

Komputerowe badania symulacyjne metodami statycznymi wpływu architektonicznych rozwiązań elewacyjnych na ilość światła dziennego w pomieszczeniach biurowca



dr inż. arch.
DARIUSZ MASŁY
Wydział Architektury
Politechnika Śląska
ORCID: 0000-0002-6961-7725

W artykule przedstawiono symulacje komputerowe wpływu architektonicznych rozwiązań elewacyjnych, systemów doświetlających oraz systemów ochrony przeciwsłonecznej na ilość światła dziennego w pomieszczeniach biurowca. W badaniach zastosowano metody statyczne. Symulowano warunki nieboskłonu w pełni zachmurzonego oraz czystego.

Wprowadzenie

Przeprowadzone badania analizowały wpływ architektonicznych rozwiązań elewacyjnych, systemów doświetlających (rys. 1.) oraz systemów ochrony przeciwsłonecznej (rys. 3.) na ilość światła dziennego w pomieszczeniach. Analizowane elementy zostały zaprojektowane przez autora do celów badań. Nie zostały zrealizowane w świecie rzeczywistym. Kompleksowo oceniono warunki oświetlenia z wykorzystaniem metod statycznych. W badaniach symulowano światło dzienne dyfuzyjne i bezpośrednie. Symulacje światła bezpośredniego wykonano dla dwóch reprezentatywnych dni roku (21 marca – równonocy, 21 czerwca – najdłuższego) i godziny 12.00. Do oceny ilości światła w pomieszczeniach przy niebie w pełni zachmurzonym wykorzystano współczynnik oświetlenia dziennego (Daylight Factor – DF). Warunki nieboskłonu czystego reprezentują badania natężenia oświetlenia dziennego. Wśród dotychczas opublikowanych opracowań poświęconych analizom symulacyjnym półek świetlnych należy wymienić: [1], [2], [3] i [4]. Przeprowadzone przez autora i współpracowników z Katedry badania wpływu rozwiązań architektonicznych na oświetlenie dzienne pomieszczeń zostały opublikowane w: [5], [6], [7], [8] i [9].

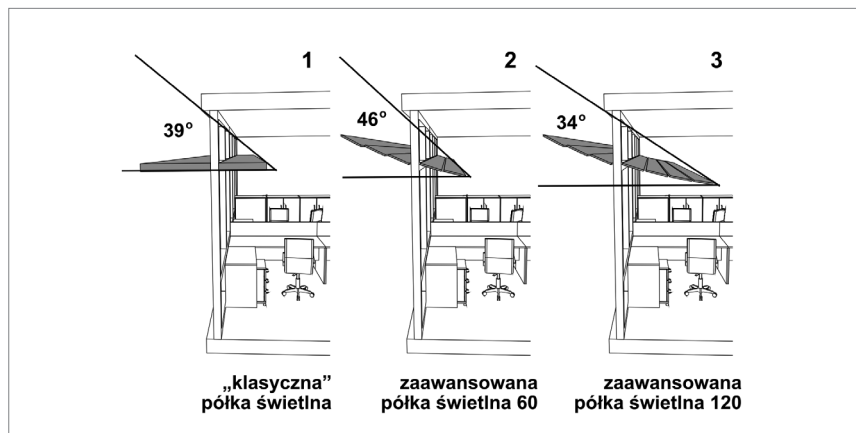
Metody badań

W komputerowych symulacjach oświetlenia dziennego autor stosował statyczne metody, w tym najpopularniejsze: współczynnik

oświetlenia dziennego (Daylight Factor – DF) oraz analizę natężenia oświetlenia dziennego w wybranej chwili [10], [11], [12]. Metody statyczne pozwalają wykonać analizę oświetlenia naturalnego w wybranym momencie, np. 21 czerwca o godz. 15.00. Specyficznym przypadkiem jest DF, gdyż pomiar dokonany w dowolnym momencie roku jest prawdziwy dla warunków w całym roku. W metodzie DF wymagane jest, by symulacje, również pomiary w świecie rzeczywistym, wykonywać w warunkach nieboskłonu całkowicie zachmurzonego. Współczynnik DF jest stosunkiem natężenia oświetlenia naturalnego mierzonego w pomieszczeniu, najczęściej na poziomie biurka, do natężenia oświetlenia dziennego na zewnątrz budynku. Metody statyczne używają w obliczeniach formuły jasno-

ści nieba – modele nieboskłonu. Najpopularniejszym jest izotropowy model nieboskłonu CIE (Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej) [13] (za [14]). Do analiz ilości światła można stosować model CIE nieboskłonu całkowicie zachmurzonego, reprezentujący najmniejszą ilość światła dziennego, natomiast do oceny skuteczności osłon przeciwsłonecznych model CIE nieboskłonu czystego. Inna metoda zakłada, że dla okresu letniego należy przyjmować nieboskłon czysty, dla zimy całkowicie zachmurzony, a dla okresów przejściowych model CIE nieboskłonu częściowo zachmurzonego. Autor artykułu przyjął tę drugą metodę.

Alternatywą dla metod statycznych są dynamiczne [11], [12]. U ich podstaw leży metoda modelowania oświetlenia światłem dzien-



Rys. 1. Analizowane półki świetlne [6]

nym w oparciu o godzinowe, całoroczne dane klimatyczne typowego roku meteorologicznego (TRM). Metody dynamiczne umożliwiają analizowanie oświetlenia dla całego roku i przedstawienie wyników na jednym wykresie powierzchniowym (Daylight Autonomy – DA; Useful Daylight Illuminance – UDI) lub nawet w postaci jednej liczby (spatial Daylight Autonomy – sDA). Uważa się, że metody dynamiczne będą stopniowo zastępować statyczne.

Chociaż metody dynamiczne dają całościowy, całoroczny obraz wpływu architektonicznych rozwiązań elewacyjnych na ilość światła dziennego w pomieszczeniach, metody statyczne umożliwiają dokładną ocenę działania tych rozwiązań, ich wpływu na rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu, w niewalguicznych dniach roku, jak dzień równonocy czy przesilenia letniego. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań metodami statycznymi, lecz równolegle autor prowadzi analizy metodami dynamicznymi, których wyniki zostaną zaprezentowane w przyszłych publikacjach.

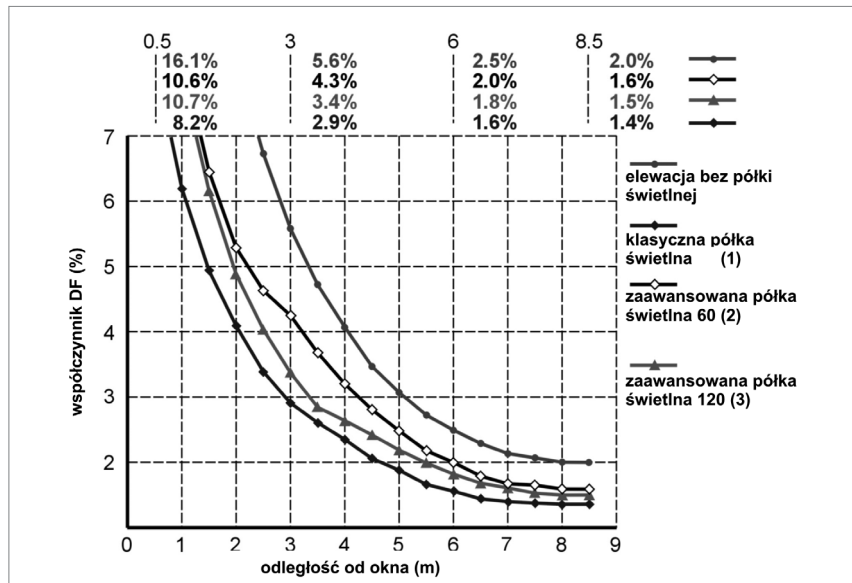
W badaniach użyto programów komputerowych Autodesk Ecotect i Radiance.

Symulacje wykonano dla teoretycznego budynku biurowego zlokalizowanego w Krakowie (szerokość geograficzna: 50°N, długość geograficzna: 20°E). Dla potrzeb symulacji zamodelowano budynek biurowy cztero-kondygnacyjny o wysokiej sprawności funkcjonowania (WSF). Ma on następujące wymiary: długość – 77 m, szerokość – 15 m, wysokość – 19 m. Wysokość powtarzalnej kondygnacji biurowej wynosi 4,2 m, wysokość przestrzeni pracy w świetle 3 m. Analizowano typowe biuro rozwiązane na planie otwartym (open-plan) o powierzchni 97,2 m². Okna są wstawione na wysokości 80 cm nad poziomem podłogi.

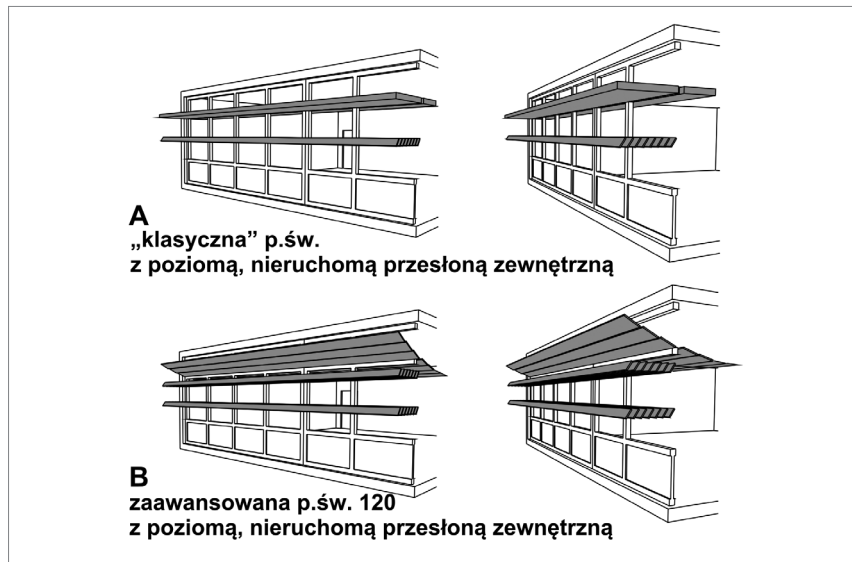
Biuro o wąskim trakcie jest przestrzenią prawidłowo oświetloną światłem dziennym, gdyż efekt prawidłowego oddziaływania światła obejmuje głębokość równą podwójnej wysokości górnej krawędzi okna, w tym przypadku 6 m. Analizowana przestrzeń jest umieszczona na pierwszym piętrze. Reprezentuje ona najgorsze warunki oświetlenia dziennego przy założeniu, że kondygnacja parterowa jest zajęta przez usługi. W symulacjach oświetlenia dziennego jedną z najważniejszych czynności jest przyjęcie odpowiedniego współczynnika odbicia światła. W analizowanym przypadku dla wszystkich materiałów nieprzeźroczystych było to 70%. Okna dwuszybowe miały całkowitą przepuszczalność światła (light transmission – Lt) równą 64%.

Wyniki

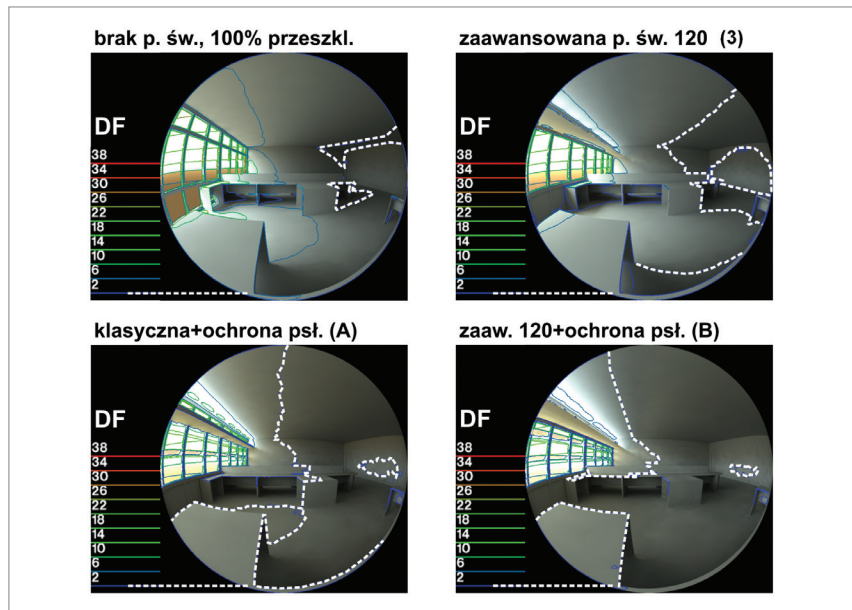
Symulacje komputerowe analizowały wpływ rozwiązań elewacyjnych z wykorzystaniem półek świetlnych i osłon prze-



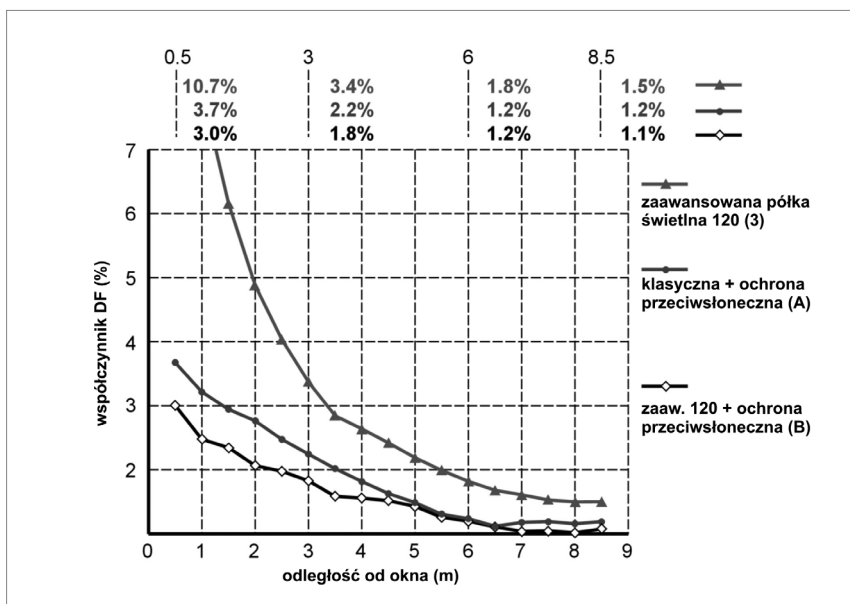
Rys. 2. Zaprojektowane systemy doświetlające – współczynnik DF (opracowanie: D. Masły)



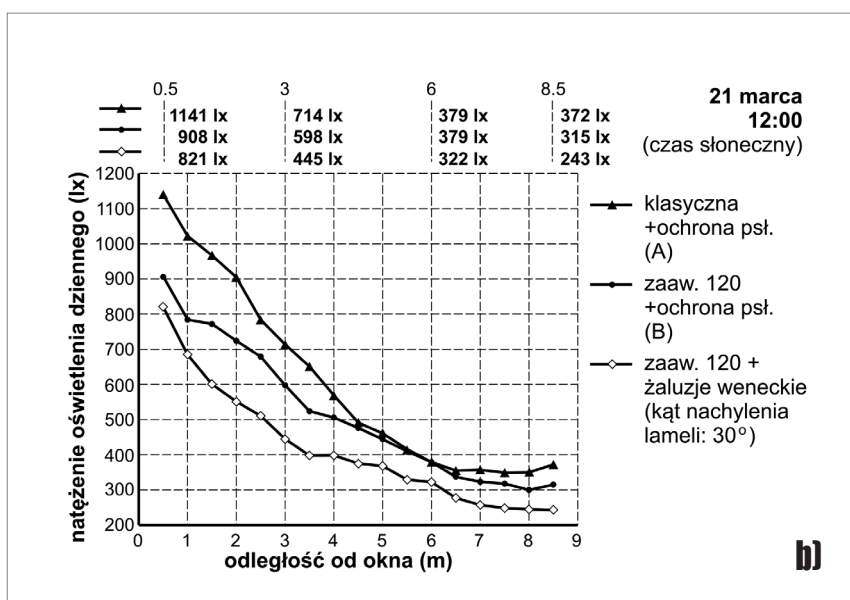
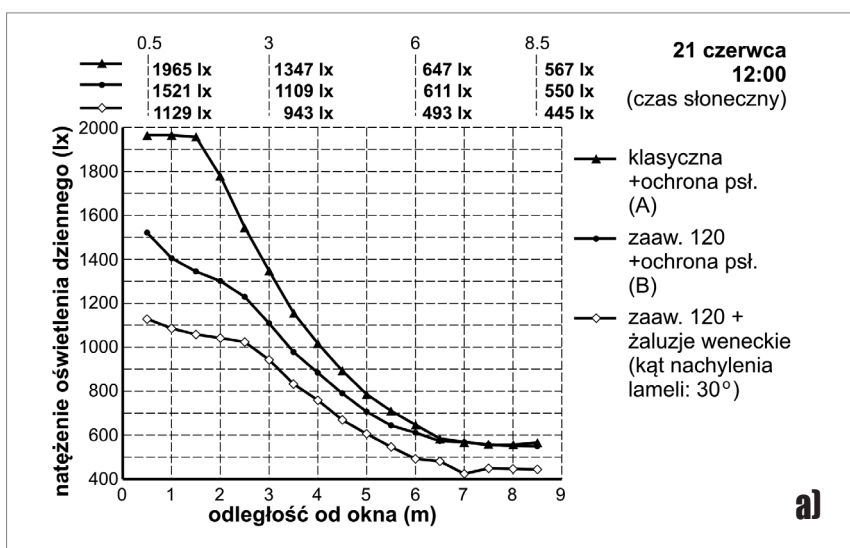
Rys. 3. Wybrane systemy ochrony przeciwsłonecznej dla elewacji południowej [6]



Rys. 4. Systemy ochrony przeciwsłonecznej dla elewacji południowej – współczynnik DF (opracowanie: D. Masły)



Rys. 5. Systemy ochrony przeciwsłonecznej dla elewacji południowej – dwuwymiarowy wykres wyników DF (opracowanie: D. Masły)



Rys. 6. a) Natężenie oświetlenia dziennego w dniu przesilenia letniego [6]; b) w dniu równonocy (opracowanie: D. Masły)

ciwslonecznych na ilość światła dziennego oraz skuteczność ochrony przeciwsłonecznej w pomieszczeniu skierowanym ku południu. Na rys. 2., 4. i 5. przedstawiono wyniki współczynnika DF, na rys. 6a i 6b pomiar natężenia oświetlenia dziennego. W symulacjach DF wykorzystano model CIE niebosktonu całkowicie zachmurzonego.

Wyniki z rys. 2. i 4. pokazują, że w pomieszczeniu z półką świetlną ilość światła dziennego w warunkach niebosktonu zachmurzonego, mierzona współczynnikiem DF, jest niższa od tejże w pomieszczeniu z elewacją bez dodanych elementów. Wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych pokazują, że półki paraboliczne (przykłady 2. i 3. z rys. 1.) zatrzymują mniej światła od półki „klasycznej” (przykład 1.). Najmniej światła zatrzymuje półka paraboliczna o najmniejszej powierzchni (przykład 2.). Badania potwierdzają również, że półki świetlne równoważą rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniach (rys. 2.). Jest to jedna z ich głównych zalet.

Wyniki badań przedstawione na rys. 6a pokazują natężenie oświetlenia dziennego 21 czerwca, 6b – 21 marca. W symulacjach użyto modelu CIE niebosktonu czystego dla czerwca i modelu CIE niebosktonu częściowo zachmurzonego dla marca. Natężenie oświetlenia dziennego w przestrzeni pracy biurowej (o głębokości 6 m) jest wyższe od 300 lx w obydwu symulowanych dniach. Na rys. 6a wpływ półek świetlnych, odbijających promienie słoneczne bezpośrednio w kierunku sufitu, na zmianę rozkładu natężenia oświetlenia w pomieszczeniu jest zauważalny w kształcie krzywych. W czerwcu, gdy wysokość słoneczna jest większa, a promienie są odbijane przez półkę klasyczną na część sufitu sąsiadującą z elewacją, wysokie natężenie oświetlenia występuje na głębokości pierwszych 2 m. Półka paraboliczna kieruje promienie głębiej, dlatego krzywa rozkładu natężenia oświetlenia słonecznego jest wybrzuszona w odległości 1,5–3,5 m od elewacji. Dla 21 marca symulowane było niebo częściowo zachmurzone, dlatego wpływ bezpośrednich promieni słonecznych na kształt krzywej nie jest zauważalny. Interesujące jest, że na głębokości 4,5–6,5 m (rys. 6b) wykresy A i B zblizają się do siebie. Wskazuje to, że system B (paraboliczny) skuteczniej wprowadza światło dzienne w głąb pomieszczenia. Wyniki wszystkich symulacji (rys. 4., 5. i 6.) pokazują, że system A (o mniejszej ilości elementów) daje w pomieszczeniu więcej światła.

Wnioski

Wyniki symulacji komputerowych pokazują, że półki świetlne równoważą rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu. Niekorzystne jest, że każdy element dodany do elewacji w miejscu przeszklenia (półki świetlne

lub przesłony przeciwsłoneczne) obniża natężenie promieniowania słonecznego w warunkach niebosłonu zachmurzonego. W krajach na wyższych szerokościach geograficznych (jak Polska) przesłony stałe powinny być projektowane jedynie, gdy rozwiązania funkcjonalne wymagają oświetlenia dziennego tylko do głębokości jednoosobowego pokoju (około 4 m). Półka doświetlająca paraboliczna wydaje się bardziej skuteczna, porównując do klasycznej, jednak prezentuje się mniej atrakcyjnie jako element elewacji budynku. Dla porównania system ochrony przeciwsłonecznej stałej z półką klasyczną zatrzymuje mniej światła rozproszonego od tegoż z półką paraboliczną, będąc jednakowo skutecznym jako ochrona przeciwsłoneczna.

Wykonując symulacje komputerowe oświetlenia dziennego metodami statycznymi, należy pamiętać, że w analizach nie jest brana pod uwagę zmienność warunków oświetlenia wynikająca z lokalnych uwarunkowań klimatycznych w przeciągu całego roku. Na tle możliwości metod dynamicznych analizy oświetlenia dziennego jest to istotny brak.

Bibliografia:

- [1] IEA – International Energy Agency, Daylight in Buildings. A Source Book on Daylighting Systems and Components, International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings & Community Systems, A report of IEA Solar Heating & Cooling Task 21/ECBCS Annex 29, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, lipiec 2000.
- [2] Heim D., Kieszkowski K., Wpływ zastosowania poziomych półek świetlnych na komfort wizualny we wnętrzach budynków, „Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska” z. 40, Energia Odnawialna – innowacyjne idee i technologie dla budownictwa, nr 229, Rzeszów 2006.
- [3] Heim D., Kieszkowski K., Analizy symulacyjne półek świetlnych o zmiennym kącie nachylenia, [w:] Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, t. II, 2007.
- [4] Heim D., Matusiak B., 2007, Projektowanie energooszczędnych systemów oświetlenia dziennego – półki świetlne, „Energia i Budynek”, nr 3.
- [5] Masły D., Sitek M., Zastosowanie symulacji komputerowych do analizy wpływu rozwiązań elewacyjnych na jakość oświetlenia naturalnego w biurach, [w:] Bać A., Kasperski J. (red.), Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska [praca zbiorowa], Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.

[6] Masły D., Sitek M., Analysis of Natural Lighting with Regard to Design of Sustainable Office Buildings in Poland, [w:] Stephanidis C., Antona M. (red.), Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and Accessibility Practice. 8th International Conference, UAHCI 2014, held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22–27, 2014. Proceedings. Part 4, Springer International Publishing (Series Title: Lecture Notes in Computer Science, vol. 8516), 2014.

[7] Masły D., Sitek M., Fross K., The Impact of Solar Radiation on the Quality of Buildings: Research Methods, [w:] Universal Access in Human – Computer Interaction. Access to the Human Environment and Culture. 9th International Conference. UAHCI 2015, Held as Part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, 2–7 sierpnia, 2015, Proceedings. Part 4 (Series Title: Lecture Notes in Computer Science, vol. 9178) (M. Antona, C. Stephanidis eds.), Springer International Publishing, 2015.

[8] Masły D., Computer Simulation-Based Building Performance Analyses (BPA): Preliminary Study of an Office Building in Poland, [w:] Chova L.G., Martinez A.L., Torres I.C. (red.), ICERI2017. Proceedings of International Conference, IATED, Sewilla, Hiszpania, 2017.

[9] Masły D., A Comparison of The Performance of a South-Facing Office Building in Moist Continental and Subtropical Hot Desert Climates – Computer Simulation-Based Building Performance Analyses (BPA), [w:] Chova L.G., Martinez A.L., Torres I.C. (red.), ICERI2018. Proceedings of International Conference, IATED, Sewilla, Hiszpania, 2018.

[10] New Buildings Institute (NBI), „Daylighting Pattern Guide”, <https://patternguide.advancedbuildings.net> [dostęp: 2021].

[11] Reinhart C.F., Mardaljevic J., Rogers Z., 2006, Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design, Leukos, Vol 3, No 1.

[12] Reinhart C.F., Daylighting Handbook II. Daylight Simulations. Dynamic Facades, 2018.

[13] Doigniaux R. i in., Standardization of Luminance Distributions on Clear Skies, Publication C.I.E. nr 22 (TC-4.2), 1973.

[14] Reinhart C.F., Daylight Availability and Manual Lighting Control in Office Buildings – Simulation Studies and Analysis of Measurements [praca doktorska, promotor: Wagner Andreas, Faculty of Architecture, University of Karlsruhe, 2001 (PhD Thesis, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer IRB Verlag)].

DOI: 10.5604/01.3001.0014.9345

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Masły Dariusz, 2021, Komputerowe badania symulacyjne metodami statycznymi wpływu architektonicznych rozwiązań elewacyjnych na ilość światła dziennego w pomieszczeniach biurowca, „Builder” 7 (288). DOI: 10.5604/01.3001.0014.9345

Streszczenie: W artykule przedstawiono symulacje komputerowe wpływu architektonicznych rozwiązań elewacyjnych, systemów doświetlających oraz systemów ochrony przeciwsłonecznej na ilość światła dziennego w pomieszczeniach biurowca. W badaniach zasto-

sowano metody statyczne. Symulowano warunki niebosłonu w pełni zachmurzonego oraz czystego. Wyniki pokazały, że każdy element dodany do części przeszklonej elewacji (półki świetlne lub przesłony przeciwsłoneczne) znacznie obniża natężenie promieniowania słonecznego w warunkach niebosłonu zachmurzonego, co powoduje w Polsce, że ilość światła naturalnego przez wiele dni w roku spada poniżej akceptowalnego poziomu. Ponadto badania wykazały, że półki świetlne równoważą rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu, co podnosi komfort wizualny.

Słowa kluczowe: komputerowe badania symulacyjne, statyczne metody analizowania oświetlenia dziennego, ochrona przeciwsłoneczna, półka doświetlająca, projektowanie architektoniczne

Abstract: STATIC METHODS COMPUTER SIMULATIONS OF THE INFLUENCE OF ARCHITECTURAL FACADE SOLUTIONS ON THE AMOUNT OF DAYLIGHT IN ROOMS OF AN OFFICE BUILDING. The article presents computer simulations of the influence of architectural facade solutions (daylighting systems and sun protection systems) on the daylight availability in the office building. Static methods were used in the research. The conditions of an overcast and clear sky were simulated. The results has shown that each element added to the glazed part of the façade (light shelves or sun shades) significantly reduces the daylight availability under overcast skies, which means that in Poland the amount of natural light falls below the acceptable level for many days a year. In addition, research has shown that the light shelves balance the daylighting levels throughout the room, which increases visual comfort.

Keywords: computer simulations, static methods of analysing daylight, solar protection, light shelf, architectural design