



ZMIENNOŚĆ CZASOWA WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ POWIETRZA W OKRESIE WEGETACJI W OKOLICY BYDGOSZCZY W LATACH 1985-2010

***Renata Kuśmierek-Tomaszewska¹, Edward Łaszycza², Jacek Żarski¹,
Stanisław Dudek¹***

¹Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, ²Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

TEMPORAL VARIABILITY OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN GROWING SEASON IN THE BYDGOSZCZ VICINITY IN 1985-2010

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań zmienności wilgotności względnej powietrza w okresie wegetacyjnym w okolicy Bydgoszczy w latach 1985-2010, na podstawie pomiarów z reprezentatywnej stacji meteorologicznej zlokalizowanej w obrębie Lotniska Bydgoszcz-Szwederowo. Znormalizowane pomiary wilgotności powietrza prowadzone były psychrometrem Assmanna w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m nad powierzchnią gruntu, zlokalizowanej na wysoczyźnie, w odległości około 3,5 km od centrum miasta. W pracy zbadano charakter i wielkość zmian średniej wilgotności względnej powietrza obliczając wybrane elementy statystyki opisowej. Przeprowadzono analizę regresji i na podstawie liniowej funkcji określono kierunek zmian badanego wskaźnika wraz z upływem czasu. Średnią wilgotność względną powietrza w rejonie Bydgoszczy w miesiącach wiosennych i letnich, charakteryzowała duża zmienność czasowa, właściwa dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski. Trend zmian badanego wskaźnika w badanym wieloleciu 1985-2010 nie został potwierdzony statystycznie. W okresie

1998-2010 w stosunku do poprzedniego okresu 1985-1997, stwierdzono poszerzenie zmienności czasowej w 5 na 7 badanych przypadków.

Słowa kluczowe: wilgotność względna powietrza, rejon Bydgoszczy, zmienność czasowa, zmiany klimatyczne

Summary

The purpose of the research was to characterize the variability of relative air humidity in the growing season in the vicinity of Bydgoszcz in the years 1985-2010. The study was based on measurements taken from a representative meteorological station located within the Airport Bydgoszcz-Szwederowo. Standardized air humidity measurements were carried out in a thermometer shelter, by Assmann psychrometer at the height of 2 m above the ground, on the plateau, about 3.5 km from the city center. The study investigated the nature and scope of changes in mean relative humidity by calculating selected elements of descriptive statistics. Based on the linear function of regression analysis we determined direction of changes and specified the ratio with time of analyzed indicator. The average relative air humidity in the Bydgoszcz vicinity, especially in the spring and summer months, was characterized by a large temporal variability, appropriate to moderate and transitional climate in Poland. The variability of the analyzed indicator in multi-year period 1985-2010 was not statistically confirmed. It was found a temporary widening of variation in 5 of the 7 examined cases in period 1998-2010 compared to the previous period 1985-1997.

Key words: relative air humidity, the vicinity of Bydgoszcz, temporal variability, climate change

WSTĘP

Wilgotność powietrza, zarówno względna jak i bezwzględna, może być potencjalnie bardzo wnikliwym narzędziem do badań nad agroklimatem rolniczej przestrzeni produkcyjnej, albowiem para wodna zawarta w powietrzu odgrywa istotną rolę w kształtowaniu bilansu energii przypowierzchniowej warstwy atmosfery w procesie parowania. Ponadto, wszelkie zmiany wilgotności bezwzględnej w warstwie przypowierzchniowej powietrza mają wpływ na zawartość pary wodnej w górnej troposferze gdzie, jako gaz cieplarniany, odgrywa ona znaczącą rolę w kształtowaniu globalnego bilansu promieniowania (Soden i in. 2005). Z uwagi na silne uzależnienie produkcji rolniczej od warunków atmosferycznych, na całym świecie od wielu lat obserwuje się bardzo duże zainteresowanie informacją o bieżącym i przewidywanym stanie warunków pogodowych.

Prowadzone są również badania nad spodziewanymi zmianami klimatu i ich wpływie na produkcję i gospodarkę rolną (Hoogenboom 2000). Niezbędnej informacji meteorologicznej dostarczają rozwijające się, w bardzo dużym tempie, lokalne sieci pomiarów agrometeorologicznych (Juszczak i in. 2005, Łabędzki i Bąk 2013, Treder i in. 2010, Doroszewski i in. 2012). Większość tych systemów monitorujących warunki meteorologiczne, kładzie duży nacisk na identyfikację niedoborów wilgoci w atmosferze. Wiele wskaźników służących do określania intensywności zjawiska posuchy atmosferycznej wymaga informacji o stanie warunków higrycznych powietrza (Łabędzki 2006, Chieng i in. 2012, Rolbiecki i in. 2015). Prognozowane zmiany klimatu (Stuczyński i in. 2000) przekonują do bieżącego prowadzenia monitoringu warunków pogodowych, ale wymagają także analizy historycznych wieloletnich ciągów pomiarowych.

Zmiany wilgotności powietrza mogą być spowodowane przez inne czynniki niż temperatura m.in. przez zmiany w cyrkulacji atmosferycznej, zmiany użytkowania gruntów, w tym stosowanie nawodnień i budowa zbiorników retencyjnych, oraz zwiększenie ruchu lotniczego (efekt obserwowany w wyższej troposferze) (Lee 1991; Elliott 1995; Schwartzman i in. 1998; Gaffen i Ross 1999; Changnon i in. 2003; Marquart i in. 2003). Zazwyczaj, opracowania zmienności czasowej zawartości pary wodnej w powietrzu ograniczają się do małych regionów, obejmujących obszary lądowe, ponadto, w skali wielolecia nie zawsze mają jednorodny charakter (Gołaszewski 2004, Bryś i Bryś 2005, Siłuch 2006, Gołaszewski i Kleniewska 2009, Baranowski 2010). Pośród tych opracowań brakuje prac charakteryzujących warunki higryczne okolic Bydgoszczy. Korzystając z wieloletnich pomiarów prowadzonych w obrębie Lotniska Bydgoszcz-Szwederowo przeprowadzono analizę czasowej zmienności wilgotności względnej powietrza w okolicy miasta. Celem pracy była ocena trendów i tendencji zmian wilgotności oraz określenie, czy nastąpiło poszerzenie zmienności warunków higrycznych w rejonie Bydgoszczy w latach 1998-2010, w porównaniu z okresem wieloletnim 1980-1997.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były jednorodne serie średniej dobowej wilgotności względnej powietrza w miesiącach okresu wegetacyjnego (IV-IX) z lat 1985-2010, które zostały wyliczone w oparciu o pomiary prowadzone metodą standardową (psychrometr Assmanna umieszczony w klatce na wysokości 2 m n.p.g.), zgodnie z procedurami IMGW. Dane źródłowe pochodziły ze stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo, która w okresie 1983-2010 działała pod auspicjami Wojskowej Lotniskowej Stacji Meteorologicznej wykonującej meteorologiczną osłonę lotnictwa wojskowego i cywilnego oraz znormalizowane pomiary i obserwacje klimatologiczne. Stacja położona jest na wysoczyźnie na terenie

Lotniska Bydgoszcz-Szwederowo ($\varphi=53^{\circ}05'N$, $\lambda=17^{\circ}58'E$, $h=72,0$ m n.p.m.), oddalona około 3,5 km od centrum miasta.

W pracy oceniono charakter zmian średniej dobowej wilgotności względnej powietrza w wieloleciu 1985-2010, uwzględniając wybrane elementy statystyki opisowej. Przeprowadzono analizę korelacji i regresji, a na podstawie liniowej funkcji trendów określono kierunek zmian badanych elementów w czasie, dzieląc okres badań na dwa wielolecia: 1985-1997 i 1998-2010. Na tej podstawie określono, czy wraz z upływem czasu nastąpiła zmiana ekstremalności warunków higrycznych powietrza.

WYNIKI BADAŃ

Średnia wieloletnia wilgotność względna powietrza w okresie wegetacyjnym w okolicy Bydgoszczy wyniosła 73,3% (tab.1). Największą wartość tego wskaźnika równą 87,0% stwierdzono w 1985 roku, natomiast najmniejszą – 64,7%, w latach 2003 i 2005. Położenie Bydgoszczy w nizinnej części centralnej Polski sprzyja napływom mas powietrza z wielu kierunków, co skutkuje dużym zróżnicowaniem wilgotności względnej powietrza (tab. 1). Najmniejsza średnia miesięczna wielkość omawianego wskaźnika równa 68,3% przypadła na maj, największa natomiast cechowała wrzesień (81,7%). W miesiącach letnich (czerwiec, lipiec i sierpień) wilgotność powietrza stopniowo wzrastała i utrzymywała się na poziomie od 70,6% do 74,7%. W kwietniu średnia wilgotność względna była zbliżona do średniej okresu wegetacyjnego (tab. 1).

Najmniejszą wilgotność względną powietrza, na poziomie 54,0% stwierdzono w czerwcu 2003 i 2005 roku, natomiast najbardziej wilgotnym był wrzesień w 1985 roku (91%) (tab. 1).

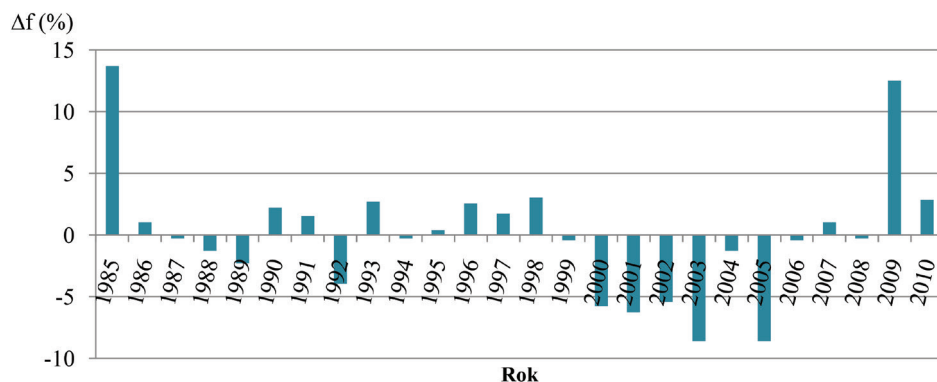
W badanym wieloleciu 1985-2010 zaobserwowano dużą zmienność czasową wskaźnika w miesiącach okresu wegetacyjnego, na co wskazują zarówno wartości ekstremalne jak i wielkość odchylenia standardowego (tab. 1). Największa zmienność czasowa spośród analizowanych miesięcy cechowała czerwiec (8,3%) i nieco mniejsza maj (7,8%) (tab. 1). Najmniejsze zróżnicowanie warunków higrycznych powietrza w czasie stwierdzono we wrześniu (4,5%). Na uwagę zasługuje fakt, że największe średnie wielkości wilgotności względnej powietrza w poszczególnych miesiącach jak i całym okresie, zarejestrowano w 1985 roku (kwiecień, czerwiec, sierpień, wrzesień), podczas gdy najmniejsze średnie wystąpiły z wyjątkiem września w latach 2000-2005 (tab. 1). W 12 przypadkach na 26 analizowanych średnia wilgotność względna okresu wegetacyjnego przewyższała średnią wieloletnią, a różnice wahały się od 0,4-13,7 %. Natomiast w 14 przypadkach stwierdzono mniejsze od średniej wieloletniej okresowe wielkości wilgotności względnej, a wielkość różnic mieściła się w przedziale 0,3-8,6 % (rys. 1).

Tabela 1. Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza na stacji Lotnisko Bydgoszcz – Szwederowo w latach 1985-2010

Table 1. Average monthly relative air humidity at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo in the years 1985-2010

Okres Period	Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza (%) Monthly average relative air humidity (%)			Odchylenie standardowe Standard deviation (%)
	Wieloletnia Multi-annual	Największa The highest	Najmniejsza The lowest	
IV	72,8	87,0 (1985)	60,0 (2000)	6,4
V	68,3	84,0 (2009)	56,0 (2003, 2005)	7,8
VI	70,6	87,0 (1985)	54,0 (2003, 2005)	8,3
VII	71,6	87,0 (2009)	58,0 (2001)	6,8
VIII	74,7	90,0 (1985)	64,0 (2001)	5,6
IX	81,7	91,0 (1985)	72,0 (1999)	4,5
IV-IX	73,3	87,0 (1985)	64,7 (2003, 2005)	5,2

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

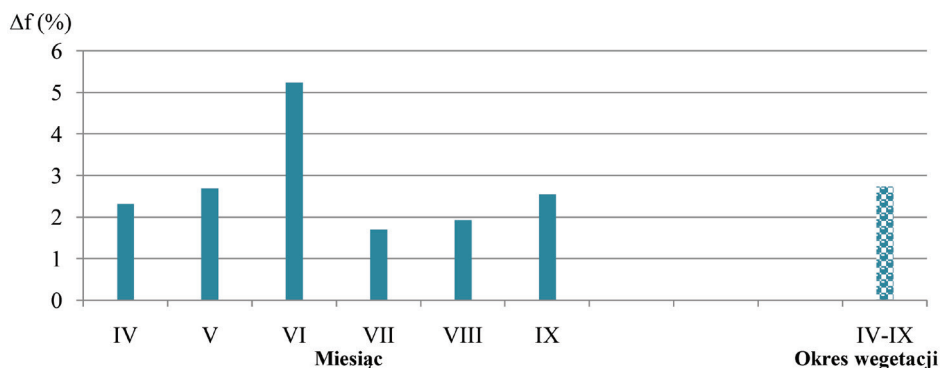


Źródło: wyniki własne; Source: own research data

Rysunek 1. Różnice pomiędzy średnimi wielkościami wilgotności względnej powietrza w okresie wegetacji w kolejnych latach, a średnią wieloletnią 1985-2010 na stacji Lotnisko Bydgoszcz – Szwederowo (Δf)

Figure 1. Differences between mean values of relative air humidity in the growing season in particular years and long-term average in 1985-2010 at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo (Δf)

Porównując wielkości średniej wilgotności względnej powietrza okresu wegetacyjnego w pierwszej (1985-1997) i drugiej połowie (1998-2010) analizowanego wielolecia stwierdzono, że różnice pomiędzy nimi miały charakter jednokierunkowy (rys. 2). Większe średnie wyliczono dla pierwszej połowy analizowanego okresu (1985-1997), w porównaniu z drugą połową (1998-2010). Najsilniejsze zróżnicowanie cechowało czerwiec (5,2%), najmniejsze natomiast lipiec (1,7%). W pozostałych miesiącach różnice mieściły się w przedziale od 1,9 do 2,7 %. Dla całego okresu wegetacyjnego różnica nie przekroczyła 3%.



Źródło: wyniki własne; Source: own research data

Rysunek 2. Różnice pomiędzy średnią wilgotnością powietrza w okresach 1985-1997 i 1998-2010 na stacji Lotnisko Bydgoszcz – Szwederowo (Δf)

Figure 2. Differences between mean values of relative air humidity in particular months and seasons in periods 1985-1997 and 1998-2010 at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo (Δf)

W wieloleciu 1985-2010 średnie miesięczne wartości wilgotności względnej powietrza wskazywały nieistotną statystycznie tendencję nieznacznie malejącą (tab. 2). W pierwszej połowie analizowanego okresu (lata 1985-1997) zmiany miesięcznej wilgotności względnej również miały tendencję spadkową z wyjątkiem maja, który cechowała tendencja odwrotna (tab. 2). W drugiej połowie analizowanego wielolecia (lata 1998-2010) zmiany zawartości pary wodnej w powietrzu cechowała tendencja rosnąca. Mimo dość dużych wartości współczynnika korelacji, tylko zmiany w sierpniu zostały potwierdzone statystycznie ($r=0,603$) (tab. 2)

Zmiana wilgotności względnej powietrza okresu wegetacyjnego w całym analizowanym wieloleciu 1985-2010 wyniosła zaledwie – 1,1%/10 lat. W okresie 1985-1987 zmiana ta była nieco większa: – 3,0%, natomiast największa zmiana cechowała okres 1998-2010 (6,5%) (rys. 2). Żadne z tych zmian nie zostały potwierdzone statystycznie (tab. 2).

Tabela 2. Współczynnik korelacji (r) i zmiany średniej wilgotności względnej powietrza (f) w okresach 1985-1997 i 1998-2010 na stacji

Lotnisko Bydgoszcz – Szwederowo

Table 2. Determination coefficients (r) and range of change of average relative air humidity (RH) in periods 1985-1997 and 1998-2010 at the station

Airport Bydgoszcz-Szwederowo

Okres Period	r 1985-2010	Zmiana f na 10 lat RH change in 10 years	r 1985-1997	Zmiana f na 10 lat RH change in 10 years	r 1998-2010	Zmiana f na 10 lat RH change in 10 years
IV	-0,187	-1,5	-0,446	-6,5	0,257	4,7
V	-0,016	-0,2	0,298	5,0	0,267	6,1
VI	-0,250	-2,7	-0,204	-3,2	0,227	5,6
VII	-0,065	-0,6	-0,150	-2,5	0,309	5,7
VIII	-0,123	-0,9	-0,560	-7,5	0,603*	9,2
IX	-0,160	-0,9	-0,354	-3,3	0,581	7,5
IV-IX	-0,170	-1,1	-0,280	-3,0	0,434	6,5

* istotny statystycznie na poziomie $p=0,05$

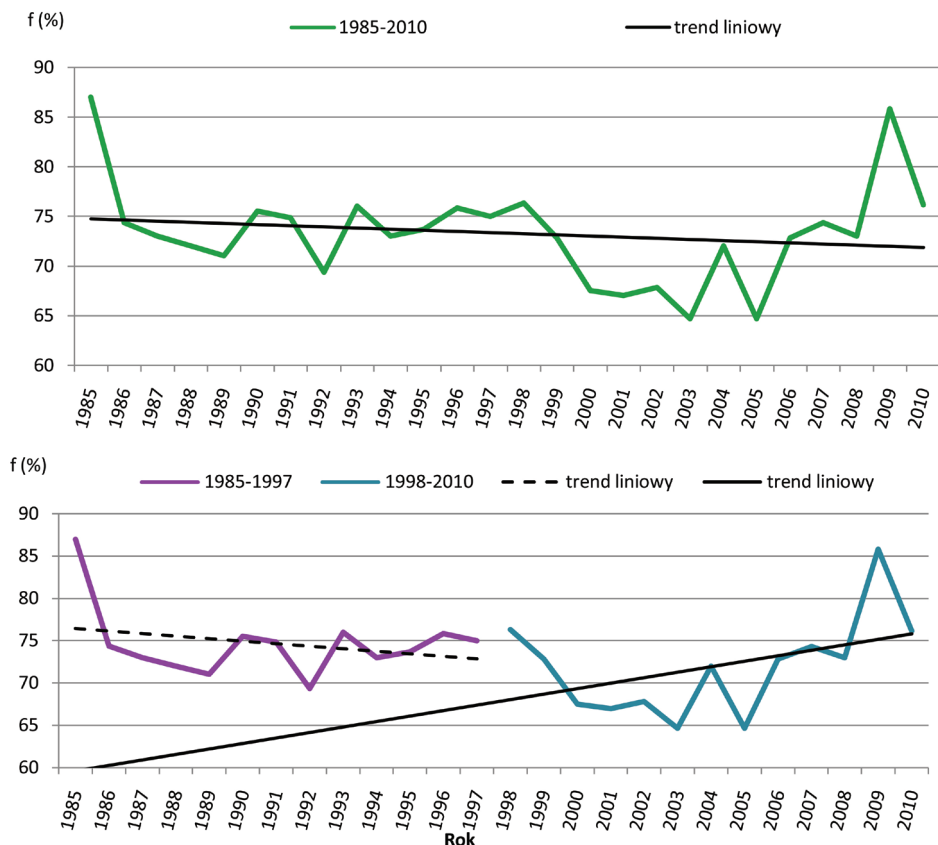
* significant at the level of $p=0,05$

Źródło: wyniki własne; Source: own research data

Tabela 3. Odchylenie standardowe (σ) i rozstęp wilgotności względnej powietrza w okresach 1985-1997 i 1998-2010 na stacji Lotnisko Bydgoszcz-Szwederowo

Table 3. Standard deviation (σ) and range of relative air humidity in the periods 1985-1997 and 1998-2010 at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo

Okres Period	Wilgotność względna powietrza (%) Relative air humidity (%)				
	σ 1985-1997	σ 1998-2010	Rozstęp Range 1985-1997	Rozstęp Range 1998-2010	Zmiana rozstępu Change of range
IV	5,7	7,1	23,0	23,0	0
V	6,5	9,0	20,0	28,0	+
VI	6,1	9,6	26,0	32,0	+
VII	6,6	7,2	24,0	29,0	+
VIII	5,2	6,0	22,0	22,0	0
IX	3,7	5,0	14,0	17,0	+
IV-IX	4,2	5,8	17,7	21,2	+



Źródło: wyniki własne; Source: own research data

Rysunek 3. Przebieg wilgotności powietrza okresu wegetacyjnego w wieloletniu 1985-2010 i w okresach 1985-1997 i 1998-2010 na stacji Lotnisko Bydgoszcz – Szwederowo z wyznaczoną linią trendu

Figure 3. Course of values of relative air humidity in the growing season in the multiannual period 1985-2010 and in periods 1985-1997 and 1998-2010 at the station Airport Bydgoszcz-Szwederowo with the linear tendency

Przeprowadzone porównanie wybranych elementów statystycznych pozwoliło zauważyć poszerzenie zmienności czasowej wilgotności względnej powietrza wraz z upływem czasu, w czterech spośród sześciu analizowanych miesięcy okresu wegetacyjnego i w całym okresie wegetacyjnym (tab. 3). Największe rozproszenie średniej wilgotności względnej cechowało czerwiec (9,6%), a nieco mniejsze maj (9,0%), najmniejsze sierpień (6,0%) i wrzesień (5,0%) (tab. 3).

DYSKUSJA WYNIKÓW

W dotychczasowej literaturze można znaleźć wiele opracowań charakteryzujących warunki wilgotnościowe powietrza, zarówno w ujęciu regionalnym jak i krajowym. Baranowski (2010) analizując zmienność wilgotności względnej powietrza w Łebie na podstawie danych z trzydziestolecia 1976-2005 stwierdził istotny spadek średniej rocznej wilgotności względnej równy – 1,9%/30lat. Analiza warunków wilgotnościowych w Bydgoszczy wykazała także ujemny kierunek zmian badanego wskaźnika w czasie, przy czym redukcja wilgotności względnej powietrza dla analizowanego okresu była inna niż w Łebie, a statystyczna istotność tych zmian nie została potwierdzona. W Kołobrzegu (Baranowski i Górską 2010) odnotowano istotny statystycznie trend spadkowy wilgotności względnej powietrza w trzydziestoleciu 1976-2005. Oszacowany na podstawie parametrów trendu liniowego, spadek analizowanego wskaźnika w latach 1976-2005 nieznacznie przekraczał 2%.

Duże rozproszenie średnich miesięcznych wartości wilgotności względnej powietrza w Kołobrzegu zaobserwowano w okresie od marca do lipca (z wyraźnie znaczącym majowym maksimum) oraz we wrześniu (Baranowski i Górską 2010). W Bydgoszczy bardzo duża zmienność czasowa cechowała wilgotność względną powietrza w maju i czerwcu, a dość duża w kwietniu i lipcu. Podobnie w Łebie zaobserwowano największą dyspersję średnich miesięcznych wartości wilgotności względnej powietrza w okresie od kwietnia do czerwca (Baranowski 2010).

Brys i Brys (2005) badając wieloletni przebieg warunków wilgotnościowych powietrza we Wrocławiu-Swojcu stwierdzili, że w przebiegach sum rocznych i półrocznych wszystkich badanych wskaźników wyróżnić można wyraźne wieloletnie okresy opadania i wznoszenia wartości, które są widoczne we fragmentarycznych trendach zarówno prostoliniowych i wygładzeniach wielomianowych. Autorzy wnioskują, że okresy te nadają długookresowym zmianom badanych wskaźników charakter falowy, który jest wypadkową złożonego oddziaływania wieloletnich zmian cyrkulacyjnych oraz wpływów aktywności solarnej. Według Żmudzkiej (2009) uwarunkowania cyrkulacyjne łącznie z nefologicznymi przyczyniają się w około 80% do zmienności temperatury powietrza w Polsce, co jak stwierdziła autorka, przekłada się na tendencje zmian innych elementów klimatu w ich rozkładzie przestrzennym.

Wieloletnie szeregi czasowe, pozwalają objaśniać zmiany danego zjawiska, bądź elementu meteorologicznego w czasie. Taka analiza statystyczna wykorzystywana jest w konstruowaniu i ocenie modeli, które te zmiany opisują. Dzięki temu możliwe staje się ujawnianie prawidłowości, jakim podlega badany proces czy element klimatu. Historyczne serie danych meteorologicznych mogą być także wykorzystywane do tworzenia prognoz analizowanych zmiennych

w przyszłości, aczkolwiek należy pamiętać, że automatyczne sposoby pomiarów meteorologicznych stosowane w dynamicznie rozwijających się systemach monitorowania agroklimatu grożą przerwaniem homogeniczności wieloletnich serii obserwacyjnych, uzyskanych ze stosowaniem przyrządów klasycznych.

PODSUMOWANIE

Średnia wieloletnia wilgotność względna powietrza w okresie wegetacyjnym w okolicy Bydgoszczy wyniosła 73,3% i zmieniała się w latach 87,0% do 64,7%. Nie stwierdzono istotnych trendów zmian wilgotności względnej powietrza w poszczególnych miesiącach i całym okresie wegetacyjnym w wieloleciu 1985-2010. Porównanie okresów miesięcznych pierwszej i drugiej połowy analizowanego wielolecia pozwoliła stwierdzić wystąpienie różnic. W pierwszej połowie (1985-1997) okres wegetacyjny i miesiące (z wyjątkiem maja) cechowała nieznaczna tendencja malejąca wilgotności względnej powietrza nieistotna statystycznie. W drugiej połowie (1988-2010) charakter zmian wielkości miesięcznych i całego sezonu był dodatni, a statystycznie potwierdzono tylko zmiany w sierpniu. Stwierdzono poszerzenie zmienności wilgotności względnej powietrza wraz w upływem czasu w czterech okresach miesięcznych i w całym okresie wegetacyjnym, co może być interpretowane, jako wzrost ekstremalności stanów pogodowych.

LITERATURA

- Baranowski, D. (2010). *Relative air humidity and saturation deficit in Łeba. Baltic coastal zone*. Journal of Ecology and Protection of the Coastline 14, 121-132.
- Baranowski, D., Górka, M. (2010). *Wilgotność powietrza w Kołobrzegu w latach 1976-2005*. Słupskie Prace Geograficzne 7, 5-17.
- Bryś, K., Bryś, T. (2005). *Zmienność warunków higrycznych we Wrocławiu-Swojcu w latach 1883-2003*. Acta Agrophysica 5(3), 543-554.
- Changnon, D., Sandstrom, M., Schaffer, C. (2003). *Relating changes in agricultural practices to increasing dew points in extreme Chicago heat waves*. Climate Research 24, 243-254.
- Chieng, S., Biniak-Pieróg, M., Kamińska, J., Szulczewski, W., Żyromski, A. (2012). *Aplikacja Evapo – narzędzie do wyznaczanie ewapotranspiracji metodą Fao – Penman – Monteith*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, 3/III, 55-66.
- Doroszewski, A., Jadczyński, J., Kozyra, J., Pudelko, R., Stuczyński, T., Mizak, K., Łopatka, A., Koza, P., Górski, T., Wróblewska, E. (2012). *Podstawy Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 12, 2(38), 77-91.
- Elliott, W. P. (1995). *On detecting long-term changes in atmospheric moisture*. Climatic Change 31, 349-367.

- Gaffen, D. J., Ross, R. J. (1999). *Climatology and trends of US surface humidity and temperature*. Journal of Climate 12, 811-828.
- Gołaszewski, D. (2004). *Próba oceny wpływu dolin rzecznych na kształtowanie się wybranych parametrów meteorologicznych*. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska Annals XIII, 2(29), 55-64.
- Gołaszewski, D., Kleniewska, M. (2009). *Ocena warunków termicznych i wilgotnościowych w dolinie Wisły w rejonie Warszawy*. Acta Agrophysica, 13(2), 353-365.
- Hoogenboom, G. (2000). *Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications*. Agricultural and Forest Meteorology, 103, 137-157.
- Juszczak, R., Leśny, J., Olejnik, J., Jakubiak, B., Friesland, H. (2005). *Agrometeorologiczny system wspomagania decyzji w organizacji prac gospodarstw rolnych w Wielkopolsce – etap pierwszy tworzenia serwisu*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 5, 2 (15), 157-173.
- Lee, D. O. (1991). *Urban-rural humidity differences in London*. International Journal of Climatology 11, 577-582.
- Łabędzki, L. (2006). *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe Monografie, 17.
- Łabędzki L., Bąk B. 2013. *Monitoring i prognozowanie przebiegu i skutków deficytu wody na obszarach wiejskich*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2/I/2013, s. 65-76
- Marquart, S., Ponater, M., Mager, F., Sausen, R. (2003). *Future development of contrail cover, optical depth and radiative forcing: impacts of increasing air traffic and climate change*. Journal of Climate 16, 2890-2904.
- Rolbiecki, S., Rolbiecki, R., Dudek, S., Kuśmierk-Tomaszewska, R., Żarski, J. (2015). *Ocena potrzeb i efektów nawodnień kropłowych ziemniaka średnio wczesnego 'Oman' na glebie bardzo lekkiej*. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych (w druku).
- Schwartzman, P. D., Michaels, P. J., Knappenberger, P. C. (1998). *Observed changes in the diurnal dewpoint cycles across North America*. Geophysical Research Letters 25, 2265-2268.
- Siłuch, M. (2006). *Ogólna charakterystyka rozkładu wilgotności względnej powietrza na Lubelszczyźnie w latach 1951-2000*. Acta Agrophysica, 6(2), 549-560.
- Soden, B. J., Jackson, D. L., Ramaswamy, V., Schwarzkopf, M. D., Huang, X. (2005). *The radiative signature of upper tropospheric moistening*. Science, 310, 841-844.
- Treder, W., Wójcik, K., Żarski, J. (2010). *Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych*. Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, 18, 143-153.
- Żmudzka, E. (2009). *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica, 13(2), 555-568.

Dr inż. Renata Kuśmierek-Tomaszewska
Prof. dr hab. inż. Jacek Żarski
Dr inż. Stanisław Dudek
Katedra Melioracji i Agrometeorologii, WRiB
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
tel. 52 3749516
e-mail: rkusmier@utp.edu.pl

Mgr Edward Łaszycza
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy,
Oddział Morski w Gdyni
Lotniskowa Stacja Meteorologiczna ul. Jana Pawła II 158
85-151 Bydgoszcz-Szwederowo
e-mail: edward.laszycza@poczta.onet.pl

Wpłynęło: 4.01.2015

Akceptowano do druku: 17.04.2015