

SYLWESTER GRAJEWSKI

Katedra Inżynierii Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

WARUNKI TERMICZNE W PUSZCZY ZIELONCE W LATACH 1987-2008

THERMAL CONDITIONS IN THE ZIELONKA FOREST
IN THE PERIOD 1987-2008

Streszczenie. W pracy zaprezentowano analizę wyników pomiarów temperatur powietrza i gleby oraz usłonecznienia prowadzonych w latach 1987(1986)-2008 w stacji meteorologicznej w Zielonce. Analizom poddano m.in.: średnie roczne, półroczne, miesięczne i dobowe wartości temperatury powietrza, terminy rozpoczęcia, zakończenia i czas trwania meteorologicznego sezonu wegetacyjnego, długość okresu bez przymrozków i zamrznięcia gleby, usłonecznienie. Uzyskane wyniki wskazują na istnienie wyraźnych kierunkowych zmian wartości niektórych z wymienionych parametrów. W latach hydrologicznych 1987-2008 średnie roczne temperatury powietrza i średnie temperatury półroczy zimowych i letnich wykazały tendencje wzrostowe. W ostatnich latach zaobserwowano zmniejszanie się liczby dni z temperaturą z przedziału $-5,0-15,0^{\circ}\text{C}$ na korzyść dni z temperaturą wyższą od $15,0^{\circ}\text{C}$. Długość okresu meteorologicznego w badanych latach wyniosła 200 dni. Zauważono tendencję do jego wcześniejszego rozpoczynania się i późniejszego kończenia. Średnia roczna długość okresu bez przymrozków wyniosła 153 dni i charakteryzowała się wyraźną tendencją dodatnią. Średnia roczna suma usłonecznienia wyniosła 1378 h i wykazała w ostatniej dekadzie tendencję do wyraźnego zmniejszania się. Spośród analizowanych cech statystycznie istotny trend liniowy (przy $p = 0,05$) wykazano dla: rocznych, półrocznych i miesięcznych (lutego, maja, czerwca, lipca, sierpnia, października) sum usłonecznienia, średnich rocznych, średnich półroczy letnich i średnich miesięcznych (kwietnia, maja, czerwca, lipca, sierpnia) temperatur powietrza; liczby dni z temperaturą średnią dobową $> 15,0^{\circ}\text{C}$, terminów początku okresu wegetacyjnego, terminów przymrozków wczesnych i późnych oraz długości okresu bezprzymrozkowego.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, temperatura gleby, okres wegetacyjny, usłonecznienie, zmiany klimatu, Puszcza Zielonka

Wstęp

Pomimo bogatej literatury na temat zmian poszczególnych elementów klimatu zagadnienia te nadal stanowią przedmiot podejmowanych badań. Wciąż aktualny pozostaje problem globalnego ocieplenia, jego zróżnicowania w skali regionalnej, przyczyn i ewentualnych skutków klimatycznych, ekologicznych i gospodarczych. W ostatnim dwudziestolecu średnia temperatura globalna każdego roku przewyższała średnią z dowolnego 30-letniego przedziału sprzed 1990 roku, a dziesięciolecie 1998-2007 było zdecydowanie najcieplejsze w historii globalnych obserwacji temperatury (HANSEN i IN. 2006). Według raportu Międzyrządowej Komisji Zmian Klimatu (IPCC), wzrost średniej temperatury globalnej od połowy XX wieku jest z bardzo dużym prawdopodobieństwem spowodowany wywołanym przez człowieka wzrostem stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze (CLIMATE CHANGE... 2007). W zdecydowanej mniejszości są opinie kwestionujące prognozy IPCC (np. LORENC 2005, ŁYKOWSKI 2007, ROBINSON i IN. 2007).

Analizowane w niniejszej pracy wyniki pomiarów meteorologicznych dotyczą obszaru Puszczy Zielonki, który zazwyczaj jest identyfikowany ze stosunkowo rozległym, zwartym terenem leśnym, z niewielkimi enklawami rolniczymi. Obszar ten leży około 8 km na północny wschód od granic Poznania. Jest to jeden z większych kompleksów leśnych centralnej Wielkopolski.

Celem przeprowadzonych analiz wyników pomiarów temperatur i usłonecznienia było rozpoznanie trendów ich zmienności, w tym weryfikacja hipotezy o ocieplaniu klimatu Wielkopolski. Będący w dyspozycji ciąg pomiarowy nie był długi – tylko 22 lata hydrologiczne (pomiarzy w Zielonce ruszyły w 1986 r.), niemniej jednak dał podstawy do formułowania pierwszych wniosków.

Material i metody

Analizy warunków termicznych dokonano na podstawie wyników obserwacji prowadzonych w latach kalendarzowych 1986-2008 w stacji meteorologicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zlokalizowanej w miejscowości Zielonka (GRODZKI i ZIENTARSKI 1988-2005, WYNIKI... 2002-2008). Stacja położona jest w centralnej części Puszczy Zielonki na wysokości 91,00 m n.p.m., na 52°33'00" szerokości geograficznej północnej i 17°06'33" długości geograficznej wschodniej. Oddalona jest od najbliższej stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Poznaniu Ławicy o mniej więcej 24 km.

Materiał empiryczny został opracowany w odniesieniu do lat hydrologicznych (tj. okresu od 1 listopada do 31 października roku następnego) oraz półroczy hydrologicznych: zimowego (trwającego od 1 listopada do 30 kwietnia roku następnego) i letniego (obejmującego okres od 1 maja do 31 października). Elementy meteorologiczne były mierzone trzy razy na dobę o godzinie: 7.00 (8.00), 13.00 (14.00) i 19.00 (20.00).

W niniejszym artykule poddano analizie wyniki pomiarów usłonecznienia oraz temperatur powietrza i gleby, a w szczególności: roczne, półroczne i miesięczne sumy usłonecznienia, średnie roczne, półroczne, miesięczne i dobowe temperatury powietrza, liczbę dni sklasyfikowanych na podstawie średniej temperatury powietrza jako: bardzo mroźne (średnia dobowa temperatura powietrza wynosząca poniżej $-15,0^{\circ}\text{C}$), dość

mroźne (od $-5,1$ do $-15,0^{\circ}\text{C}$), umiarkowanie mroźne (od $-5,0$ do $0,0^{\circ}\text{C}$), chłodne (od $0,1$ do $5,0^{\circ}\text{C}$), umiarkowanie ciepłe (od $5,1$ do $15,0^{\circ}\text{C}$), bardzo ciepłe (od $15,1$ do $25,0^{\circ}\text{C}$) i gorące (powyżej $25,0^{\circ}\text{C}$), długość i termin występowania meteorologicznego okresu wegetacyjnego; terminy występowania przymrozków wczesnych i późnych (wyznaczane według pomiarów na wysokości 2 m nad gruntem), długość okresu bezprzymrozkowego, długość okresu niezamrożenia gleby.

Meteorologiczny okres wegetacyjny wyznaczano na podstawie obliczonej średniej kroczącej pięciodniowej dla średnich dobowych temperatur powietrza. Termin rozpoczęcia okresu określano na dzień, którego średnia dobowa temperatura powietrza wynosiła $\geq 5^{\circ}\text{C}$ począwszy od dnia, dla którego obliczana średnia krokowa wyniosła do końca pierwszego półrocza $\geq 5^{\circ}\text{C}$. Za koniec okresu wegetacyjnego uznano ostatni dzień z temperaturą $\geq 5^{\circ}\text{C}$ z pięciu dni, dla których obliczono średnią wynoszącą powyżej 5°C w okresie od połowy roku.

Do ustalenia długości okresu niezamrożenia gleby wykorzystano średnie dobowe z pomiarów temperatury prowadzone na głębokości 5, 10, 20 i 50 cm poniżej powierzchni terenu (p.p.t.). Dobę zaliczano do okresu zamrożenia, jeżeli temperatura gleby w dowolnym punkcie wynosiła $< 0^{\circ}\text{C}$.

Wyniki

Usłonecznienie

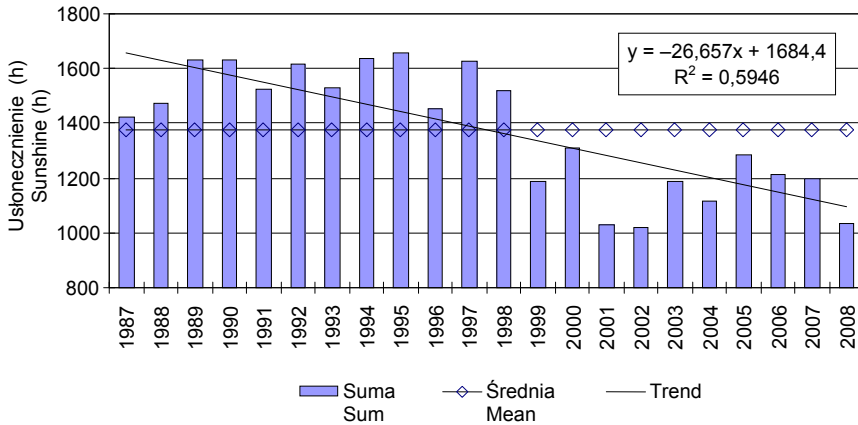
Średnia roczna suma usłonecznienia w latach hydrologicznych 1987-2008 wyniosła 1378 h (w granicach od 1018 h w 2002 r. do 1660 h w 1995 r.) i wykazała istotną tendencję ujemną ($p < 0,05$, rys. 1).

Średnia suma usłonecznienia półrocza zimowego wyniosła 341 h; jej wartości zmieniały się w zakresie od 232 h w roku 2008 do 445 h w 1996. Średnia suma usłonecznienia półrocza letniego wyniosła 976 h, a wartości zmieniały się w zakresie od 664 h w roku 2002 do 1265 h w 1992. Dla obu półroczy zauważono ujemny kierunek zmian tej cechy, przy czym był on zdecydowanie wyraźniejszy dla półroczy letnich (w obu przypadkach przy $p = 0,05$).

Średnio najmniej usłonecznionym miesiącem roku okazał się grudzień (24 h), natomiast najbardziej – maj (204 h). W pozostałych miesiącach średnie wieloletnie usłonecznienie wyniosło: w listopadzie – 37 h, w styczniu – 34 h, w lutym – 55 h, w marcu – 103 h, w kwietniu – 148 h, w czerwcu – 180 h, w lipcu – 197 h, w sierpniu – 179 h, we wrześniu – 126 h i w październiku – 96 h. Miesięczne sumy usłonecznienia każdego miesiąca wykazują tendencję spadkową (z wyjątkiem września), a najwyraźniejsza okazała się dla maja. Dla lutego, maja, czerwca, lipca, sierpnia i października zmiany kierunkowe okazały się istotne przy $p = 0,05$.

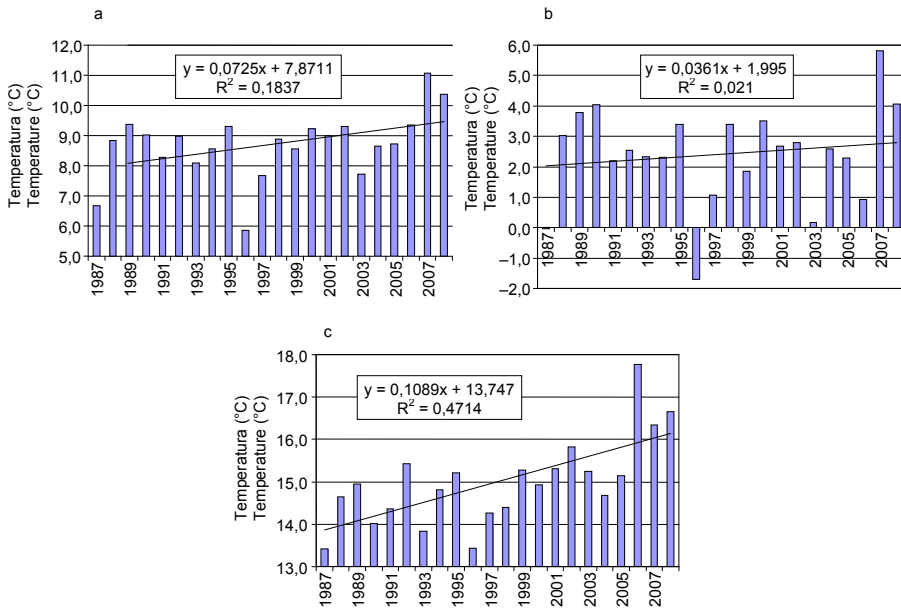
Temperatura powietrza

Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1987-2008 kształtowała się na poziomie $8,7^{\circ}\text{C}$. W analizowanym okresie występowała znaczna zmienność temperatur. Najchłodniejszym rokiem był 1996, w którym to średnia temperatura wyniosła $5,9^{\circ}\text{C}$, natomiast najcieplejszym okazał się rok 2007 ($11,1^{\circ}\text{C}$). Rozkład średnich temperatur rocznych wykazuje istotną statystycznie tendencję wzrostową (rys. 2 a).



Rys. 1. Suma uśonecznienia w Puszczy Zielonce w latach hydrologicznych na tle średniej z okresu 1987-2008

Fig. 1. Sunshine sum in the Zielonka Forest in the hydrological years compared to the average of the period 1987-2008



Rys. 2. Średnie wartości temperatury powietrza w Puszczy Zielonce w latach 1987-2008: a – w latach hydrologicznych, b – w półroczach zimowych, c – w półroczach letnich

Fig. 2. Mean air temperature values in the Zielonka Forest in the period 1987-2008: a – in hydrological years, b – in winter half-years, c – in summer half-years

Średnia temperatura powietrza półrocza zimowego wyniosła $2,4^{\circ}\text{C}$, a wartości zmieniały się w zakresie od $-1,7$ w roku 1996 do $5,8^{\circ}\text{C}$ w 2007. Średnia temperatura półrocza letniego wyniosła $15,0^{\circ}\text{C}$, a wartości zawarły się w przedziale od $13,4$ w roku 1987 i 1996 do $17,8^{\circ}\text{C}$ w 2006. Najbardziej wyraźny i statystycznie istotny dodatni kierunek zmian temperatur powietrza zaobserwowano dla półroczy letnich (por. rys. 2 b i 2 c).

Najchłodniejszym miesiącem roku w Puszczy Zielonce okazał się styczeń, którego średnia temperatura wyniosła $-0,7^{\circ}\text{C}$, natomiast najcieplejszy był lipiec ($19,2^{\circ}\text{C}$). W pozostałych miesiącach średnia wieloletnia temperatura powietrza wyniosła: w listopadzie $-3,3^{\circ}\text{C}$, w grudniu $-0,3^{\circ}\text{C}$, w lutym $-0,1^{\circ}\text{C}$, w marcu $-2,8^{\circ}\text{C}$, w kwietniu $-8,4^{\circ}\text{C}$, w maju $-14,1^{\circ}\text{C}$, w czerwcu $-17,0^{\circ}\text{C}$, w sierpniu $-18,0^{\circ}\text{C}$, we wrześniu $-13,0^{\circ}\text{C}$, w październiku $-8,4^{\circ}\text{C}$. Średnia miesięczna temperatura powietrza każdego miesiąca wykazuje trend wzrostowy; najwyraźniejszy jest on dla czerwca, maja, lipca i sierpnia. Dla kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia wykazane zmiany kierunkowe są istotne na poziomie $p = 0,05$.

W stacji w Zielonce najniższą temperaturę zarejestrowano 30 stycznia 1987 roku ($-32,0^{\circ}\text{C}$), a najwyższą – 16 lipca 2007 roku ($38,4^{\circ}\text{C}$). Dobowa amplituda temperatury powietrza osiągnęła swoje maksimum 4 stycznia 2002 roku: $25,8^{\circ}\text{C}$.

Liczba dni w kategoriach wartości temperatury

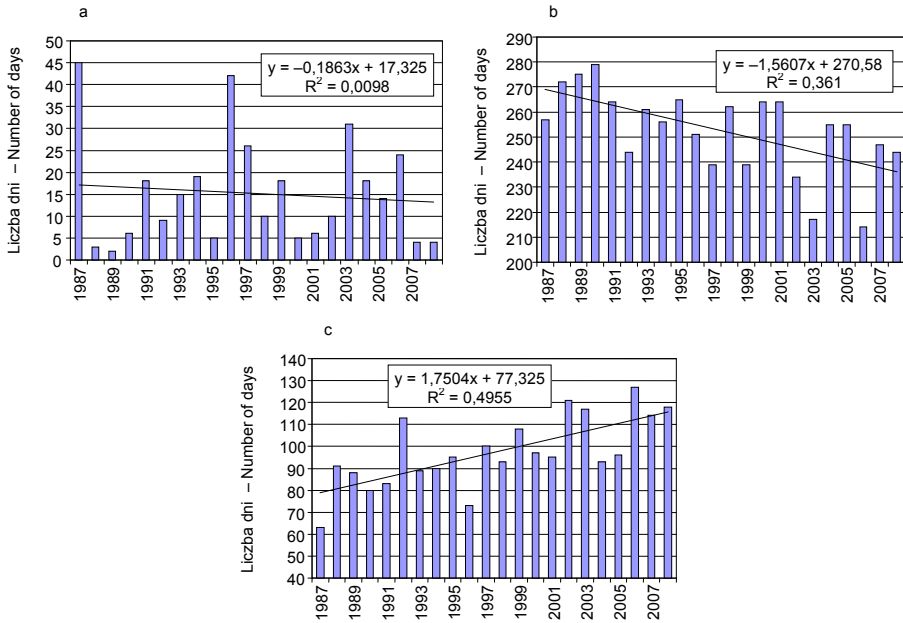
W analizowanym okresie odnotowano następujące średnie liczby dni w poszczególnych kategoriach dobowych wartości temperatury (por. BOCZOŃ 2006): bardzo mroźne ($< -15,0^{\circ}\text{C}$) – 1, dość mroźne (od $-5,1$ do $-15,0^{\circ}\text{C}$) – 14, umiarkowanie mroźne (od $-5,0$ do $0,0^{\circ}\text{C}$) – 40, chłodne (od $0,1$ do $5,0^{\circ}\text{C}$) – 76, umiarkowanie ciepłe (od $5,1$ do $15,0^{\circ}\text{C}$) – 137, bardzo ciepłe (od $15,1$ do $25,0^{\circ}\text{C}$) – 94, gorące ($> 25,0^{\circ}\text{C}$) – 4.

Rysunek 3 prezentuje liczbę dni w poszczególnych latach hydrologicznych okresu 1987-2008 z podziałem na trzy kategorie: z temperaturą średnią dobową $< -5,1^{\circ}\text{C}$, z zakresu od $-5,0$ do $15,0^{\circ}\text{C}$ oraz $> 15,0^{\circ}\text{C}$. Po przeanalizowaniu liczby dni w poszczególnych kategoriach na przestrzeni 22 lat obserwacji należy stwierdzić, iż tendencję wzrostową statystycznie istotną wykazuje grupa skupiająca dni najcieplejsze (rys. 3 c). Liczba dni w pozostałych dwóch kategoriach wykazuje minimalną (grupa dni najchłodniejszych) lub znaczącą, ale ciągle nieistotną (grupa dni o umiarkowanej temperaturze powietrza), tendencję spadkową (rys. 3 b, 3 c).

Meteorologiczny okres wegetacyjny

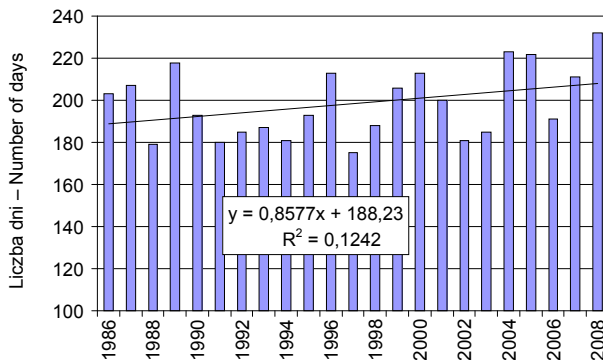
Meteorologiczny okres wegetacyjny w latach 1987-2008 w Puszczy Zielonce wynosił średnio 200 dni. Zauważono znaczne zróżnicowanie jego długości w poszczególnych latach. Najkrótszy wystąpił w roku 1997 i wyniósł 175 dni, a najdłuższy w 2008 roku – 232 dni (rys. 4). Czas trwania okresu wegetacyjnego wykazuje trend dodatni ($p > 0,05$).

Podobna zmienność charakteryzuje terminy rozpoczęcia i zakończenia meteorologicznego okresu wegetacyjnego (rys. 5 a, b). W ostatnich latach szczególnie wyraźnie rysuje się istotna statystycznie tendencja do przyspieszania rozpoczęcia okresu wegetacyjnego (rys. 5 a). Od 1998 roku kilkakrotnie zaobserwowano coraz wcześniejsze, dotąd nienotowane, daty rozpoczęcia okresu wegetacji. W roku 1998 i 2008 przypadają one na 31 marca, w 1999 – na 26 marca, w 2004 – na 1 kwietnia, a w 2007 roku wegetacja ruszyła już 25 marca. W kilku latach meteorologiczny sezon wegetacyjny rozpoczął się



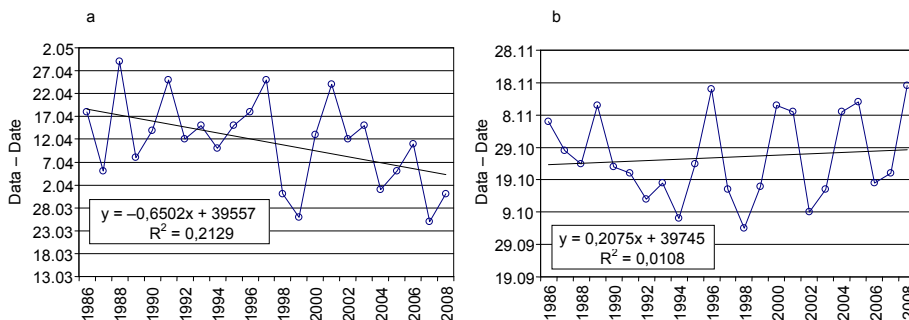
Rys. 3. Liczba dni w Puszczy Zielonce w latach 1987-2008 z temperaturami powietrza w poszczególnych kategoriach: a – dni bardzo mroźne i dość mroźne (temperatura $< -5,0^{\circ}\text{C}$), b – dni umiarkowanie mroźne, chłodne i umiarkowanie ciepłe (temperatura od $-5,0$ do 15°C), c – dni bardzo ciepłe i gorące (temperatura $> 15^{\circ}\text{C}$)

Fig. 3. Number of days in the Zielonka Forest in the period 1987-2008 with air temperatures by categories: a – very frosty and quite frosty days (temperature $< -5.1^{\circ}\text{C}$), b – moderately frosty, cold and moderately warm days (temperature from -5.0 to 15.0°C), c – very warm and hot days (temperature $> 15.0^{\circ}\text{C}$)



Rys. 4. Czas trwania okresów wegetacyjnych w Puszczy Zielonce w latach 1986-2008

Fig. 4. Duration of the growing seasons in the Zielonka Forest in the period 1986-2008



Rys. 5. Terminy początku (a) oraz końca (b) okresów wegetacyjnych w Puszczy Zielonce w latach 1986-2008

Fig. 5. Beginning (a) and final (b) dates of the growing seasons in the Zielonka Forest in the period 1986-2008

dopiero pod koniec kwietnia: w 1988 roku (29 IV), w 1991 i 1997 (25 IV) oraz w 2001 (24 IV).

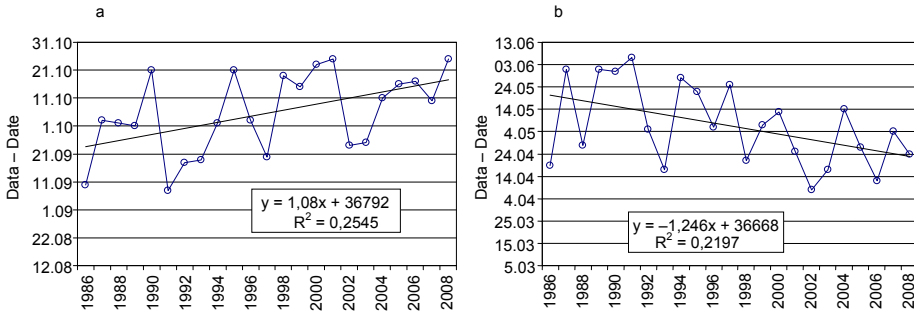
Zaobserwowano także niewielką tendencję do późniejszego kończenia meteorologicznego okresu wegetacyjnego, pomimo iż zmienność tej charakterystyki okazała się bardzo duża w poszczególnych latach (rys. 5 b). Najwcześniejszy termin zakończenia miał miejsce w 1998 roku (4 października) oraz w latach 1994 i 2002 (odpowiednio 7 i 9 października). Najdłużej sezon wegetacyjny trwał w 2008 roku (aż do 17 listopada). Wegetacja w listopadzie kończyła się ośmiokrotnie w trakcie 23-letniego okresu obserwacji.

Przymrozki

Ważną charakterystyką warunków pogodowych danego obszaru są terminy występowania przymrozków wczesnych (jesiennych) i późnych (wiosennych), jak również długość okresu bez przymrozków (rys. 6, 7). Przymrozek jesienny na terenie Puszczy Zielonki najwcześniej się pojawił w 1991 roku – 8 września, a najpóźniej w 2001 i 2008 roku – 25 października. Rozpiętość czasowa przymrozków wiosennych okazała się bardzo zbliżona. Najwcześniej, bo 8 kwietnia, temperatury poniżej zera ustąpiły w roku 2002. W roku 1991 ostatnie temperatury ujemne odnotowano dopiero 6 czerwca.

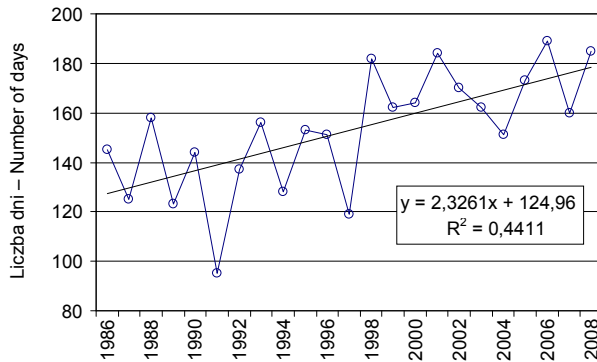
Na terenie Puszczy Zielonki średni czas trwania okresu bezprzymrozkowego określono na 153 dni, zawierał się on w bardzo szerokich granicach: od 95 dni w 1999 roku do 189 dni w 2006 roku (rys. 7).

W toku analiz zaobserwowano dosyć wyraźną tendencję do opóźniania się terminu występowania przymrozków wczesnych oraz przyspieszania daty przymrozków późnych, co znalazło swoje odbicie w dodatnim trendzie czasu trwania okresu bezprzymrozkowego. Dla każdej z tych cech wykazano istotność kierunkowej zmienności na poziomie $p = 0,05$.



Rys. 6. Terminy występowania przymrozków wczesnych (a) oraz późnych (b) w Puszczy Zielonce w latach 1986-2008

Fig. 6. Early (a) and late (b) slight frost dates in the Zielonka Forest in the period 1986-2008



Rys. 7. Długość okresu bez przymrozków w Puszczy Zielonce w latach 1986-2008

Fig. 7. Duration of the period without slight frost in the Zielonka Forest in the period 1986-2008

Okres niezamrożenia gleby

Długość okresu niezamrożenia gleby wynosiła od 224 dni (1998 r.) do 311 dni (2008 r.) przy średniej kształtującej się na poziomie 261 dni. Terminy rozpoczęcia, zakończenia, jak i długość trwania okresu niezamarzania gleby charakteryzują się znaczną zmiennością w poszczególnych latach i nie wykazały wyraźnych tendencji w analizowanym okresie.

Dyskusja

Usłonecznienie jest wektorem informacji o zachmurzeniu, temperaturze gleby i powietrza, wielkości parowania, a także o warunkach helioterapii i rekreacji, stąd ten element klimatu był omawiany w wielu pracach (m.in. CHOMICZ i KUCZMARSKA 1971,

KUCZMARSKI i PASZYŃSKI 1981, GÓRSKA i PODOGROCKI 1990, KUCZMARSKI 1990, KOŹMIŃSKI i MICHALSKA 2001, 2004, KALBARCZYK i IN. 2006). Zaobserwowana w przeprowadzonych badaniach roczna suma 1378 h usłonecznienia rzeczywistego, pozwalająca zaliczyć Zielonkę do miejscowości wypoczynkowych, jest nieco większa od wartości charakterystycznej dla środkowej i wschodniej części kraju oraz strefy wybrzeża (1350 h), z prawdopodobieństwem wystąpienia ponad 90% (KOŹMIŃSKI i MICHALSKA 2005). Najbardziej oraz najmniej słonecznym miesiącem, podobnie jak w przeważającej części kraju, okazały się, odpowiednio, maj i grudzień (por. DURŁO 2006). Zaznaczyć należy, iż czasowa zmienność rocznych sum usłonecznienia rzeczywistego w Polsce jest od dwóch do trzech razy większa od zmienności przestrzennej, stąd dla produkcji roślinnej i rekreacji istotne są nie tylko sumy godzin ze słońcem, lecz także ich zmienność z roku na rok. W analizie, oprócz znacznych różnic pomiędzy rocznymi i miesięcznymi sumami usłonecznienia, wykazano także ich tendencje do zmniejszania się.

W ostatnich dekadach XX wieku na obszarze Polski obserwuje się wyraźny i systematyczny wzrost temperatury powietrza, szacowany na $0,9^{\circ}\text{C}$ średnio w roku (ŻMUDZKA 2009). Również na terenie Puszczy Zielonki takowy odnotowano. Tłumaczony jest on głównie cieplejszymi półroczami letnimi, ale również, chociaż w mniejszym zakresie, zimowymi. Z kolei ZAWORA (2005), na podstawie wyników z 44 stacji synoptycznych za lata 1991-2000, podaje, że najwyraźniejszy wzrost temperatury wystąpił w okresie zimowym, a szczególnie w styczniu i lutym, na zachodzie Polski zaś w tym okresie można zaobserwować zanik termicznej zimy. Te spostrzeżenia nie znalazły potwierdzenia na terenie Puszczy Zielonki. Podobne do puszczańskich zmiany liczebności dni ze skrajnymi temperaturami powietrza – zmniejszanie się liczby dni z temperaturami niskimi i umiarkowanymi na korzyść liczby dni z temperaturami najwyższymi – zaobserwował na terenie Puszczy Białowieskiej BOCZOŃ (2006). W okresie 54 lat liczba dni z temperaturą $> 15,1^{\circ}\text{C}$ wzrosła o 11, natomiast dni najchłodniejszych uległa redukcji o 10.

Średnią długość meteorologicznego okresu wegetacyjnego w Puszczy Zielonce określono na 200 dni z tendencją do wydłużania się. Analizy OLSZEWSKIEGO i ŻMUDZKIEJ (2000) oraz ŻMUDZKIEJ i DOBROWOLSKIEJ (2001) pozwalają stwierdzić, że długość okresu wzrasta w Polsce w tempie od 1 do 3 dni na 10 lat. Największy przyrost obejmuje rejony północno-zachodnie, natomiast na południowo-wschodnich krańcach odnotowuje się dwudniowe skrócenie okresu wegetacyjnego (KOŁODZIEJ i WĘGRZYN 2004). W badaniach potwierdzono, iż koniec sezonu wegetacyjnego w Polsce jest mniej zróżnicowany w czasie niż jego początek (OLSZEWSKI i ŻMUDZKA 1998, KOŁODZIEJ i WĘGRZYN 2004, WĘGRZYN 2007). Współczynnik dat początku sezonu (14,2%) jest 2,7 razy większy niż dat końca (5,3%). Na tej podstawie można wnioskować, że o długości czasu trwania okresu wegetacyjnego bardziej decyduje jego początek niż koniec.

Spośród wielu zjawisk szkodliwych w rolnictwie, leśnictwie, a zwłaszcza w sadownictwie i ogrodnictwie, przymrozki są uznawane za jedno z tych, które mogą poczynić największe szkody. Na terenie Puszczy Zielonki średni czas trwania okresu bezprzymrozkowego na wysokości 200 cm został określony na 153 dni. Dla porównania można podać, iż w latach 1971-2000 w regionie północno-wschodniej Polski okres ten wynosił od 143 w Gołdapi do 173 dni w Mikołajkach (DRAGAŃSKA i IN. 2004), przy średniej dla Polski ustalonej przez BIELEC-BĄKOWSKĄ i PIOTROWICZ (2011) za lata 1951-2006 na poziomie 166 dni. W toku analiz zaobserwowano dosyć wyraźną tendencję do opóźniania się terminu występowania przymrozków wczesnych oraz przyspieszania przymroz-

ków późnych, co znalazło swoje odbicie w dodatnim trendzie czasu trwania okresu bezprzymrozkowego. Uzyskane wyniki wpisują się w rezultaty analiz BIELEC-BAKOWSKIEJ i PIOTROWICZ (2011) dla 20 polskich stacji synoptycznych.

Wnioski

1. Obserwowane zjawisko ocieplania się klimatu ziemskiego zostało potwierdzone również w warunkach Puszczy Zielonki. W okresie badawczym średnie roczne, półroczne i miesięczne temperatury powietrza generalnie wykazały trend dodatni, najwyraźniej zaznaczający się dla półroczy letnich oraz czerwca, maja, lipca i sierpnia. Dodatkowo zaobserwowano wyraźną tendencję do zwiększania się liczby dni ze średnią dobową temperaturą powietrza $> 15,0^{\circ}\text{C}$.

2. Średnia roczna suma usłonecznienia wyniosła 1378 h i wykazała wyraźny trend ujemny, szczególnie w ostatniej dekadzie. Podobne zmiany kierunkowe zauważono dla lutego, maja, czerwca, lipca, sierpnia i października.

3. Długość meteorologicznego okresu wegetacyjnego wyniosła 200 dni. Zaobserwowano dużą zmienność terminów początku i końca sezonu wegetacyjnego wraz z tendencją do jego wcześniejszego rozpoczynania się i późniejszego kończenia.

4. Średnia w ciągu roku długość okresu bez przymrozków to 153 dni. Charakterystyka ta została opisana wyraźnym trendem dodatnim.

5. Długość okresu niezamrożenia gleby mieściła się w przedziale od 224 do 311 dni (średnio 261 dni). Terminy rozpoczęcia, zakończenia, jak i długość trwania nie wykazały wyraźnych zmian kierunkowych.

Literatura

- BIELEC-BAKOWSKA Z., PIOTROWICZ K., 2011. Wieloletnia zmienność okresu bezprzymrozkowego w Polsce w latach 1951-2006. *Pr. Stud. Geogr.* 47: 77-86.
- BOCZOŃ A., 2006. Charakterystyka warunków termiczno-pluwialnych w Puszczy Białowieskiej w latach 1950-2003. *Leśn. Pr. Bad.* 1: 57-72.
- CHOMICZ K., KUCZMARSKA L., 1971. Zachmurzenie i usłonecznienie w Polsce. *Przeł. Geofiz.* 16 (24), 1-2: 69-87.
- CLIMATE CHANGE 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Red. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- DRAGAŃSKA E., RYŃKIEWICZ I., PANFIL M., 2004. Częstotliwość i intensywność występowania przymrozków w Polsce północno-wschodniej w latach 1971-2000. *Acta Agrophys.* 3, 1: 35-41.
- DURLO G., 2006. Multiannual variation of the effective sunshine duration in the Beskid Sądecki Mountains. *Electr. J. Pol. Agric. Univ. Ser. For.* 9, 4, #28.
- GÓRSKA K., PODOGROCKI J., 1990. Niedobory usłonecznienia. W: Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce. *Opr. nauk. Cz. Koźmiński, T. Górski, B. Michalska. IUNG Ser. R.* 1-63.
- GRODZKI M., ZIENTARSKI J., 1988 [1989, 1991 a, 1991 b, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2002, 2004, 2005]. Wyniki obserwacji meteorologicznych w Zielonce w 1986 [1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999,

- 2000, 2001] roku. *Rocz. AR Pozn.* 193 [207, 219, 231, 241, 255, 263, 273, 287, 297, 305, 311, 326, 345, 364, 371], *Leśn.* 24 [26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43]: 23-54 [17-45, 3-32, 47-74, 43-74, 87-115, 81-97, 3-20, 19-36, 3-20, 25-42, 47-77, 27-57, 17-36, 3-33, 35-65].
- HANSEN J., SATO M., RUEDY R., LO K., LEA D.W., MEDINA-ELIZADE M., 2006. Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 14288-14293.
- KALBARCZYK R., KALBARCZYK E., BŁASZKOWSKA M., 2006. Struktura czasowa usłonecznienia rzeczywistego na Nizinie Szczecińskiej w latach 2000-2004. *Przegl. Nauk. Inż. Kształt. Środ.* 33: 114-122.
- KOŁODZIEJ J., WĘGRZYN A., 2004. Zróżnicowanie czasu trwania okresu wegetacyjnego w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie w pięćdziesięcioleciu 1951-2000. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E* 59, 2: 869-880.
- KOŹMIŃSKI CZ., MICHALSKA B., 2001. Usłonecznienie rzeczywiste. W: *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. Opr. nauk. Cz. Koźmiński, B. Michalska. AR, Szczecin: 11.
- KOŹMIŃSKI CZ., MICHALSKA B., 2004. Zmienność usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. *Acta Agrophys.* 3, 2: 291-305.
- KOŹMIŃSKI CZ., MICHALSKA B., 2005. Prawdopodobieństwo usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. *Acta Agrophys.* 5, 3: 669-682.
- KUCZMARSKI M., 1990. Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii. *Dok. Geogr.* 4: 1-67.
- KUCZMARSKI M., PASZYŃSKI J., 1981. Zmienność dobową i sezonową usłonecznienia w Polsce. *Przegl. Geogr.* 53, 4: 780-791.
- LORENC H., 2005. O zmianach klimatu w Raporcie Pentagonu. W: *Hydrologia, meteorologia, klimatologia – badania naukowe i prognozy w erze informatyzacji*. Red. M. Zielińska-Ozga, D. Limanówka. IMGW, PTG, Warszawa: 122-127.
- ŁYKOWSKI B., 2007. O naturalnych i antropogenicznych zmianach klimatu. *Przegl. Nauk. Inż. Kształt. Środ.* 35: 85-92.
- OLSZEWSKI K., ŻMUDZKA E., 1998. Zmiany temperatury powietrza na Wyżynie Lubelskiej. W: *Materiały z sympozjum „Problemy współczesnej klimatologii i agrometeorologii regionu lubelskiego”*. Red. M. Nowosad. Wyd. UMCS, Lublin: 89-94.
- OLSZEWSKI K., ŻMUDZKA E., 2000. Variability of the vegetative period in Poland. *Misc. Geogr.* 9: 59-70.
- ROBINSON A.B., ROBINSON N.E., SOON W., 2007. Environmental effects of increased atmospheric carbon dioxide. *J. Am. Phys. Surg.* 12: 79-90.
- WĘGRZYN A., 2007. Ocena okresu wegetacyjnego na Lubelszczyźnie w latach 1951–1990. II. Klasyfikacja dat końca. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E* 62, 1: 31-37.
- WYNIKI obserwacji meteorologicznych na stacji w Zielonce w roku 2002 [2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008]. 2003 [2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009]. *Maszynopisy. Zakład Doświadczalno-Dydaktyczny Arboretum Leśne w Zielonce, Zielonka k. Poznania*.
- ZAWORA T., 2005. Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991-2000 na tle okresu normalnego 1961-1990. *Acta Agrophys.* 6, 1: 281-287.
- ŻMUDZKA E., 2009. Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophys.* 13, 2: 555-568.
- ŻMUDZKA E., DOBROWOLSKA M., 2001. Termiczny okres wegetacyjny w Polsce – zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa. *Przegl. Nauk. Inż. Kształt. Środ.* 21: 75-80.

THERMAL CONDITIONS IN THE ZIELONKA FOREST IN THE PERIOD 1987-2008

Summary. The presented thermal parameters obtained between 1987 (1986) and 2008 at the meteorological station in Zielonka included: mean annual, half-year, monthly and daily air temperature; number of days of different temperature categories; duration of the meteorological growing season; beginning and finish of the meteorological growing season, and period without slight frost. The study results indicated the occurrence of changes in the values of the above-specified parameters. From 1987 to 2008 the mean annual and monthly air temperature and mean temperature of the winter and summer half-years shows a rising tendency. In recent years, the number of days with the average temperature between -5.0 and 15.0°C has decreased while the number of days with temperature above 15.0°C has increased. The mean length of the meteorological growing season was 200 days. However, earlier start and later completion of the growing season trends are noted. The average annual frost-free duration was 153 days and was characterised by a distinct positive trend. The average annual amount of sunshine was 1378 h and showed in the last decade a clear tendency to decrease. Among the analysed characteristics statistically significant linear trend was shown for the following characteristics ($p = 0.05$): annual, half-years and monthly (February, May, June, July, August, October) sums of sunshine; annual, summer half-years and monthly (April, May, June, July, August) average air temperatures; number of days with daily mean temperature $> 15.0^{\circ}\text{C}$; dates of the beginning of growing season; terms of early and late slight frosts; and the duration of the period without slight frost.

Key words: air temperature, soil temperature, growing season, sunshine, climate changes, Zielonka Forest

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Sylwester Grajewski, Katedra Inżynierii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Mazowiecka 41, 60-623 Poznań, Poland, e-mail: sylgraj@up.poznan.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

13.11.2012

Do cytowania – For citation:

Grajewski S., 2013. Warunki termiczne w Puszczy Zielonce w latach 1987-2008. Nauka Przyr. Technol. 7, 1, #9.