

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi UMK w Toruniu
Katedra Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi UMK, ul. Lwowska 1
87-100 Toruń, e-mail: joannauk@umk.pl

JOANNA USCKA-KOWALKOWSKA, MAREK KEJNA,
RAFAŁ MASZEWSKI

Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na usłonecznienie w Koniczynie k/Torunia w latach 1999–2013

Influence of atmospheric circulation on sunshine duration in Koniczynka
near Toruń in the years 1999–2013

Słowa kluczowe: cyrkulacja atmosferyczna, usłonecznienie, Koniczynka
Key words: atmospheric circulation, sunshine duration, Koniczynka

WSTĘP

Usłonecznienie jest to czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi. Kształtowane jest ono przez czynniki astronomiczne (długość dnia), topografię miejsca pomiarów oraz czynniki meteorologiczne (głównie zachmurzenie). Wielkość zachmurzenia podlega dynamicznym zmianom w cyklu dobowym, rocznym i wieloletnim. Istotnym czynnikiem wpływającym na zmiany zachmurzenia, a przez to także usłonecznienia, jest cyrkulacja atmosfery. W zależności od rodzajów układów barycznych (wysokiego i niskiego ciśnienia atmosferycznego) oraz ich położenia, nad dany obszar napływają masy powietrza różniące się zasobami ciepła i wilgoci, a więc także charakteryzujące się różną wielkością zachmurzenia, a co za tym idzie usłonecznieniem.

Celem opracowania jest pokazanie związku między cyrkulacją atmosferyczną a usłonecznieniem w Koniczynie w latach 1999-2013. Spośród stosowanych w Polsce typologii cyrkulacji atmosferycznej, do których należy np. katalog sytuacji synoptycznych B. Osuchowskiej-Klein (1978, 1991), kalendarz J. Lityńskiego (Pawłowska, Jankowska, Pindor 2000), klasyfikacja T. Niedźwiedzia (1981, 2003) wybrano ostatnią z wymienionych, która uwzględnia rodzaj ośrodka ba-

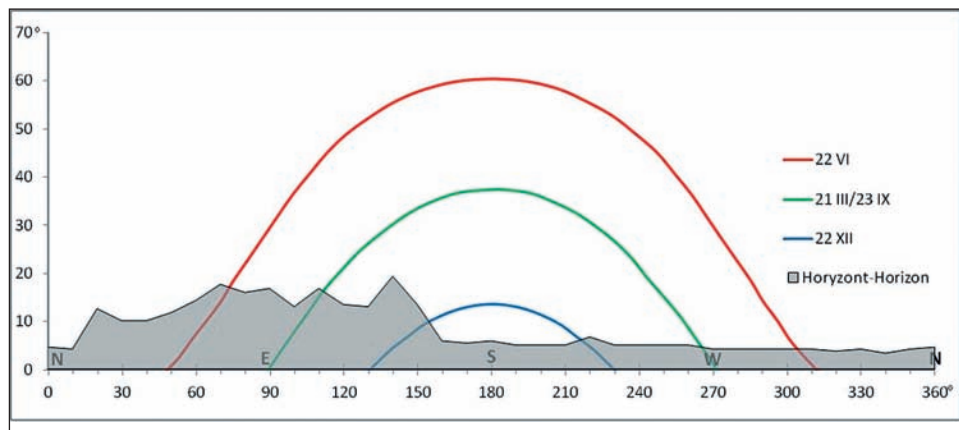
rycznego oraz kierunek adwekcji mas powietrza. Zagadnienie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na usłonecznienie podejmowali m.in. Niedźwiedź (1981), Dubicka (1994), Dubicka i Karal (1994), Degirmendźić (2004) i inni.

OBSZAR BADAŃ, DANE ŹRÓDŁOWE I METODYKA OPRACOWANIA

Opracowanie wykonano dla Stacji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Koniczynie, położonej na Pojezierzu Chełmińskim, na północny-wschód od Torunia. Materiał źródłowy wykorzystany w badaniach stanowiły sumy dzienne usłonecznienia rzeczywistego oraz katalog sytuacji synoptycznych wg klasyfikacji T. Niedźwiedzia dla okresu 1999–2013, opracowany dla regionu toruńsko-bydgoskiego przez R. Przybylaka i R. Maszewskiego (2009).

Badania usłonecznienia w Koniczynie prowadzone były w ramach programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Pomiaru wykonywano za pomocą heliografu Campbella – Stokesa, umieszczonego w ogródku meteorologicznym. Stanowisko pomiarowe zlokalizowano pośród pól uprawnych, jedynie od północnego-wschodu drzewa z pobliskiego parku dworskiego przesłaniały horyzont, zwłaszcza przy niskich wysokościach słońca (Ryc. 1). Przesłonięcie horyzontu określono na podstawie zdjęcia wykonanego przy pomocy specjalnego obiektywu. Skyviewfactor (SVF) miejsca pomiarów wyniósł 0,97 (Rzepa 2009), co potwierdza korzystne warunki pomiarowe w Koniczynie.

W badaniach wykorzystano sumy dzienne usłonecznienia rzeczywistego (godz.). Wartości te odczytano z heliogramów według standardowych zasad (Re-



Ryc. 1. Przesłonięcie horyzontu oraz droga słońca nad horyzontem w dniach 21 marca/23 września oraz 22 czerwca i 22 grudnia w Koniczynie.

Fig. 1. The obstruction of the horizon and the sun's path on 21 March/23 September and 22 June and 22 December at Koniczynka

tallack 1991; Kossowska-Cezak i in. 2000). Na ich podstawie obliczono usłonecznienie względne w procentach usłonecznienia możliwego (w stosunku do długości dnia).

Sytuacje synoptyczne dla każdego dnia opracowano według klasyfikacji T. Niedźwiedzia (1981). Określono rodzaj ośrodka barycznego (antycyklon – indeks „a”, cyklon – indeks „c”) oraz kierunek adwekcji wg róży 8-kierunkowej. Ponadto w klasyfikacji tej wyróżnia się centrum antycyklonu (Ca), klin antycyklonalny (Ka), centrum cyklonu (Cc) oraz bruzdę cyklonalną (Bc), natomiast pozostałe sytuacje określane są jako „X”. Kalendarz sytuacji synoptycznych sporządzono na podstawie map synoptycznych zamieszczonych na stronie internetowej Wetterzentrale (<http://www.wetterzentrale.de>). W pracy scharakteryzowano częstość występowania sytuacji synoptycznych w przebiegu rocznym i wieloletnim oraz ich wpływ na wielkość usłonecznienia analizowanego obszaru. Na potrzeby tego opracowania połączono typy z sąsiednich kierunków w ramach sytuacji cyklonalnych i antycyklonalnych.

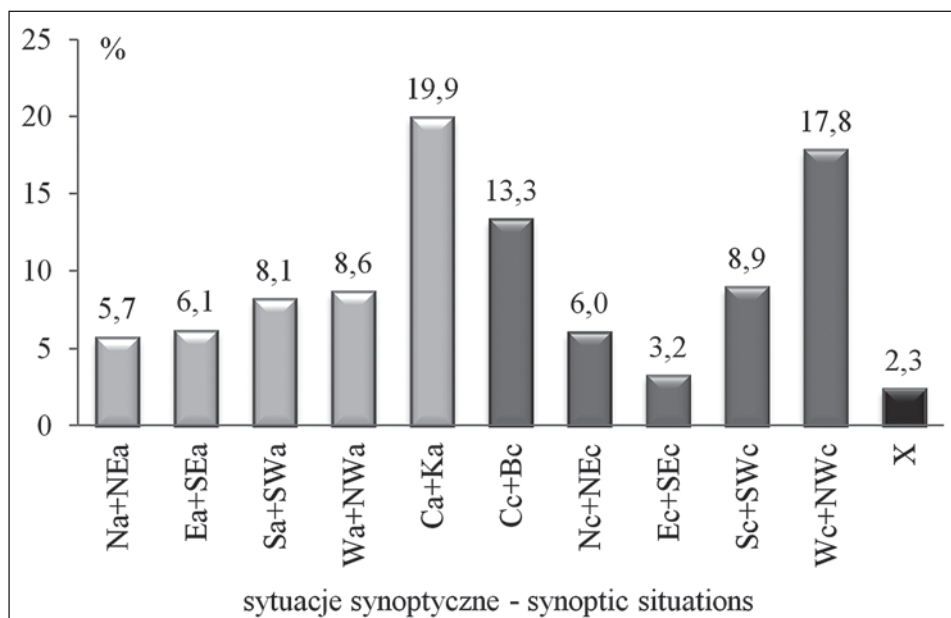
CZĘSTOŚĆ TYPÓW SYTUACJI SYNOPTYCZNYCH

W badanym okresie region bydgosko-toruński, a w tym Koniczynka, nieco częściej znajdował się w zasięgu układów cyklonalnych (49,2% wszystkich dni) w porównaniu z antycyklonalnymi (48,4%). Spośród układów antycyklonalnych zdecydowanie dominowały typy Ca+Ka, na które w badanym okresie przypało prawie 20% dni. W przypadku układów cyklonalnych wyróżniają się częstością typy z napływem powietrza z sektora zachodniego i północno-zachodniego (Wc+NWc), na które przypada prawie 18% dni. Dość spory udział charakteryzują także typy Cc+Bc, z częstością przekraczającą 13%. Małą częstością charakteryzują się typy ze składową wschodnią adwekcji, w tym: Ec+SEc (3,2%), Na+NEa (5,7%), Nc+NEc (6,0%) (Ryc. 2).

W poszczególnych latach relacja częstości typów antycyklonalnych do cyklonalnych ulegała zmianom. Skrajne lata to 2010 (37% dni z układami antycyklonalnymi) i 2011 (57% dni z układami antycyklonalnymi) (Ryc. 3). W badanym okresie częstość typów antycyklonalnych rośnie, a co za tym idzie, częstość typów cyklonalnych spada, lecz nie są to zmiany istotne statystycznie.

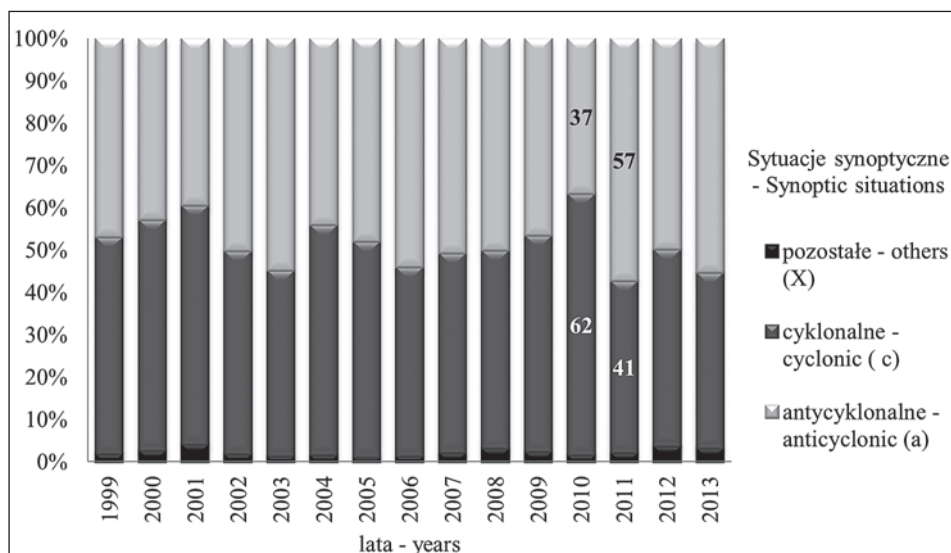
W poszczególnych porach roku relacja typów antycyklonalnych do cyklonalnych ulega zmianom. Sytuacje antycyklonalne nieznacznie przeważają latem, jesienią i wiosną, natomiast zimą zaznacza się przewaga typów cyklonalnych (Tab. 1).

Latem, wiosną i jesienią największą częstością w okresie 1999–2013 charakteryzowały się typy Ca łącznie z Ka, przy czym najbardziej widoczna przewaga tych typów wystąpiła latem (28,2% dni), a najmniejsza jesienią (18,4%). Zimą wyraźnie widoczne maksimum częstości przypada na typy cyklonalne z adwekcją



Ryc. 2. Średnia częstość (%) połączonych typów sytuacji synoptycznych wg klasyfikacji T. Niedźwiedzia w Koniczynie w okresie 1999–2013

Fig. 2. Mean frequency (%) of the joined synoptic situations types, as classified by T. Niedźwiedź, at Koniczynka in the years 1999–2013



Ryc. 3. Częstość typów sytuacji synoptycznych w Koniczynie w latach 1999–2013
Frequency of the types of synoptic situations at Koniczynka in the years 1999–2013

z zachodu i północnego zachodu (22,4%). Najmniejszą częstością we wszystkich porach roku charakteryzują się typy cyklonalne z adwekcją ze wschodu i południowego-wschodu, osiągając częstość od 2,1% jesienią do 4,6% wiosną.

Wiosna i lato charakteryzują się podobnym rozkładem częstości sytuacji synoptycznych z dużym udziałem typów Ca+Ka (odpowiednio 21,2% i 28,2%) oraz spośród typów cyklonalnych: Cc+Bc (odpowiednio 14,9% i 16,9%) i Wc+NWc (odpowiednio 14,3% i 17,6%). Jesienią dominacja typów Ca+Ka (18,4%) jest już mniejsza, za to po stronie typów antycyklonalnych wzrasta udział sytuacji z napływem powietrza z południa i południowego zachodu (13,5%). Wśród typów cyklonalnych nadal duży udział mają Wc+NWc (17,0%), a na drugim miejscu Sc+SWc (12,5%). W przypadku zimy rozkład częstości poszczególnych typów jest zupełnie inny. Po wyraźnie dominującym typie Wc+NWc (22,4%) następnym co do częstości jest typ Sc+SWc, ale przypada na niego jedynie 12,6% obserwacji. Po stronie układów antycyklonalnych, podobnie jak w innych porach roku, dominuje typ Ca+Ka (11,8%), ale jego przewaga nad innymi typami antycyklonalnymi nie jest już tak duża (Tab. 1).

Tabela 1. Częstość (%) typów sytuacji synoptycznych wg klasyfikacji T. Niedźwiedzia w Koniczynie w latach 1999–2013

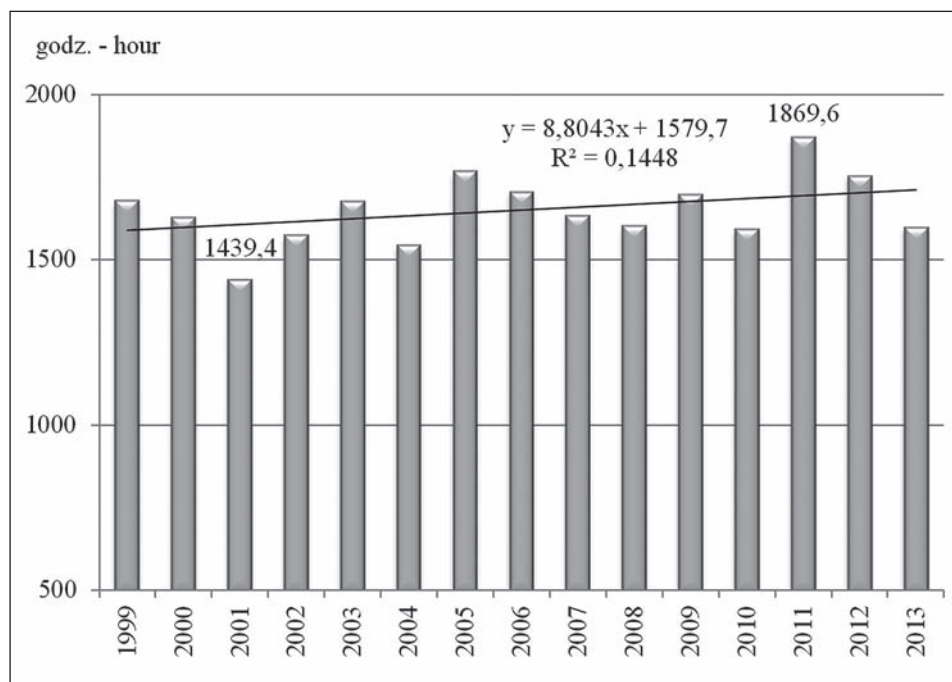
Table 1. Frequency (%) of the types of synoptic situations, as classified by T. Niedźwiedź at Koniczynka in the years 1999–2013

Pora roku / Season	Na+NEa	Ea+SEa	Sa+SWa	Wa+NWa	Ca+Ka	Cc+Bc	Nc+NEc	Ec+SEc	Sc+SWc	Wc+NWc	X
III–V	7,3	7,3	6,1	7,1	21,2	14,9	6,8	4,6	7,2	14,3	3,1
VI–VIII	5,9	4,1	4,1	9,2	28,2	16,9	5,4	2,7	3,3	17,6	2,8
IX–XI	5,1	5,6	13,5	8,2	18,4	10,0	5,8	2,1	12,5	17,0	1,9
XII–II	4,4	7,5	8,9	9,9	11,8	11,3	6,1	3,5	12,6	22,4	1,6

USŁONECZNIENIE W KONICZYNCE W LATACH 1999–2013

Klimat Polski charakteryzuje się małym usłoneczeniem, które na podstawie danych z okresu 1971–2000 waha się rocznie od poniżej 1400 godz. w górach do ponad 1700 godz. miejscami na wybrzeżu (Lorenc 2005). Na tym tle usłoneczenie w Koniczynie (1971–2000) charakteryzowało się przeciętnymi wartościami. W latach 1999–2013 średnie roczne usłoneczenie w Koniczynie było nieco większe niż w trzydziestoleciu 1971–2000 i wyniosło 1650,2 godz., co

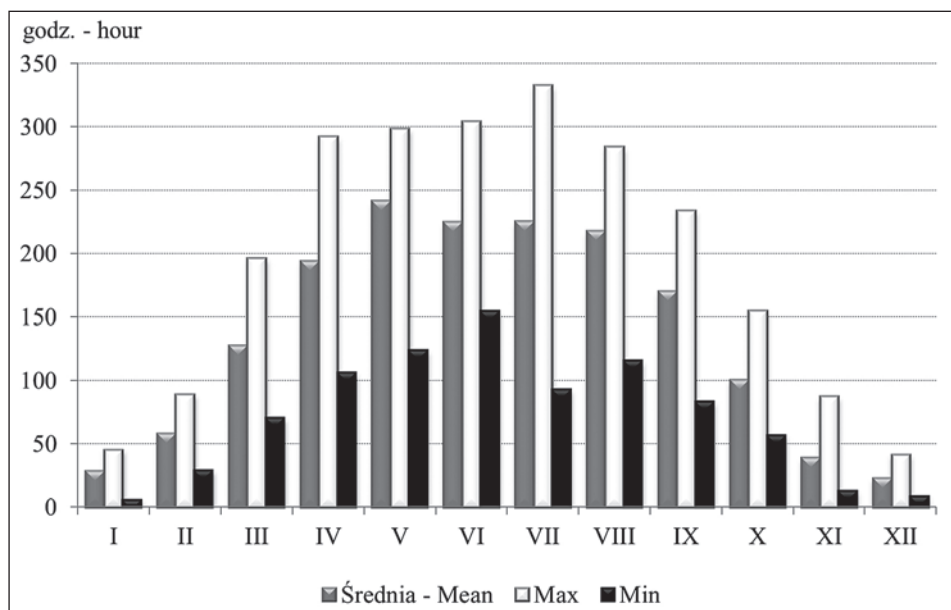
stanowi 33,1% usłonecznienia możliwego. Najmniejsze usłonecznienie – wynoszące 1439,4 godz. (29,0%) wystąpiło w 2001 roku, natomiast największe 1869,6 godz., tj. 38,2% w 2011 r. W przebiegu wieloletnim w badanym okresie usłonecznienie wzrasta, lecz nie jest to trend istotny statystycznie (Ryc. 4).



Ryc. 4. Przebieg z roku na rok usłonecznienia rzeczywistego w Koniczynce w latach 1999–2013.

Fig. 4. Year to year course of sunshine duration at Koniczynka in the years 1999–2013

Usłonecznienie rzeczywiste zależy głównie od długości dnia i zachmurzenia. Oba te czynniki sprawiają, że okres ciepły sprzyja dużym wielkościom usłonecznienia, natomiast na półroczu chłodne przypada jego minimum. W badanym okresie w Koniczynce aż 4 miesiące charakteryzowały się średnią sumą usłonecznienia przekraczającą 200 godzin, w tym w maju jego wartość osiągnęła 241,3 godz. Maksimum usłonecznienia w maju może być związane z długim dniem oraz mniejszym zachmurzeniem w tym miesiącu w porównaniu z czerwcem i lipcem. Najmniejsze usłonecznienie przypadło na grudzień i wyniosło zaledwie 23,1 godz. (Ryc. 5). W przypadku usłonecznienia względnego przebieg roczny jest podobny, ale z mniejszą amplitudą, gdyż w tym przypadku wyeliminowany jest wpływ długości dnia. Jego maksimum przypada na maj (49,1%), a minimum na grudzień (9,7%) (Tab. 2).



Ryc. 5. Przebieg roczny średnich, najwyższych i najniższych sum usłonecznienia rzeczywistego (godz.) w Koniczyńce w latach 1999–2013

Fig. 5. Annual course of mean, maximum and minimum sum of sunshine duration (hours) at Koniczynka in the years 1999–2013

Zarówno w przypadku usłonecznienia rzeczywistego, jak i względnego, w okresie 1999–2013 minima i maksima dla poszczególnych miesięcy przypadają na różne lata (Tab. 2).

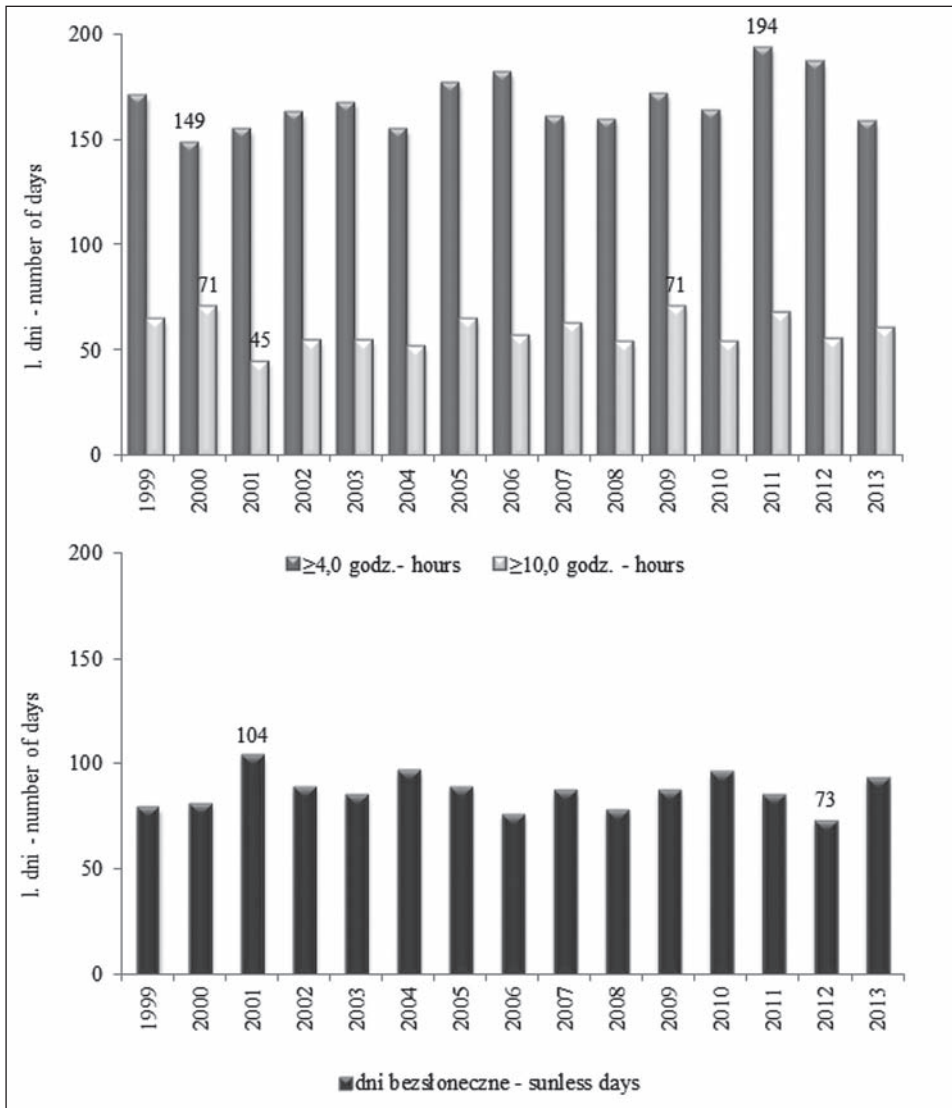
Analizie poddano także liczbę dni o określonej wielkości usłonecznienia. Wyróżniono dni o usłonecznieniu ≥ 4 godz. – jest to wartość warunkująca bakteriobójcze i witaminotwórcze oddziaływanie promieniowania słonecznego (Matuszko 2007), dni o największym usłonecznieniu (≥ 10) oraz dni bez słońca.

Ryc. 6 prezentuje liczbę dni z daną wielkością usłonecznienia w przebiegu wieloletnim. Średnia liczba dni z największym usłonecznieniem (≥ 10 godz.) w badanym okresie w Koniczyńce wyniosła 59,5 na rok, natomiast dni z usłonecznieniem $\geq 4,0$ godz. 167,8. Liczba dni bezsłonecznych jest relatywnie bardzo duża i wyniosła 86,6, co oznacza, że prawie jedna czwarta dni w roku jest bez słońca. W przebiegu wieloletnim obserwuje się wzrost liczby dni z usłonecznieniem $\geq 4,0$ godz. i $\geq 10,0$ godz. oraz spadek liczby dni bezsłonecznych. Wszystkie zaobserwowane tendencje nie są jednak istotne statystycznie.

Liczba dni z wydzielonymi wielkościami usłonecznienia zmienia się także w przebiegu rocznym (Ryc. 7). W przypadku dni z usłonecznieniem $\geq 4,0$ godz. największa ich liczba przypada na okres od maja do sierpnia, z maksimum

Tab. 2. Usłonecznienie rzeczywiste (godz.) i względne (%) w Koniczynie w okresie 1999-2013
 Fig. 2. Recorded (hours) and relative (%) sunshine duration at Koniczynka in the years 1999–2013

Parametr / Parameter	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok - Year
Usłonecznienie rzeczywiste / Recorded sunshine duration													
Średnia / Mean	28,7	58,4	127,5	193,9	241,3	224,8	225,2	217,5	170,1	100,7	39,0	23,1	1650,2
Max	45,6	89,3	196,3	292,0	298,4	304,2	332,5	284,1	233,9	154,9	87,6	41,7	1869,6
Rok / Year	2012	2011	2012	2009	2000 2012	2008	2006	2009	1999	2010	2011	2006	2011
Min	6,0	29,3	70,6	106,1	124,1	154,4	93,2	115,8	83,5	56,9	13,3	8,8	1439,4
Rok / Year	2011	2013 2007	2009	2001	2010	2001	2000	2006	2001	2002	2010	2009	2001
Usłonecznienie względne / Relative sunshine duration													
Średnia / Mean	11,3	20,9	34,4	45,9	49,1	44,4	44,4	47,7	44,7	30,5	14,8	9,7	33,1
Max	17,3	31,4	53,1	69,3	61,3	60,2	65,3	62,4	60,9	46,5	33,0	17,4	38,2
Rok / Year	2012	2011	2012	2009	2000	2008	2006	2009	2006	2005 2010	2011	2006	2011
Min	2,5	10,6	19,0	25,5	25,0	30,5	18,3	25,6	22,3	17,4	5,0	3,7	29,0
Rok / Year	2011	2013	2009	2001	2010	2001	2000	2006	2001	2002 2009	2010	2009	2001

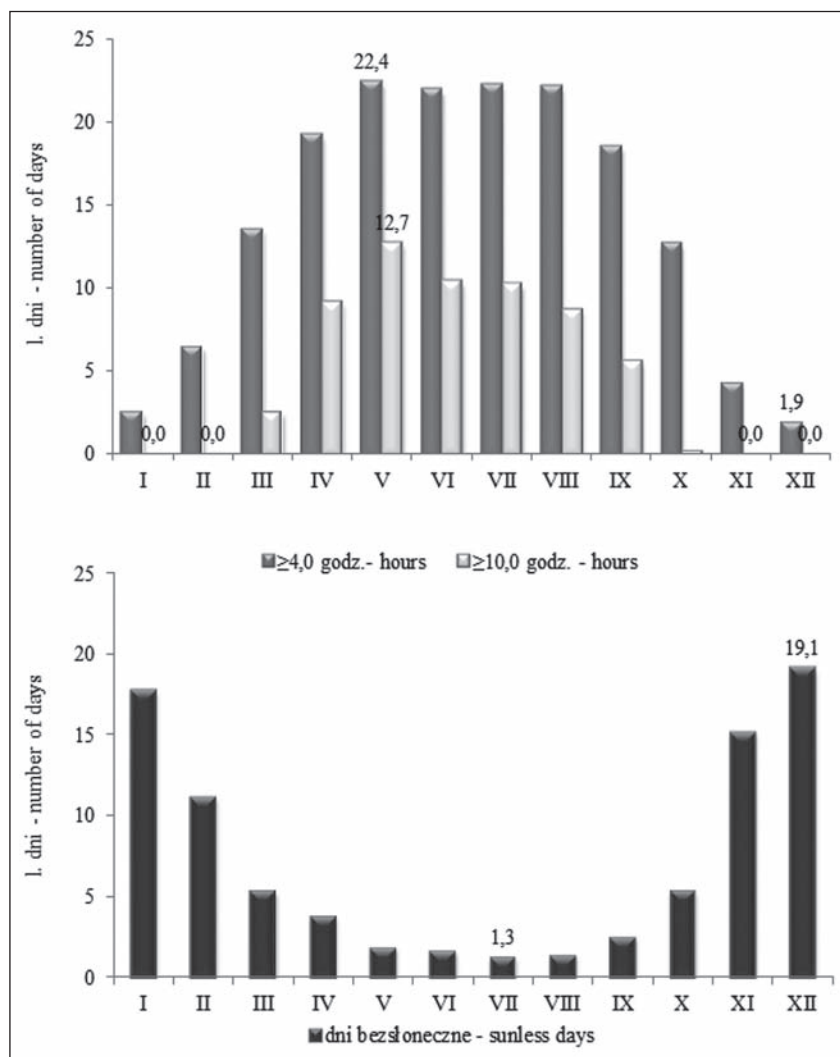


Ryc. 6. Przebieg z roku na rok liczby dni o określonych wielkościach usłonecznienia w Koniczyńce w latach 1999–2013

Fig. 6. Year to year course of the number of days with a limited amount of sunshine duration at Koniczynka in the years 1999–2013

w maju (średnio 22,4 dnia). Minimum takich dni jest widoczne w grudniu (1,9 dnia), choć niewiele większą ich liczbą charakteryzuje się także styczeń. Dni z największym usłonecznieniem ($\geq 10,0$ godz.) mają wyraźne maksimum w maju (12,7 dnia) i minimum w okresie od listopada do lutego (co jest związane nie

tylko z zachmurzeniem, ale przede wszystkim z długością dnia, która skraca się w części tego okresu do poniżej 10 godz.). Relatywnie dużo jest dni bez dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego (bezsłonecznych). W grudniu ich średnia liczba w badanym wieloleciu przekroczyła 19. Minimum występowania dla tego rodzaju dni przypadało na miesiące ciepłe, od maja do sierpnia (Ryc. 7).



Ryc. 7. Przebieg roczny liczby dni o określonej wielkości usłonecznienia w Koniczynie w latach 1999–2013

Fig. 7. Annual course of the number of days with a limited amount of sunshine duration at Koniczynka in the years 1999–2013

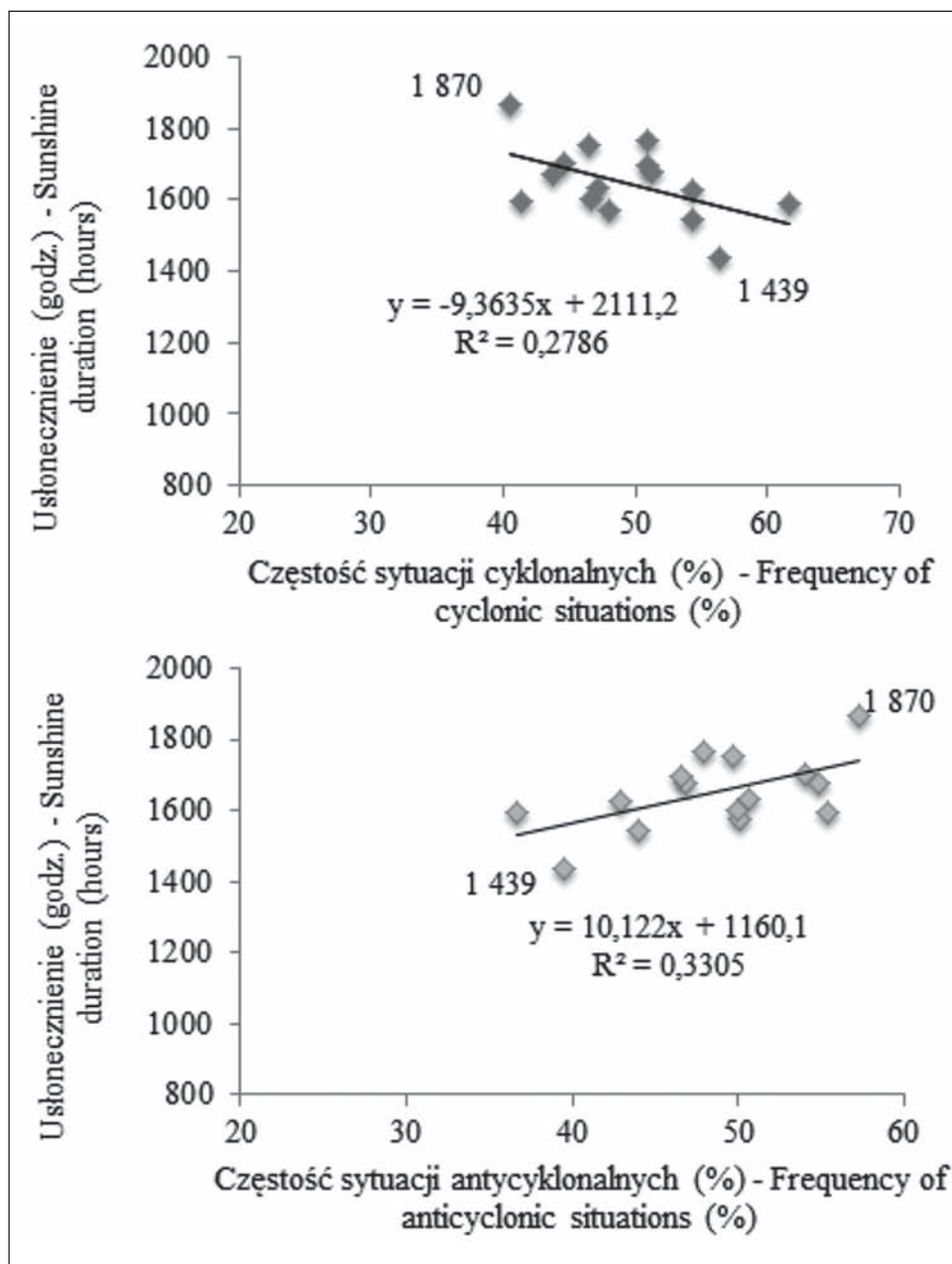
ZWIĄZEK USŁONECZNIENIA Z CYRKULACJĄ ATMOSFERYCZNĄ W KONICZYNCIE W LATACH 1999–2013

Adwekcja mas powietrza z poszczególnych kierunków oraz rodzaj ośrodka barycznego (cyklonalnego lub antycyklonalnego) w istotny sposób wpływa na wielkość usłonecznienia w Koniczyncie (Ryc. 8). Sumy roczne usłonecznienia wykazują istotną statystycznie korelację z częstością różnych rodzajów typów sytuacji synoptycznych. Największe usłonecznienie wystąpiło w roku 2011 (1869,6 godz.) i jest to również rok o największym udziale antycyklonalnych typów sytuacji synoptycznych (57,3%). Z kolei lata o najmniejszej wielkości usłonecznienia (2001, 2004, 2002 i 2010) są jednocześnie latami o największym udziale typów cyklonalnych (w 2010 roku typy cyklonalne stanowiły 61,6% dni) (Ryc. 8).

Zwiększone sumy usłonecznienia przy antycyklonalnych sytuacjach synoptycznych obserwuje się we wszystkich porach roku (Ryc. 9). Dokładniejsza analiza pozwala jednak wskazać, przy jakim kierunku napływu mas powietrza przy antycyklonach, usłonecznienie wykazuje największe odchylenia dodatnie. Wiosną i latem największe dodatnie różnice usłonecznienia w stosunku do średniej występują, gdy napływa powietrze z kierunków N i NE, natomiast jesienią i zimą wyróżnia się napływ z kierunków E i SE. We wszystkich porach roku najmniejsze usłonecznienie przy antycyklonalnych typach sytuacji synoptycznych w stosunku do średniej występuje przy napływie powietrza z kierunków W i NW. Wiosną i zimą różnice w tym przypadku są ujemne, co oznacza mniejsze usłonecznienie od średniego.

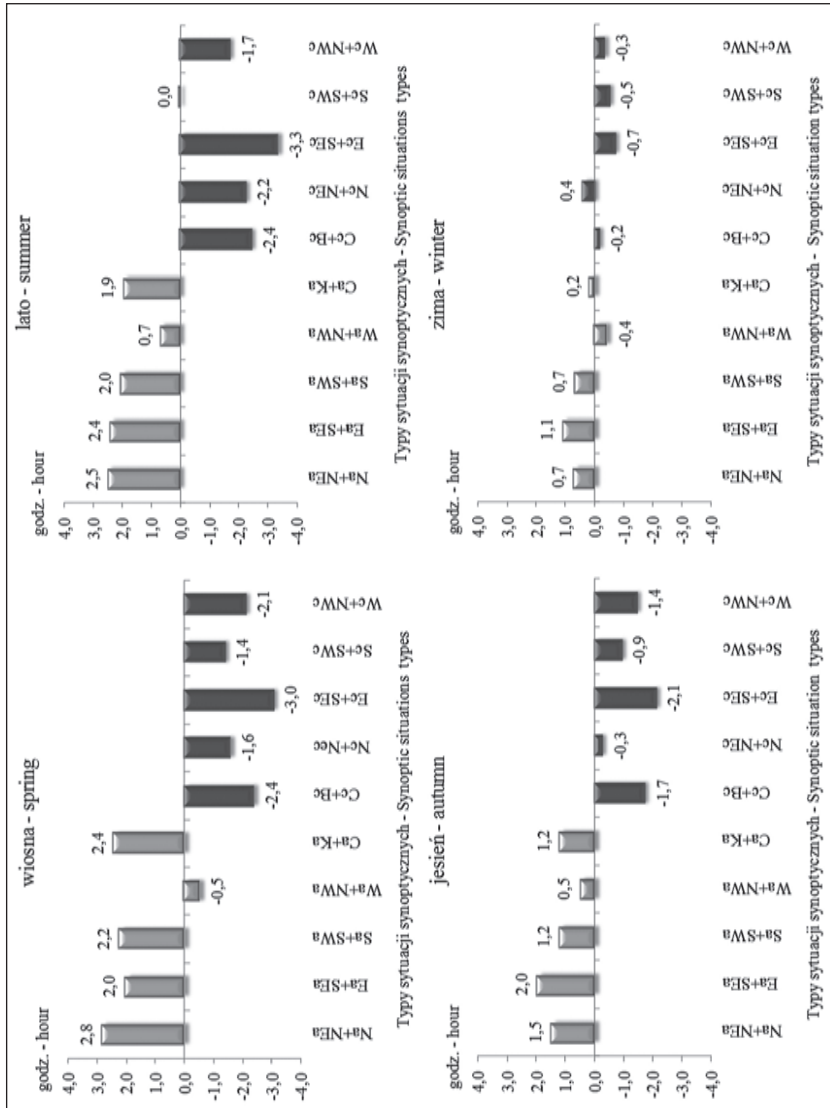
Typom cyklonalnym towarzyszy zwykle mniejsze usłonecznienie. Szczególnie małe usłonecznienie we wszystkich porach roku obserwowane jest przy napływie powietrza z kierunków E i SE oraz gdy badany obszar znajduje się w zasięgu centrum cyklonu lub bruzdy cyklonalnej (oprócz zimy). Latem przy typach Sc+SWc, a zimą Nc+NEc usłonecznienie jest nieco wyższe od średniego dla danej pory roku (Ryc. 9).

Analizie poddano także częstość występowania typów sytuacji synoptycznych w dniach bezsłonecznych i z usłonecznieniem przekraczającym lub równym 10 godz. dziennie (Ryc. 10). W pierwszym przypadku, w ponad 59% dni, badany obszar był w zasięgu układów cyklonalnych. Szczególnie dużą częstością wyróżniły się tu typy Wc+NWc, Cc+Bc i Sc+SWc. Brak dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego notowany był także, gdy zalegały układy antycyklonalne. Wśród nich na pierwszym miejscu należy wymienić typ Ca+Ka i Wa+NWa. Zupełnie inaczej wygląda obraz rozkładu częstości typów sytuacji synoptycznych w dniach o usłonecznieniu równym lub przekraczającym 10 godz. Aż w 39% spośród tych dni badany obszar był w zasięgu typów Ca+Ka, na drugim miejscu były typy Na+NEa z udziałem 11,5%. Jak należało się spodziewać, w tej grupie dni dominujący udział miały układy antycyklonalne (prawie 79%) (Ryc. 10).



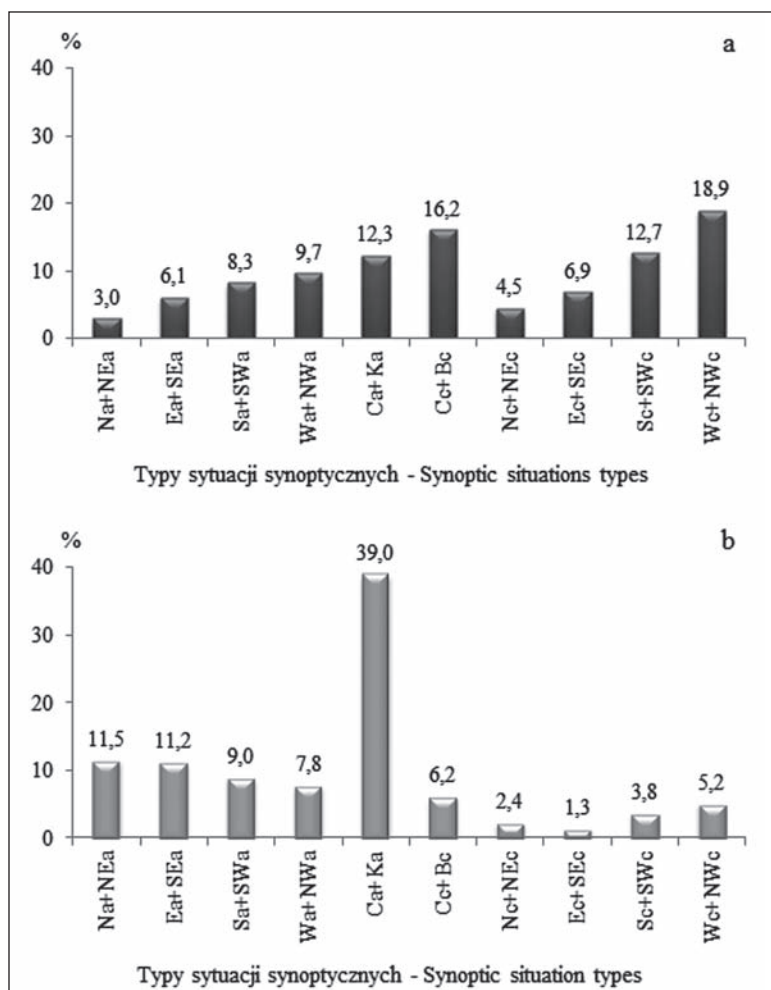
Ryc. 8. Związek usłonecznienia rzeczywistego z częstością typów cyklonalnych i antycyklonalnych w Koniczynie w latach 1999–2013

Fig. 8. Relation between recorded sunshine duration (hours) and frequency of the atmospheric circulation types at Koniczynka in the years 1999–2013



Ryc. 9. Średnie dzienne różnice usłonecznienia rzeczywistego przy poszczególnych typach sytuacji synoptycznych w różnych porach roku Koniczynie w latach 1999–2013

Fig. 9. Mean daily sunshine duration anomalies observed at Koniczynka for the specific synoptic situations types in different seasons of the years 1999–2013



Ryc. 10. Częstość występowania typów sytuacji synoptycznych w dniach bezsłonecznych (a) i z usłonecznieniem ≥ 10 godz. (b) w Koniczynie w latach 1999–2013

Fig. 10. Frequency of occurrence (%) of the synoptic situations types during sunless days (a) and with sunshine duration larger and equal to 10 hours (b) at Koniczyna in the years 1999–2013

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Głównym procesem modyfikującym wielkość usłonecznienia jest zachmurzenie powiązane z cyrkulacją atmosferyczną (Degirmendzić 2004). Na istotną rolę cyrkulacji w kształtowaniu wielkości usłonecznienia wskazują także m.in. Dubicka i Karal (1994), Podstawczyńska (2003), Matuszko (2007).

Badania związku usłonecznienia z cyrkulacją atmosfery prowadzono w Koniczynie w latach 1999–2013. Stacja pomiarowa w Koniczynie z racji położenia

wśród pól uprawnych ma dobre warunki do rejestracji usłonecznienia, o czym świadczy duża wartość SVF (0,97).

Do określenia typów sytuacji synoptycznych posłużono się klasyfikacją T. Niedźwiedzia (1981). Badany obszar w latach 1999–2013 nieco częściej znajdował się w zasięgu układów cyklonalnych (49,2% wszystkich dni) w porównaniu z antycyklonalnymi (48,4%). Dla porównania w latach 1901–2000 dla Południowej Polski udział typów antycyklonalnych (54,0%) znacznie przekraczał udział typów cyklonalnych (44,3%) (Niedźwiedź 2003). Spośród typów antycyklonalnych w Koniczyńce w badanym okresie zdecydowanie dominowały Ca+Ka, natomiast w przypadku typów cyklonalnych częstością wyróżniały się Wc+NWc, dość sporym udziałem charakteryzowały się także typy Cc+Bc. W badanym okresie częstość typów antycyklonalnych wzrastała, a cyklonalnych zmniejszała się, lecz nie są to zmiany istotne statystycznie.

W latach 1999–2013 usłonecznienie w Koniczyńce wyniosło 1650,2 godz., co stanowi 33,1% usłonecznienia możliwego. W przebiegu wieloletnim w badanym okresie usłonecznienie wzrastało, lecz nie był to wzrost istotny statystycznie. W przypadku analogicznych badań w innych miejscach stwierdzono np. istotny statystycznie rosnący trend usłonecznienia w Łodzi w okresie 1951–2000, wynoszący 3,5 godz./rok (Podstawczyńska 2003). Wzrostowy trend usłonecznienia w ostatnich 20 latach XX w. w Krakowie opisuje także Matuszko (2007). Na podstawie badań w różnych stacjach zlokalizowanych na obszarze Polski również Degirmendzić (2004) stwierdza trend rosnący wielkości usłonecznienia w okresie 1971–2003. Jednakże wzrost usłonecznienia jest zróżnicowany przestrzennie i najbardziej uwidocznia się w zachodniej i środkowej części kraju (Wrocław, Szczecin, Łódź). Rosnący trend usłonecznienia dla przeważającej części Polski w okresie 1952–2004 stwierdzili także Koźmiński i Michalska (2005).

Usłonecznienie jest bardzo zmienne z roku na rok. W badanym okresie w Koniczyńce wynosiło ono od 1439,4 godz., czyli 29,0% (rok 2001) do 1869,6 godz., czyli 38,2% (rok 2011), co daje różnicę ponad 430 godzin usłonecznienia rzeczywistego i 9,2% względnego. W przebiegu rocznym średnio najbardziej słoneczny był maj (241,3 godz., 49,1%), a najmniej grudzień (23,1 godz., 9,7%). Jak widać zarówno w przypadku usłonecznienia rzeczywistego (godz.), jak i względnego (%), najmniejsze i największe średnie wartości przypadają w tych samych miesiącach, tj. w maju i w grudniu. Klimat solarny Koniczyńki charakteryzuje stosunkowo duża liczba dni bezsłonecznych (86,6) i mała liczba dni z największym usłonecznieniem, tj. ≥ 10 (59,5). W przebiegu wieloletnim obserwuje się wzrost liczby dni z usłonecznieniem $\geq 4,0$ godz. i $\geq 10,0$ godz. oraz spadek liczby dni bezsłonecznych. Wszystkie zaobserwowane tendencje nie są jednak istotne statystycznie. Istotny statystycznie spadek liczby dni bezsłonecznych zanotowano np. w Łodzi w okresie 1951–2000 (Podstawczyńska 2003).

Sumy roczne usłonecznienia wykazują istotną statystycznie korelację ($p < 0,05$) z częstością typów sytuacji synoptycznych. Największe usłonecznienie wystąpiło w roku o największym udziale antycyklonalnych typów sytuacji synoptycznych, natomiast lata o najmniejszej wielkości usłonecznienia charakteryzowały się największym udziałem typów cyklonalnych. Uzyskane wyniki są zgodne z analogicznymi wynikami z lat wcześniejszych dla różnych obszarów Polski. W okresie 1946–1980 we Wrocławiu wykazano, że najkorzystniejsze warunki usłonecznienia wystąpiły przy makrotypie cyrkulacji antycyklonalnej, natomiast najkrótszy czas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego występował przy makrotypie cyrkulacji cyklonalnej (Dubicka 1994). Podobna sytuacja miała miejsce w okresie 1961–1990 na Szrenicy (Dubicka, Karal 1994). W dorzeczu górnej Wisły duże wartości usłonecznienia notowane były głównie przy typie antycyklonalnym S+SWa, a także w zależności od pory roku przy typach: Ca+Ka i S+SEa, natomiast najmniejsze usłonecznienie występowało przy typach cyklonalnych, a szczególnie E+SEc, N+NEc i Cc+Bc, również w zależności od pory roku (Niedźwiedź 1981). W Koniczynie w badanym okresie największe dodatnie anomalie usłonecznienia wystąpiły przy typach antycyklonalnych. Wiosną i latem przy typach Na+NEa, natomiast jesienią i zimą Ea+SEa. Cyklonalne typy sytuacji synoptycznych sprzyjały zmniejszeniu usłonecznienia. We wszystkich porach roku jest ono najbardziej widoczne przy typie Ec+SEc. Wykazano, że pogodzie bezsłonecznej zdecydowanie sprzyjają układy cyklonalne, a szczególnie typy Wc+NWc i Cc+Bc, natomiast największym dziennym sumom usłonecznienia (≥ 10 godz.) typy antycyklonalne, a szczególnie Ca+Ka.

LITERATURA

- Degirmendźić J., 2004. *Zmiany usłonecznienia w Polsce i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Łódź, 9–23.
- Dubicka M., 1994. *Wpływ cyrkulacji atmosfery na kształtowanie warunków klimatu (na przykładzie Wrocławia)*, Studia Geogr. LX, Acta Univ. Wratisl. No 1581, Wrocław.
- Dubicka M., Karal J., 1994. *Usłonecznienie na Szrenicy i jego związek z cyrkulacją atmosfery*, Acta Universitatis Wratislaviensis, No 1590, Prace Instytutu Geograficznego, Seria C, Meteorologia i klimatologia, T. 1, 9–43.
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz, 2000. *Meteorologia i klimatologia. Pomiar, obserwacje, opracowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź.
- Koźmiński Cz., Michalska B., 2005. *Usłonecznienie w Polsce*, Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin.
- Lorenc H., 2005. *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa.
- Matuszko D., 2007. *Usłonecznienie*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 87–97.
- Niedźwiedź T., 1981. *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy habilitacyjne UJ, 58, Kraków.

- Niedźwiedz T., 2003. *Variability of atmospheric circulation in Southern Poland in the 20th century*, [w:] Acta Universitatis Wratislaviensis No 2542, Studia Geograficzne 75, Wrocław, 230–240.
- Osuchowska-Klein B., 1978. *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, IMGW, WKiŁ, Warszawa.
- Osuchowska-Klein B., 1991. *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej (1976–1990)*, IMGW, Warszawa.
- Pawłowska J., Jankowska A., Pindor T., 2000. *Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej według J. Lityńskiego (1991–1999)*. IMGW, Warszawa.
- Podstawczyńska A., 2003. *Variability of sunshine duration in Łódź in 1951–2000*, [w:] Acta Universitatis Wratislaviensis No 2542, Studia Geograficzne 75, Wrocław, 282–291.
- Przybylak R., Maszewski R., 2009. *Influence of atmospheric circulation on air temperature and precipitation in the Bydgoszcz–Toruń Region in the period from 1921 to 2000*, Bulletin of Geography. Physical Geography Series, 1, 19–37.
- Retallack B.J., 1991. *Podstawy meteorologii*, IMGW Warszawa.
- Rzepa M., 2009. *The map of sky view factor in the center of Lodz*, [w:] The 7th International Conference on Urban Climate ICUC-7, Yokohama, Japan, June 29 – July 3, 2009, 4.
- Wetterzentrale, <http://www.wetterzentrale.de>.

SUMMARY

The article addresses the issue of the influence of atmospheric circulation on the sunshine duration at Koniczynka near Toruń in the years 1999–2013. The synoptic situations types were defined using the classification proposed by Niedźwiedz (1981), whereas the sunshine duration values came from research carried out as part of the Integrated Monitoring of Natural Environment Project. The study covered the frequency of occurrence of individual circulation types and their influence on the sunshine duration in an annual and a long-term course.