

WSPÓLCZYNNIK PRZEPUSZCZALNOŚCI PROMIENIOWANIA WIDZIALNEGO PRZEGRÓD TRANSPARENTNYCH DLA POTRZEB WALIDACJI METODY TDI

Maciej WOJTCZAK*, Eliza SZCZEPAŃSKA**, Dariusz HEIM*

* Politechnika Łódzka, Instytut Chemicznej Technologii Żywności
ul. Stefanowskiego 4/10, e-mail: maciej.wojtczak@p.lodz.pl

** Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mails: eliza.szczepanska@p.lodz.pl; dariusz.heim@p.lodz.pl

Streszczenie: W pracy zamieszczono wyniki badań spektrofotometrycznych zestawów szybowych przewidzianych do eksperymentalnej walidacji metody TDI. Przeszklenia stanowią układy jednoszybowe pokryte foliami ograniczającymi przepuszczalność promieniowania widzialnego. Pomiarów dokonano przy użyciu spektrofotometru UV-VIS Hitachi, model U-1800. Korzystając z rozkładów widmowych przepuszczalności wyznaczono wartości przepuszczalności promieniowania widzialnego τ_{vis} oraz barwę przepuszczanego światła. Na podstawie uzyskanych wartości przeprowadzono obliczenia rozkładu światła dziennego w Helioboxie i zaprezentowano przykładowe wyniki.

Słowa kluczowe: spektroskopia, transmitancja, promieniowanie widzialne, folie okienne, TDI.

1. WPROWADZENIE

Jednym z elementów składowych stanowiska badawczego do weryfikacji metod obliczeniowych oświetlenia dziennego są zewnętrzne elementy przeszklone. W większości metod symulacyjnych parametrami wykorzystywanymi do definiowania przeszkleń jest całkowita przepuszczalność promieniowania widzialnego wraz z podaniem składowych barw np. RGB. W celu uzyskania ww. wielkości niezbędne jest przeprowadzenie badań eksperymentalnych z użyciem spektrofotometru pracującego w zakresie UV-VIS. Znając widmowe rozkłady przepuszczalności oraz widmowy rozkład skuteczności świetlnej promieniowania możliwe jest wyznaczenie τ_{vis} całkowitej przepuszczalności promieniowania widzialnego. Na tej podstawie możliwe jest wyznaczenie rozkładu natężenia oświetlenia w specjalnie do tego celu wykonanym modelu urządzenia Heliobox. Charakterystyki rozsyłu natężenia oświetlenia będą w przyszłości poddane weryfikacji eksperymentalnej w różnych warunkach nasłonecznienia.

2. METODA POMIAROWA

Charakterystyka widmowa materiałów i związków chemicznych posiada bardzo szerokie i uniwersalne zastosowanie [1,2]. W zastosowaniach budowlanych, ze względu na rodzaj badanego procesu rozróżnić należy spektrofotometrię transmisyjną i odbiciową. Badając ilość przepuszczanego promieniowania określić można właściwości transmisyjne elementów transparentnych [3]. Spektrofotometria odbiciowa służy przeważnie do badań procesów starzeniowych materiałów budowlanych [4] oraz identyfikacji barwy [5] lub chropowatości powierzchni [6]. Dla potrzeb niniejszej pracy wykorzystano transmisyjną metodę pomiaru wyznaczając dla poszczególnych długości fal widmową charakterystykę przepuszczalności promieniowania.

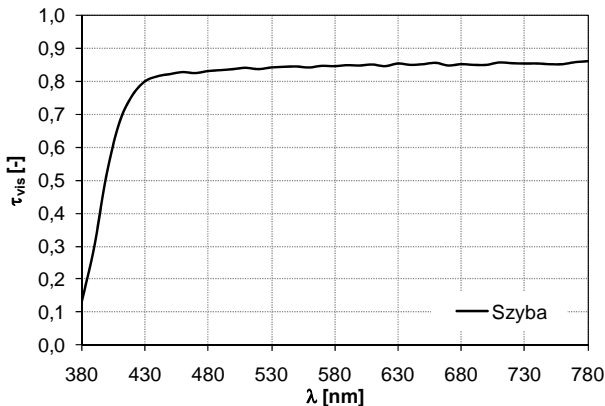


Rys. 1. Spektrofotometr UV-VIS użyty do badań.
Fig. 1. Spectrophotometer UV-VIS used for measuring.

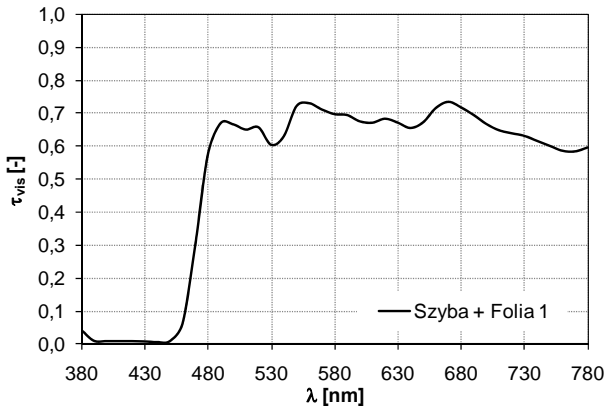
Do badań wykorzystano jednowiązkowy spektrofotometr UV-VIS Hitachi U-1800 (rys. 1), pracujący w zakresie spektralnym 190-1100nm. Dla potrzeb niniejszej pracy zakres pomiaru ograniczono do światła widzialnego, czyli 380-780nm.

3. WYNIKI BADAŃ

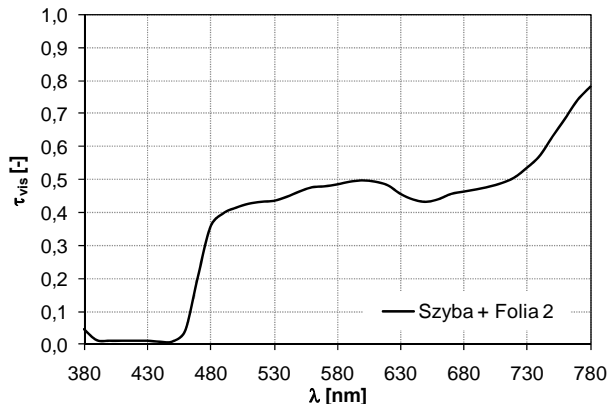
Badania przeprowadzono na specjalnie do tego celu przygotowanym zestawie próbek. Jako element odniesienia przebadano pojedynczą czystą szybę o grubości 2mm. Wyniki pomiarów odczytane bezpośrednio z urządzenia zamieszczono na rysunkach 2÷9. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki dla czystej szyby. Na rysunkach 3÷9, dla szyby pokrytej poszczególnymi zestawami folii.



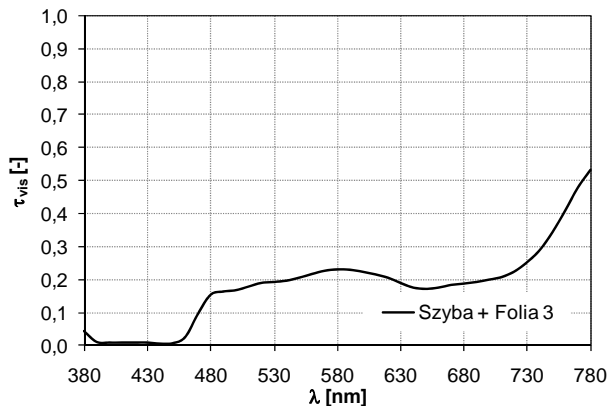
Rys. 2. Widmo transmitancji czystej szyby.
Fig. 2. Spectrum of clear glass.



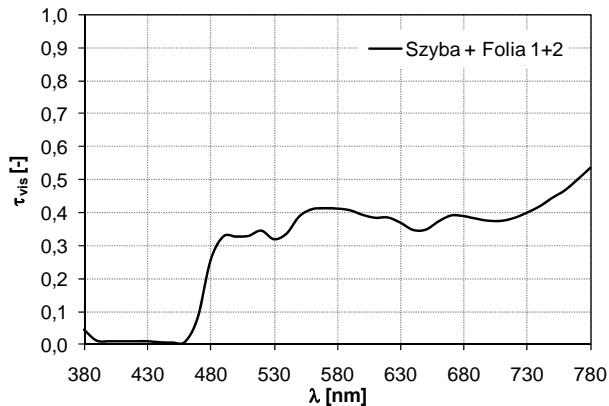
Rys. 3. Widmo transmitancji dla szyby z folią 1.
Fig. 3. Spectrum of glass with foil 1.



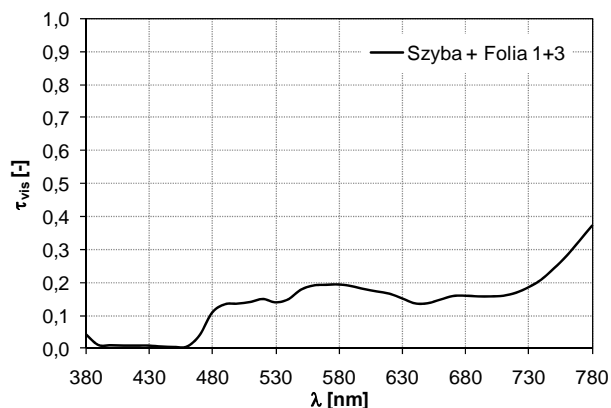
Rys. 4. Widmo transmitancji dla szyby z folią 2.
Fig. 4. Spectrum of glass with foil 2.



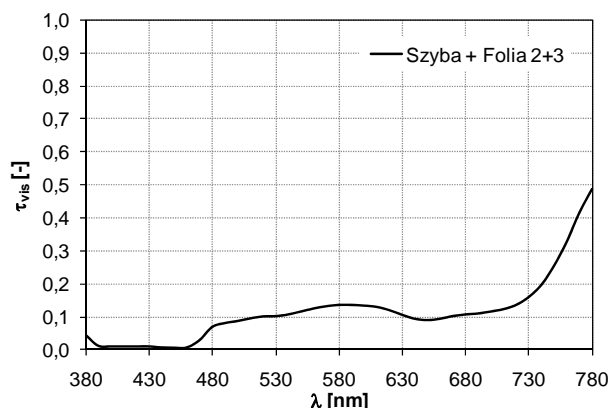
Rys. 5. Widmo transmitancji dla szyby z folią 3.
Fig. 5. Spectrum of glass with foil 3.



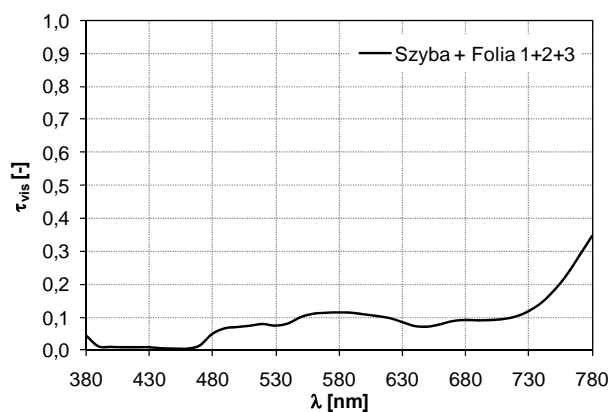
Rys. 6. Widmo transmitancji dla szyby z foliami 1+2.
Fig. 6. Spectrum of glass with foils 1+2.



Rys. 7. Widmo transmitancji dla szyby z foliami 1+3.
Fig. 7. Spectrum of glass with foils 1+3.



Rys. 8. Widmo transmitancji dla szyby z foliami 2+3.
Fig. 8. Spectrum of glass with foils 2+3.



Rys. 9. Widmo transmitancji dla szyby z foliami 1+2+3.
Fig. 9. Spectrum of glass with foils 1+2+3.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono równomierne pochłanianie promieniowania w całym zakresie widmowym. Jedynie dla folii 2 i 3 widoczna jest nieco mniejsza transmisyjność na końcu widma (780nm). Folią o największej przepuszczalności jest folia 1, zaś najmniejszej 3. Jednocześnie wszystkie zestawy posiadające 3 folie charakteryzują się bardzo zbliżoną niską transmisyjnością.

Na podstawie otrzymanych wyników, korzystając z metody opisaną w pracy [7] wyznaczono wartości współczynników przepuszczalności promieniowania widzialnego. Wyniki zestawiono w tabeli 1. Analizując obliczone wartości należy stwierdzić, że zakres przepuszczalności zaproponowanego zestawu materiałów transparentnych spełnia kryteria niezbędne do walidacji metody TDI ($\tau_{vis}=0,09\pm 0,84$).

Tabela 1. Współczynnik przepuszczalności promieniowania widzialnego τ_{vis}

Table 1. Coefficient of transmittance of visible spectrum τ_{vis}

Nr	Nazwa zestawu	$\tau_{bvis} [-]$
1	Czysta szyba	0,84
2	Szyba + folia 1	0,66
3	Szyba + folia 2	0,45
4	Szyba + folia 3	0,20
5	Szyba + folia 1+2	0,36
6	Szyba + folia 1+3	0,16
7	Szyba + folia 2+3	0,11
8	Szyba + folia 1+2+3	0,09

Dodatkowo dla każdego zestawu wyznaczono składowe trójchromatyczne: X, Y, Z (tabela 2). Na podstawie zestawionych wartości możliwe jest wyznaczenie zabarwienia zestawu transparentnego w dowolnym formacie, np. RGB. Właśnie otrzymane składowe RGB posłużyły do zdefiniowania odpowiednich przeszkleń w programie symulacyjnym.

Tabela 2. Składowe trójchromatyczne barwy
Table 2. Components of trichromatic color

Nr	Nazwa zestawu	X	Y	Z
1	Czysta szyba	84	91	94
2	Szyba + folia 1	58	72	19
3	Szyba + folia 2	40	49	12
4	Szyba + folia 3	18	22	6
5	Szyba + folia 1+2	32	39	8
6	Szyba + folia 1+3	15	18	4
7	Szyba + folia 2+3	10	12	3
8	Szyba + folia 1+2+3	9	10	2

4. ANALIZA SYMULACYJNA

Do obliczeń wykorzystano metodę Wstecznego Śledzenia Promienia [8]. Analizy wykonano dla modelu *Helioboxu*

zlokalizowanego zgodnie z danymi jak dla stanowiska badawczego w mieście Łodzi.

Obliczenia wykonano dla 21 dnia każdego miesiąca, dla godziny 12:00. Wyniki w postaci rozkładów natężenia oświetlenia po głębokości pomieszczenia zestawiono na rysunkach 10÷21. Warunki zewnętrzne opisano jako nieboskłon zachmurzony (*overcast sky*).

Charakterystyki zamieszczone na rysunkach 10÷21 mają klasyczny charakter. Lekki wzrost natężenia w odległości 1 m od źródła światła świadczy o wpływie promieniowania odbitego w połączeniu z bezpośrednim.

Różnice pomiędzy poszczególnymi zestawami są proporcjonalne do współczynnika przepuszczalności promieniowania widzialnego. Różnice dla poszczególnych miesięcy wynikają natomiast z innych jasności nieboskłonu.

5. PODSUMOWANIE

Wyniki zamieszczone w niniejszej pracy stanowią jeden z początkowych etapów realizacji zadania badawczego „*Walidacja metody TDI oceny oświetlenia wewnątrz światłem dziennym*”. Jest on niezbędny w celu prawidłowego oszacowania parametrów materiałowych autorskiego stanowiska badawczego *Heliobox*. Tak przygotowany zestaw danych pozwoli w najbliższej przyszłości na dalszą realizację projektu.

Analizując otrzymane wyniki należy stwierdzić, że dobór przeszkleń jest właściwy i wyczerpuje pełny zakres przepuszczalności od 0,09 do 0,84. Rozkłady natężenia oświetlenia uzyskane metodą symulacyjną potwierdzają powyższe spostrzeżenia. Kolejnym etapem będzie przeprowadzenie badań rozkładu natężenia oświetlenia wewnątrz *Helioboxu* w warunkach rzeczywistych.

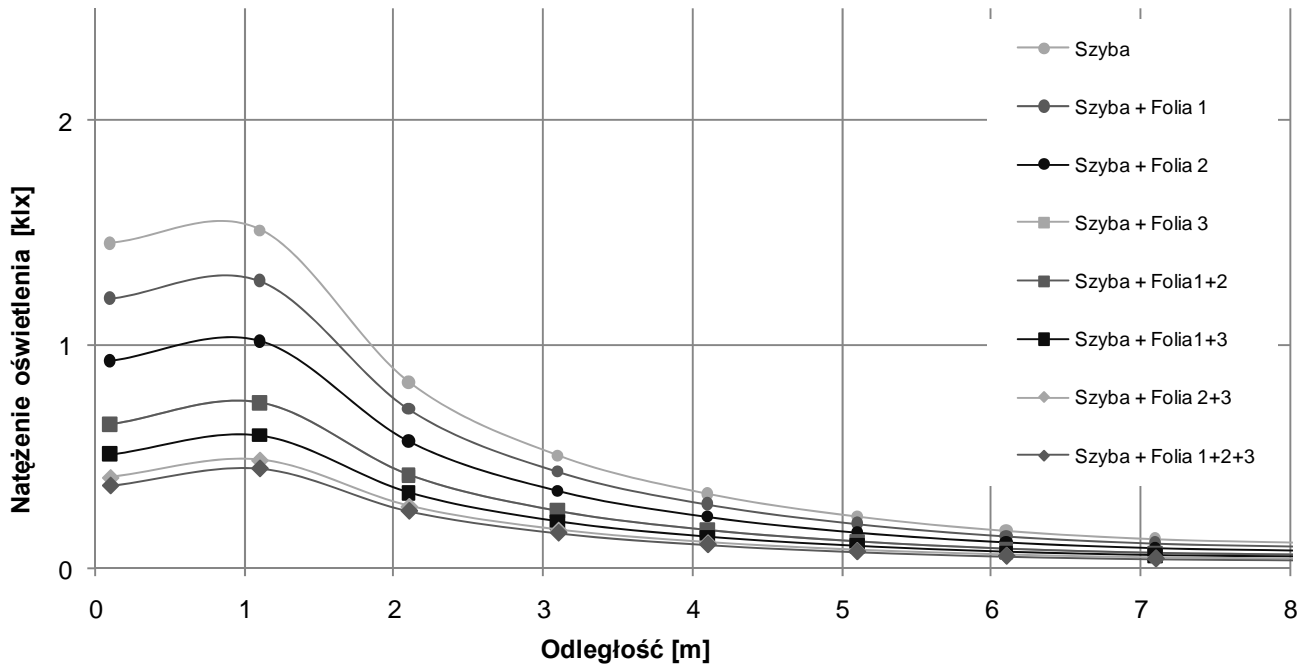
DAYLIGHT TRANSMISSION COEFFICIENT OF TRANSPARENT PARTITION FOR EXPERIMENTAL VALIDATION OF TDI METHOD

Summary: The results of laboratory measurements of daylight transmittance are presented in the following paper. Spectral distribution of transmission were obtained using spectrophotometry technique. Seven different types of transparent materials were investigated and compared with clear, single glass component. For all combination numerical simulation were conducted and obtained results for 15th of each month at 12:00 presented and discussed. All information presented in a paper are necessary for further validation of TDI method.

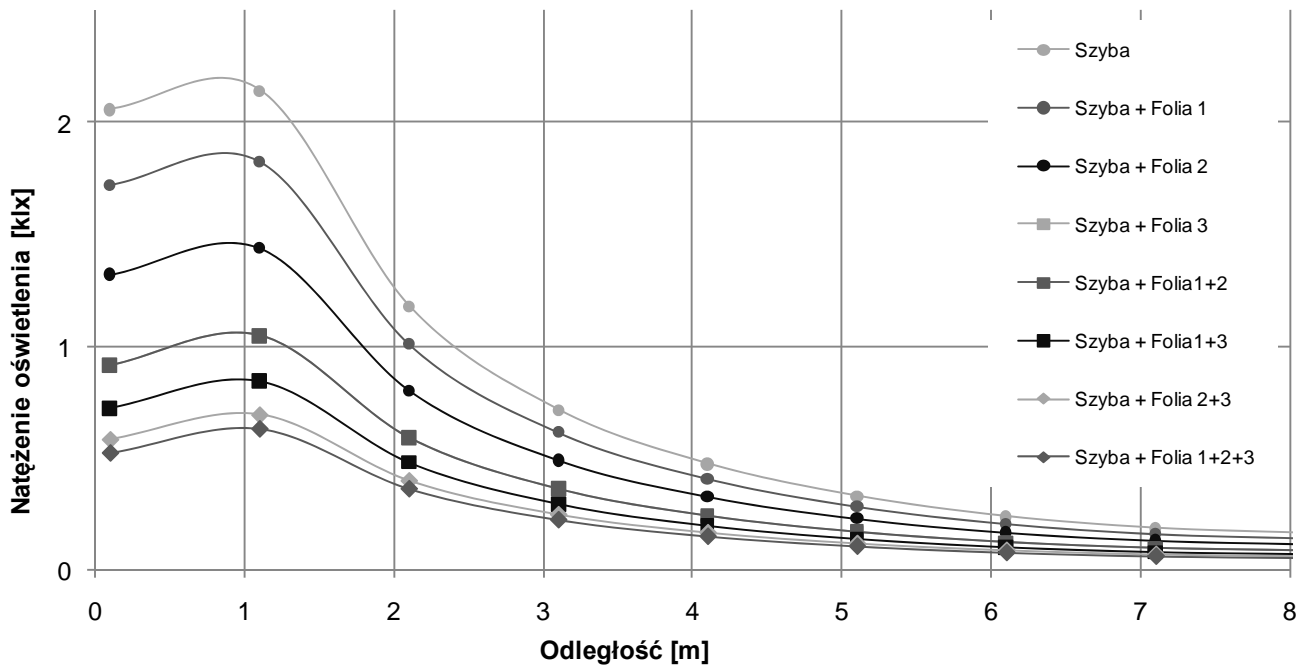
Literatura

- [1] Hollas J.M., *Modern spectroscopy*, John Willey & Sons, 4th edition, 2004.
- [2] Perkampus H.H., *UV-VIS spectroscopy and its applications*, Springer-Verlag, 1992.
- [3] Nowak Ł., Nowak H.: Badania przepływu strumienia ciepła od promieniowania słonecznego przez szyby o różnych charakterystykach radiacyjnych, *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, tom IV, 147-152, Łódź, 2009.
- [4] P. Klemm (red.) *Fizyka materiałów i konstrukcji budowlanych – tom 3 – materiały kompozytowe*, Politechnika Łódzka, Łódź, 1995.
- [5] Szer J., Klemm P.: Badania absorpcji promieniowanie słonecznego w zakresie promieniowania widzialnego przez powierzchnie tynków akrylowych, *Mat. Konf. IX Polskiej Konf. Naukowo-Technicznej Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, 648-655, Łódź 2003.
- [6] Ibrahim I., Roźniakowski K., Klemm P., Wojtatowicz T.W., Badanie właściwości warstwy wierzchniej materiałów o różnej mikrostrukturze powierzchni za pomocą promieniowania laserowego, *Mat. VII Konferencji Naukowo-Technicznej Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, 168-174, Łódź 1999.
- [7] Publication CIE No.85: *Solar spectral irradiance*, technical report, 1989
- [8] Larson G.W., Shakespeare R., *Rendering with Radiance – The Art and Science of Lighting Visualization*, Morgan Kaufman Publishers Inc., San Francisco, California, 1998.

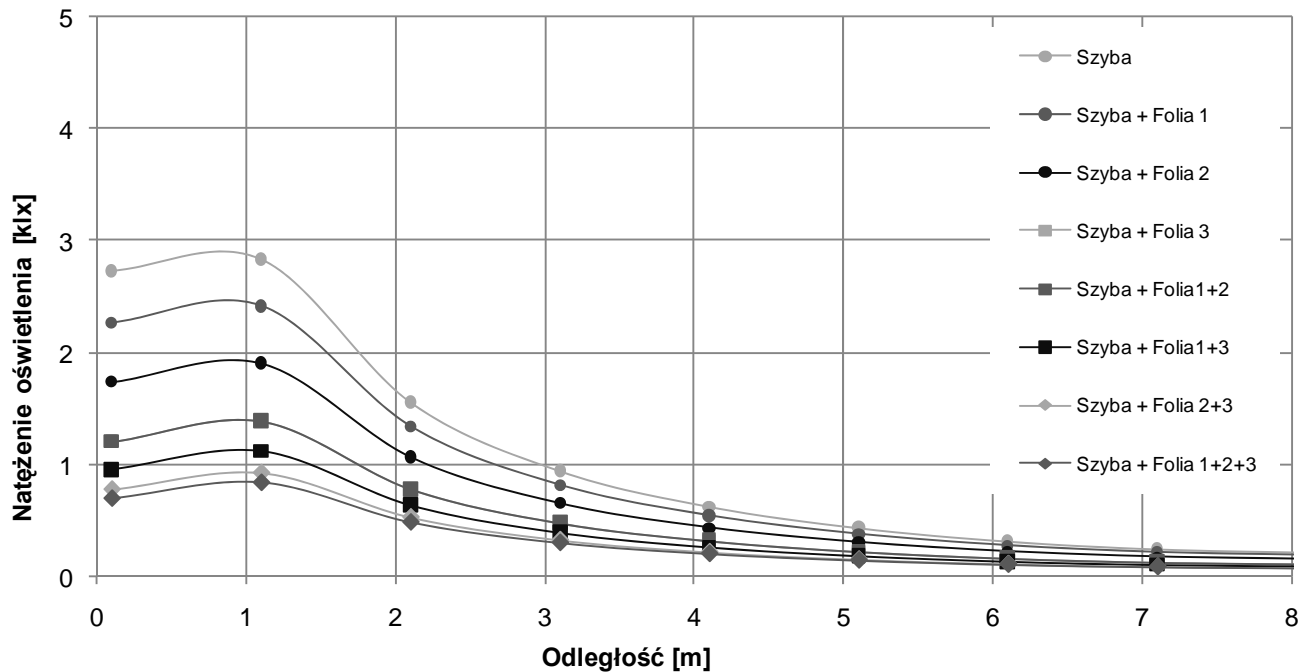
Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-13 jako projekt badawczy (umowa nr 2670/B/T02/2010/39).



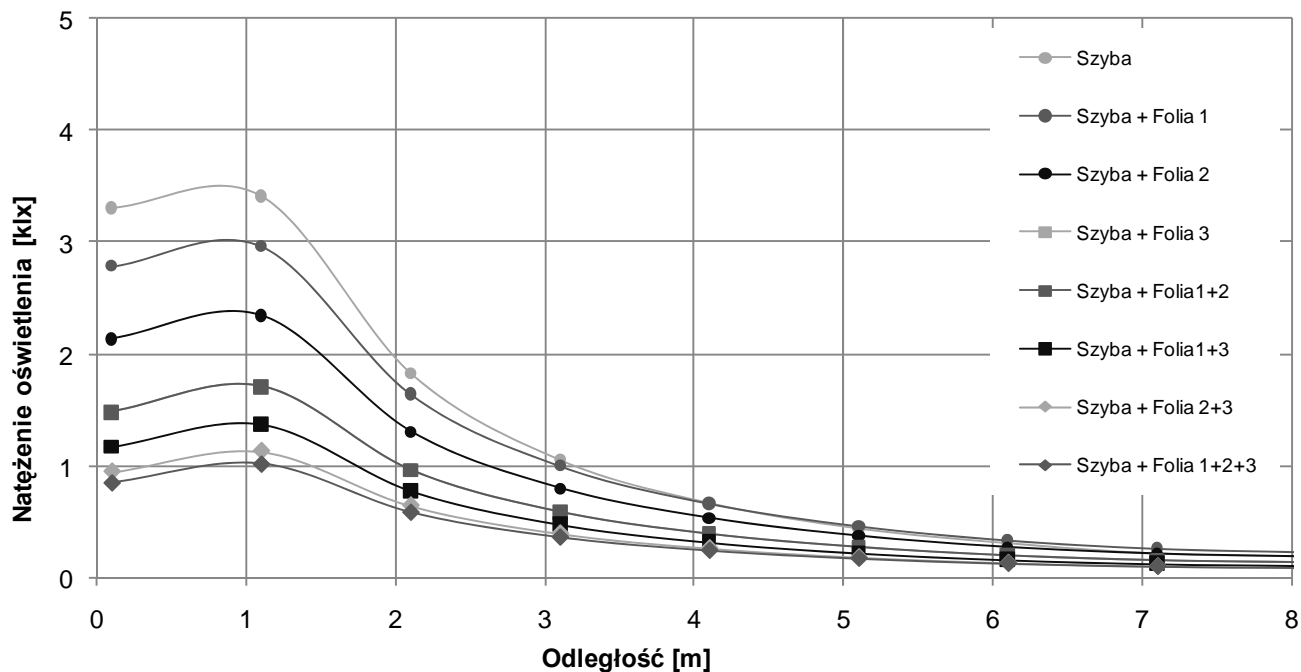
Rys. 10. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 stycznia o godzinie 12:00.
 Fig. 10. Daylight distribution on 21st of January at noon.



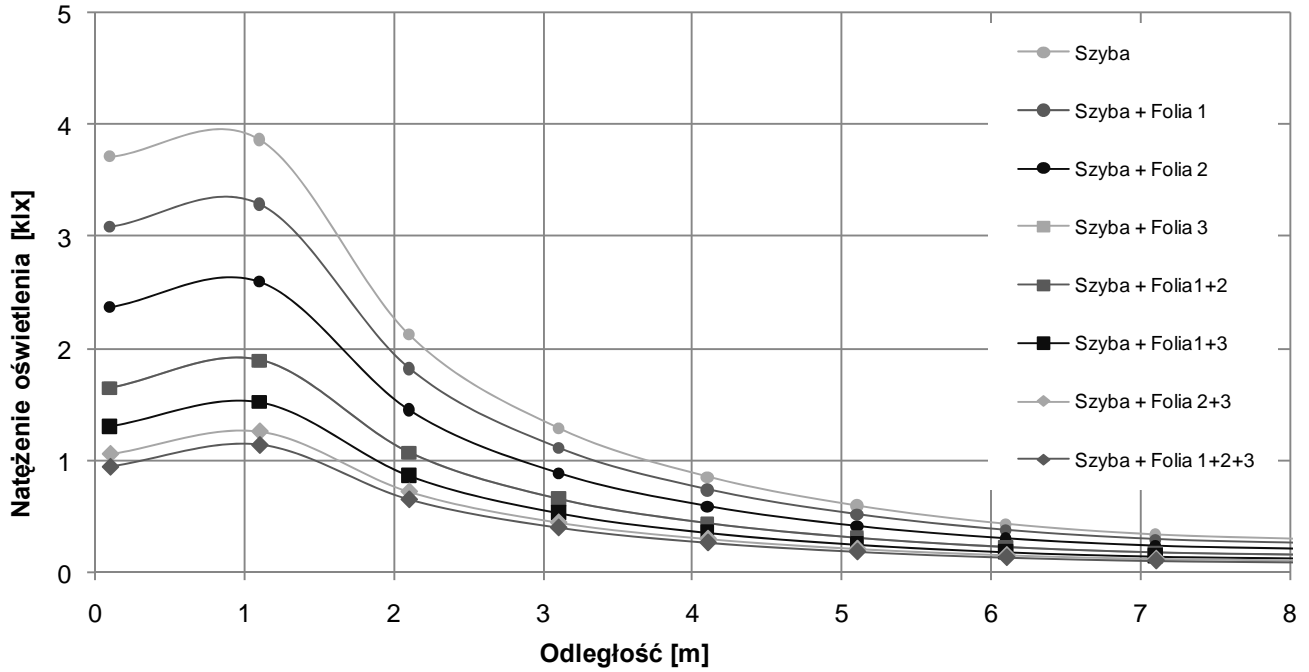
Rys. 11. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 lutego o godzinie 12:00.
 Fig. 11. Daylight distribution on 21st of February at noon.



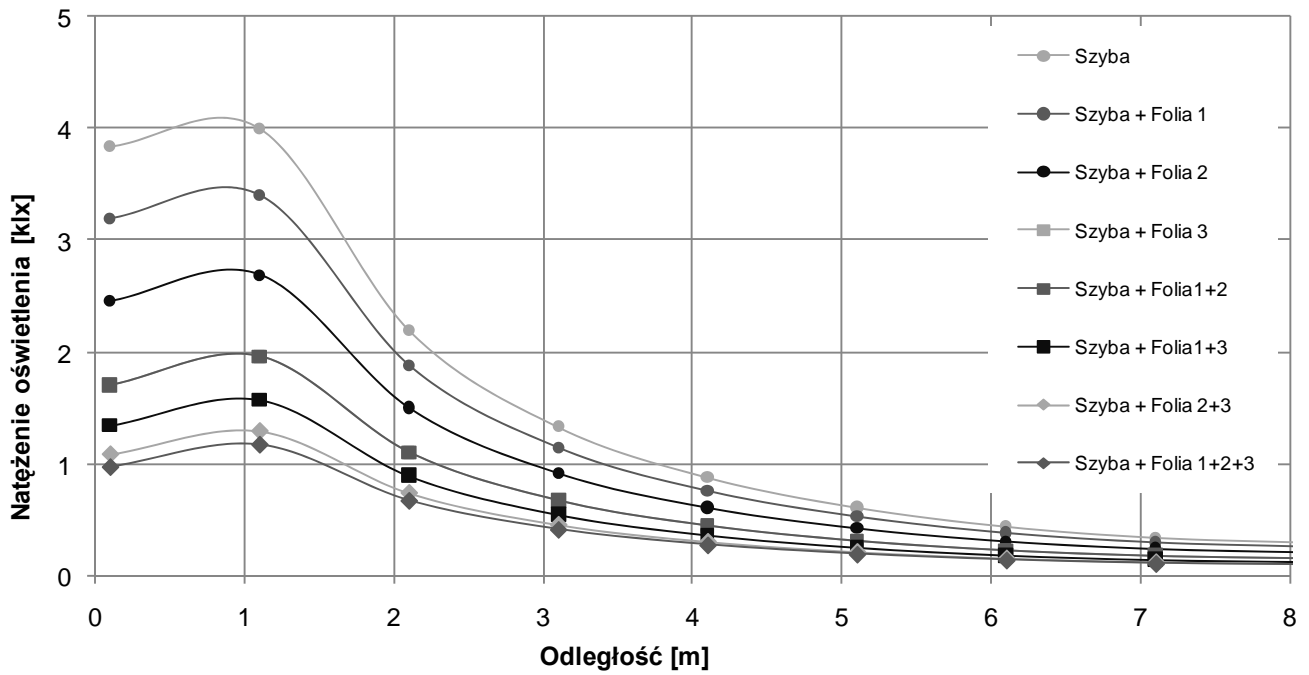
Rys. 12. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 marca o godzinie 12:00.
 Fig. 12. Daylight distribution on 21st of March at noon.



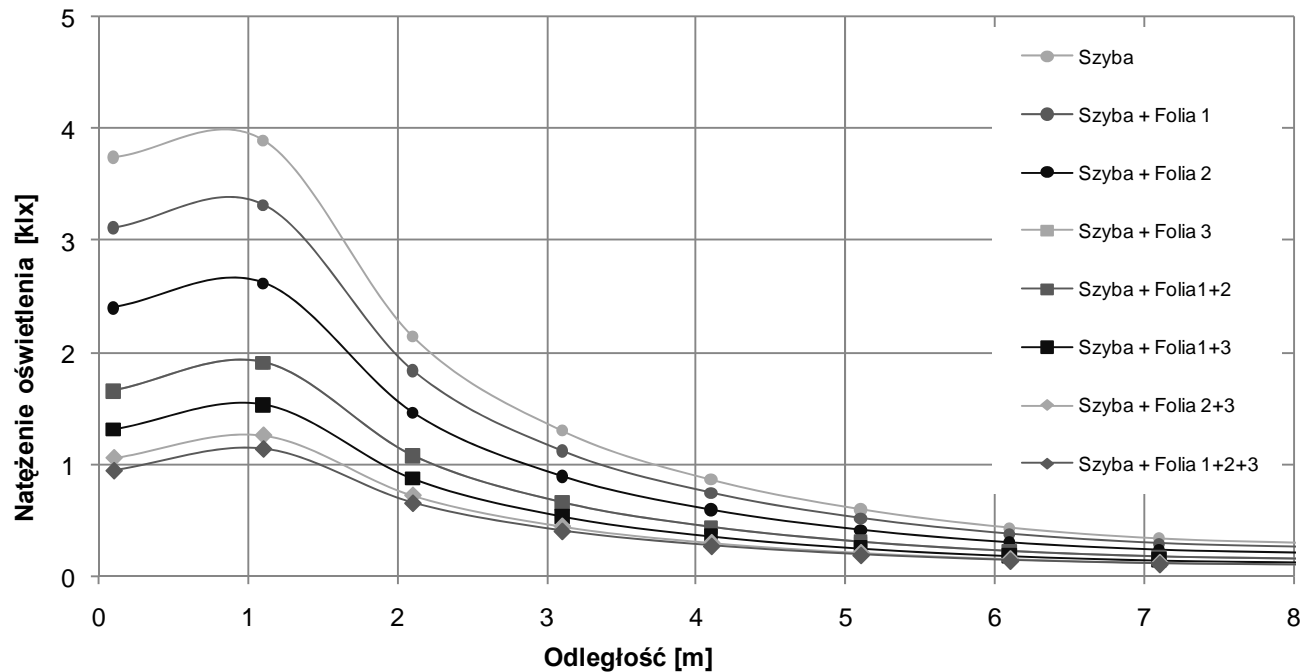
Rys. 13. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 kwietnia o godzinie 12:00.
 Fig. 13. Daylight distribution on 21st of April at noon.



Rys. 14. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 maja o godzinie 12:00.
 Fig. 14. Daylight distribution on 21st of May at noon.

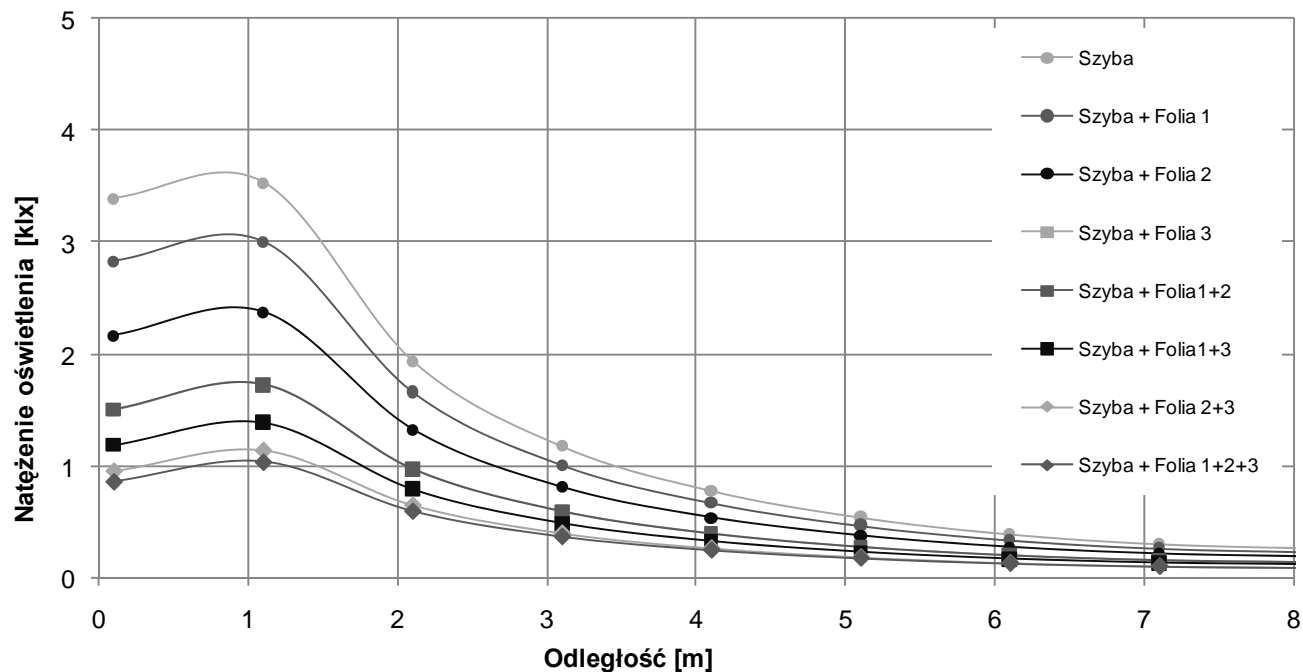


Rys. 15. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 czerwca o godzinie 12:00.
 Fig. 15. Daylight distribution on 21st of June at noon.



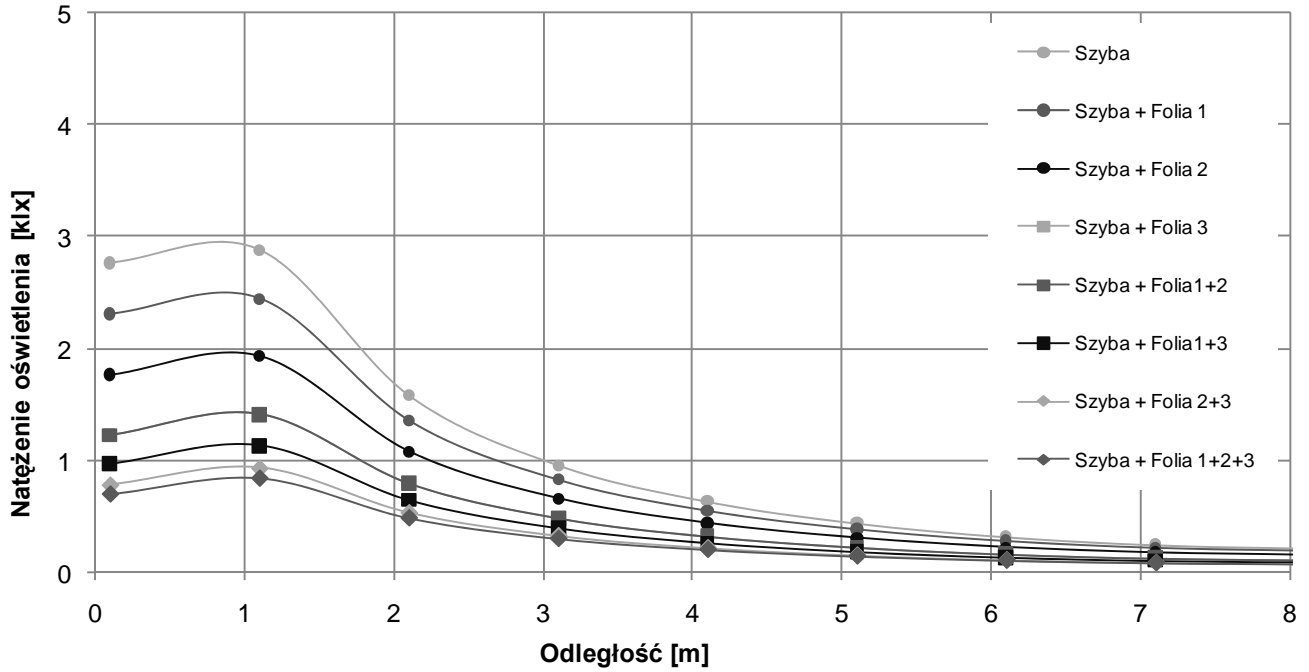
Rys. 16. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 lipca o godzinie 12:00.

Fig. 16. Daylight distribution on 21st of July at noon.

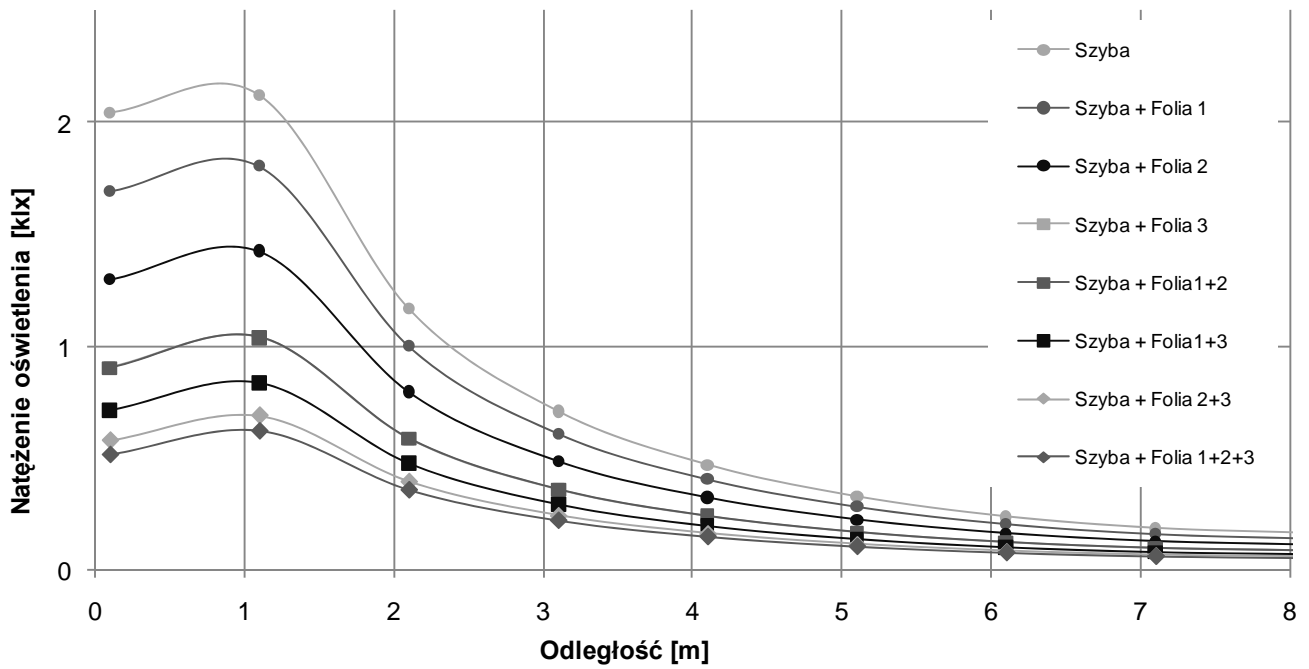


Rys. 17. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 sierpnia o godzinie 12:00.

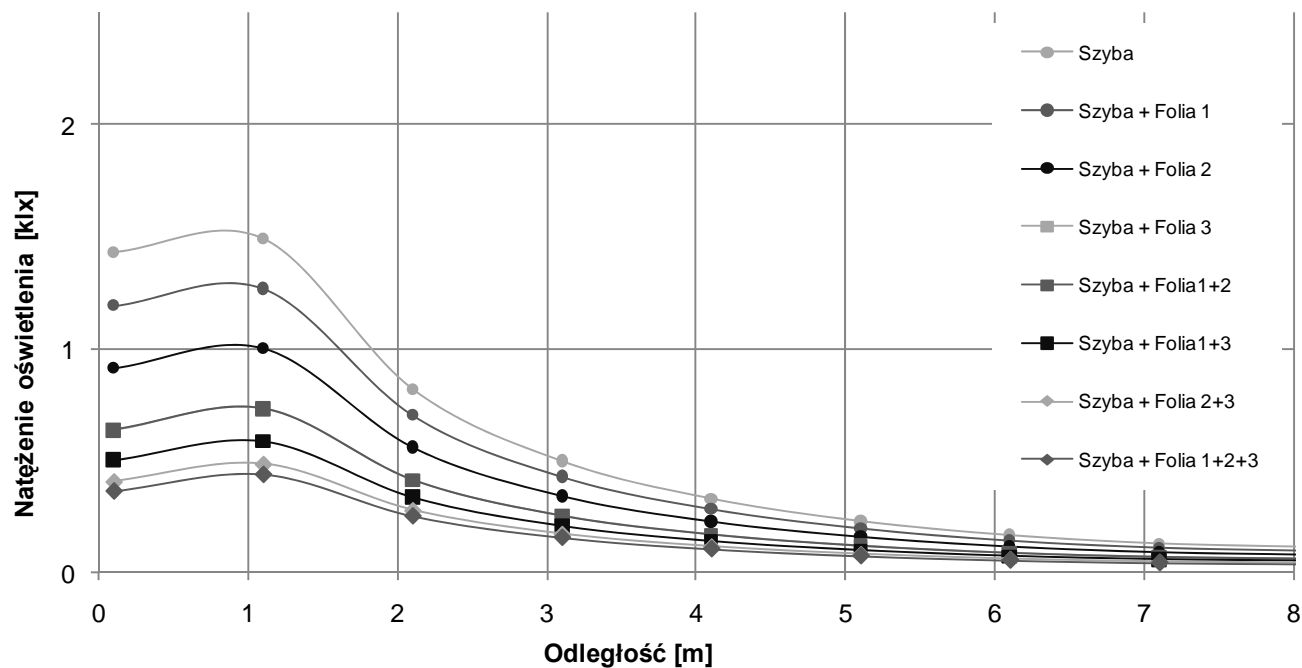
Fig. 17. Daylight distribution on 21st of August at noon.



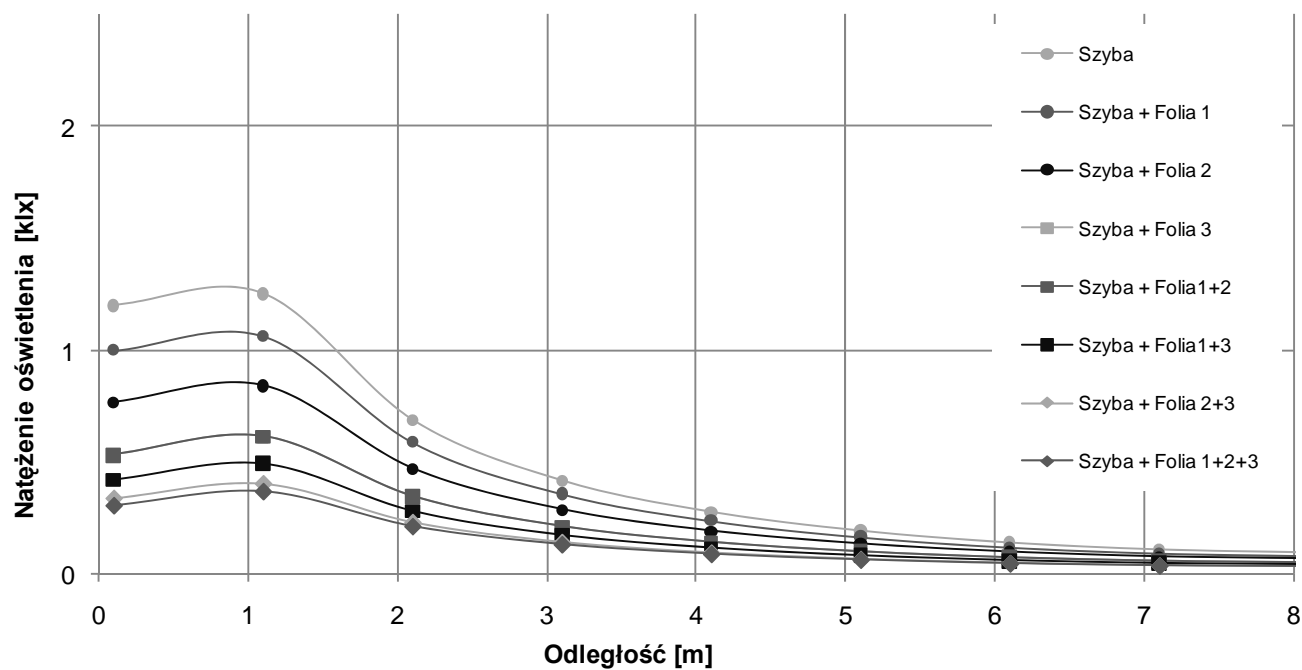
Rys. 18. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 września o godzinie 12:00.
 Fig. 18. Daylight distribution on 21st of September at noon.



Rys. 19. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 października o godzinie 12:00.
 Fig. 19. Daylight distribution on 21st of October at noon.



Rys. 20. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 listopad o godzinie 12:00.
 Fig. 20. Daylight distribution on 21st of November at noon.



Rys. 21. Rozkład natężenia oświetlenia dla 21 grudnia o godzinie 12:00.
 Fig. 21. Daylight distribution on 21st of December at noon.