

Henryk ŻELAZNY

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

ARCHITEKTONICZNE ROZWIĄZANIA OŚWIETLENIA NATURALNEGO A WARUNKI WIDZENIA W SALI DYDAKTYCZNEJ W CZASIE ZAJĘĆ

Streszczenie. Celem pracy była analiza rozwiązań architektonicznych oświetlenia naturalnego sali dydaktycznej, kształtujących warunki widzenia podczas prowadzenia zajęć akademickich. W serii pomiarów wykonanych w warunkach bez zacięcia stołów tylko na jednym stanowisku jasność przekraczała wymagane dla sal wykładowych 500 Lx. Sporządzanie notatek przez słuchaczy spowodowało zmniejszenie się natężenia oświetlenia na blatach średnio o 58%. Zatem jakość środowiska wewnętrznego w aspekcie fotoklimatu w badanym pomieszczeniu oświetlonym tylko w sposób naturalny była nieodpowiednia.

Słowa kluczowe: sala dydaktyczna, oświetlenie naturalne, warunki widzenia.

ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF NATURAL LIGHTING AND CONDITIONS OF VIEW IN THE TEACHING ROOM DURING CLASSES

Summary. The aim of this study was to analyze architectural solutions of natural lighting in the teaching room, which shape conditions of view during academic classes. In a series of measurements, which were made in conditions without shading of tables, only at one place the required brightness for classrooms exceeded 500 Lx. Taking notes by students caused decreasing light intensity on the tops an average of 58%. Therefore, indoor environmental quality in area of photo-climate in the tested room only with natural lighting was inappropriate.

Keywords: teaching room, natural light, the conditions of view.

1. Wprowadzenie

O niezwykłym znaczeniu funkcji wzroku dla organizmu ludzkiego świadczy fakt, że proces widzenia uruchamia około 80% impulsów nerwowych i powoduje zużycie 25% energii życiowej człowieka [8]. Wydolność wzrokowa w połączeniu z wygodą widzenia określa osiągalny poziom niezawodności odbioru informacji przez oko [3]. Z tego względu

w celu zapewnienia poprawnego i nieszkodliwego widzenia warunki fotoklimatu w przestrzeniach użytkowanych przez człowieka powinny być dostosowane do właściwości narządu wzroku [2] i umożliwiać łatwe oraz bezpieczne wykonywanie czynności [1]. Aby zapewnić odpowiednie oświetlenie, w zależności od potrzeb stosuje się następujące jego rodzaje: naturalne i sztuczne; ogólne – mające na celu zapewnienie wymaganego natężenia oświetlenia w całym pomieszczeniu lub w terenie; miejscowe – oświetlenie określonego punktu w pomieszczeniu lub terenie; złożone – zawierające oświetlenie ogólne i miejscowe; bezpieczeństwa i ewakuacyjne [7]. Zarówno oświetlenie naturalne, jak i sztuczne należą do niezbędnych warunków higienicznych pracy w obiektach, w których prowadzone są procesy nauczania [10]. W przypadku oświetlenia światłem naturalnym przeznaczonych do pobytu ludzi pomieszczeń, do których należą sale wykładowe, powinny być zachowane proporcje między powierzchnią okien, liczoną w świetle ościeżnic, a powierzchnią podłogi w stosunku 1:8 [15]. W praktyce istnieje niemal nieskończona różnorodność zadań wzrokowych [3], jednak we wnętrzach wykorzystywanych do celów dydaktycznych przeprowadzane są czynności przede wszystkim związane ze sporządzaniem notatek z zajęć, sprawdzaniem wiedzy studentów lub wykonywaniem ćwiczeń, czyli głównie pisanie i rysowanie na papierze (ewentualnie kalkach technicznych) albo na komputerze. Zatem stoliki dla słuchaczy na uczelniach są swoistego rodzaju miejscami pracy mającej charakter operacji graficznych. W tym celu fotoklimat musi pozwolić na osiągnięcie określonej wydajności wzrokowej [16]. Jest to bardzo ważne, ponieważ jakość oświetlenia w istotny sposób wpływa na zwiększenie rezultatów pracy [9]. Zależność ta spowodowana jest tym, że za pomocą zmysłu wzroku człowiek w toku pracy odbiera najwięcej, bo aż 85÷90%, wrażeń i informacji [13]. Z tego względu oświetlenie powinno być dostosowane do danego środowiska pracy [16]. Wpływa jednak ono w istotny sposób nie tylko na operacje wykonywane przez człowieka, ale i na jego samopoczucie [9]. Nieodpowiednie warunki oświetlenia przede wszystkim przyczyniają się do zmęczenia wzroku [13], które objawia się osłabieniem widzenia, bólami oczu i głowy oraz pogarszaniem takich wad wzroku, jak stygmatyzm, zez, krótkowzroczność i dalekowzroczność [8]. Ponadto zły stan oświetlenia może powodować łzawienie oraz zaczerwienienie powiek i spojówek, zmniejszenie zdolności akomodacji soczewki oka, ostrości widzenia, wrażliwości na kontrasty i szybkości spostrzegania [5]. Dlatego niewłaściwe oświetlenie ogranicza lub w ogóle wyklucza pracę zmysłu wzroku [9], a w odniesieniu do wykonywania jakichś czynności utrudnia ich realizację poprzez: wzrost napięcia nerwowego, pogorszenie nastroju, przyspieszanie zmęczenia, brak umiejętności rozróżniania barw, opóźnianie podejmowania decyzji, kłopoty z zachowaniem czystości i ładu [8]. Ważne jest zatem stworzenie takich warunków dla odbioru i przekazywania informacji, by praca była bezpieczna, efektywna i przyjemna [17]. Dlatego oświetlenie naturalne miejsca pracy i jego otoczenia powinno spełniać zalecenia normy [12], której wymagania wyznaczone są cechami fizjologicznymi narządu wzroku i rodzajem wykonywanych czynności oraz ich dokładnością [17]. W dokumencie tym do oceny

promieniowania widzialnego stosuje się wielkość fotometryczną zwaną natężeniem oświetlenia (jasność), której jednostką jest luks (Lx), a określa ona gęstość powierzchniową strumienia świetlnego padającego na pewną płaszczyznę [6].

O oświetleniu dziennym w pomieszczeniu decydują rozwiązania architektoniczne. Poza wielkością otworów okiennych wpływają na nie kształt i usytuowanie okien nad poziomem podłogi, głębokość pomieszczenia oraz jego proporcje [6]. Wtórnyimi źródłami światła we wnętrzu są sufit i ściany [2], które mogą jednak obniżyć sprawność oświetlenia poprzez pochłanianie części światła na skutek zastosowania ciemnych kolorów o małym współczynniku odbicia światła [14]. Dlatego istotną rolę przy planowaniu oświetlenia odgrywają wiedza, doświadczenie, wyobraźnia, a także wrażliwość estetyczna projektanta [17]. Ponadto o naturalnym fotoklimacie decydują także przeszkody zmniejszające dopływ światła [6]. Na przykład otoczenie świetlne podczas wykonywania czynności może być pogorszone w wyniku zabrudzenia szyb – w budynkach inwentarskich szkło niemyte przez trzy tygodnie zatrzymuje już ok. 50% wpadającego światła [4]. Swoistego rodzaju przeszkodą zmniejszającą dopływ światła do blatu ławki w sali dydaktycznej może być sam student. Zastłanianie światła przez człowieka wykonującego jakąś czynność musi być znaczące, ponieważ problem powstawania cienia uwypuklony jest w opisie metody badań instrumentalnych natężenia oświetlenia poprzez wyraźną uwagę dotyczącą wymogu niezastłaniania odbiornika (sondy luksomierza) przed światłem, które ma być mierzone [11].

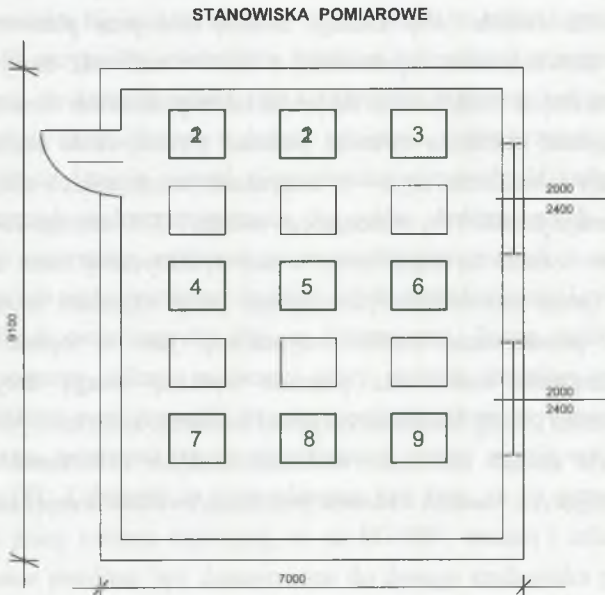
Celem pracy była analiza rozwiązań architektonicznych oświetlenia naturalnego sali dydaktycznej, kształtujących warunki widzenia podczas prowadzenia zajęć akademickich.

2. Materiał i metody

Kształtowanie się natężenia oświetlenia ogólnego w pomieszczeniu, mierzonego na ławkach, czyli w polach zadań wzrokowych, oceniano w niewielkiej sali dydaktycznej budynku uczelnianego, której uproszczony rzut przekroju poziomego zamieszczono na rys. 1. Wnętrze o wysokości 3,15 m wyposażone było w 15 stołów, ustawionych po trzy sztuki w pięciu szeregach prostopadłych do ściany z oknami. Blaty ławek w stosunku do podłogi były zamocowane na poziomie 0,77 m. Podczas przebiegu zajęć przy każdym z piętnastu stołów zasiadał jeden student, pochylając się nad zeszytem w celu zapisania przekazywanych treści przez prowadzącego. Wszystkie miejsca siedzące zwrócone były w kierunku jednej ściany poprzecznej z zawieszoną tablicą, stąd każdy student płaszczyznę ławki miał oświetloną światłem naturalnym od lewej strony. Na dziewięciu stołach wyznaczono punkty pomiarowe, numerując je, począwszy od drzwi wejściowych, od 1 do 9 (rys. 1). Ławki o numerach 1, 2 i 3 – nazwano szeregiem przy drzwiach wejściowych, ławki nr 4, 5 i 6 szeregiem środkowym, a ławki 7, 8 i 9 – szeregiem pod tablicą. Idąc w drugim kierunku, stoliki zgrupowane przy

ścianie wewnętrznej nazwano rzędem nr 1, zestawione w środkowej części pomieszczenia – rzędem nr 2, a znajdujące się pod oknami – rzędem nr 3.

Na naturalne warunki świetlne w pomieszczeniu wpływały dwa okna w przegrodzie zewnętrznej, zwróconej na południową stronę świata, oraz biały sufit, ściany pomalowane na kolor jasnoseledynowy i posadzka wykonana z materiału o barwie popielatej. Rozwiązania architektoniczne sali dydaktycznej gwarantowały zachowanie proporcji powierzchni okien do powierzchni podłogi w stosunku 1:8.



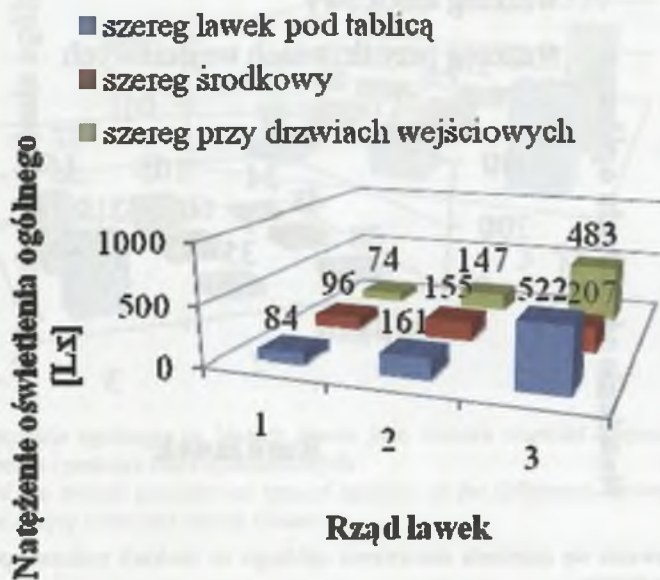
Rys. 1. Schemat pomieszczenia dydaktycznego z zaznaczeniem numerów stanowisk pomiarowych, na których oceniano natężenie oświetlenia ogólnego

Fig. 1. Scheme of the teaching room with indication of positions for measurement, where the overall light intensity was evaluated

Analizę natężenia oświetlenia ogólnego przeprowadzono w słoneczny dzień w okresie wiosennym od godz. 12.00, przeprowadzając dwie serie badań, to jest w pustym pomieszczeniu i w warunkach prowadzenia zajęć dydaktycznych, to znaczy w sytuacji, kiedy zasiadający za stołami studenci częściowo zacięli płaszczyznę blatu swoim ciałem. Jasność mierzono luksomierzem L-20A zgodnie z wymaganiami normy [11]. Pomiary wykonywano w ten sposób, aby podczas odczytu osoba obsługująca luksomierz nie zasłaniała odbiornika przed światłem. Jako wynik odczytu natężenia oświetlenia dla każdego stanowiska przyjmowano średnią z trzech prób oznaczeń. Wartości uzyskane w badaniach przedstawiono w sposób graficzny na wykresach. Z normy [12] przyjęto wymagane natężenie oświetlenia dla sal wykładowych – 500 Lx, przy czym podczas wykonywania rysunków technicznych powinno ono wynosić 750 Lx.

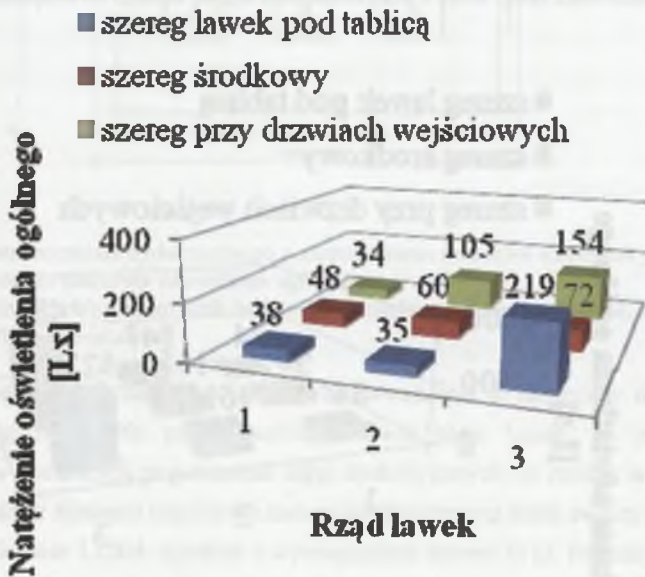
3. Wyniki i ich omówienie

Rozkład jasności w pustym wnętrzu dydaktycznym przedstawiono na rys. 2. Zgodnie z przypuszczeniami wraz z oddalaniem się stanowisk pomiarowych od okien jasność drastycznie malała, a jej spadek w przypadku szeregu pod tablicą był nawet 6,5-krotny. Istotny wpływ na ten fakt miała stosunkowo duża głębokość pomieszczenia, przekraczająca 6 m. Zauważalne było także wyraźne obniżenie się wartości natężenia oświetlenia ogólnego (nawet przeszło dwukrotne) na ławce znajdującej się przy krótkim filarku międzyokiennym w rzędzie pod oknem, choć uważa się, że strefy gorzej oświetlone tworzą ściany międzyokienne o szerokości ponad 2,5 m [8]. Wydaje się, że każdy filarek, niezależnie od jego wymiarów, będzie powodować padanie niekorzystnego cienia na najbliższe ławki, które w zamkniętych przestrzeniach dydaktycznych rozstawione są raczej w małych odstępach. Z wykresu można odczytać także, że w pustym pomieszczeniu tylko stolik znajdujący się przy oknie w szeregu pod tablicą gwarantował wymagane natężenie oświetlenia dla sal wykładowych – 500 Lx. Ani jeden blat natomiast nie nadawałby się do sporządzania rysunków technicznych, przy wykonywaniu których wymagana jasność powinna wynosić aż 750 Lx. Zatem zarówno podczas czynności związanych z pisaniem, jak i rysowaniem należałoby stosować w pomieszczeniu dodatkowe oświetlenie uzupełniające, najlepiej o zmiennej skuteczności lamp wraz z przybliżaniem się do ściany wewnętrznej.



Rys. 2. Natężenie oświetlenia ogólnego na blatach ławek w warunkach pustej sali dydaktycznej
Fig. 2. The overall light intensity on bench tops in conditions of empty teaching room

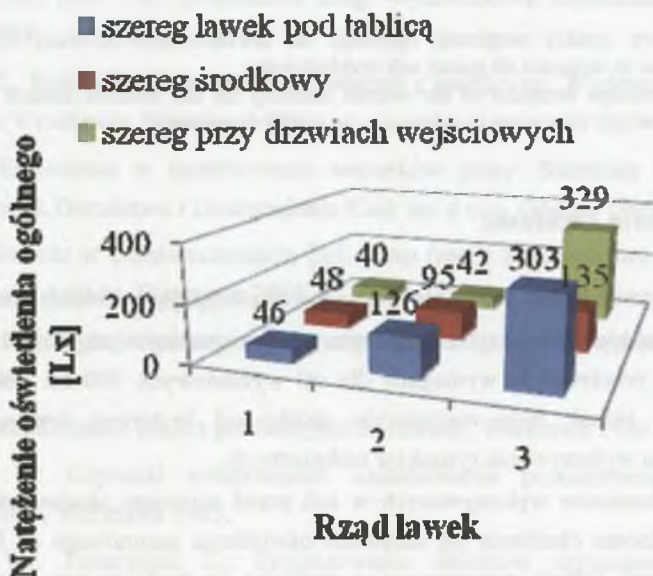
Na rys. 3 zobrazowano rzeczywiste kształtowanie się natężenia oświetlenia naturalnego na stolikach podczas odbywania się zajęć akademickich. Pod wpływem cienia spowodowanego pochylaniem się studentów nad zeszytami jasność bardzo wyraźnie zmalała, przy czym jej rozkład w sali charakteryzował się podobnymi tendencjami, jak przed wejściem osób do pomieszczenia. Im dalej od okien, tym warunki oświetlenia blatów były mniej korzystne, a na ławce ustawionej najbliżej filarka międzyokiennego w rzędzie przy ścianie zewnętrznej odnotowano nawet trzykrotny spadek natężenia oświetlenia ogólnego w porównaniu z tą, która znajdowała się przy oknie w szeregu pod tablicą. Niestety, maksymalne natężenie oświetlenia naturalnego w pobliżu zeszytów, w których studenci sporządzali notatki z zajęć, wyniosło zaledwie 219 Lx i było przeszło dwukrotnie mniejsze od wymaganego. W skrajnym przypadku – dla stolika przy drzwiach wejściowych – wartość jasności spadła do zatrważającego poziomu 34 Lx, a w sali wybranej do badań odbywały się także ćwiczenia rysunkowe, podczas których natężenie oświetlenia powinno wynosić aż 750 Lx! Fotoklimat w strefie przebywania ludzi powinien zapewnić wygodę widzenia, czyli inaczej zdolność prawidłowego rozróżniania szczegółów bez nadmiernego zmęczenia wzroku [17], lecz na podstawie uzyskanych wyników jednoznacznie należy stwierdzić, że naturalne oświetlenie sali dydaktycznej nie spełniało oczekiwań związanych z komfortem widzenia przez studentów.



Rys. 3. Kształtowanie się natężenia oświetlenia ogólnego na ławkach podczas sporządzania notatek przez studentów

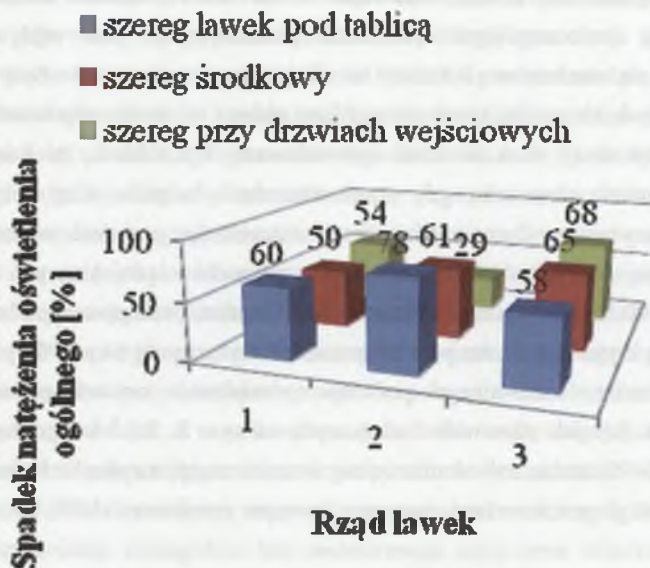
Fig. 3. Formation of the overall light intensity on benches during taking notes by students

Ciekawa wydaje się analiza, mówiąca o ile luksów spadło natężenie oświetlenia naturalnego na poszczególnych punktach pomiarowych pod wpływem cienia od pochylających się studentów. Różnice te zilustrowano na rys. 4. Były one olbrzymie, największe w ławkach znajdujących się najbliżej okien i wynosiły odpowiednio 303 oraz 329 Lx. Zapewne tak duży skok wartości spowodowany był faktem, że miejsca te najlepiej oświetlały promienie słoneczne, gdy pomieszczenie było puste. Czy należałoby zatem w przypadku stosowania wyłącznie oświetlenia naturalnego podnieść wymaganą minimalną jasność ustaloną dla sal dydaktycznych dla warunków projektowych (to znaczy bez zacinienia) o 300 Lx z uwagi na zasłanianie ławek ciałem osób piszących lub rysujących? Za podwyższeniem kryterium o taką wartość przemawiałyby mniej więcej 60-procentowe spadki natężenia oświetlenia naturalnego podczas sporządzania notatek przez studentów, co wykazano dla kolejnych stanowisk badawczych na rys. 5. Stąd też gdyby wykorzystywać tylko oświetlenie naturalne sali akademickiej w czasie zajęć z rysunku technicznego, jasność ustalana dla pustego pomieszczenia powinna znacznie przekraczać 1000 Lx.



Rys. 4. Spadek natężenia ogólnego na blatach ławek jako różnica wartości mierzonych w pustym pomieszczeniu i podczas zajęć dydaktycznych

Fig. 4. Decrease of the overall intensity on tops of benches as the difference between the measured values in an empty room and during classes



Rys. 5. Procentowy spadek natężenia ogólnego na ławkach spowodowany cieniem notujących studentów w stosunku do pustej sali wykładowej

Fig. 5. The percentage decrease of the overall intensity on the benches caused by the shadow of students which take notes in relation to an empty classroom

4. Stwierdzenia i wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwoliły sformułować następujące stwierdzenia:

- W pustym pomieszczeniu tylko w jednym punkcie pomiarowym jasność przy oświetleniu naturalnym przekroczyła wymagane dla sal wykładowych 500 Lx i wynosiła 522 Lx; wartość ta jednak była niezmiernie daleka od kryterium wynoszącego 750 Lx w przypadku wykonywania rysunków technicznych.
- W czasie pomiarów wykonywanych w sali przed zajęciami akademickimi odnotowano nawet 6,5-krotne obniżenie się natężenia oświetlenia naturalnego na ławce ustawionej w rzędzie przy ścianie wewnętrznej w stosunku do ławki w tym samym szeregu, ale znajdującej się w rzędzie pod oknem.
- Cień padający od sporządzających notatki studentów spowodował spadek natężenia oświetlenia na poszczególnych blatach od 29 aż do 78% (średnio o 58%), a w najbardziej nasłonecznionej ławce jasność i tak wyniosła zaledwie 219 Lx.

Na podstawie analizy pomierzonych wartości natężenia oświetlenia ogólnego w sali dydaktycznej można wyciągnąć także następujące wnioski:

- Rozwiązania architektoniczne badanego pomieszczenia nie umożliwiały stworzenia prawidłowych warunków widzenia przy zastosowaniu wyłącznie światła naturalnego

- i pomimo zachowania wymaganego stosunku powierzchni okna do powierzchni podłogi 1:8 oświetlenie wnętrza należałoby uzupełnić sztucznym źródłem.
- W celu zachowania w miarę równomiernych warunków świetlnych strumień światła z lamp w oświetleniu mieszanym wewnątrz akademickich powinien być wyraźnie zróżnicowany w zależności od odległości opraw od okien.
 - Aby wyniki tego typu badań mogły być uogólnione z większą pewnością, należałoby przeprowadzić ocenę kształtowania się naturalnego oświetlenia w wielu salach dydaktycznych o zróżnicowanych wymiarach, układzie okien i kolorystyce przegród.

Bibliografia

1. Bąk J.: Obliczanie oświetlenia ogólnego wewnątrz. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983.
2. Bąk J.: Oświetlanie mieszkań. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
3. Bonnel W.J.M., Boer J.B.: Oświetlenie dróg. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1984.
4. Dobrzański Z., Kołacz R.: Przewodnik do ćwiczeń z zoohigieny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1996.
5. Idczak D.: Ergonomia w kształtowaniu warunków pracy. Materiały pomocnicze do szkoleń. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o., Gdańsk 1999.
6. Klemm P.: Światło w pomieszczeniach, [w]: Idem (red.): Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli. Arkady, Warszawa 2005.
7. Konarski S.: Fizjologia i higiena pracy. Światło i barwa. Instytut Związków Zawodowych, Warszawa 1982.
8. Mirski Z.: Kształtowanie wnętrz produkcyjnych. Arkady, Warszawa 1986.
9. Pałaszewski T.: Czynniki efektywności kształtowania przestrzennego środowiska człowieka. PWN, Warszawa 1983.
10. Parczewski W., Tauszyński K.: Projektowanie obiektów użyteczności publicznej. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1988.
11. PN-83/E-04040.03 – Pomiar fotometryczne i radiometryczne. Pomiar natężenia oświetlenia.
12. PN-EN-12464-1:2004 – Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
13. Rajkiewicz M.: Oświetlenie na stanowisku pracy, [w]: Lewandowski J. (red.): Ergonomia. Materiały do ćwiczeń i projektowania. „MARCUS” S.C., Łódź 1995.

14. Ratajczyk I.: Elektryfikacja obiektów rolniczych, [w]: Witebski Z. (red.): Budownictwo rolnicze. Część 2. Konstrukcje budowlane i instalacje. Arkady, Warszawa 1982.
15. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. z 2002 roku, nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami.
16. Szparkowski Z.: Architektura współczesnej fabryki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
17. Wolska A., Pawlak A.: Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy, [w]: Bezpieczeństwo i ochrona człowieka w środowisku pracy, T. 12. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2001.