimuli in the environment were underlined. The advantages and disadvantages of modern lighting sources used for housing lighting have also been approached, taking into account the ecological aspect. Because light affects the efficiency of vision, well-being, and even human health, good lighting can be considered as a basic need in our everyday life. The reduction of damages caused by incorrect lighting conditions can be achieved by following the recommendations given in this article and using the instructions given by the interior lighting creators.

#### WSTĘP

Światło odgrywa kluczową rolę w życiu człowieka. Bodźce świetlne poprzez narząd wzroku dostarczają człowiekowi ponad 80% informacji dotyczących otaczającego go środowiska (1). Obok generowania wrażeń wizualnych istotnym jest też oddziaływanie światła na fizjologię organizmu człowieka. Zmiany światła kształtują rytm jego funkcji życiowych oraz

#### INTRODUCTION

Light plays a key role in human life. Light stimuli, through the organ of sight, provide people with over 80% of information about the surrounding environment (1). In addition to generating visual impressions, the influence of light on the physiology of the human body is also important. The changes of light shape the rhythm

wywołują określone doznania psychiczne. W życiu codziennym samemu można zaobserwować, że zbyt silne światło, zwłaszcza sztuczne, wywołuje rozdrażnienie, natomiast przy ciemnieniu oświetlenia w pewnych sytuacjach sprzyja relaksacji. Ponadto wiosną i latem jesteśmy na ogół pełni energii, natomiast podczas jesieni i zimy nasza aktywność spada. Mogą wystąpić jeszcze inne skutki oddziaływania światła na samopoczucie, a nawet zdrowie człowieka, których nie zawsze jesteśmy świadomi, a które zależą od ilościowych i jakościowych właściwości oddziałujących bodźców świetlnych. Dlatego bardzo istotna jest wiedza na temat odpowiedniego stosowania światła w miejscach, w których współczesny człowiek przebywa najdłużej, tzn. w mieszkaniu, szkole, pracy.

Światło to promieniowanie elektromagnetyczne o długościach fal z zakresu 380-780 nm. Fale te mają zdolność wywoływania wrażeń wzrokowych w narządzie wzroku człowieka, dlatego światło nazywane jest promieniowaniem widzialnym (2, 3).

Uwarunkowania ewolucyjne życia na Ziemi sprawiają, że organizm człowieka potrzebuje całego spektrum światła słonecznego (4). Także narząd wzroku człowieka został przystosowany do odbioru całego zakresu natężeń promieniowania widzialnego Słońca docierającego do Ziemi (5).

## DROGI ODDZIAŁYWANIA ŚWIATŁA NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Przebieg procesu widzenia u człowieka jest dobrze poznany. Klasyczna droga bodźca świetlnego wywołującego wrażenie wzrokowe to: układ optyczny oka, siatkówka (gdzie bodziec świetlny zamieniany jest na bodziec nerwowy), nerw wzrokowy, skrzyżowanie wzrokowe, pasmo wzrokowe, ciało kolankowate boczne, promienistość wzrokowa i kora wzrokowa płata potylicznego (6), w której następuje ostateczna percepcja wzrokowa.

Nieco mniej znany jest udział promieniowania widzialnego w regulacji procesów fizjologicznych w organizmie człowieka. Organizm ludzki wyposażony jest w układ endokryny (hormonalny), który uaktywnia różne układy ustrojowe człowieka, dopasowując je do zmieniających się warunków otoczenia (6). Ingerencja endokryny dokonuje się przez hormony, które przenoszone są przez krew do komórek docelowych, gdzie regulują wiele procesów życiowych. Jak ustalono, gruczołem dokrewnym charakteryzującym się znaczną wrażliwością na bodźce świetlne jest szyszynka. W trakcie wcześniej wspomnianej drogi wzrokowej część aksonów neuronów wzrokowo-zwojowych opuszcza skrzyżowanie wzrokowe, biegnąc bezpośrednio do jąder nadskrzyżowania (ang. *suprachiasmatic nucleus of the hypothalamus* – SCN) w podwzgórze, a stamtąd poprzez rdzeń kręgowy i zwój szyjny górny tworzą połączenia z szyszynką (ryc. 1), która z kolei wydziela hormony – serotoninę i melatoninę (6, 7).

Przy braku bodźców świetlnych następuje wzrost wydzielania melatoniny, podczas gdy światło hamuje jej wydzielanie (sekrecję), uruchamiając produkcję serotoniny.

of its vital functions and evoke specific mental experiences. In everyday life, one can observe that lighting too strong, especially an artificial one, causes irritation, while darkening of lighting, in certain situations, promotes relaxation. In addition, during spring and summer, we are generally full of energy, while during fall and winter our activity decreases. There may also be other effects of lighting impact on the well-being and even human health, which we are not always aware of, and which depend on the quantitative and qualitative properties of the interacting light stimuli. Therefore, it is very important to know how to apply the light properly in places where the contemporary man stays the longest, i.e. in households, schools and at work.

Light is electromagnetic radiation with wavelengths in the 380-780 nm range. These waves have the ability to evoke visual impressions in the human eye, therefore the light is called visible radiation (2, 3).

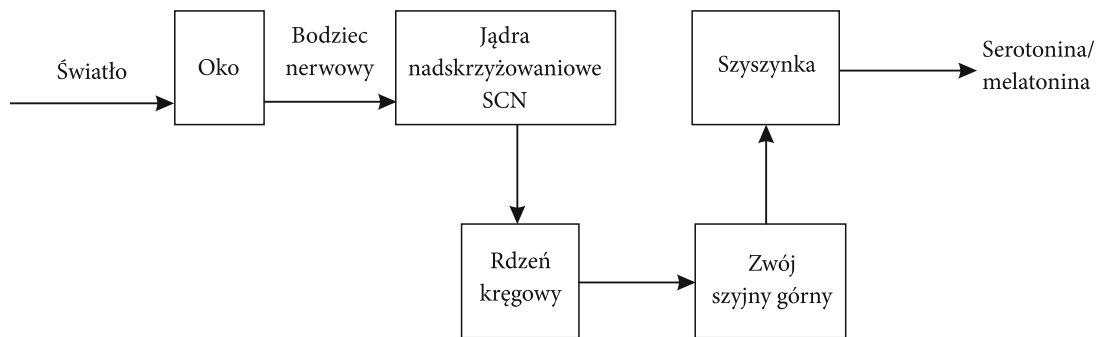
The evolutionary conditions of life on Earth make the human body needs the entire spectrum of sunlight (4). Also, the human vision was adapted to receive the entire range of visible radiation intensity of the Sun reaching the Earth (5).

## THE WAYS OF THE INTERACTION OF LIGHT ON THE HUMAN BODY

The course of the human vision process is well recognized. The classic path of light stimulus causing visual impression is: the optic system of the eye, retina (where the light stimulus is transformed into a nerve stimulus), optic nerve, visual intersection, visual band, lateral geniculate body, visual radius and visual cortex of the occipital lobe (6), which follows the final visual perception.

The share of visible radiation in the regulation of physiological processes in the human body is slightly less known. The human body is equipped with an endocrine (hormonal) system that activates various human body systems, adapting them to changing environmental conditions (6). Endocrine interferences are made by hormones that are transmitted through the blood to the target cells, where they regulate many vital processes. As established, the endocrine gland characterized by a significant sensitivity to light stimuli is pineal gland. During the aforementioned visual path, a part of the visual-ganglion neurons leaves the visual junction, running directly to the suprachiasmatic nucleus of the hypothalamus, and from there through the spinal cord and the upper cervical ganglion form connections with the pineal gland (fig. 1), which in turn secretes hormones – serotonin and melatonin (6, 7).

In the absence of light stimuli, the secretion of melatonin increases, while light inhibits its secretion (secretion), triggering serotonin production.



Ryc. 1. Droga oddziaływania światła na szyszynkę

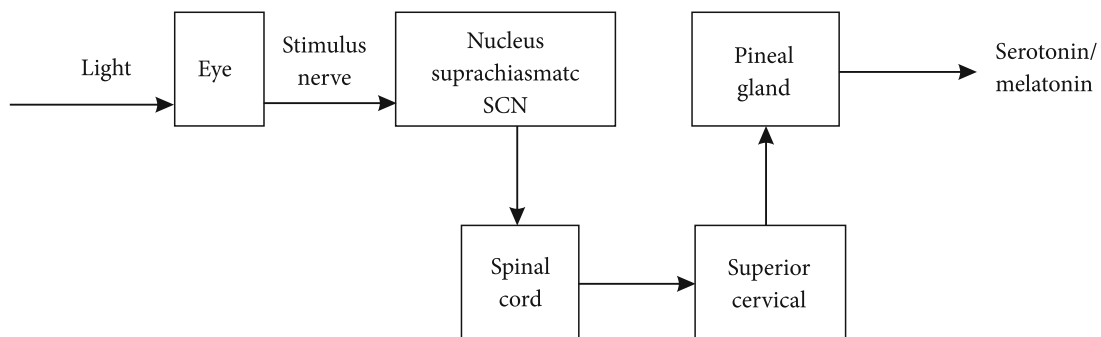


Fig. 1. The way light affects the pineal gland

Melatonina pochodzenia szyszynkowego jest uwalniana do krwiobiegu, a następnie dociera do wszystkich narządów. Dorosły człowiek wydziela 12,3-28,8 µg melatoniny na dobę, a stężenie tego hormonu we krwi waha się od 0-20 pg/ml w dzień do 80-150 pg/ml w nocy (7, 8). Równowaga między cyklami wydzielania melatoniny i serotoniny jest niezbędna dla utrzymania działania tzw. zegara/rytmu biologicznego (24-godzinny cykl aktywności i spoczynku). Ta wrodzona zdolność odmierzenia czasu pomaga organizmowi dostosowywać jego działania do czasu, kiedy ich wykonywanie jest najważniejsze. Przykładowo: z nadejściem wieczoru ilość melatoniny wzrasta. Melatonina docierając do odpowiednich receptorów, obniża temperaturę ciała, co ułatwia zaśnięcie (9).

#### IŁOŚĆ I JAKOŚĆ ŚWIATŁA POTRZEBNA DO EFEKTYWNEGO FUNKCJONOWANIA ORGANIZMU

Prawidłowe oświetlenie – przy wykorzystaniu światła naturalnego (słonecznego) czy sztucznego – decyduje o sprawności i wygodzie widzenia. Technika oświetlania wnętrz oparta jest na wiedzy o psychofizjologii człowieka. Biorąc pod uwagę właściwości narządu wzroku człowieka, ustalono, iż w celu uzyskania dobrej jakości widzenia należy zapewnić (10):

- wystarczające poziomy natężenia oświetlenia – aby umożliwić/ułatwić spostrzeganie,

Melatonin of pineal origin is released into the bloodstream and then reaches all organs. An adult emits 12.3-28.8 µg of melatonin daily, and the concentration of this hormone in the blood varies from 0-20 pg/ml during the day to 80-150 pg/ml during the night (7, 8). The balance between the melatonin and serotonin secretion cycles is essential for maintaining the so-called clock/biological rhythm (24-hour of activity and rest cycle). This innate ability to measure time helps the body to adapt its activities to the time when their performance is most important. For example: when the evening falls, the amount of melatonin increases. Melatonin, reaching the appropriate receptors, lowers body temperature, which makes falling asleep much easier (9).

#### THE AMOUNT AND QUALITY OF LIGHT NEEDED FOR THE EFFECTIVE FUNCTIONING OF THE BODY

Proper lighting – using natural (solar) or artificial light – determines the efficiency and comfort of vision. Interior lighting technology is based on knowledge about human psychophysiology. Taking into account the properties of the human eye, it has been established that in order to obtain a good quality of vision one should assure (10):

- sufficient levels of light intensity – to allow/facilitate perception,

- równomierność natężenia oświetlenia, równomierny rozkład luminancji w polu widzenia oraz ograniczenie zjawiska oślnienia – aby nie przeciążać mechanizmów adaptacyjnych oczu i zapewnić wygodę widzenia,
- odpowiednią barwę światła oraz odpowiednią zdolność oddawania barw przez światło stosowanych źródeł oświetleniowych – aby zapewnić odpowiedni klimat świetlny, generować odczucia psychiczne, ułatwiać odbiór wrażeń barwnych.

Projektując oświetlanie danego pomieszczenia, ustala się, jaką ono spełnia funkcję, jak precyzyjne prace wzrokowe są w nim wykonywane, a następnie w oparciu o normy oświetleniowe dobiera się wartości w/w parametrów oświetleniowych.

Miejszem, w którym ludzie spędzają większą część swojego czasu po pracy czy nauce, jest mieszkanie. Mieszkańcy kwestie oświetleniowe rozwiązują zazwyczaj intuicyjnie, ponieważ do problematyki oświetlenia nie przywiązują zbyt dużej wagi bądź nie wiedzą, w jaki sposób mogą zapewnić optymalne oświetlenie w swoich mieszkaniach. Już jednak znajomość podstawowych zasad prawidłowego oświetlenia może ułatwić podejmowanie decyzji o rozwiązaniach oświetleniowych.

Podstawowym wymaganiem jest zapewnienie odpowiednich poziomów natężenia oświetlenia na głównych płaszczyznach pracy oraz dróg komunikacyjnych. Uwzględniając podawane w Polskich Normach PN-84/E-02033 czy PN-EN 12464-1 (11, 12) minimalne wartości natężenia oświetlenia dla różnych czynności i pomieszczeń, można określić poziomy natężenie oświetlenia odpowiednie dla pomieszczeń/sytuacji domowych (tab. 1).

Światło w mieszkaniu powinno nie tylko ułatwiać wykonywanie czynności życiowych, ale też umożliwiać wypoczynek, wpływać na samopoczucie mieszkańców. Nie bez znaczenia w tworzeniu klimatu świetlnego ma barwa stosowanego światła, opisywana tzw. temperaturą barwową  $T_b$  wyrażaną w kelwinach [K] (wartość temperatury barwowej podawana jest na opakowaniu źródła światła). Światło o barwie ciepłobiałej ( $T_b < 3500$  K) wpływa relaksująco i uspokajająco na człowieka, podczas gdy światło o barwie białej ( $T_b = 3500$ - $5500$  K), a tym bardziej chłodnobiałej ( $T_b > 5500$  K) wzmacnia koncentrację i pobudza

- uniformity of light intensity, uniform distribution of luminance in the vision field and limiting the phenomenon of glare – not to overload the eyes adaptive mechanisms and provide visual comfort,
- the appropriate colour of light and the appropriate light-rendering ability of used lighting sources – to provide the appropriate light climate, generate psychological feelings, facilitate the perception of colour sensations.

When designing the lighting of a given room, first it is determined what function it performs, how precise visual works are carried out in it, and then based on the lighting standards, the values of the above lighting parameters are selected.

The place where people spend most of their time after work or study are households. Inhabitants lighting issues are usually solved intuitively, because on the issues of house lighting they do not pay too much attention, or do not know how they can provide optimal lighting in their households. However, familiarity with the basic principles of proper lighting can help taking right decisions about lighting solutions.

The basic requirement is to provide adequate levels of lighting intensity on the main areas of work and walking routes. Taking into account the minimum values of illuminance for various activities and rooms given in Polish Standards PN-84/E-02033 or PN-EN 12464-1 (11, 12), it is possible to determine lighting levels suitable for rooms/home situations (tab. 1).

Light in the house should not only facilitate the performance of life activities, but also enable relaxation, affect the well-being of the residents. Not without significance in creating the light climate is the colour of the light used, described by the so-called colour temperature  $T_b$  expressed in Kelvin [K] (the value of the colour temperature is given on the holder or packaging of the light source). Light warm white ( $T_b < 3500$  K) has a relaxing and calming effect on humans, while white light ( $T_b = 3500$ - $5500$  K), and even more cool white ( $T_b > 5500$  K) increases concentration and stimulates action. Therefore,

**Tab. 1.** Zalecane wartości poziomów natężenia oświetlenia w mieszkaniach

Lp.	Pomieszczenie/miejsce/czynność	Minimalne natężenie oświetlenia
1	korytarze, schody	50-100 lx
2	stół w jadalni	200 lx
3	blat w kuchni/przygotowanie posiłku	300 lx
4	biurko do nauki	500 lx
5	szycie, składanie drobnych elementów	750 lx

**Tab. 1.** Recommended values for illuminance levels in households

No.	Room/space/activity	Minimal illuminance
1	corridors, stairs	50-100 lx
2	table in the dining room	200 lx
3	kitchen countertop/preparing a meal	300 lx
4	learning desk	500 lx
5	sewing, ansambling small items	750 lx

do działania. Zatem źródła światła o barwie ciepłobiałej powinno się stosować w sypialniach, w miejscach relaksu, natomiast źródła światła o barwie białej/chłodnobiałej – w miejscach, gdzie wykonujemy prace precyzyjne (pisanie, szycie, przygotowywanie posiłków).

Na komfort widzenia ma także wpływ właściwość światła zwana zdolnością oddawania barw. Jest ona określana tzw. wskaźnikiem oddawania barw  $R_a$ . Im  $R_a$  jest wyższy ( $R_a$  przyjmuje wartości od 0 do 100), tym barwy obserwowanych obiektów są lepiej oddawane, a same obiekty (nawet karnacja ludzkiej skóry) wyglądają naturalniej. Przyjmuje się, że najlepszy wskaźnik oddawania barw ma naturalne światło słoneczne. Źródło oświetleniowe, w świetle którego obserwowane barwy nie są zniekształcone (wyglądają bardzo podobnie jak przy świetle naturalnym), ma dobrą zdolność oddawania barw i można je stosować w miejscach, gdzie rozróżnianie kolorów jest istotne (np. oglądanie zdjęć, wykonywanie makijażu).

Oświetlenie w mieszkaniu powinno być użyteczne, ale też dopasowane do aktualnych potrzeb i indywidualnych upodobań mieszkańców. Dlatego do oświetlania danego wnętrza mieszkalnego wskazane jest zastosowanie co najmniej kilku źródeł oświetleniowych, odpowiednio rozmieszczonych i wykorzystywanych zależnie od sytuacji. Generalnie, powinno składać się z rozproszonego oświetlenia ogólnego (podkładowego), oświetlenia miejscowego (zadaniowego) oraz punktowych akcentów świetlnych (dekoracyjnych). Poprzez odpowiednie rozmieszczenie opraw tych trzech rodzajów oświetlenia, dobór ilości, barwy i  $R_a$  zastosowanego światła możliwe jest kreowanie pożądanych przez mieszkańców warunków oświetleniowych.

Błędem jest niedocenianie roli prawidłowego oświetlenia. Niepożądanym stanem jest tzw. niedoświetlenie wnętrza (13), do którego może dojść z powodu braku nasłonecznienia wynikającego z pory dnia i roku, pogody, zbyt małych otworów okiennych, a w pomieszczeniach, w których dominuje światło sztuczne – w wyniku m.in. złego usytuowania lamp, niedopasowania poziomu natężenia oświetlenia do wykonywanej pracy czy indywidualnych potrzeb użytkownika np. osób z wadami wzroku lub ludzi starszych.

W wielu pomieszczeniach panują względne warunki oświetleniowe, przy których użytkownik jest w stanie wykonać pracę, ale jest to możliwe tylko dzięki dużym możliwościom adaptacyjnym narządu wzroku i ogólnym zdolnościom organizmu do kompensacji złych warunków środowiska. Te możliwości adaptacyjne i kompensacyjne są ograniczone i szybko mogą pojawić się skutki, tj.: spadek sprawności widzenia, zmęczenie i dolegliwości oczu, wady refrakcji, stany przygnębienia wynikające z ponurości otoczenia.

Zamierzone stosowanie niskich poziomów natężenia oświetlenia w pomieszczeniach mieszkalnych w sytuacjach wypoczynku jest zasadne, natomiast nie można lekceważyć sprawy prawidłowego oświetlenia miejsc nauki dzieci i młodzieży. Czytanie, pisanie, praca przy monitorze komputera powinny się odbywać w dobrym oświetleniu. Stwierdzono, że nie sam natłok pracy, ale czytanie ze zbyt bliskiej odległości (dziecko pochyla się w kierunku książki czy zeszytu przy

light sources with a warm white colour should be used in bedrooms, in places of relaxation, while white/cool white light sources – in places where we perform precise work (writing, sewing, preparing meals).

The visual property is also influenced by the property of light called the colour rendering ability. It is called the so-called colour rendering index  $R_a$ . The higher  $R_a$  is ( $R_a$  takes values from 0 to 100), the better rendered are colours of observed objects, and the objects themselves (even the tone of human skin) look more natural. It is assumed that the best colour rendering index has got natural sunlight. Lighting source, in the light of which the observed colours are not distorted (they look very similar to natural light) has good colour rendering ability and can be used in places where colour discrimination is important (e.g. watching photos, make-up making).

Lighting in the house should be useful, but also adapted to the current needs and individual preferences of its residents. Therefore, it is advisable to illuminate a given residential interior with at least several lighting sources, appropriately arranged and used depending on the situation. In general, it should consist of diffuse general (base) lighting, local (task) lighting and spotlight (decorative) accents. By properly arranging the light fittings of the three types of lighting, choosing the amount, colours and  $R_a$  of the applied light, it is possible to create the lighting conditions desired by the residents.

It is a mistake to underestimate the role of proper lighting. An undesirable condition is the so-called underexposure of the interior (13), which may occur due to lack of sunlight resulting from the time of day and season, weather, too small window openings, and in rooms in which artificial light dominates – as a result of poor positioning of lamps, mismatch of the level of illumination to the work performed or individual needs of the user, e.g. people with visual impairments or elderly people.

In many rooms, there are relative lighting conditions at which the user is able to do the work, but this is only possible due to the large adaptation possibilities of the eye and general body's ability to compensate for poor environmental conditions. These adaptive and compensatory abilities are limited and the effects may be quickly manifested, such as: decreased visual performance, fatigue and eye discomfort, refractive errors, states of depression resulting from gloomy ambient.

Intended use of low levels of illumination in living rooms in rest situations is justified, but the issue of proper lighting of children's and youth's learning places can not be underestimated. Reading, writing, working on a computer monitor should be done in good lighting. It was found that it is not the workload itself, but reading from a distance too close (the child leans towards the book or the notebook at a low level of illumination) is of the greatest importance in the development of myopia in children (14). Work at the desk and artificial lighting should also be limited in time. According to Rose et al. (15), the factor preventing



niskim poziomie natężenia oświetlenia) ma największe znaczenie przy rozwoju krótkowzroczności dzieci (14). Praca przy biurku i sztucznym oświetleniu powinna być także ograniczona w czasie. Według Rose i wsp. (15) czynnikiem zapobiegającym rozwojowi krótkowzroczności jest częste przebywanie na świeżym powietrzu. Pozytywną rolę odgrywa tu m.in. światło słoneczne, które pośrednio spowalnia rozrost gałki ocznej u dzieci, przyczyniający się do krótkowzroczności (16).

Dostateczne oświetlenie w mieszkaniach jest też istotne dla starszych mieszkańców. Dobrze oświetlone miejsca prac wzrokowych (blaty kuchenne, kąpiki do czytania, majsterkowania, pielęgnacji ciała) oraz korytarze i przejścia pomagają w bezpiecznym przemieszczaniu się, zachęcają do działania. Z uwagi na zmiany anatomiczno-fizjologiczne w narządzie wzroku osoby starsze w porównaniu z osobami młodymi wymagają wyższych poziomów natężenia oświetlenia. W porównaniu z okiem 20-latką do wnętrza oka osoby starszej dociera tylko 1/3 światła, ze względu na mniejszą średnicę źrenicy i zmętnienie soczewki (17), co powinno się uwzględniać przy doborze oświetlenia w mieszkaniach osób starszych.

W odniesieniu do aspektu udziału promieniowania widzialnego w regulacji procesów fizjologicznych w organizmie człowieka, należy pamiętać, że współczesny człowiek większą część życia spędza we wnętrzach oświetlonych światłem sztucznym, różniącym się ilościowo i jakościowo od światła dziennego. W pomieszczeniach natężenie oświetlenia wynosi najczęściej 100-750 lx, gdy na zewnątrz 2000-5000 lx w pochmurny dzień, a w dniu słonecznym nawet 100 000 lx (9). W wyniku chronicznego, słabego bodźcowania świetlnego może dochodzić do desynchronizacji rytmu biologicznego. Większości osób to nie szkodzi, gdyż światło zastępują inne regulatory czasowe: stałe godziny pracy, regularne pory posiłków. Jednak u osób podatnych, m.in. starszych, dochodzi do w/w desynchronizacji, czego następstwem są: zaburzenia snu, łaknienia, brak energii, kryzys nastrojów. Taka desynchronizacja pojawia się też często u podatnych osób w sezonie jesiennie-zimowym, gdy światła słonecznego jest mniej. Następstwem tego jest tzw. depresja sezonowa, zwana też sezonową chorobą afektywną (ang. *seasonal affective disorder* – SAD) (18).

Inną, skrajną sytuacją mającą związek z udziałem światła w życiu człowieka jest nadmiar bodźców świetlnych w otoczeniu. W przypadku mieszkań może to wystąpić w wyniku przesadnego oświetlenia pomieszczeń, stosowania wyłącznie oświetlenia ogólnego bez wykorzystania oświetlenia miejscowego, niewyłączania niepotrzebnie świecących się lamp. Jednak istnieją też pewne przyzwyczajenia mieszkańców związane z „nadmiarem” światła – tzn. spanie przy załączonych lampach, telewizorze czy komputerze. Jak stwierdzają liczne doniesienia naukowe (19-21), zwyczaj spania przy załączonym świetle nie jest korzystny dla organizmu, szczególnie rozwijającego się. Ma to duże znaczenie w przypadku noworodków. Aby zapobiec uszkodzeniom rozwijającego się wzroku i przeciwdziałać zaburzeniom rytmu dobowego małeństwa, na oddziałach intensywnej opieki neonatologicznej ogranicza się oświetlenie nocne do zaledwie kilku luksów (19). Według Czepity (20) u osób, które do 2. roku życia spały w oświetlonych

the development of myopia is frequent open-air activities. Among others a positive role is played by sunlight, which indirectly slows down the eyeball growth in children, contributing to myopia (16).

Sufficient lighting in households is also important for older residents. Properly illuminated places of visual work (kitchen countertop, reading areas, DIY, body care) and corridors and passages, help in safe movement, encourage to action. Due to anatomical and physiological changes in the eye organ, older people require higher levels of light intensity compared to young people. In comparison with the eye of a twenty-year-old person, only 1/3 of the light reaches the older person's eye due to the smaller diameter of the pupil and clouding of the lens (17), which should be taken into account when choosing lighting in elderly people's dwellings.

With regard to the aspect of visible radiation in the regulation of physiological processes in the human body, it should be remembered that the contemporary man spends most of his life in interiors lit with artificial light, differing in quantity and quality from the daylight. In rooms, the intensity of lighting is usually 100-750 lx, when outside 2000-5000 lx on a cloudy day, and on a sunny day even 100,000 lx (9). As a result of chronic, poor light stimulation, the biological rhythm may desynchronise. Most people do not mind, because light replaces other time regulators: fixed working hours, regular meal times. However, in susceptible people, among others older people, desynchronization occurs, resulting in: sleep disorders, appetite, lack of energy, mood crisis. Such desynchronization also often appears in vulnerable people in the autumn and winter season, when sunlight is less. The consequence of this is the so-called seasonal depression also called seasonal affective disorder (*seasonal affective disorder* – SAD) (18).

Another extreme situation related to the participation of light in human life is an excess of light stimuli in the environment. In the case of households it may occur as a result of excessive lighting of rooms, use of only general lighting without the use of local lighting, not turning off unnecessarily lamps. However, there are also certain habits of residents associated with the “excess” of light – i.e. sleeping with the lamps, TV or computer turned on. As many scientific reports have stated (19-21), the habit of sleeping with the light turned on is not beneficial for the body, especially the developing one. It plays important role for newborns. In order to prevent damage to developing eyesight and to prevent disturbances in the diurnal rhythm of babies, at neonatal care, by night, intensive lighting is reduced to just a few lux (19). According to Czepita (20), people who have slept in illuminated rooms up to two years are more likely to have refractive disorders. There are also reports on the correlation between the effects of light on a human being at night (so-called LAN – light at night) and the appearance of obesity, diabetes, depression (7, 21) and an increased risk of breast

pomieszczeniach, częściej występują wady refrakcji. Istnieją także doniesienia o zależnościach między oddziaływaniem światła na człowieka w nocy (tzw. LAN – ang. *light at night*) a pojawieniem się otyłości, cukrzycy, depresji (7, 21) oraz zwiększonym ryzykiem raka piersi i raka prostaty (22). Ma to związek z zaburzeniami rytmu biologicznego, powodowanymi, jak wcześniej wspomniano, hamowaniem wydzielania melatoniny, natomiast zwiększoną produkcją kortyzolu, testosteronu, estrogenów oraz ograniczeniem funkcjonowania układu odpornościowego. Problemem jest fakt, że światło w nocy pochodzi często nie z naszych lampek nocnych, ale wnika przez okna z zewnątrz. Nękające światło, np. reklamy świetlnej, lampy osiedlowej, zaburzające naturalny odpoczynek może spowodować negatywne reakcje emocjonalne (stres), a po pewnym czasie – wymieniane powyżej skutki zdrowotne.

### ZALETY I WADY NOWOCZESNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Jeszcze do niedawna najpowszechniej stosowanymi źródłami światła w mieszkaniach były źródła żarowe, jednak ich epoka się skończyła. W latach 2009-2016 przeprowadzono proces wycofania żarówek i zastępowania ich nowoczesnymi źródłami, do których należą przede wszystkim świetlówki kompaktowe oraz lampy LED. Zaletami źródeł żarowych były: ciągłe widmo promieniowania, podobne do widma słonecznego, łatwość użytkowania, niski koszt, duże zróżnicowanie ich mocy i napięć zasilania, przyjazna, ciepła barwa światła. Z kolei do wad żarówek należały: energochłonność, niewielka skuteczność świetlna – w granicach 8-14 lm/W, wysoka temperatura bańki.

W świetlówkach kompaktowych światło powstaje w ten sam sposób jak w zwykłych świetlówkach liniowych – wewnątrz rury świetlówki liniowej i kompaktowej powleczone jest warstwą luminoforu oraz wypełnione małą ilością gazu szlachetnego (pod ciśnieniem rzędu 400 Pa) i metaliczną rtęcią. W wyniku przepływu prądu między elektrodami powstają pary rtęci. Pobudzenie elektryczne tych par prowadzi do emisji promieniowania nadfioletowego o długości fali 253,7 i 185 nm. Luminofor pokrywający wewnętrzną powierzchnię rur świetlówek przekształca promieniowanie nadfioletowe w światło widzialne. Dzięki podzieleniu rury szklanej na kilka części, odpowiedniemu ich ukształtowaniu, a następnie połączeniu z układem zapłonowo-stabilizacyjnym udało się osiągnąć takie wymiary świetlówek, że stała się ona zamiennikiem standardowej żarówki. Tabela 2 zawiera porównanie mocy żarówek i świetlówek emitujących taki sam strumień świetlny (parametr określający ilość światła emitowaną przez źródło światła w jednostce czasu).

Zaletami świetlówek kompaktowych są: duża skuteczność świetlna od 33 do nawet 104 lm/W, trwałość – 6000-20 000 h, wysoki wskaźnik  $R_a$  (z zakresu 80-90) i różne temperatury barwowe. Wadami świetlówek są: konieczność stosowania urządzeń pomocniczych (statecznika, zapłonika), wpływ liczby włączeń na trwałość świetlówek, utrudniony zapłon przy niskich temperaturach i przy obniżonym napięciu oraz tętnienie strumienia świetlnego. To co różni zdecydowanie świetlówkę kompaktową od

cancer and prostate cancer (22). This is related to the disturbances of the biological rhythm, caused, as mentioned before, by the inhibition of melatonin secretion, while the increased production of cortisol, testosterone, and estrogen, and the reduction of the immune system activity. The problem is that the light at night often does not come from our night lamps, but penetrates through the windows from the outside. The harassing light of, for example, advertising fluorescent lamps, a residential street lamp disturbing the natural rest can cause negative emotional reactions (stress), and after some time – the health effects mentioned above.

### ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF MODERN LIGHT SOURCES

Until recently, the most commonly used sources of light in households were incandescent sources, but their time is already over. In the years 2009-2016, the process of withdrawal of light incandescent bulbs and replacing them with modern sources, which mainly include compact fluorescent lamps and LED lamps, was carried out. The advantages of incandescent sources were a continuous spectrum of radiation, similar to the solar spectrum, ease of use, low cost, high diversity of their power and supply voltages, friendly, warm colour of light. In turn, the disadvantages of light bulbs were energy consumption, low luminous efficiency – within 8-14 lm/W, high bulb temperature.

In compact fluorescent lamps, light is produced in the same way as in ordinary fluorescent lamps – the inside of a fluorescent tube is compacted with a phosphor layer and filled with a small amount of noble gas (under pressure of 400 Pa) and metallic mercury. As a result of the current flow between the electrodes mercury vapour is formed. The electrical stimulation of this vapour leads to the emission of ultraviolet radiation with wavelength 253.7 and 185 nm. A phosphor covering the inner surface of fluorescent tubes transforms ultraviolet radiation into visible light. By dividing the glass tube into several parts, their appropriate shape, and then connecting with the ignition-stabilization system, it was possible to achieve such dimensions of the fluorescent tube that it became a replacement for a standard light bulb. Table 2 compares the power of incandescent light bulbs and fluorescent tubes emitting the same luminous flux (parameter defining the amount of light emitted by the light source per unit of time).

The advantages of compact fluorescent bulbs are: high luminous efficiency from 33 to even 104 lm/W, durability 6,000-20,000 h, high  $R_a$  index (from 80-90) and different colour temperatures. The disadvantages of fluorescent bulbs are: the need to use auxiliary devices (ballast, igniter), the influence of the number of switches on the durability of the fluorescent tube, difficult ignition at low temperatures and at reduced voltage, and the pulsation

Tab. 2. „Świetłówkowe” odpowiedniki żarówek (wg (23))

Typ lampy	Strumień świetlny w [lm]					
	220/270	400/320-510	710/630-680	930/875-900	1300/1100-1300	2160/1900
żarówka	25 W	40 W	60 W	75 W	100W	150 W
światłówka kompaktowa	5 W	7-9 W	11-13 W	14-15 W	18-23 W	30 W

Tab. 2. “Fluorescent” equivalents of incandescent bulbs, acc. (23)

Lamp type	Luminous flux in [lm]					
	220/270	400/320-510	710/630-680	930/875-900	1300/1100-1300	2160/1900
light bulb	25 W	40 W	60 W	75 W	100W	150 W
fluorescent bulb	5 W	7-9 W	11-13 W	14-15 W	18-23 W	30 W

żarówki to widmo promieniowania, które jest tzw. widmem pasmowym (nieciągłym).

Stosując światłówki kompaktowe do oświetlenia mieszkań, należy pamiętać, że światłówka jest zaliczana do odpadów niebezpiecznych, a światłówka potłuczona lub pęknięta jest odpadem szczególnie niebezpiecznym ze względu na zawartą tam rtęć. Rtęć to toksyczny metal ciężki, który trafiając do organizmu człowieka, może wywołać wiele niebezpiecznych schorzeń, poczynając od bólu głowy i kończyn, zapalenia błon śluzowych przewodu pokarmowego, po uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego i nerek.

Jak wykazują badania opinii społecznej (24), ponad połowa użytkowników światłówek wyrzuca je na śmietnik. Zaledwie co dziesiąty Polak oddaje tzw. żarówki energooszczędne do punktów zbierania. Europejskie przepisy dotyczące obowiązku nadzoru nad elektroodpadami wprowadza do polskiego prawa Ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku o Zużycym Sprzęcie Elektrycznym i Elektronicznym – ZSEE (25). Zgodnie z Ustawą posiadacze odpadów w postaci zużytych źródeł światła zawierających rtęć powinni zwracać te odpady do punktów ich zbiórki. Ważną umiejętnością jest też postępowanie ze stłuczoną światłówką w domu, w sposób ograniczający możliwość zatrucia się parami rtęci. Jeśli stłucze się światłówka, należy otworzyć okno i przewietrzyć pomieszczenie przez minimum 15 minut, aby usunąć pary rtęci. Następnym krokiem jest zabezpieczenie jej stłuczonych elementów. Należy włożyć gumowe rękawiczki i delikatnie zebrać potłuczone fragmenty światłówki (nie należy stosować do tego celu odkurzacza), a miejsce, z którego zebrano części światłówki, wytrzeć jednorazowym, mokrym ręcznikiem. Zebrane resztki, rękawiczki oraz zużyte ręczniki należy umieścić w szczelnym worku plastikowym i zakleić go taśmą. Następnie umyć ręce, a zabezpieczony materiał przekazać do punktu zbierania ZSEE.

Drugą grupą nowoczesnych źródeł oświetleniowych są źródła ledowe (ang. *light emitting diode* – LED), wykorzystujące

of the luminous flux. What distinguishes the compact fluorescent bulb from the incandescent bulb is the spectrum of radiation, which is called bandwidth spectrum (discontinuous).

When using compact fluorescent lamps to illuminate households, it should be remembered that a fluorescent lamp is classified as hazardous waste, and a broken or cracked fluorescent lamp is a particularly dangerous waste due to the mercury contained there. Mercury is a toxic heavy metal that when entering the human body can cause many dangerous diseases, ranging from headache and limbs pain, gastrointestinal mucous membrane inflammation to central nervous system and kidney damage.

According to public opinion polls (24), more than half of every tenth Pole dispose the so-called energy-saving bulbs to the local waste disposal centre. European regulations on the obligation to supervise electro-waste are introduced into Polish law by the Act of 29 July 2005 on Waste Electrical and Electronic Equipment – WEEE (25). Pursuant to the Act, waste holders in the form of used light sources containing mercury, they should return this waste to their collection points. An important skill is also the handling of a broken fluorescent lamp at home, in a way that limits the possibility of poisoning with mercury vapour. If the fluorescent bulb breaks, open the window and ventilate the room for a minimum of 15 minutes to remove mercury vapours. The next step is to protect the broken elements of the fluorescent bulb. Put on rubber gloves and gently collect broken parts of the fluorescent bulb (do not use a vacuum cleaner for this purpose), and wipe the place from which the parts of the fluorescent bulb have been collected using a disposable, wet towel. Collected leftovers of fluorescent bulb, gloves and used towels should be placed in a sealed plastic bag and sealed with tape.



do emisji światła zjawisko przepływu prądu przez półprzewodniki (tzw. złącze p-n). LED-y powstały w latach 60. XX wieku, przy czym początkowo były to diody emitujące światło o barwie czerwonej. Kolejnym krokiem w rozwoju technologii ledowej było wyprodukowanie diod emitujących światło białe, przy czym w tzw. ledówkach, wyposażonych w trzonki stosowane w tradycyjnych żarówkach, sposobem na uzyskanie światła białego jest wytworzenie w złączu p-n światła niebieskiego, oddziałującego na luminofor, które mieszając się z żółtym światłem wytworzonym przez luminofor, daje w efekcie światło białe (tzw. metoda hybrydowa). Tak wytworzone światło charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem oddawania barw ( $R_a > 80$ ), różnymi temperaturami barwowymi (2700-6500 K), skutecznością świetlną z zakresu 50-140 lm/W. Te wysokie skuteczności pozwalają uzyskać 80% oszczędności energii elektrycznej w porównaniu z żarówkami oraz 30% w stosunku do świetlówek kompaktowych. Energooszczędność źródeł LED, niezależna od częstotliwości załączania i wyłączenia, trwałość (25 000-100 000 h), odporność na wstrząsy, brak promieniowania podczerwonego i znikomy udział promieniowania nadfioletowego sprawiają, że są one coraz częściej stosowane w mieszkaniach. Dla ułatwienia wyboru „ledowego” zamiennika żarówki niektórzy producenci podają przybliżoną wartość mocy tradycyjnej żarówki, emitującej taki sam strumień świetlny jak rozważane źródło ledowe. Przedstawia to tabela 3.

Co istotne, analizy widmowe promieniowania lamp LED wykazują, że nawet lampy o niskich temperaturach barwowych mają w swoim widmie dość znaczny udział tzw. światła niebieskiego, czyli promieniowania widzialnego o długościach fal 400-500 nm. Według Behard-Cohen i wsp. (27) i Sasseville i Hebert (28) możliwy jest wpływ światła źródeł LED na przebieg rytmu biologicznego u człowieka, ponieważ fale 450-480 nm wykazują maksimum skuteczności w hamowaniu produkcji melatoniny. Istnieją także doniesienia, że światło niebieskie może przyczyniać się do zwyrodnienia plamki żółtej (ang. *age-related macular*

Then wash your hands and transfer the protected material to the WEEE collection point.

The second group of modern lighting sources are LED sources (light emitting diode – LED), which use the phenomenon of current flow through semiconductors (so-called p-n connector) for the emission of light. LEDs were made in the 1960s, but initially they were red light emitting diodes. The next step in the development of LED technology was to produce LEDs emitting white light, in the so-called LEDs, equipped with shafts used in traditional incandescent lamps, the way to obtain white light is to create a blue light in the p-n connector, affecting the phosphor, which, mixing with the yellow light produced by the phosphor, results in white light (the so-called hybrid method). The light produced in this way has a high colour rendering index ( $R_a > 80$ ), different colour temperatures (from 2700 to 6500 K), and luminous efficacy in the range of 50-140 lm/W. These high efficiencies allow to achieve 80% energy savings compared to incandescent bulbs and 30% compared to compact fluorescent lamps. Energy-saving LED sources, independent of the switching on and off frequency, durability (25,000-100,000 h), resistance to shock, no infra-red radiation and the insignificant share of ultraviolet radiation makes them increasingly used in households. To facilitate the selection of the “LED” replacement for light bulbs, some manufacturers give the approximate value of the power of a traditional light bulb emitting the same luminous flux as the considered LED source. This is presented in table 3.

Importantly, the spectral analysis of LED lamp radiation shows that even the lamp low color temperatures have in their spectrum quite a significant share of the so-called blue light or visible light with wavelengths of 400-500 nm. According to Behard-Cohen et al. (27) and Sasseville and Hebert (28), it is possible the influence of the LED sources light on the course of human biological rhythm, because waves 450-480 nm show maximum effectiveness

Tab. 3. „Ledowe” odpowiedniki żarówek (wg (26))

Typ lampy	Strumień świetlny w [lm]					
	220/249	415/470	710/806	935/1055	1340/1521	2160/2452
żarówka	25 W	40 W	60 W	75W	100W	150W
lampa LED	6 W	8 W	12 W	18 W	22 W	33 W

Tab. 3. „LED” equivalents of incandescent bulbs, acc. (26)

Lamp type	Luminous flux in [lm]					
	220/249	415/470	710/806	935/1055	1340/1521	2160/2452
light bulb	25 W	40 W	60 W	75W	100W	150W
LED bulb	6 W	8 W	12 W	18 W	22 W	33 W

*degeneration* – AMD) (29). Większość doniesień literaturowych, a nawet oficjalne stanowisko European Lamp Companies Federation (CELMA) (29) kwalifikuje LED światła białego do grupy niestwarzającej zagrożeń dla oka (jeśli są stosowane prawidłowo), wyjątkiem są niektóre LED barwy chłodnobiałej, u których zagrożenie światłem niebieskim może być zaliczane do grupy o umiarkowanym ryzyku. Ponadto, pomimo deklaracji wielu producentów, że lampy LED są przyjazne dla środowiska dzięki czystej produkcji, zgodnej z dyrektywą RoHS (co oznacza brak szkodliwych i niebezpiecznych substancji, tj.: ołów, kadm, rtęć), istnieją doniesienia (30), że źródła LED zawierają pewne ilości metali ciężkich (Cu, Ni, Cr, Pb, Sn), co przy narastającej ilości odpadów może stanowić zagrożenie dla środowiska.

## WNIOSKI

Oświetlenie w miejscach przebywania człowieka ma wartość użytkową, ale może też być powodem określonych konsekwencji zdrowotnych. Redukcja szkód wywołanych nieprawidłowym oświetleniem jest możliwa poprzez przestrzeganie następujących zasad:

1. Prawidłowe oświetlenie to oświetlenie dobrane pod względem ilościowym i jakościowym do stopnia trudności wykonywanej pracy wzrokowej oraz do aktualnych potrzeb psychologicznych i indywidualnych ograniczeń czy upodobań użytkownika oświetlanego wnętrza.
2. Dzięki zastosowaniu źródeł oświetleniowych o odpowiedniej temperaturze barwowej, ozdobnych opraw i akcentów świetlnych można kreować klimat świetlny w pomieszczeniach domowych, jednak priorytetem jest stworzenie prawidłowych warunków oświetleniowych przy biurkach uczących się dzieci i nastolatków oraz w miejscach przemieszczania się i pracy osób z wadami wzroku i osób starszych. Chcąc zapewnić odpowiednie warunki oświetleniowe w tych miejscach, można zwrócić się z prośbą o pomoc przy doborze źródeł światła i ich parametrów do doradców klienta lub osób wykonujących projekty oświetleniowe, zatrudnionych w marketach technicznych, firmach oświetleniowych czy biurach architektonicznych.
3. Należy zapobiegać sytuacjom znaczącego niedoświetlenia, jak również nadmiaru światła w otoczeniu, poprzez: przemyślany dobór i rozmieszczenie lamp oświetleniowych w domu, zmianę niekorzystnego dla zdrowia stylu życia czy przyzwyczajzeń dotyczących użytkowania światła (wielogodzinne przebywanie we wnętrzach oświetlanych światłem sztucznym, spanie przy załączonym świetle, korzystanie do późna w nocy z laptopów, smartfonów), stosowanie zabezpieczeń przed światłem wnikającym do mieszkania z zewnątrz (żaluzje, rolety).
4. Ważna jest świadomość ewentualnych zagrożeń człowieka i środowiska, związanych ze stosowaniem nowoczesnych źródeł oświetleniowych oraz znajomość zasad odpowiedniego składowania zużytych świetlówek i lamp LED.

in inhibiting melatonin production. There are also reports that blue light may contribute to age-related macular degeneration (AMD) (29). Most literature reports and even the official position of the European Lamp Companies Federation (CELMA) (29) qualifies LED white light to a group that does not pose hazards to the eye (if used correctly), with the exception of some cool-white LEDs whose blue light hazard can be classified as a moderate risk group. In addition, despite the declarations of many manufacturers, LED lamps are environmentally friendly due to clean, compatible production with the RoHS directive (which means no harmful and dangerous substances, ie: lead, cadmium, mercury), there have been reports (30) that LED sources contain certain amounts of heavy metals (Cu, Ni, Cr, Pb, Sn), which in the case of increasing the amount of waste may pose a threat to the environment.

## CONCLUSIONS

Lighting in areas habitable by humans has a useful value, but it can also be a reason for certain health consequences. Harm reduction caused by incorrect lighting is possible obeying by the following rules:

1. Proper lighting is the illumination chosen in terms of quantity and qualitative to the degree of difficulty of visual work and to current psychological needs and individual limitations or preferences of the user of the illuminated interior.
2. Due to the use of lighting sources with the appropriate colour temperature, decorative frames and accents, one can create a light atmosphere in the living areas, however, the priority is to create the correct lighting conditions at the teenager's and children's learning desks in places of movement and work of people with visual impairments and the elderly. In order to provide the right lighting conditions in these places, one can ask for help in the selection of light sources and their parameters for customer advisers or people who carry out lighting projects, employees in technical stores, lighting companies or architectural offices.
3. It is necessary to prevent situations of significant underexposure, as well as excessive light in the environment, through thoughtful selection and placement of lighting lamps at home, change of lifestyle that is unfavourable for health or habits regarding the use of light (hours of staying indoors illuminated with artificial light, sleeping with the light turned on, using laptops, smartphones until late at night), the use of protection against light entering the house from the outside (blinds, shutters).
4. It is important to be aware of possible threats to human beings and the environment, associated with the use of modern lighting sources and knowledge of the rules for proper storage of used fluorescent lamps and LED lamps.

**KONFLIKT INTERESÓW  
CONFLICT OF INTEREST**

Brak konfliktu interesów  
None

**ADRES DO KORESPONDENCJI  
CORRESPONDENCE**

Elżbieta Janosik  
Zakład Szkodliwości Fizycznych,  
Fizjologii Pracy i Ergonomii  
Instytut Medycyny Pracy  
i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu  
ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec  
tel.: +48 600-104-889  
e.janosik@imp.sosnowiec.pl

nadesłano/submitted:  
10.05.2018  
zaakceptowano do druku/accepted:  
31.05.2018

**PIŚMIENNICTWO/REFERENCES**

1. Rosner J: Ergonomia. PWE, Warszawa 1985.
2. Herman MA, Palestyński A, Widomski L: Podstawy fizyki. PWN, Warszawa 2002.
3. Słownik fizyczny. Wiedza Powszechna, Warszawa 1992.
4. Le Grand Y: Oczy i widzenie. PWN, Warszawa 1964.
5. Baraboj W: Słoneczny promień. Wiedza Powszechna, Warszawa 1983.
6. Ganong W: Fizjologia. Podstawy fizjologii lekarskiej. PZWL, Warszawa 1994.
7. Lewiński A, Karbownik-Lewińska M: Znaczenie kliniczne i zastosowanie terapeutyczne melatoniny – obecny stan wiedzy. *Folia Medica Lodziensia* 2010; 37(1): 111-150.
8. Skalba P, Szanecki W, Cieślak K: Melatonina – stale odkrywany hormon. *Ginekologia Praktyczna* 2006; 4: 22-25.
9. Couwenbergh JP: Chromoterapia i światłoterapia, czyli jak leczyć barwami i światłem. *VIDEGRAF II*. Katowice 2008.
10. Bąk J: Technika oświetlania. PWN, Warszawa 1981.
11. PN-84/E-02033 Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym.
12. PN-EN 12464-1:2012 Technika świetlna. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
13. Janosik E: Wpływ niedoświetlenia wnętrz na aktywność człowieka. *Nowa Elektrotechnika* 2005; 3(7): 4.
14. Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML et al.: Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002; 43(12): 3633-3640.
15. Rose KA, Morgan IG, Smith W et al.: Myopia, Lifestyle, and Schooling in Students of Chinese Ethnicity in Singapore and Sydney; <https://pdfs.semanticscholar.org/106f/d404523cd4c6644a4129ea97bcdcbca94ab.pdf>.
16. Read SA: Ocular and Environmental Factors Associated with Eye Growth in Childhood. *Optom Vis Sci* 2016; 93(9): 1031-1041.
17. Falkowska Z: Okulistyka. PZWL, Warszawa 1978.
18. Honory A: Depresja zimowa i jej leczenie. *Psychiatr Pol* 1998; 32: 605-619.
19. Kamionowska M, Szczepański M, Janowicz J: Światło w Oddziale Intensywnej Opieki Neonatologicznej jako czynnik ryzyka uszkodzenia narządu wzroku oraz zaburzeń rytmu dobowego noworodków. *Postępy Neonatologii* 2005; 2(8): 73-76.
20. Czepita D: Rola światła w patogenezie wad refrakcji. *Klin Oczna* 2002; 104(1): 63-65.
21. McFadden E, Jones ME, Schoemaker MJ et al.: The Relationship Between Obesity and Exposure to Light at Night: Cross-Sectional Analyses of Over 100,000 Women in the Breakthrough Generations Study. *Am J Epidemiol* 2014; 180(3): 245-250.
22. Spivey A: Light pollution. Light at night and breast cancer risk worldwide. *Environ Health Perspect* 2010; 118(12): 525.
23. Tabaka P: Badania porównawcze zamienników tradycyjnych żarówek. *Przegląd Elektrotechniczny* 2010; 9: 315-321.
24. [www.ataner.pl/mieszkancy,info,28,nie-wyrzucaj-wielkw-domietnika.html](http://www.ataner.pl/mieszkancy,info,28,nie-wyrzucaj-wielkw-domietnika.html).
25. Ustawa z dnia 29.07.2005 r. o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. 2005,180,1495 z późn. zmianami).
26. <http://www.termolight.pl/jak-dobrac-zamiennik-zarowki-na-LED.html>.
27. Behard-Cohen F, Martinsons C, Vienot F et al.: Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risk for the eye? *Progress in Retinal and Eye Research* 2011; 30: 239-257.
28. Sasseville A, Hebert M: Using blue-green light at night and blue-blockers during the day to improve adaptation to night work: a pilot study. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2010; 34: 1236-1242.
29. Optical safety of LED Lighting. *EL/CELMA*, may 2011; [www.celma.org](http://www.celma.org).
30. Sokołowska W, Karaś A, Zalewska I et al.: Diody LED – odpady niebezpieczne dla środowiska. *Materiały elektroniczne* 2011; 39(2): 23-26.