

Robert KALBARCZYK, Eliza KALBARCZYK, Marta BŁASZKOWSKA

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Meteorology and Climatology, Agricultural University in Szczecin

Struktura czasowa usłonecznienia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004

Time structure of real sunshine in the Szczecin Lowlands in 2000–2004

Słowa kluczowe: usłonecznienie rzeczywiste, zmienność czasowa, Nizina Szczecińska

Key words: real insolation, temporal variability, Szczecin Lowlands

Wprowadzenie

Jednym z ważniejszych elementów klimatu jest promieniowanie słoneczne, które jako wektor informacji o warunkach wilgotnościowo-termicznych powietrza i gleby daje początek nie tylko cyrkulacji atmosferycznej i oceanicznej, ale również obiegowi wody w przyrodzie. Badanie warunków solarnych, a zwłaszcza czasu, w jakim bezpośrednio promieniowanie słoneczne dopływa do określonego punktu na Ziemi, ma duże znaczenie nie tylko z powodów poznawczych, ale również ze względu na potrzeby rejonizacji upraw rolniczych, niekonwencjonalnego wykorzystania energii słonecznej oraz rekreacji i turystyki (Kuczmarowski i Paszyński 1981, Głuza 2000, Bogdańska i Podogrocki 2000, Samborski i Kołodziej

2000, Koźmiński i Michalska 2004, 2005ab). Według Fortuniaka (1995) usłonecznienie rzeczywiste na obszarach zurbanizowanych może być również miernikiem zmian stanu atmosfery, związanych z czynnikami antropogenicznymi.

Celem pracy była ocena czasowego rozkładu oraz zmienności usłonecznienia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej na przykładzie lat 2000–2004.

Materiał i metody

Materiałem wyjściowym były wartości sum usłonecznienia rzeczywistego w przedziałach godzinnych, w latach 2000–2004, pochodzące ze stacji agrometeorologicznej Akademii Rolniczej w Szczecinie, położonej w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego. Stacja usytuowana jest w centralnej części Niziny Szczecińskiej ($\varphi = 53^{\circ}21'N$, $\lambda = 14^{\circ}58'E$, Hs = 30 m n.p.m.), dlatego pomiary są reprezentatywne dla zachodniej części

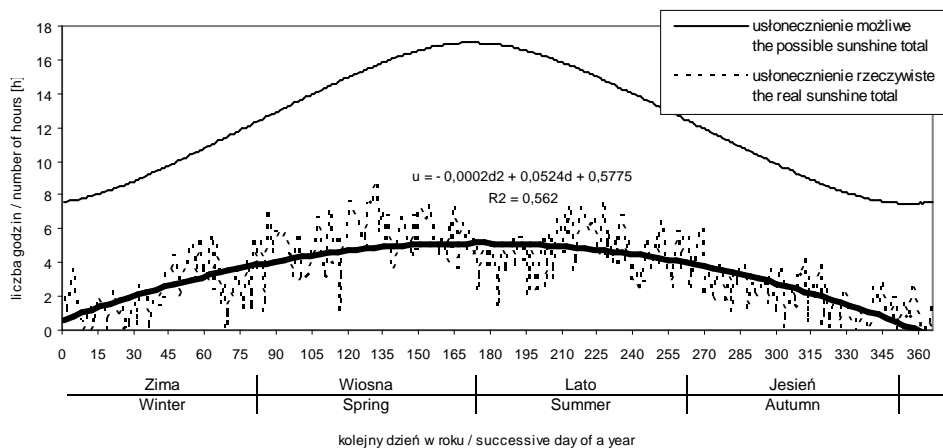
Pomorza (Kozłmiński i Michalska 2000). Czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi odczytano z 1826 heliogramów zwykłych z dokładnością do 0,1 h. Usłonecznienie względne wyrażono w procentach usłonecznienia możliwego. Jako usłonecznienie możliwe przyjęto usłonecznienie astronomiczne, czyli długość dnia liczoną od wschodu do zachodu Słońca, wyznaczoną na podstawie „Tablic słonecznych do użytku obserwatorów stacji aktynometrycznych” (1964).

Wyniki

Na Nizinie Szczecińskiej w analizowanych latach 2000–2004 największą dzienną, wynoszącą 6,6 h, sumą usłonecznienia rzeczywistego odznacza się pierwsza dekada maja, a następnie pierwsza dekada sierpnia (5,9 h), natomiast najmniejszą – pierwsza dekada stycznia (0,9 h) i trzecia dekada grudnia (0,8 h). Podczas kalendarzowej wiosny (III–V) notuje się o 40% więcej godzin z bezpośrednim promieniowaniem słonecznym niż jesienią (IX–XI). Przebieg roczny sum usłonecznienia rzeczywistego jest adekwatny do zmian długości dnia w cyklu rocznym (rys. 1). Najdłużej, bo 9,4 h, Słońce świeciło 12 maja, co przy usłonecznieniu możliwym wynoszącym 15,6 h, odpowiada nieco ponad 60% usłonecznienia względnego. Natomiast w najdłuższym dniu w roku na Nizinie Szczecińskiej, 30 czerwca (Tablice słoneczne... 1964) stosunek usłonecznienia rzeczywistego (4,6 h) do możliwego (17,0 h) jest ponad dwukrotnie mniejszy i wynosi zaledwie

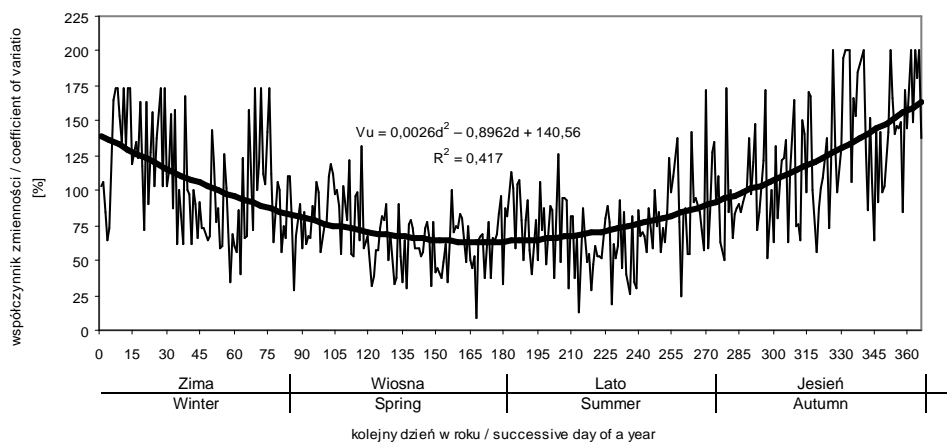
27%. Najkrócej, bo tylko 0,05 h, Słońce świeciło 13 stycznia i 5 lutego, czyli przez zaledwie 1% długości dnia. Według Kozłmińskiego i Michalskiej (2000), w tym rejonie kraju największym usłonecznieniem dziennym charakteryzuje się pierwsza dekada lipca – 7,4 h, a następnie trzecia dekada maja oraz pierwsza i druga dekada czerwca – po 7,0 h, natomiast najmniejszym, 0,8 h – styczeń i grudzień. Ta niewielka rozbieżność wyników, dotycząca głównie cieplej pory roku, jest spowodowana przede wszystkim innym okresem badań (1961–1994).

Roczny przebieg dobowych wartości sum usłonecznienia rzeczywistego w latach 2000–2004 jest odwrotny do rozkładu współczynnika zmienności tego elementu. Zarówno rozkład wartości dobowych sum, jak i rozkład współczynnika zmienności usłonecznienia rzeczywistego można opisać z dużą dokładnością za pomocą trendu funkcji kwadratowej, odpowiednio w około 56 i 42% (rys. 1, 2). W latach 2000–2004 średnia zmienność dobowej liczby godzin z usłonecznieniem rzeczywistym wynosi 90%. Usłonecznienie rzeczywiste wykazuje największą zmienność w miesiącach jesienno-zimowych, z maksimum (ok. 160%) występującym w trzeciej dekadzie listopada i trzeciej dekadzie grudnia, a najmniejszą zmienność w miesiącach wiosenno-letnich, z minimum (ok. 52%) występującym w pierwszej dekadzie sierpnia (rys. 2). Wiosną zmienność sum usłonecznienia rzeczywistego jest o 25% mniejsza niż jesienią. Przedstawione wyniki, dotyczące rozkładu zmienności usłonecznienia w ciągu roku, nie odbiegają od prezentowanych w literaturze (Kozłmiński i Michalska 2000).



RYSUNEK 1. Przebieg sum usłonecznienia rzeczywistego na tle usłonecznienia możliwego na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004: u – suma usłonecznienia rzeczywistego, d – kolejny dzień w roku

FIGURE 1. The course of real sunshine totals compared to possible sunshine in the Szczecin Lowlands over 2000–2004: u – the real sunshine total, d – successive day of a year

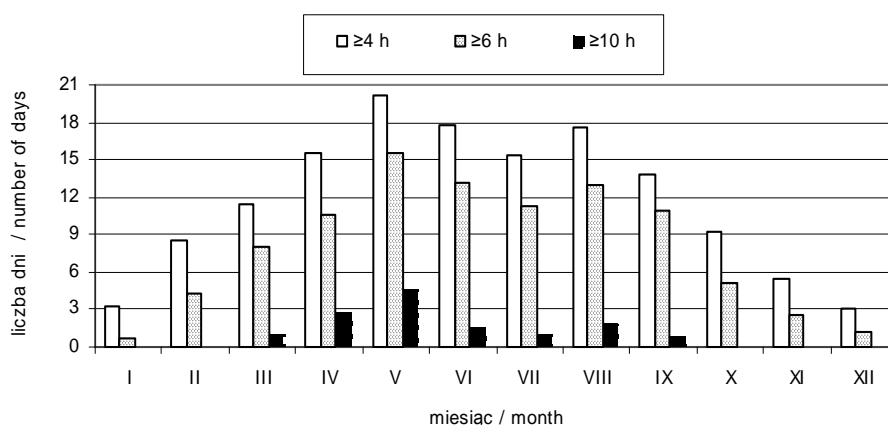


RYSUNEK 2. Współczynnik zmienności sum usłonecznienia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004: V_u – współczynnik zmienności sum usłonecznienia rzeczywistego, d – kolejny dzień w roku

FIGURE 2. Coefficient of variation of real sunshine totals in the Szczecin Lowlands over 2000–2004: V_u – coefficient of variation of real sunshine totals, d – successive day of a year

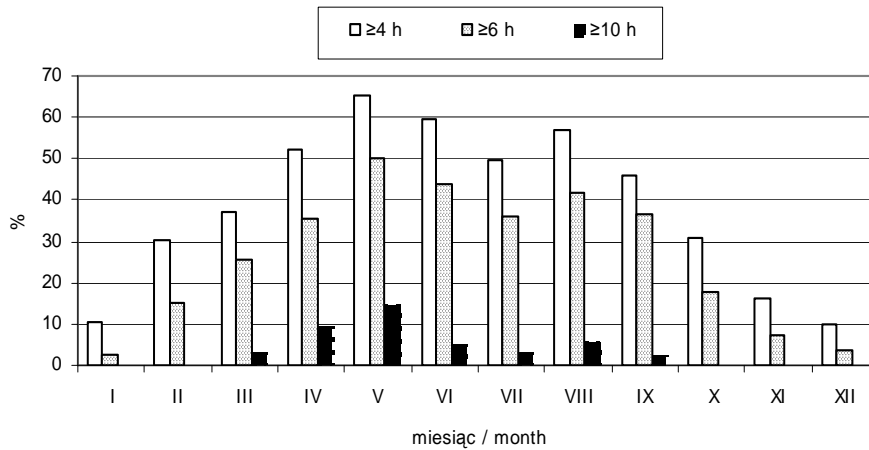
Na kolejnych rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono charakterystykę liczby dni z usłoneczeniem rzeczywistym, trwającym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h, którą można wykorzystać m.in. przy ocenie warunków bioklimatologicznych oraz przydatności danego terenu dla rekreacji i turystyki (Kozłowska-Szczęśna i in. 1995, Głuza 2000). W latach 2000–2004 na Nizinie Szczecińskiej średnia liczba dni z usłoneczeniem rzeczywistym, trwającym ≥ 4 h, wynosi 141 i waha się od około 3 w styczniu i grudniu do nieco ponad 20 w maju. Niewiele mniejsze wartości notuje się w czerwcu i sierpniu – po około 18 dni (rys. 3). Podobna struktura czasowa występuje w przypadku liczby dni z usłoneczeniem rzeczywistym trwającym ≥ 6 i ≥ 10 h, o średniej rocznej wynoszącej odpowiednio 97 i 14 dni, których najczęściej obserwuje się również w maju. Jak ilustruje rysunek 4, w badanym wieloleciu średnia roczna częstość występowania dni z usłoneczeniem rze-

czywistym, trwającym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h, wynosi odpowiednio 39, 26 i 4%. Najwięcej dni z usłoneczeniem rzeczywistym, trwającym ≥ 4 , ≥ 6 h, przypada na lato, a następnie na wiosnę, natomiast w przypadku liczby dni z usłoneczeniem rzeczywistym ≥ 10 h – odwrotnie. Przeciętna częstość liczby dni z rozpatrywanymi wartościami progowymi wynosi, zarówno wiosną, jak i latem, odpowiednio około 55, 40 i 10%. Na Nizinie Szczecińskiej najczęściej dzienne usłoneczenie rzeczywiste przewyższa wszystkie kolejne przyjęte progi w maju, a następnie w czerwcu – w przypadku liczby dni ≥ 4 i ≥ 6 h usłoneczenia rzeczywistego, oraz w kwietniu – w przypadku liczby dni z usłoneczeniem rzeczywistym ≥ 10 h. Podczas kalendarzowej wiosny średnia częstość występowania liczby dni z usłoneczeniem rzeczywistym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h jest większa niż jesienią odpowiednio o 20, 17 i 8%. Podobne wyniki dotyczące czasowego rozkładu prawdopodobień-

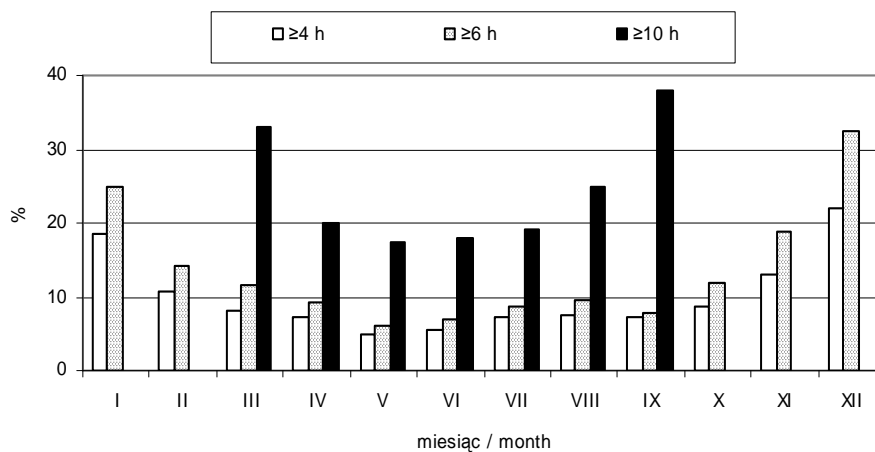


RYSUNEK 3. Liczba dni z usłoneczeniem rzeczywistym trwającym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004

FIGURE 3. Number of days with real sunshine lasting ≥ 4 , ≥ 6 and ≥ 10 h in the Szczecin Lowlands over 2000–2004



RYSUNEK 4. Częstość występowania liczby dni z usłonecznieniem rzeczywistym trwającym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004
 FIGURE 4. Frequency of number of days with real sunshine lasting ≥ 4 , ≥ 6 and ≥ 10 h in the Szczecin Lowlands over 2000–2004



RYSUNEK 5. Współczynnik zmienności sum usłonecznienia rzeczywistego trwającego ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004
 FIGURE 5. Coefficient of variation of real sunshine totals sunshine lasting ≥ 4 , ≥ 6 and ≥ 10 h in the Szczecin Lowlands over 2000–2004

stwa przekroczenia 4, 6 i 10 h, ale oparte na wieloleciu 1971–2000 i wyznaczone dla Szczecina, przedstawili Koźmiński i Michalska (2005a).

Procentowy współczynnik zmienności (odchylenie standardowe względem średniej arytmetycznej) obliczony dla trzech przyjętych dziennych progów

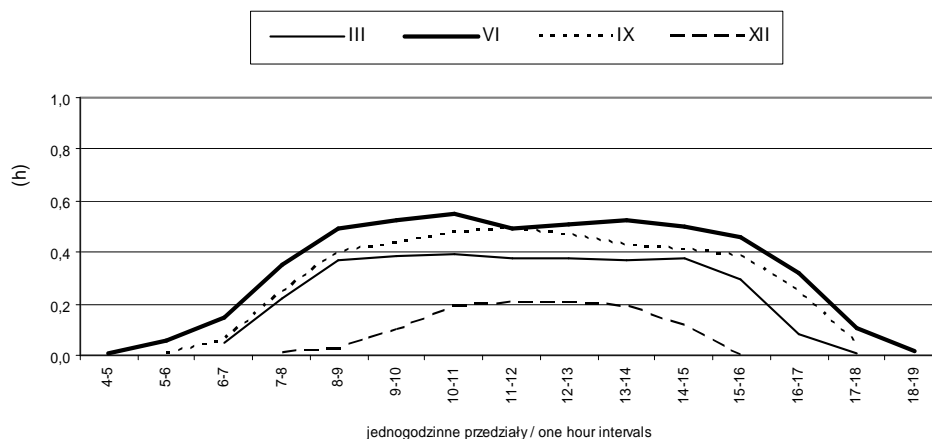
usłonecznienia rzeczywistego wynosi przeciętnie 10, 14 i 24% w skali rocznej (rys. 5). Zdecydowanie największą zmiennością liczby dni z usłonecznieniem rzeczywistym trwającym ≥ 4 i ≥ 6 h odznacza się grudzień, natomiast trwającym ≥ 10 h – wrzesień. Podczas kalendarzowej jesieni występuje większa, od

3 do 15%, zmienność liczby dni z usłoneczeniem ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h niż wiosną.

W celu uzupełnienia charakterystyki dobowych sum usłoneczenia rzeczywistego dokonano również analizy rozpatrywanego elementu w przedziałach jednogodzinnych, w czterech wybranych miesiącach. W marcu najdłużej, ponad 0,37 h, Słońce świeci w godzinach między 8.00 a 15.00, z mało wyraźnym maksimum przypadającym między 9.00 a 11.00 h (rys. 6). W czerwcu maksymalne, wynoszące 0,55 h, sumy usłoneczenia rzeczywistego notowane są przed południem, w godzinach między 10.00 a 11.00. Letnie maksimum przedpołudniowe usłoneczenia rzeczywistego spowodowane jest rozwojem w godzinach popołudniowych zachmurzenia konwekcyjnego, które utrudnia dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego (Fortuniak 1995). Z kolei we wrześniu i w grudniu Słońce najdłużej świeci w godzinach okołopołudnio-

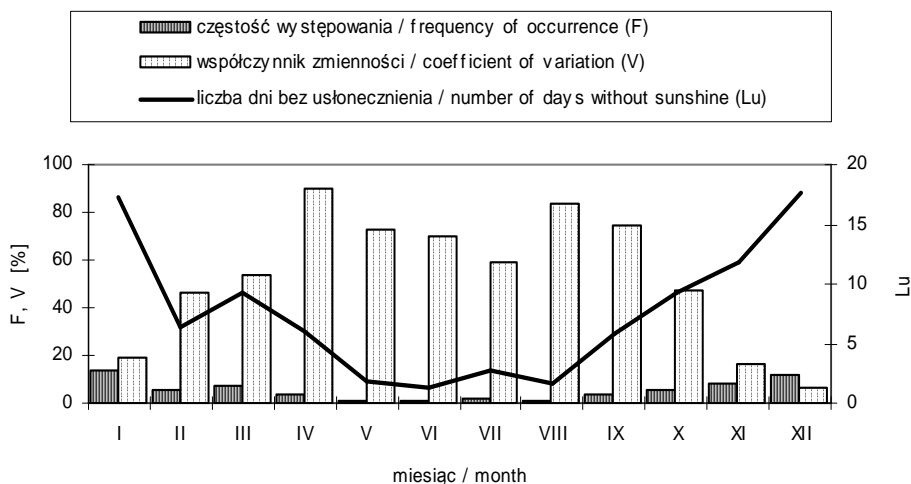
wych, z maksimum występującym odpowiednio między godzinami 10.00 a 11.00 i 11.00 a 12.00. Na cztery rozpatrywane miesiące we wszystkich, z wyjątkiem grudnia, przedpołudniowe (8.00–11.00) sumy usłoneczenia rzeczywistego są większe niż popołudniowe (13.00–16.00), co jest zgodne z wcześniejszymi wynikami prac Kuczarskiego i Paszyńskiego (1981) oraz Fortuniaka (1995).

Bardzo ważnym elementem charakterystyki warunków solarnych jest nie tylko czas bezpośredniego dopływu promieniowania, ale również liczba takich dni, kiedy w ciągu dnia do powierzchni litosfery nie dociera bezpośrednie promieniowanie słoneczne. Na rysunku 7 zamieszczono charakterystykę liczby dni bez usłoneczenia rzeczywistego, średnią wartość oraz częstość występowania i zmienność czasową według miesięcy. Średnia roczna liczba dni bez usłoneczenia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej wynosi 91



RYSUNEK 6. Sumy usłoneczenia rzeczywistego w przedziałach jednogodzinnych w wybranych miesiącach na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004

FIGURE 6. Totals of real sunshine in the one hour intervals in selected months in the Szczecin Lowland over 2000–2004



RYSUNEK 7. Charakterystyka liczby dni bez usłonecznienia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000–2004
 FIGURE 7. Characteristics of the number of days without real sunshine in the Szczecin Lowlands over 2000–2004

i kształtuje się od 18 – w styczniu i grudniu, do niespełna 2 dni – w maju, czerwcu i sierpniu. Podobną średnią roczną liczbę dni bez usłonecznienia w Lublinie stwierdził Gluza (2000) na podstawie pomiarów z lat 1952–1991. Na Nizinie Szczecińskiej prawie połowa dni bez usłonecznienia (45%) przypada na porę zimową, a na porę letnią zaledwie 6%. Z kolei jesienią jest mniej więcej o 10% takich dni więcej niż wiosną. Średnia roczna częstość występowania dni bez Słońca na badanym obszarze wynosi tylko 5% i waha się od 14% w styczniu do niespełna 2% w miesiącach od maja do sierpnia. Analizując wartości współczynnika zmienności losowej liczby dni bez usłonecznienia w latach 2000–2004, stwierdzono, że największą zmiennością, wynoszącą ponad 90%, odznacza się kwiecień, a następnie sierpień (84%), natomiast

najmniejszą (poniżej 20%) miesiące zimowe.

Wnioski

1. Na podstawie materiałów heliograficznych w latach 2000–2004, pochodzących ze stacji agrometeorologicznej w Lipniku na Nizinie Szczecińskiej, stwierdzono, że największa dzienna suma usłonecznienia rzeczywistego, wynosząca 6,6 h, występuje w pierwszej dekadzie maja, natomiast najmniejsza, wynosząca 0,8 h, w trzeciej dekadzie grudnia. Podczas kalendarzowej wiosny (III–V) notuje się o 40% więcej godzin z bezpośrednim promieniowaniem słonecznym niż jesienią (IX–XI).

2. W latach 2000–2004 średnia zmienność dobowej liczby godzin z usłoneczeniem rzeczywistym wynosi około 90% i waha się od 160% w trzeciej dekadzie listopada do około 50% w pierwszej dekadzie sierpnia. Wiosną zmienność sum usłonecznienia rzeczywistego jest o 25% mniejsza niż jesienią.
3. Średnia liczba dni z usłoneczeniem rzeczywistym, trwającym ≥ 4 , ≥ 6 i ≥ 10 h, wynosi odpowiednio 141, 97 i 14, z maksimum występującym w maju. Częstość liczby dni z powyższymi wartościami progowymi wynosi przeciętnie, zarówno wiosną, jak i latem, odpowiednio około 55, 40 i 10%.
4. W marcu, czerwcu i we wrześniu przedpołudniowe sumy usłonecznienia rzeczywistego są większe niż popołudniowe, natomiast w grudniu brak między nimi wyraźnych różnic.
5. Na Nizinie Szczecińskiej przeciętna liczba dni bez dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi wynosi 91 i waha się od około 2 dni w czerwcu do prawie 18 dni w grudniu. Częściej takie dni obserwuje się jesienią niż wiosną.

Literatura

- BOGDAŃSKA B., PODOGROCKI J. 2000: Zmienność całkowitego promieniowania słonecznego na obszarze Polski w okresie 1961–1995. Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia 30.
- FORTUNIAK K. 1995: Cechy dobowego i rocznego przebiegu usłonecznienia w Łodzi. W: Klimat i bioklimat miast (red.) K. Kłysik. Wydaw. UŁ, Łódź.
- GLUZA A.F. 2000: Charakterystyka usłonecznienia w Lublinie w latach 1952–1991. *Acta Agrophys.* 34: 43–57.
- KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA T., KRAWCZYK B., BŁAŻEWICZ K. 1995: Warunki bioklimatologiczne Supraśla. Zesz. IGiPZ PAN 33.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B. 2000. Klimatyczna charakterystyka rejonu stacji agrometeorologicznej w Lipkach k. Stargardu Szczecińskiego. AR Szczecin.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B. 2004: Zmienność usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. *Acta Agrophys.* 3(2): 291–305.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B. 2005a: Prawdopodobieństwo usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. *Acta Agrophys.* 5(3): 669–682.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B. 2005b: Usłonecznienie w Polsce. AR Szczecin.
- KUCZMARSKI M., PASZYŃSKI J. 1981: Zmienność dobową i sezonową usłonecznienia w Polsce. *Przeł. Geogr.* 53(4): 779–791.
- SAMBORSKI A. S., KOŁODZIEJ J. 2000: Wpływ warunków pogodowych latem na rozwój agroturystyki w okolicach Zamościa. *Acta Agrophys.* 34: 147–156.
- Tablice słoneczne do użytku obserwatorów stacji aktynometrycznych, 1964. Wydaw. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

Summary

Time structure of real sunshine in the Szczecin Lowlands in 2000–2004. The aim of the studies was to characterize time structure of the real sunshine totals in the Szczecin Lowlands and frequency and variability of number of hours with the sun lasting ≥ 4 , ≥ 6 and ≥ 10 h in 2000–2004. The largest daily real sunshine total in the Szczecin Lowlands amounting to 6.6 hours occurs in the first ten days of May, whereas the lowest one, 0.8 h, in the third ten day period of December. During the calendar spring (March–May) a 40% larger number of hours with direct sun radiation is observed as compared to that in autumn (Sept. – Nov.). In March, June and September the real sunshine totals before the noon are larger than those in the afternoon, whereas

in December there are no distinct differences between them. An average number of days with real sunshine lasting ≥ 4 , ≥ 6 and ≥ 10 h is respectively 141, 97 and 14 and its maximum occurs in May. In spring and summer the frequency of days with the above threshold values is approximate and it amounts on average to about 55, 40 and 10% respectively.

Authors' address:

Robert Kalbarczyk, Eliza Kalbarczyk, Marta Błaszowska
Akademia Rolnicza w Szczecinie
Katedra Meteorologii i Klimatologii
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-469 Szczecin
Poland