

NIEDOSYT WILGOTNOŚCI POWIETRZA MIARĄ ZMIENNOŚCI WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH W KRAKOWIE

Agnieszka Wypych

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 7
e-mail: awypych@geo.uj.edu.pl

Streszczenie. Celem opracowania jest ukazanie zmienności warunków wilgotnościowych w Krakowie poprzez analizę wieloletniego przebiegu wartości średnich rocznych, sezonowych i miesięcznych niedosytu wilgotności powietrza oraz charakterystykę częstości występowania niedosytu wilgotności w określonych przedziałach wartości, także przypadków anomalnych i ekstremalnych. Wykorzystano terminowe wartości niedosytu wilgotności z lat 1901-2000. W celu określenia wpływu cyrkulacji atmosferycznej na warunki higryczne oraz prawdopodobieństwa występowania dni charakterystycznych ($d_{f} \geq 10,0$ hPa, $d_{g} > 12,5$ hPa) posłużono się również regionalnymi wskaźnikami cyrkulacji oraz kalendarzem sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły. Analiza zmienności warunków wilgotnościowych w Krakowie wykazała, że powietrze w mieście ulega wysuszeniu. Świadczy o tym zarówno istotna statystycznie tendencja wzrostowa wartości średnich miesięcznych głównie w lecie (3,0 hPa/100lat w sierpniu) oraz rocznych (1,4 hPa/100lat) niedosytu wilgotności, jak i rosnąca częstość występowania dni charakterystycznych. Prezentowane tendencje są wyraźnie widoczne przede wszystkim po roku 1970. Korelacja przebiegu niedosytu wilgotności powietrza ze zmiennością wskaźników cyrkulacji atmosferycznej jest istotna głównie zimą. W związku z tym, że tendencje zmian wilgotności powietrza mają miejsce w cieplej połowie roku sądzić należy, iż dużą rolę w kształtowaniu warunków wilgotnościowych w Krakowie odgrywają także czynniki lokalne i antropogeniczne.

Słowa kluczowe: wilgotność powietrza, niedosyt wilgotności powietrza, zmienność wieloletnia, Kraków

WSTĘP

W związku z coraz szerzej omawianym problemem zmian klimatu, wiele uwagi poświęca się także zagadnieniom anomalii klimatycznych oraz częstości występowania zjawisk ekstremalnych. W większości prac autorzy poruszają ten temat w aspekcie zmienności temperatury i opadów atmosferycznych. Jest to w pełni zrozumiałe, gdyż te właśnie elementy meteorologiczne spełniają rolę

podstawowych wskaźników zmian klimatycznych. Zawartość pary wodnej w atmosferze ma ważny wpływ między innymi na zachmurzenie i występowanie opadów atmosferycznych, zaś w powiązaniu z temperaturą powietrza odgrywa istotną rolę w przebiegu procesu parowania. Pomimo to wilgotność powietrza rzadko jest przedmiotem szczegółowych analiz (Brys i Bryś 2005). Ze względu na znaczenie tego elementu meteorologicznego w badaniach agrometeorologicznych i hydrologicznych oraz możliwość wykorzystania wyników tych prac w różnych dziedzinach gospodarki zasadnym jest podjęcie zagadnienia zmienności wilgotności powietrza.

Krakowska seria pomiarowa stanowi źródło unikatowych informacji dotyczących zmian klimatu w ostatnich stuleciach, gdyż zgromadzony materiał archiwalny obejmuje ponad 150 lat nieprzerwanych obserwacji. Obecnie, wskutek dynamicznego rozwoju miasta, stacja położona jest w jego centrum. Stanowi to przedmiot dyskusji nad jednorodnością posiadanego materiału, budzić może także wątpliwości możliwość wykorzystania uzyskanych wyników w praktykach agrometeorologicznych. Urbanizacja jest jednak zjawiskiem powszechnym, także na terenach pozamiejskich. Próba określenia wpływu antropopresji na warunki wilgotnościowe daje możliwość odpowiedniej melioracji klimatu obszarów objętych działalnością człowieka.

Celem opracowania jest ukazanie zmienności warunków wilgotnościowych w Krakowie oraz próba określenia jej przyczyn. Za indykator zmian przyjęto niedosyt wilgotności, jako parametr opisujący stopień uwilgotnienia powietrza. Wprowadzony on został do meteorologii i klimatologii głównie ze względu na rolę, jaką odgrywa w wyznaczaniu wskaźnika parowania. Jego silna zależność przede wszystkim od temperatury powietrza i prędkości wiatru sprawia, że częstość występowania określonych wartości wykazuje duże zróżnicowanie.

Zmienność warunków wilgotnościowych przedstawiona zostanie poprzez analizę rocznego przebiegu niedosytu wilgotności powietrza, przebiegów wieloletnich wartości rocznych, sezonowych i miesięcznych, a także dni o charakterystycznych i ekstremalnych warunkach higrycznych.

MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY I METODY

Pomiary wilgotności powietrza w Krakowie prowadzone są od 1830 r. Od połowy lat 30. XIX wieku nieprzerwanie do dziś wykonywane są za pomocą psychrometru Augusta. Przyrząd znajduje się w klatce meteorologicznej umieszczonej przy NNW oknie budynku na wysokości 12 m nad poziomem gruntu (Stacja Historyczna Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego).

W pracy wykorzystano terminowe wartości temperatury powietrza z lat 1901-2000, które posłużyły do obliczenia niedosytu wilgotności powietrza metodą Ro-

jeckiego. Dane stanowią cenny materiał źródłowy, gdyż w badanym okresie pomiary wykonywane były konsekwentnie tą samą metodą, niezmiennie w tym samym miejscu, zgodnie z obowiązującymi instrukcjami meteorologicznymi. Przeprowadzone testy homogeniczności – zmodyfikowane (Stepanek 2006) postaci SNHT Alexanderssona – wykazały względną jednorodność serii. Niewielkie zaburzenia spowodowane były zmianą godziny wieczornego terminu pomiarowego oraz otoczenia stacji.

Dane źródłowe wykorzystano do charakterystyki rocznego i wieloletniego przebiegu wilgotności powietrza. Analizie poddano częstość występowania niedosytu wilgotności w wydzielonych przedziałach wartości w kolejnych miesiącach w roku. Przyjęto 2,0 hPa zakres zmienności przedziałów. Zbadano także wieloletni przebieg niedosytu wilgotności poprzez określenie zmienności wartości średnich rocznych, sezonowych i miesięcznych oraz odchyłeń od średniej wieloletniej. Określono również tendencję tych zmian. Dokonano analizy zmienności wieloletniej częstości występowania wartości w przyjętych przedziałach. Zbadano także częstość i zmienność w wieloleciu występowania tzw. dni charakterystycznych oraz ciągów tych dni. Za charakterystyczne przyjęto dni z niedosytem wilgotności powietrza $\geq 10,0$ hPa w południowym terminie pomiarowym. Takie warunki sprzyjają wzmożonemu parowaniu terenowemu, przy wysokich wartościach temperatury powietrza mają także niekorzystny wpływ na organizm człowieka zwiększając parowanie z płuc i górnych dróg oddechowych, co daje odczucie suchości powietrza (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997). Jako tzw. charakterystyczne uznano również przypadki anomalne i ekstremalne. Rozkład częstości niedosytu wilgotności powietrza odznacza się silną asymetrią oraz równocześnie znaczną skośnością (współczynnik skośności $-1,36$). Omawiany parametr nie przyjmuje wartości ujemnych, zaś dni o średniej dobowej niższej od średniej wieloletniej stanowią ponad 50%. W związku z nierównomiernym rozkładem wartości analizie poddano jedynie przypadki występowania anomalii dodatnich. Za próg anomalii przyjęto $d_{sr} + 2,5\sigma$ ($d_{sr} > 12,5$ hPa).

W celu określenia prawdopodobieństwa występowania niekorzystnych warunków higrycznych zbadano wpływ cyrkulacji atmosferycznej na zmienność wilgotności powietrza w Krakowie poprzez analizę częstości występowania dni charakterystycznych ($d_{17} \geq 10,0$ hPa, $d_{sr} > 12,5$ hPa) w określonych typach sytuacji synoptycznych (Niedźwiedź 1981, 2003) oraz analizę związków korelacyjnych przebiegu niedosytu wilgotności powietrza i wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) opisującego natężenie adwekcji powietrza znad Atlantyku oraz regionalnych wskaźników cyrkulacji.

PRZEBIEG ROCZNY NIEDOSYTU WILGOTNOŚCI POWIETRZA

Średnia roczna wartość niedosytu wilgotności powietrza w Krakowie wynosi 3,9 hPa. Najniższe wartości notowane są zimą (w grudniu i styczniu $d_{sr} = 1,0$ hPa), najwyższe zaś w lipcu ($d_{sr} = 7,7$ hPa). Jesień w Krakowie jest bardziej wilgotna niż wiosna. Wartość niedosytu wilgotności nie przekracza 3,0 hPa podczas gdy wiosną sięga średnio 4,2 hPa.

Średni dobowy niedosyt wilgotności przyjmuje najczęściej wartości niskie. Ponad 40% dni w roku odznacza się niedosytem wilgotności powietrza nie przekraczającym 2,0 hPa, zaś więcej niż 90% przypadków to wartości nie większe niż 10,0 hPa (tab. 1).

Tabela 1. Częstość (%) średnich dobowych wartości niedosytu wilgotności powietrza w przyjętych przedziałach w Krakowie (1901-2000)

Table 1. Frequency (%) of daily mean air saturation deficit values at defined intervals in Kraków (1901-2000)

Miesiąc Month	d (hPa)										
	≤2,0	2,1- 4,0	4,1- 6,0	6,1- 8,0	8,1- 10,0	10,1- 12,0	12,1- 14,0	14,1- 16,0	16,1- 18,0	18,1- 20,0	>20,0
I	90,4	8,8	0,8	0,0*							
II	83,0	15,0	1,6	0,3	0,1						
III	54,2	31,4	10,8	2,7	0,7	0,2					
IV	20,5	35,3	24,0	10,9	5,7	2,2	1,0	0,3	0,1		
V	8,6	20,9	24,1	22,1	12,6	6,0	3,5	1,6	0,4	0,1	0,1
VI	6,6	14,3	21,4	21,8	17,1	10,0	4,9	2,3	1,1	0,4	0,1
VII	4,7	13,0	18,4	21,2	19,8	10,8	6,0	3,2	1,6	0,7	0,5
VIII	5,9	17,0	22,8	23,0	14,9	8,5	4,2	1,7	0,9	0,5	0,5
IX	14,6	33,1	30,4	14,4	5,1	1,7	0,5	0,2	0,0*		
X	40,6	40,9	14,0	3,6	0,8	0,1					
XI	76,8	19,8	2,5	0,7	0,1						
XII	90,1	9,0	0,8	0,1							
Rok Year	41,2	21,5	14,3	10,1	6,5	3,3	1,7	0,8	0,4	0,1	0,1

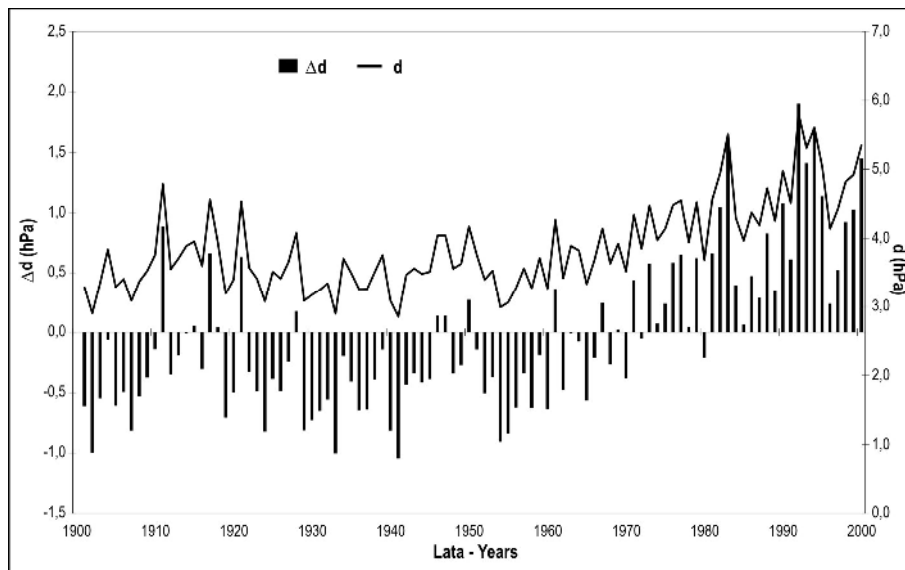
* jeden przypadek – single case.

Częstość występowania określonych wartości niedosytu wilgotności powietrza wykazuje duże zróżnicowanie w ciągu roku. W miesiącach chłodnej połowy roku (X-III) wartości $d_{sr} > 10,0$ hPa praktycznie, poza sporadycznymi przypadkami,

mi, nie są notowane. Wartości najwyższe $d_{sr} > 18,0$ hPa pojawiają się jedynie od maja do sierpnia (tab. 1). W XX wieku zanotowano jedynie 88 dni ze średnim dobowym niedosytem wilgotności powietrza przekraczającym 18,0 hPa, z czego ponad 50 dni wystąpiło w ostatniej dekadzie stulecia (Wypych 2007).

WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ NIEDOSYTU WILGOTNOŚCI POWIETRZA

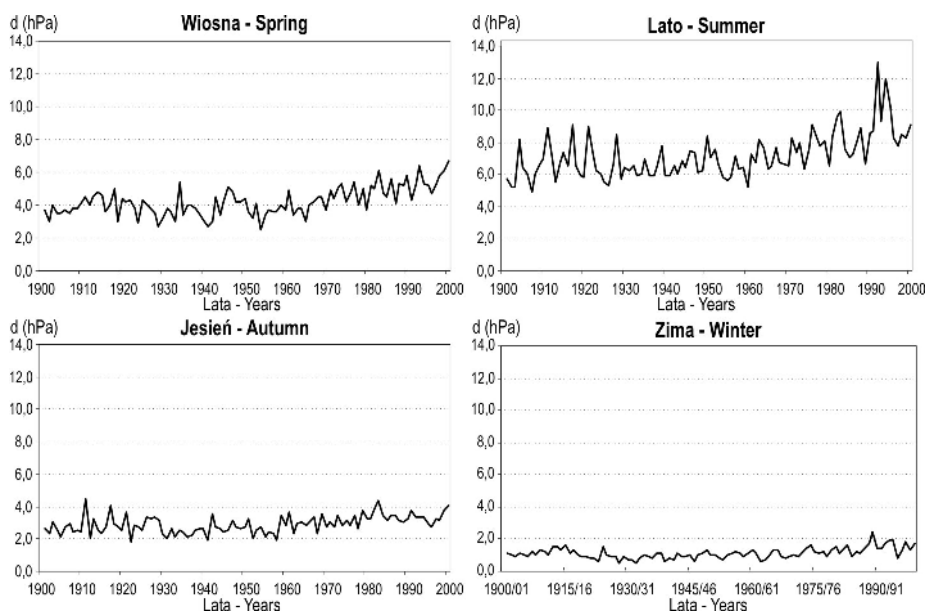
Średnia roczna wartość niedosytu wilgotności powietrza w Krakowie wahała się w omawianym okresie od 2,9 hPa w latach 1902, 1933 i 1941 do 5,8 hPa w 1992 r. Wieloletnia zmienność niedosytu wilgotności wykazuje istotną (na poziomie $\alpha = 0,05$) tendencję wzrostową (rys. 1). Przyrost w badanym wieloleciu wyniósł 1,4 hPa/100 lat, co stanowi wartość dwukrotnie wyższą od tej, którą w wyniku prowadzonych badań uzyskali dla Wrocławia K. i T. Bryś (2005). Początkowi minionego stulecia towarzyszyły stosunkowo niskie wartości niedosytu oraz tendencja spadkowa przez ponad cztery dekady. Systematyczny wzrost niedosytu wilgotności nastąpił dopiero w drugiej połowie XX wieku. Od roku 1971 średnie roczne przekraczają (wyjątek stanowi rok 1980) wartość średnią wieloletnią – odchylenia sięgają +2,0 hPa (rys. 1).



Rys. 1. Wieloletni przebieg niedosytu wilgotności powietrza (d) oraz odchyień od średniej wieloletniej wartości niedosytu wilgotności powietrza (Δd) w Krakowie (1901-2000)

Fig. 1. Mean annual values of air saturation deficit (d) and deviations from multi-annual average air saturation deficit value (Δd) in Kraków (1901-2000)

Zmienność niedosytu wilgotności powietrza w Krakowie odznacza się wyraźną sezonowością (rys. 2). Zimą przebieg jest wyrównany. Odchylenia od średniej sporadycznie przekraczają 1,0 hPa. Znaczny wzrost wartości, do 3,0 hPa/100 lat, z zaznaczającymi się dużymi fluktuacjami obserwowany jest latem. Zakres zmienności sięga 11,2 hPa w sierpniu. Niepokojącym jest fakt, że od lat 70. dwudziestego wieku wzrasta także wartość niedosytu wilgotności powietrza w miesiącach wiosennych. Niewielka ilość pary wodnej w powietrzu w okresie kwitnienia i dojrzewania roślin wpływa zdecydowanie niekorzystnie, powodując wiosną wysychanie pyłków oraz latem zmniejszony przyrost masy roślinnej. W maju w latach 1961-1992 odnotowano wzrost wartości d o 2,0 hPa/30 lat (Wypych 2004).

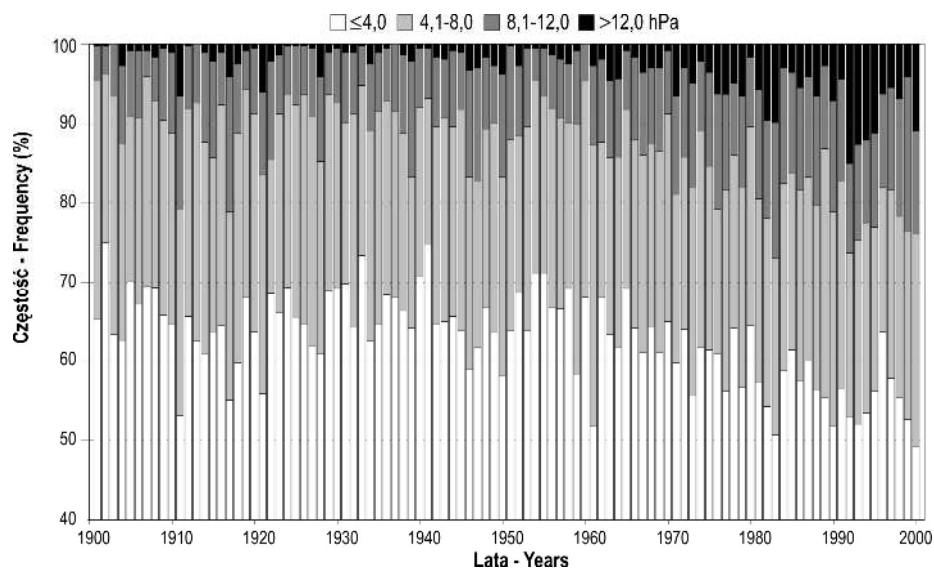


Rys. 2. Wieleletni przebieg niedosytu wilgotności powietrza w Krakowie w kolejnych porach roku (1901-2000)

Fig. 2. Multi-annual seasonal values of air saturation deficit in Kraków (1901-2000)

Zmienność wieloletnia wilgotności powietrza przejawia się także, choć w nieznacznym stopniu, w częstoci występowania określonych wartości niedosytu wilgotności (rys. 3). Frekwencja wartości w wydzielonych (co 4,0 hPa) przedziałach ulegała zmianom w kolejnych latach. Istotnym był jedynie spadek liczby dni z niedosytem wilgotności nie większym niż 4,0 hPa oraz wzrost liczby dni o najwyższych wartościach niedosytu (zdecydowana większość z nich wystąpiła w drugiej połowie omawianego okresu). W pozostałych przedziałach wartości liczba dni pozostawała względnie stała (rys. 3).

Wzrost częstości występowania wartości $d > 12,0$ hPa sugeruje, iż w omawianym okresie coraz wyższe były także najwyższe notowane wartości niedosytu wilgotności powietrza. Ich systematyczna akceleracja w półroczu ciepłym, a także obserwowane wahania z roku na rok miały miejsce w latach 1971-2000, a zwłaszcza po roku 1980. Najwyższe dobowe wartości niedosytu wilgotności przypadały właśnie na ten okres – 27,0 hPa – 30 lipca 1994 r.

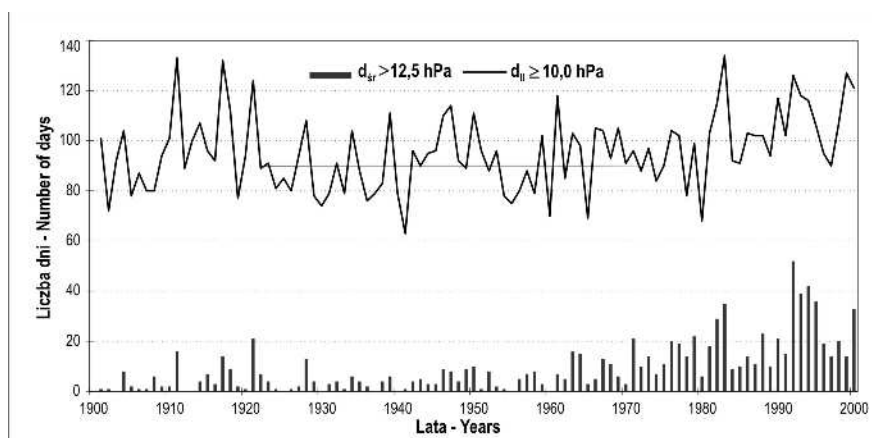


Rys. 3. Częstość (%) występowania niedosytu wilgotności powietrza w przyjętych przedziałach wartości (hPa) w kolejnych latach w Krakowie (1901-2000)

Fig. 3. Annual frequency (%) of air saturation deficit values at defined intervals (hPa) in Kraków (1901-2000)

Tendencję wzrostową wykazuje także liczba dni z niedosytem wilgotności nie mniejszym niż 10,0 hPa w południowym terminie pomiarowym. Wskaźnik ten przyjęto jako istotny przy analizie wpływu zmiany warunków wilgotnościowych na procesy parowania. Średnio w roku w Krakowie notowanych jest 95 takich dni, przy czym liczba ta wahała się od 63 dni w 1941 r. do 134 w 1983 r. (rys. 4). Przyrost wartości nie jest duży – wyniósł w omawianym okresie 13 dni rocznie i najwyraźniej zaznacza się w kwietniu i w sierpniu (3 dni rocznie/100 lat). Ważnym jest jednak fakt, że przez ponad połowę stulecia liczba dni z $d_{II} \geq 10,0$ hPa pozostawała na stałym poziomie około 90 dni w roku, wartości wyższe notowane były jedynie w latach 1911-1920 oraz po roku 1980 (rys. 4). Ostatnie dwudziestolecie minionego wieku przyczyniło się zdecydowanie do dodatniej tendencji występowania dni z $d_{II} \geq 10,0$ hPa.

W XX stuleciu wzrosła także częstość sytuacji o anomalnych i ekstremalnych warunkach higrycznych. Dni z dobowym niedosytem wilgotności powietrza przewyższającym 12,5 hPa występują są przede wszystkim od kwietnia do września – ponad 50% przypadków w czerwcu i lipcu. W ostatnich dwóch dekadach XX wieku frekwencja sytuacji o anomalnych warunkach wilgotnościowych wzrosła z 10-15 do ponad 30 dni w roku (rys. 4).

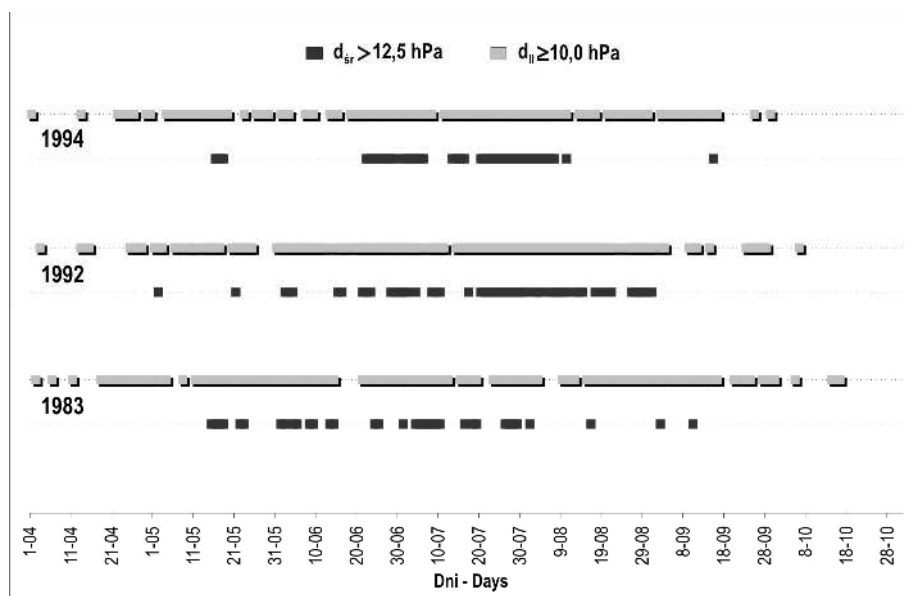


Rys. 4. Liczba dni z niedosytem wilgotności powietrza $\geq 10,0$ hPa w południowym terminie pomiarowym ($d_{II} \geq 10,0$ hPa) oraz dni z anomalnymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza ($d_{sr} > 12,5$ hPa) w Krakowie (1901-2000) (linia prosta $y = 90$ – średnia wieloletnia liczba dni ($d_{II} \geq 10,0$ hPa) w latach 1921-1980)

Fig. 4. Number of days with air saturation deficit values ≥ 10.0 hPa at midday observation time ($d_{II} \geq 10.0$ hPa) and days with anomalous values of air saturation deficit ($d_{sr} > 12.5$ hPa) in Kraków (1901-2000) (straight line $y = 90$ – multiannual mean number of days ($d_{II} \geq 10.0$ hPa) in the period 1921-1980)

Cenną informacją, opisującą warunki wilgotnościowe, agro- i bioklimatyczne obszaru jest częstość utrzymywania się przez dłuższy czas tzw. dni charakterystycznych. W Krakowie w latach 1901-2000 ponad 70% dni z $d_{II} \geq 10,0$ hPa grupowało się w ciągach o długości większej niż 3 dni. Najwięcej (80%) przypadków wystąpiło od maja do sierpnia. Najczęściej były to ciągi krótkie 3-4 dniowe. Najdłuższe, trwające ponad tydzień, pojawiały się średnio 3-4 razy w ciągu roku. Ich długość z roku na rok wzrastała, co powodowało, że skupiały coraz większą liczbę dni. Opisujący w ten sposób stan suchości powietrza może utrzymywać się nieprzerwanie przez ponad miesiąc. Miało to miejsce na przełomie lipca i sierpnia 1992 r. (rys. 5).

Większość z tych dni odznaczała dodatkowo się dodatnimi anomalnymi warunkami wilgotnościowymi. Najdłuższy ciąg dni z $d_{sr} > 12,5$ hPa zanotowano w 1994 roku – niedosyt wilgotności powietrza przez 19 dni przewyższał 12,5 hPa (rys. 5).



Rys. 5. Przykłady lat z najdłuższymi ciągami dni z niedosytem wilgotności $\geq 10,0$ hPa w południowym terminie pomiarowym ($d_{II} \geq 10,0$ hPa) oraz dni z anomalnie dodatnimi wartościami niedosytu wilgotności powietrza ($d_{Ir} > 12,5$ hPa) od kwietnia do października w Krakowie (1901-2000)

Fig. 5. Examples of years with the longest series of days with air saturation deficit ≥ 10.0 hPa at midday observation time ($d_{II} \geq 10.0$ hPa) and days with anomalous positive values of air saturation deficit ($d_{Ir} > 12.5$ hPa) from April to October in Kraków (1901-2000)

WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA WARUNKI WILGOTNOŚCIOWE W KRAKOWIE

Jednym z ważniejszych czynników kształtujących warunki klimatyczne danego obszaru jest cyrkulacja atmosferyczna. Decyduje ona o napływie mas powietrza oraz o przemieszczaniu się frontów atmosferycznych.

Najbardziej istotnymi elementami cyrkulacji atmosferycznej, które wpływają bezpośrednio na pogodę są kierunek adwekcji oraz rodzaj układu barycznego. Niskie wartości niedosytu wilgotności powietrza, nie przekraczające $10,0$ hPa, występują w Krakowie z równą częstością w sytuacjach cyklonalnych i antycyklonalnych. Pojawianie się wysokich wartości: $d_{II} \geq 10,0$ hPa oraz $d_{Ir} > 12,5$ hPa jest silnie zależne od aktualnej sytuacji synoptycznej. Obydwa przypadki mają miejsce dwukrotnie częściej w sytuacjach wyżowych – dominującą rolę odgrywa

obecność nad Polską Południową centrum wyżu (Ca) lub klina antycyklonalnego (Ka) (tab. 2).

Tabela 2. Częstość i prawdopodobieństwo warunkowe (%) występowania charakterystycznych wartości niedosytu wilgotności powietrza w Krakowie (1901-2000) w określonych typach sytuacji synoptycznych (wg Niedźwiedzia 1981)

Table 2. Frequency and conditional probability (%) of characteristic air saturation deficit values in Kraków (1901-2000) in particular synoptic situation types (by Niedźwiedź 1981)

d (hPa)	Typy sytuacji synoptycznych – Synoptic situation types										
	Na NEa	Ea SEa	Sa SWa	Wa NWA	Ca Ka	Nc NEc	Ec SEc	Sc SWc	Wc NWc	Cc Bc	X
Częstość – Frequency (%)											
$d_{sr} > 12,5$	6,1	11,0	17,1	7,5	28,0	0,1	2,3	13,6	4,3	8,9	1,1
$d_{II} \geq 10,0$	7,2	10,5	9,9	14,0	22,6	1,8	3,3	9,3	9,8	10,1	1,5
Prawdopodobieństwo warunkowe – Conditional probability (%)											
$d_{sr} > 12,5$	2,5	2,6	6,0	1,3	5,0	0,1	1,2	4,3	0,7	2,3	1,6
$d_{II} \geq 10,0$	29,4	25,1	34,9	24,6	40,7	10,0	17,4	29,7	15,6	26,4	23,9

Prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia dni z niedosytem wilgotności powietrza $d_{II} \geq 10,0$ hPa jest największe i wynosi ponad 40%, gdy w dolinie górnej Wisły zalega klin antycyklonalny. Wystąpienie anomalnych wartości niedosytu wilgotności powietrza jest najbardziej prawdopodobne przy napływie mas powietrza z południowego-zachodu (SWa) i południa w wyżu (Sa) oraz w sytuacji klina antycyklonalnego (odpowiednio 6% i po 5%).

Do opisu zmienności warunków klimatycznych w Europie najczęściej wykorzystywany jest wskaźnik Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO), informujący o natężeniu adwekcji powietrza polarno-morskiego znad Atlantyku. W opracowaniach mezoskalowych często bazuje się na skorelowanych z NAO wskaźnikach regionalnych. Oparte są one na kalendarzach typów cyrkulacji zawierających w sobie informacje o kierunku adwekcji mas powietrza. Wykonane dotychczas badania (m.in. Niedźwiedź 1981) wykazały istotną rolę cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu warunków termicznych i opadowych. Sugeruje to, że zmienność wskaźników cyrkulacji nad Polską południową wpływa także na warunki higryczne. Przebiegi wieloletnie regionalnych wskaźników cyrkulacji oraz niedosytu wilgotności powietrza wykazują najsilniejszą zależność zimą (Wypych 2004) kiedy zmienność wieloletnia wilgotności powietrza jest nieistotna statystycznie,

co pozwala stwierdzić istotny wpływ czynników lokalnych i antropogenicznych na zmienność omawianego elementu meteorologicznego.

WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza zmienności warunków wilgotnościowych w Krakowie w oparciu o zmienność niedosytu wilgotności powietrza wykazała, że zawartość pary wodnej w powietrzu zmniejszyła się w drugiej połowie XX wieku. W przebiegu wieloletnim niedosytu wilgotności powietrza widoczna jest istotna statystycznie tendencja wzrostowa wartości średniej rocznej i wartości miesięcznych oraz częstości występowania dni z wysokimi wartościami omawianego parametru wilgotności.

2. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na warunki higryczne w Krakowie zaznacza się przede wszystkim zimą. Korelacja zmienności niedosytu wilgotności z przebiegiem wskaźników cyrkulacji jest istotna statystycznie w miesiącach chłodnej połowy roku kiedy to obserwowane są najmniejsze zmiany warunków wilgotnościowych.

3. Geneza coraz większej suchości powietrza w Krakowie leży prawdopodobnie przede wszystkim w oddziaływaniu czynników lokalnych, m.in. w dynamicznym rozwoju miasta w drugiej połowie XX wieku.

4. Udokumentowana dotychczas zmienność wieloletnia temperatury i prezentowana zmienność warunków wilgotnościowych wskazuje, iż częstość pojawiania się w Krakowie sytuacji sprzyjających wzmożonemu parowaniu i transpiracji będzie wzrastać.

PIŚMIENNICTWO

- Bryś K., Bryś T., 2005. Zmienność warunków higrycznych we Wrocławiu-Swojcu. *Acta Agrophysica*, 5(3), 543-554.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997. Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski, IGiPZ, PAN, Warszawa, 23, 36-37.
- Niedźwiedz T., 1981. Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na różnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły, *Rozpr. Habil. UJ*, 58, 1-165.
- Niedźwiedz T., 2003. Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1901-2000), plik komputerowy udostępniony przez Autora.
- Stepanek, P., 2006. AnClim – software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, Masaryk University, Brno.
- Wypych A., 2007. Wilgotność powietrza. W: *Klimat Krakowa w XX wieku* (red. D. Matuszko), IGiP UJ, Kraków, 113-125.
- Wypych A., 2004. Zmienność wilgotności powietrza w Krakowie (1901-2000). Praca doktorska w IGiP UJ, Kraków.

AIR SATURATION DEFICIT AS AN INDICATOR
OF VARIABILITY OF AIR HUMIDITY IN KRAKÓW

Agnieszka Wypych

Department of Climatology, Institute of Geography and Spatial Management,
Jagiellonian University
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: awypych@geo.uj.edu.pl

Abstract. The aim of this paper is to present the variability of air humidity conditions in Kraków by analysing long-term course and frequency of particular values of the air saturation deficit. Air temperature values from the period of 1901-2000 were used to calculate saturation deficit values. The basic statistical characteristic, the analysis of variability tendencies in the examined period and the probability of characteristic days ($d_{II} \geq 10.0$ hPa, $d_{av} > 12.5$ hPa), and extreme values occurrence in particular synoptic situations were worked out. The analysis showed that the air in the city is getting dryer. Statistically significant increasing tendency of summer months means (up to 3.0 hPa/100 years in August) and annual mean (1.4 hPa/100 years) values of the parameter, as well as growing occurrence of the frequency of days with characteristic air saturation deficit values, particularly after 1970, are the evidence. Statistically significant correlation with atmospheric circulation indices variability is noticeable mainly in winter, when the variability of air humidity is not clearly visible. It proves that local and anthropogenic factors have an essential impact on forming the humidity conditions in Kraków.

Key words: air humidity, air saturation deficit, long-term variability, Kraków