

SPRAWNOŚĆ I KOMFORT WIDZENIA OSÓB MŁODYCH PRZY OŚWIETLENIU ENERGOOSZCZĘDNYMI ŹRÓDŁAMI ŚWIATŁA

THE EFFICIENCY AND COMFORT VISION OF YOUNG PEOPLE IN THE ENERGY-SAVE LIGHT SOURCES' LIGHTING

Elżbieta Janosik ^(a, b, c, d, f), *Stanisław Marzec* ^(a, g, f), *Marcin Łaciak* ^(c, d, e),
Jolanta Nowicka ^(c, d, f), *Jolanta Zachara* ^(c, d, f)

Zakład Szkodliwości Fizycznych, Fizjologii Pracy i Ergonomii
Instytutu Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
Kierownik Zakładu: dr n. przyr. S. Marzec

^(a) opracowanie koncepcji i założeń

^(b) opracowanie wniosku o finansowanie

^(c) zebranie materiału do badań

^(d) przeprowadzenie badań

^(e) opracowanie statystyczne

^(f) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

^(g) opieka naukowa

Streszczenie

W artykule omówiono wyniki badań wpływu światła świetlówek kompaktowych i dla porównania światła żarówek na sprawność i komfort widzenia osób młodych. W badaniach zastosowano tradycyjne żarówki oraz świetlówki o różnych temperaturach barwowych. Wyznaczano wartości wybranych parametrów, opisujących sprawność i komfort widzenia przy danym świetle i poddano je analizie porównawczej. Na podstawie uzyskanych wyników badań podjęto próbę określenia rodzaju świetlówek kompaktowych, przy których świetle najsprawniej przebiega praca wzrokowa osób młodych.

Słowa kluczowe: żarówki, świetlówki kompaktowe, temperatura barwowa, widzenie, wiek

Abstract

This article discusses the research results about the impact of the compact fluorescent lamps' light and also in contrast the effect of the incandescent lamps' light on the vision efficiency and comfort of young people. Traditional incandescent lamps and compact fluorescent lamps with different colour temperatures were applied. The values of selected parameters, describing vision efficiency and comfort for given light were designed and analyzed. On the basis of these results, the determination of energy-save light sources' type were tried, for which light the efficiency of young people' visual work was the most appropriate.

Key words: incadescent lamps, compact fluorescent lamps (CFL), color temperature, vision, age

Wprowadzenie

Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji Europejskiej nr 244/2009, od 2009 aż do końca 2012 roku wycofywane są z obiegu tradycyjne żarówki i zastępowane źródłami energooszczędnymi, co ma przyczynić

się do oszczędności energii elektrycznej i zmniejszenia emisji CO₂ [1, 2]. Oznacza to, że powszechnie stosowanymi źródłami światła będą już nie żarówki, ale świetlówki kompaktowe, a tym samym w warunkach prywatnych, jak i zawodowych większość

Nadesłano: 21.11.2011

Zatwierdzono do druku: 10.12.2011

prac wzrokowych wykonywanych będzie przy świetle właśnie tych źródeł światła. Wobec powyższego faktu istotna staje się wiedza na temat oddziaływania na narząd wzroku i samopoczucie człowieka światła źródeł oświetleniowych o innym niż żarówka widmie promieniowania. Dlatego też podjęto badania wpływu światła nowoczesnych świetlówek kompaktowych i dla porównania żarówek na sprawność i komfort widzenia osób z różnych grup wiekowych, przy czym badania przeprowadzono w grupie osób starszych (po 55 roku życia) i osób młodych (do 30 roku życia). Omówienie wyników badań uzyskanych w grupie osób starszych zamieszczono w artykule [3] we wcześniejszym numerze Medycyny Środowiskowej, natomiast obecny artykuł omawia wyniki badań uzyskane w grupie osób młodych.

Materiał i metodyka badań

Badania, podobnie jak w przypadku grupy osób starszych, polegały na wyznaczeniu u młodych wolontariuszy przy świetle świetlówek i dla porównania przy świetle żarówek wybranych parametrów opisujących sprawność wzrokową i odczuwany komfort widzenia, a następnie na analizie porównawczej uzyskanych wyników badań.

W badaniach wzięło udział 30 osób młodych (śr. wieku 21 lat), o dobrym stanie zdrowia (bez chorób ogólnoustrojowych), w tym m.in. stanie narządu wzroku (kilka osób ze skorygowanymi wadami refrakcji, w sposób pozwalający uzyskać ostrość wzroku do dali $V = 1,0$).

Do badań zastosowano 3 rodzaje świetlówek firmy PHILIPS, typu GENIE, o mocy 14 W, strumieniu świetlnym 760–810 lm, współczynnika oddawania barw $R_a = 80/82$, natomiast o różnych temperaturach barwowych tzn.: 2700 K (barwa ciepłobiała), 4000 K (barwa biała), 6500 K (barwa dzienna). Dla porównania zastosowano żarówkę A55 clear firmy PILA, o mocy 60 W, strumieniu świetlnym 710 lm, wskaźniku oddawania barw $R_a = 100$, temperaturze barwowej 2700 K. Testowane źródła światła zainstalowano w oprawach typu ARUBA firmy LUG.

Wykonano 12 eksperymentów (4 rodzaje źródła światła \times 3 poziomy natężenia oświetlenia – 100, 200 i 500 lx). Zadaniem do wykonania dla wolontariuszy w przyjętych warunkach oświetleniowych było:

- a) przeczytanie tekstu gazetowego (140 wierszy napisanych czcionką Arial 8 pkt);
- b) wykonanie testu Bourdona (54 linie złożone z ciągów różnych liter, wśród których znajdowało się 420 liter „m”);
- c) odczytywanie optotypów z tablic okulistycznych (tablica ETDRS, tablica Snellena do bliży [4, 5]);
- d) wykonanie testu L’Anthonego sprawdzającego

zdolność rozróżniania barw;

- e) określenie odczuwanych dolegliwości oczu po wykonaniu zadań wzrokowych;
- f) dokonanie subiektywnych ocen czytelności tekstu i panującego klimatu świetlnego.

Rejestrowano następujące parametry: czas czytania tekstu gazetowego (w sekundach), liczbę poprawnych skreśleń litery „m” na jednostkę czasu w teście Bourdona, wyrażoną liczbowo (zakodowaną) ostrość wzroku: wyznaczaną tablicami

ETDRS (kody z zakresu 1–8, odpowiadające ułamkowi ETDRS o wartościach z zakresu $-0,3-0,4$) i wyznaczaną tablicami Snellena do bliży (kody z zakresu 1–14, odpowiadające ułamkowi Snellena do bliży o wartościach z zakresu $1,14-0,04$), liczbę objawów zmęczenia oczu zgłoszonych po wykonaniu pracy wzrokowej w danych warunkach oświetleniowych [6], liczbę błędów popełnionych w teście L’Anthonego, rodzaj anomalii widzenia barwnego, ujawniony w teście L’Anthonego (kody: 0 – bez anomalii, 1 – protanomalia, 2 – deuteranomalia, 3 – tritanomalia [7]); ocenę czytelności tekstu gazetowego (oceny z zakresu 1–5, przy czym: 1 – b. słaba, 2 – słaba, 3 – wystarczająca, 4 – dobra, 5 – b. dobra); ocenę panującego w pomieszczeniu klimatu świetlnego (oceny z zakresu 1–5, przy czym: 1 – nie do zniesienia, 2 – irytujący, 3 – neutralny, 4 – dość przyjemny, 5 – b. przyjemny).

Opracowanie statystyczne uzyskanych danych polegało na obliczeniu dla zmiennych ilościowych podstawowych parametrów opisowych, weryfikacji normalności rozkładu wyników testem Shapiro-Wilka, realizacji testu analizy wariancji z klasyfikacją potrójną dla powtarzanych pomiarów oraz w zależności od istotności efektów głównych i efektów interakcji przeprowadzeniu analizy post hoc (test Bonferoniego) i porównań szczegółowych (analizą wariancji i dla niektórych zmiennych tzn. tych z małą ilością pozycji skali nieparametryczny testem U-Manna-Whitneya). Dla zmiennych jakościowych wyznaczono rozkłady liczebności i procentów względem poszczególnych kategorii.

Wyniki badań i ich omówienie

Uzyskane wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1–8 i w tabeli I. Rysunek 1 obrazuje wyniki dotyczące czasu czytania tekstu gazetowego. Średni czas czytania tekstu wynosił 307–367 s w zależności od eksperymentu. Stwierdzono różnice istotne statystycznie ($p < 0,05$) między wynikami uzyskanymi dla świetlówek 4000 K i 6500 K przy natężeniu 100 lx oraz świetlówek 6500 K przy natężeniu 500 lx a wynikami uzyskanymi dla żarówek i świetlówek 2700 K. Najmniej korzystne dla pracy wzrokowej okazało się światło świetlówek 6500 K.

Rysunek 2 dotyczy liczby poprawnych skreśleń na sekundę w teście Bourdona. Wolontariuszom najlepiej pracowało się przy świetle żarówek i świetlówek 2700 K (dokonywali średnio 0,66–0,83 skreśleń na sekundę w zależności od eksperymentu). Stwierdzono istotność statystyczną różnic wyników uzyskanych dla tych źródeł światła w porównaniu ze świetlówkami 4000 K i 6500 K. Najmniej skreśleń osoby młode dokonywały przy świetle świetlówek 6500 K i natężeniu 500 lx (średnio 0,66).

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań ostrości wzroku tablicami ETDRS. Średnia ostrość wzroku dla osób młodych wyrażona ułamkiem ETDRS wynosi – 0,1 (kod 3) i zależy od poziomu natężenia oświetlenia (różnice istotne statystycznie dla poziomów natężeń 100 i 500 lx, potwierdzone dla żarówek i świetlówek 4000 K) oraz rodzaju źródła światła (różnice istotnie statystycznie między żarówkami a świetlówkami 4000 K i 6500 K – dla poziomów 200 i 500 lx, przy czym lepsze wyniki uzyskiwano dla żarówek i świetlówek 2700 K).

Rysunek 4 obrazuje wyniki badania ostrości wzroku tablicami Snellena do blizy. Średnia ostrość wzroku dla osób młodych wynosi 1,14 (kod 1) i nie wykazuje zależności od rodzaju źródła światła oraz natężenia oświetlenia ($p > 0,05$).

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki dotyczące liczby objawów zmęczenia oczu. Młodzi wolontariusze zgłaszali średnio 1,10–2,03 dolegliwości (więcej niż starsi). Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności ilości objawów od rodzaju źródła światła, natomiast stwierdzono zależność istotnie statystyczną od poziomu natężenia oświetlenia tzn. spadek liczby objawów wraz ze wzrostem natężenia oświetlenia (dla świetlówek 2700 K i 4000 K).

Na rysunku 6 przedstawiono liczbę popełnionych błędów w teście L'Anthonego, a w tabeli I rodzaje anomalii widzenia barwnego. Młodzi wolontariusze popełniali średnio od 1,4–2,9 błędów. Nie wykazano istotności statystycznej różnic wyników uzyskanych dla różnych natężeń oświetlenia czy rodzaju źródła światła. U młodych wolontariuszy w trakcie wszystkich eksperymentów stwierdzono 17 przypadków anomalii widzenia barwnego, w tym 8 protanomalii, 5 dueteranomalii i 4 tritanomalie.

Na rysunku 7 zobrazowano z kolei oceny czytelności tekstu gazetowego. Osoby młode zazwyczaj oceniały czytelność tekstu jako wystarczającą, a nawet dobrą (ocena 3 i 4). Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu rodzaju źródła światła na ocenę czytelności tekstu, natomiast ujawnił się wyraźny wpływ poziomu natężenia oświetlenia (różnica istotna statystycznie).

Rysunek 8 dotyczy oceny klimatu świetlnego panującego w pomieszczeniu. Wolontariusze oceniali klimat świetlny jako irytujący, neutralny lub dość

przyjemny w zależności od eksperymentu (średnia ocena 2,40–3,56). Nie stwierdzono wpływu rodzaju źródła światła na oceny klimatu, natomiast wpływ na oceny miał poziom natężenia oświetlenia (im wyższy poziom natężenia oświetlenia tym wyższa ocena – zależność istotna statystycznie).

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań można jednoznacznie stwierdzić, że sprawność i komfort widzenia osób młodych, podobnie jak i osób starszych, w istotnym stopniu zależy od poziomu natężenia oświetlenia występującego na stanowiskach pracy czy w pomieszczeniach. Im wyższy poziom natężenia oświetlenia, tym wydajniejsza praca wzrokowa i lepsza ocena komfortu widzenia. Wyniki te potwierdzają wiedzę podstawową z zakresu techniki oświetlenia, mówiącą, że wzrost natężenia oświetlenia ma znaczący wpływ na poprawę wydolności wzrokowej [8, 9].

Natomiast wbrew podejrzeniom, że to przede wszystkim dla osób starszych znaczenie może mieć rodzaj źródła światła (czego nie potwierdzają badania osób starszych w tym zakresie [3]) stwierdzono, iż rodzaj źródła światła jaki stosowany jest na stanowiskach pracy wzrokowej ma większe znaczenie dla osób młodych. Wyniki badań ujawniły, że lepszą sprawnością spostrzegania osoby młode charakteryzowały się podczas pracy z żarówkami oraz świetlówkami 2700 K niż ze świetlówkami 4000 K i 6500 K. Ponadto, młodzi ludzie o wiele częściej niż osoby starsze skarżyli się na warunki oświetleniowe (najwięcej skarg zgłoszono przy świetlówce 6500 K). Jedynie z rozpoznawaniem kolorów osoby młode radziły sobie dużo lepiej od osób starszych, i to bez względu na zastosowany rodzaj źródła światła.

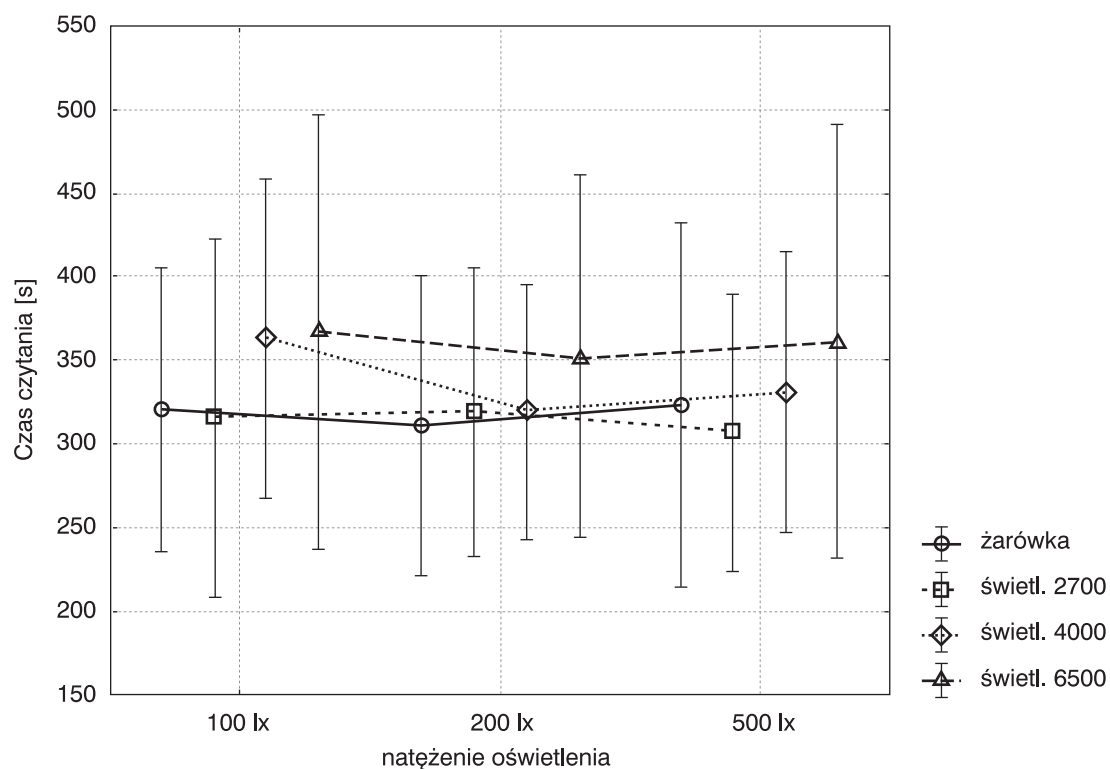
Wyniki badań przeprowadzonych z osobami młodymi jeszcze raz potwierdziły – podobnie jak miało to miejsce w przypadku osób starszych [3] – że oddziaływanie na sprawność widzenia oraz psychikę człowieka światła świetlówek nie różni się znacząco od oddziaływania światła żarówek. Świetlówki są pełnowartościowymi zamiennikami żarówek w zakresie tworzenia warunków oświetleniowych zapewniających sprawne spostrzeganie i wygodę widzenia, przy czym dla osób młodych korzystniejszymi okazują się być świetlówki o niskiej temperaturze barwowej (2700 K), a zatem o cieplejszej barwie światła. Osoby młode preferują pracę w atmosferze relaksu (to zapewnia ciepła barwa światła), mają też bardziej wrażliwy układ nerwowy na słabe bodźce zewnętrzne [10] – być może są bardziej wrażliwe na tętnienie źródeł światła (ponieważ im wyższa temperatura barwowa tym większy współczynnik tętnienia [11]).

Jak można zauważyć, społeczeństwo stopniowo przyzwyczaja i przekonuje się do powszechnego stosowania świetlówek kompaktowych, ale już na rynku pojawiają się nowe zamienniki żarówek – ledowe źródła światła (tzw. żarówki ledowe). Nie

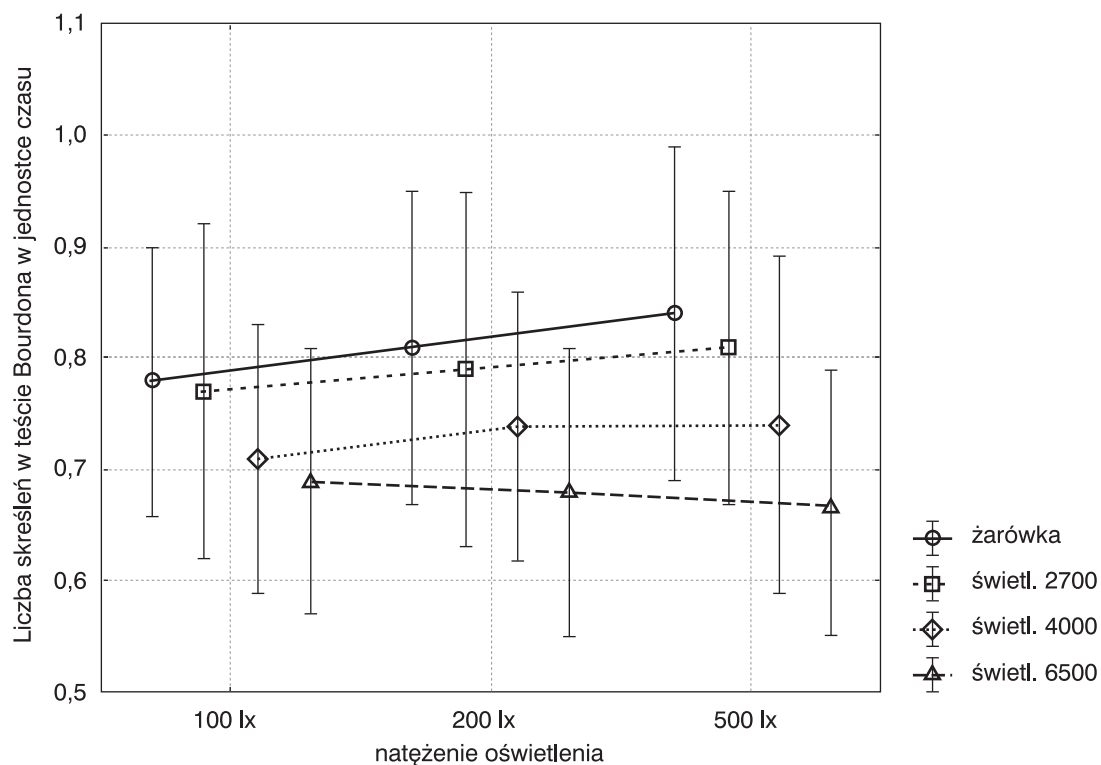
są one tak energochłonne jak żarówki oraz nie stwarzają, w przeciwieństwie do świetlówek, problemu z koniecznością utylizacji rtęci, jednak inne, nierozpoznane dotąd cechy tych nowych źródeł światła mogą być nieobojętne dla człowieka.

Tabela I. Liczba anomalii widzenia barwnego przy świetle danego źródła oświetleniowego
Table I. Number of color vision anomalies for given lighting source's light

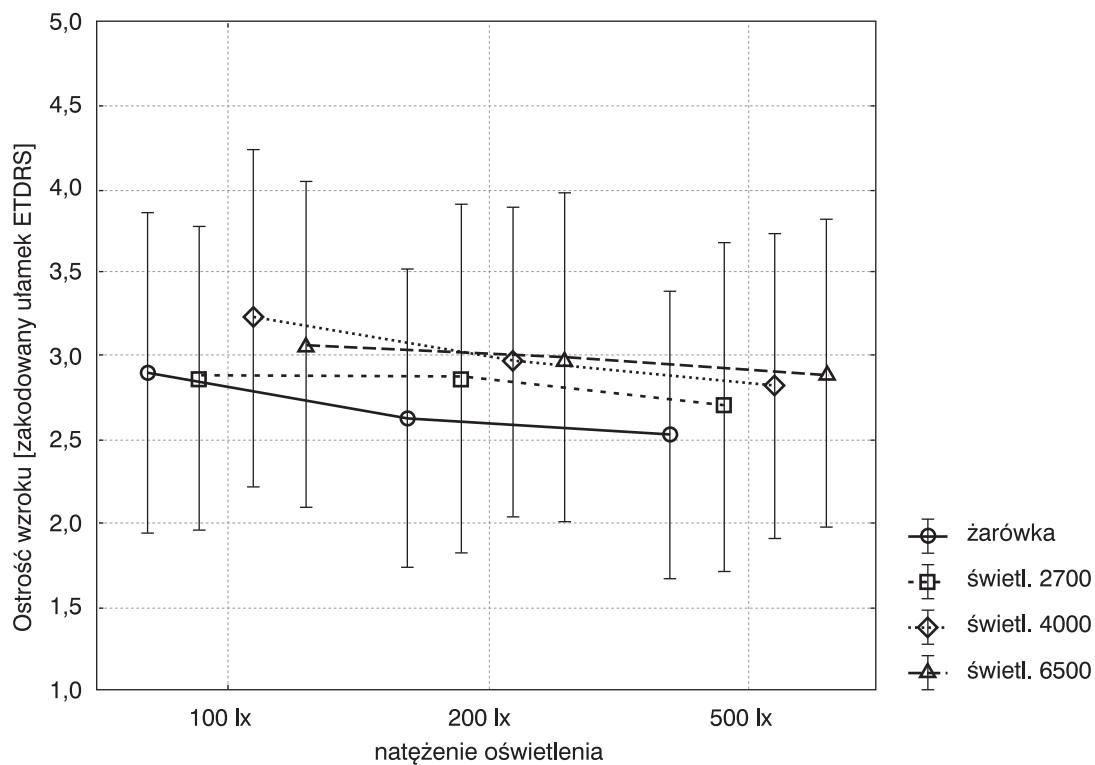
Źródło	Średnia liczba anomalii widzenia barwnego					
	Grupa młodych			Grupa starszych		
	protano- malia	deuteano- malia	tritano- malia	protano- malia	deuteano- malia	tritano- malia
Żarówka	1	3	4	0	0	50
Świetlówka 2700	1	2	0	0	0	33
Świetlówka 4000	3	0	0	1	0	7
Świetlówka 6500	3	0	0	0	0	5



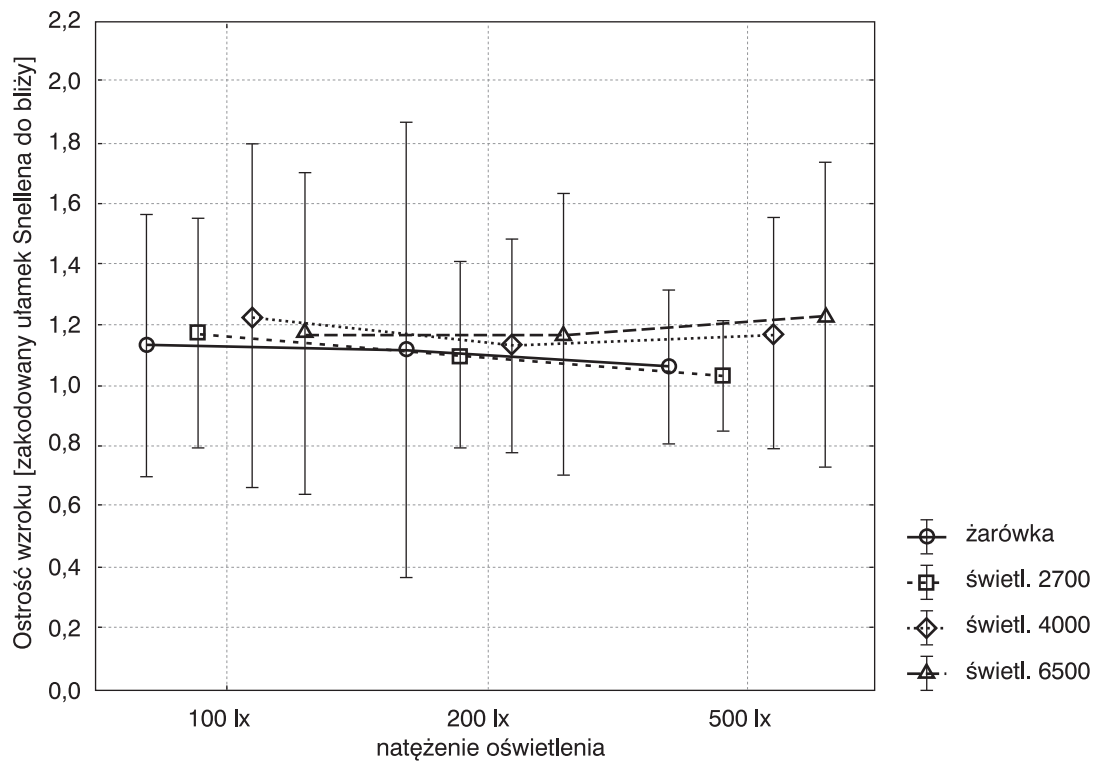
Rycina 1. Czas czytania tekstu gazetowego
Figure 1. Time of text reading



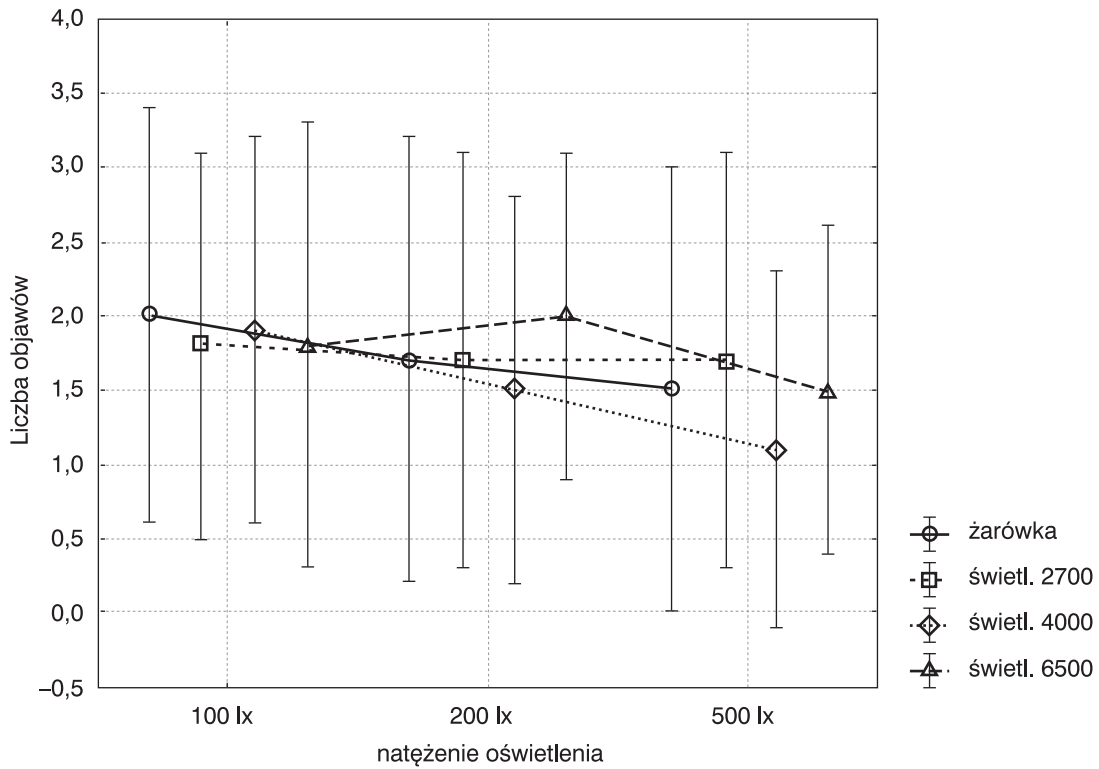
Rycina 2. Liczba prawidłowych skreśleń litery „m” w teście Bourdona na sekundę
 Figure 2. Number of right crossing of a print character „m” in Burdon test per second



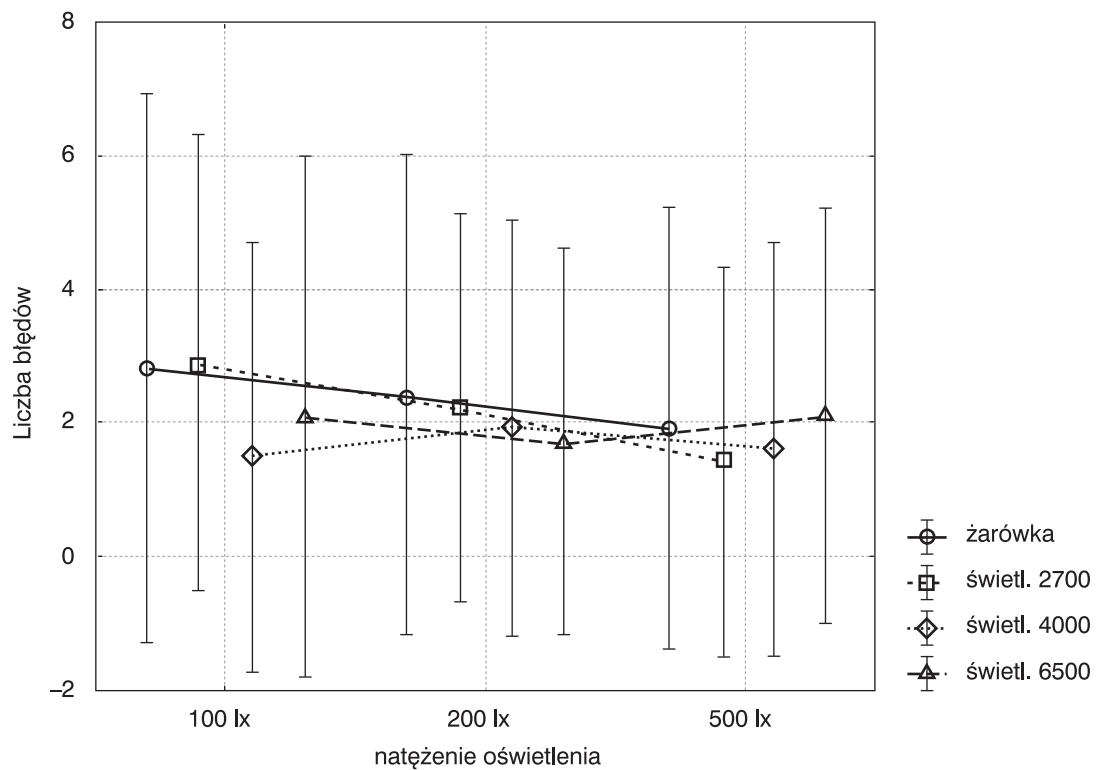
Rycina 3. Wyniki badania ostrości wzroku tablicami ETDRS
 Figure 3. Results of visual acuity by ETDRS



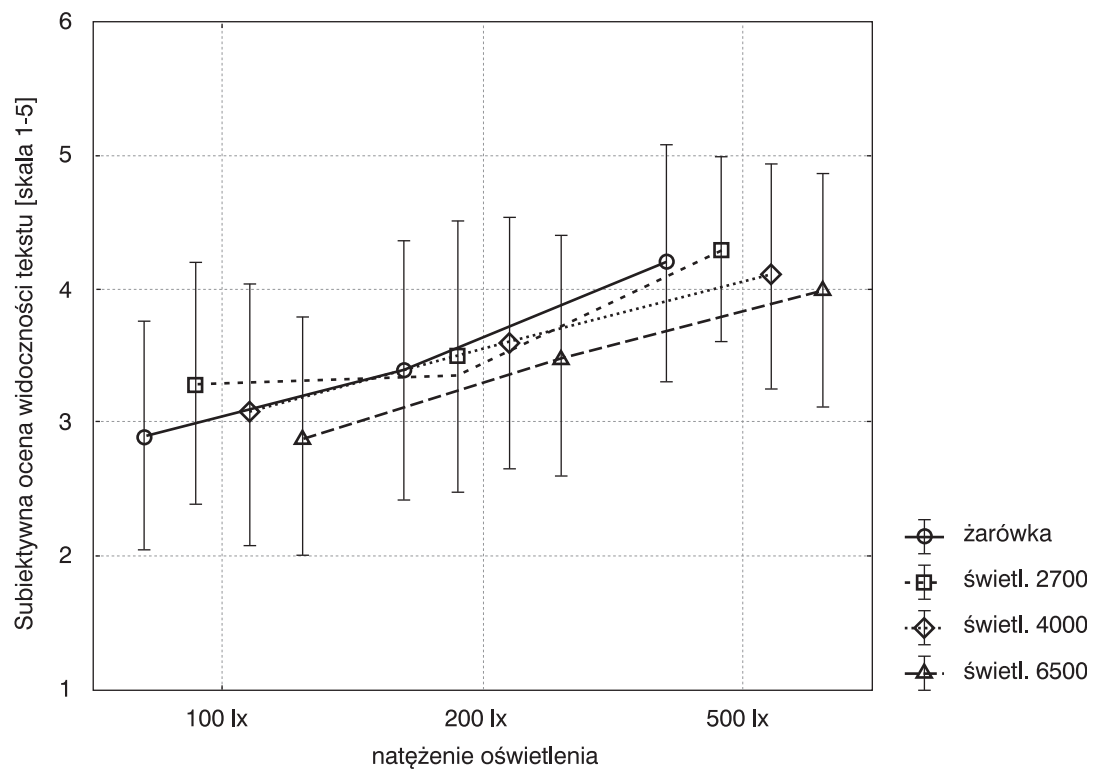
Rycina 4. Wyniki badania ostrości wzroku tablicami Snellena do blizy
 Figure 4. Results of visual acuity by Snellen tables for near vision



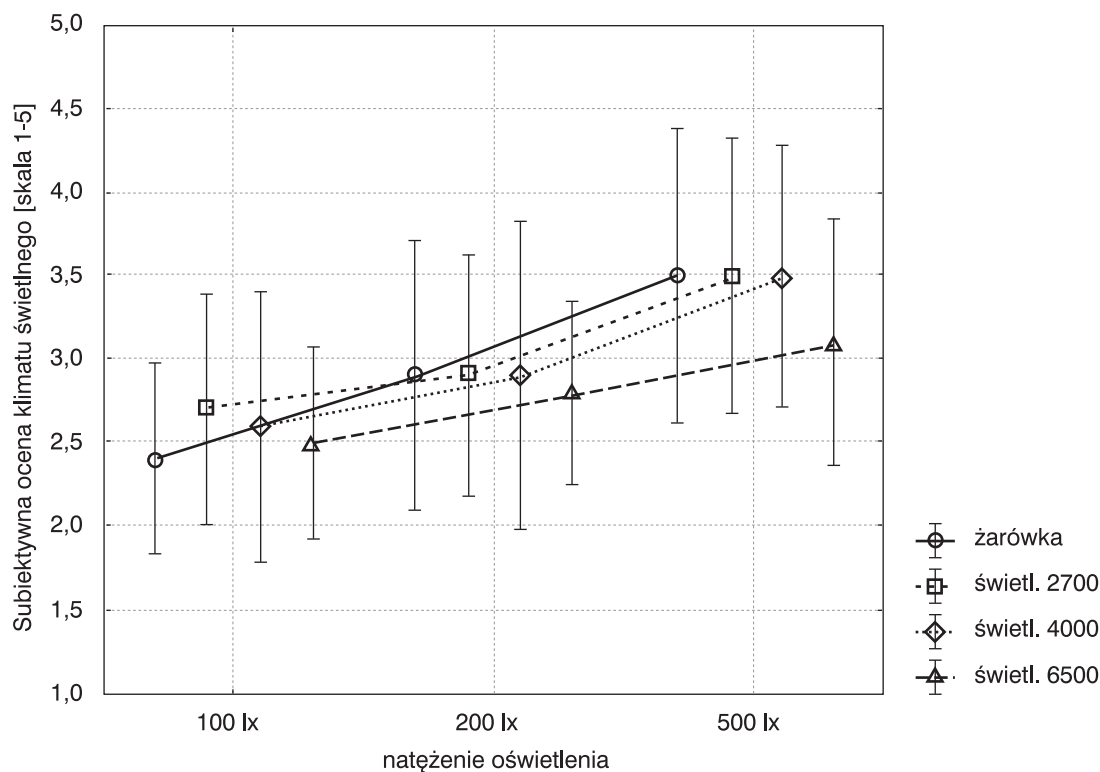
Rycina 5. Liczba objawów zmęczenia oczu w poszczególnych eksperymentach
 Figure 5. Number of eye fatigue symptoms in particular experiments



Rycina 6. Liczba popełnionych błędów w teście L'Anthony'ego
 Figure 6. Number of mistakes in L'Anthony test



Rycina 7. Subiektywna ocena czytelności (widoczności) tekstu gazetowego
 Figure 7. Subjective assessment of text visibility



Rycina 8. Subiektywna ocena klimatu świetlnego
Figure 8. Subjective assessment of light climate

Wykaz piśmiennictwa

1. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego. Dz.Urz. UE 24.3.2009.
2. Dz.U. nr 203, poz.1684, 2005. Protokół z Kioto do ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu.
3. Janosik E., Marzec S., Łaciak M., Nowicka J., Zachara J.: Wpływ powszechnego wdrożenia energooszczędnych źródeł światła na sprawność i komfort widzenia osób starszych., *Medycyna Środowiskowa*, 2011;14(3):40-48.
4. Krawczyk A., Szaflik J.P.: Ocena ostrości wzroku – za pomocą tablic Snellena czy ETDRS?, *Kontaktologia i Optyka Okulistyczna* 2009; 2(22): 15-17.
5. Falkenstein, I. A., Cochran D.E., Azen S.P. and al.: Badania ostrości widzenia u pacjentów ze zwyrodnieniami plamki z użyciem tablic Snellena oraz tablic ETDRS- porównanie wyników. *Ophthalmology* 2008; 115: 319-323.
6. Salomon E., Borodulin-Nadziejka L., Janocha A.: Zmęczenie narządu wzroku podczas pracy z monitorem komputerowym. *Medycyna Pracy* 1997; XLVIII, 3: 341-346.
7. Nizankowska M.H.: *Podstawy okulistyki*. Volumes, Wrocław 1992.
8. Bąk J.: *Technika oświetlania*. PWN, Warszawa 1981.
9. Komentarz do normy PN-EN-12464-1. Światło i oświetlenie miejsc pracy. część 1. Miejsca pracy we wnętrzach. Biblioteka COSiW SEP, Warszawa 2006.
10. Strelau J.: *Psychologia*. Podręcznik akademicki. Tom I, GWP, Gdańsk 2006: 314.
11. Różowicz A.: Efekty optyczne niskoprężnych lamp wyładowczych zasilanych napięciem przemiennym o różnych częstotliwościach., *Technika Świetlna* 2003, XII Krajowa Konferencja Oświetleniowa (materiały konferencyjne), PKOŚ SEP, Warszawa 2003: 189-199.

Adres do korespondencji:

Elżbieta Janosik
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
41-200 Sosnowiec, ul. Kościelna 13
tel. 32 266 08 85 wew. 144; fax. 32 266 11 24;
e-mail: e.janosik@imp.sosnowiec.pl