

Wojciech Warakomski

**ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY I OPADÓW W LUBLINIE
W OKRESIE 1951–1996**

**THE VARIABILITY OF AIR TEMPERATURE
AND PRECIPITATION IN LUBLIN IN THE PERIOD 1951–1996**

Roczną i sezonową zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Lublinie w okresie 1951–1996 określono poprzez oznaczenie trendu liniowego. Istotność statystyczną zmian oceniono za pomocą testu wariancji różnicy średnich z próbek oraz testu T Studenta. Liniowy trend temperatury wykazuje nieistotną tendencję rosnącą, natomiast opady atmosferyczne w okresie chłodnym – wyraźny, istotny statystycznie trend malejący. Takie zjawisko obserwowano w wielu miejscach w Polsce. Wysłunięto postulat o potrzebie bardziej dokładnej definicji zmian klimatu. Powszechnie używana definicja WMO nie jest dostatecznie dokładna.

Analizę zmienności przeprowadzono za pomocą określenia liniowego trendu średnich rocznych wartości temperatury powietrza oraz rocznych sum opadu w podziale na okres wegetacyjny (kwiecień–październik) i okres chłodny (listopad–marzec). Otrzymane linie regresji uogólniają wszelkie zmiany, które miały miejsce w ubiegłych 46 latach. Jest to ich znana – z jednej strony zaleta, a z drugiej wada. Istotność statystyczną zmian oceniono za pomocą dwóch testów: wariancji różnicy średnich z próbek (która – jak wiadomo – równa się sumie wariancji tych średnich) oraz testu T Studenta. Są to testy parametryczne, którymi można się posługiwać, jeśli dysponujemy średnimi z próbek i ich wariancjami, ponadto jeśli badany zbiór ma rozkład normalny lub zbliżony do normalnego, co w przypadku analizowanych danych ma miejsce (tab. 1).

Liniowy trend średniej rocznej temperatury w badanym okresie ma charakter wyraźnie rosnący. Oznacza on przyrost średniej rocznej temperatury o $0,0156^{\circ}\text{C}$ w ciągu roku, $0,7176^{\circ}\text{C}$ w ciągu 46 lat (a przy utrzymywaniu się tej tendencji $1,56^{\circ}\text{C}/100$ lat) (rys. 1a). Przed ewentualną próbą wyjaśnienia tego statystycznego faktu trzeba jednak sprawdzić czy wzrost temperatury jest istotny, innymi słowy – ocenić stosunek szumu do sygnału. Słusznie

pisze bowiem na ten temat Crowe (1987), że „rumieniec wstydu wywołuje wyjaśnianie zaobserwowanej różnicy, a następnie wykazanie, że jest ona nieistotna”, a więc, że może to być różnica przypadkowa.

Tabela 1 .

Porównanie uzyskanego rozkładu średniej rocznej temperatury powietrza w Lublinie (1951–1996) z rozkładem normalnym Gaussa

A comparison of the distribution of the average annual air temperature in Lublin (1951–1995) with the normal Gaussian distribution

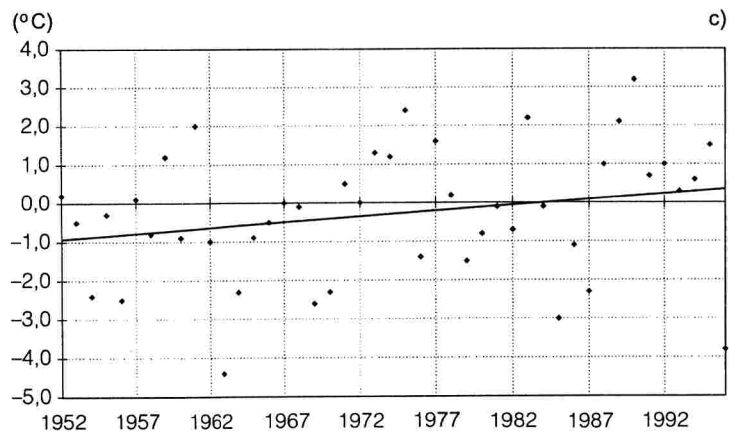
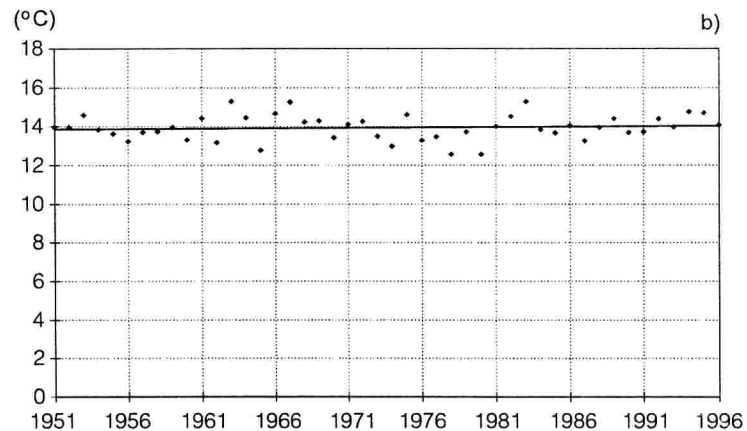
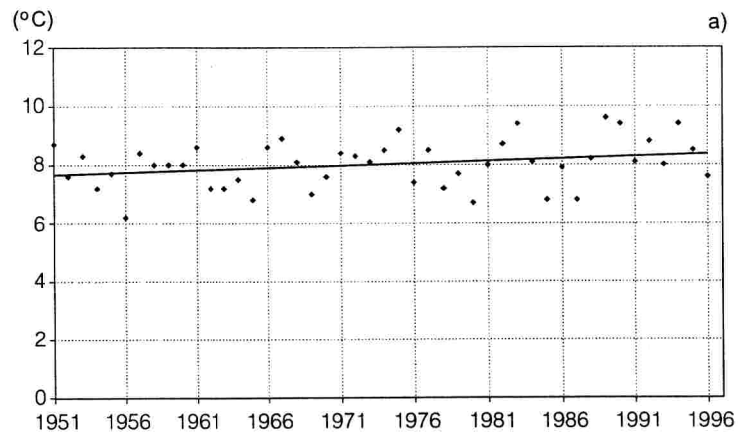
Przedział σ	Procent uzyskany	Procent normalny	Różnica: uzyskany – normalny
$x \pm 0,5$	43,5	38,3	5,2
$x \pm 1,0$	73,9	68,3	5,6
$x \pm 1,5$	84,8	86,6	-1,8
$x \pm 2,0$	95,6	95,4	0,2
$x \pm 2,5$	100,0	98,8	1,2
$x \pm 3,0$	100,0	99,7	0,3

Wykorzystując pierwszy test (wariancji różnicy średnich z próbek), cały 46-letni zbiór średniej rocznej temperatury podzielono na dwa chronologiczne podzbiory (próbki o liczebności $n = 23$ lata) i dokonano odpowiednich obliczeń. Okazało się, że $x_2 - x_1 = 0,32$, a $\sigma(x_2 - x_1) = 0,234$.

Interpretując te wyniki zgodnie z poglądem Gregory'ego (1970) i Crowe'a (1987), można założyć, że aby różnicę średnich równą $0,32^\circ\text{C}$ uznać za statystycznie istotną, powinna ona być większa lub co najmniej równa dwóm odchyleniom standardowym tej różnicy, czyli $0,46^\circ\text{C}$. Ponieważ jest mniejsza, można uważać ją za różnicę losową, nieistotną statystycznie. Dodajmy, iż byłaby też nieistotna przy zastosowaniu łagodniejszego kryterium $1,5 \sigma = 0,348$, lecz zbliżałaby się do niższego w tej sytuacji progu istotności.

Drugi z zastosowanych testów (T Studenta) wykazał, że otrzymana wartość $T = 1,38$ nie osiąga nawet poziomu prawdopodobieństwa 10%, nie mówiąc o wymaganym przynajmniej 5%. Oceniana tym surowszym testem różnica średniej rocznej temperatury w dwóch podzbiórach jest więc – co zrozumiałe – zdecydowanie nieistotna.

W celu sprawdzenia jak kształtował się przebieg średniej rocznej temperatury w krótszych okresach, analizowano trendy w czterech podokresach 11- i 12-letnich. Różnice ich średnich temperatur, zestawiane we wszystkich kombinacjach, były zawsze mniejsze od 2σ tych różnic, a więc nieistotne (przy czym najbardziej nieistotne między dekadą 1974–1984 a dekadą 1985–1996).

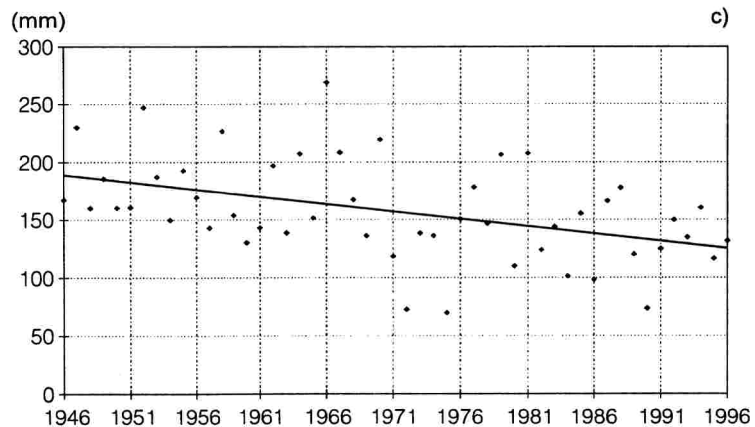
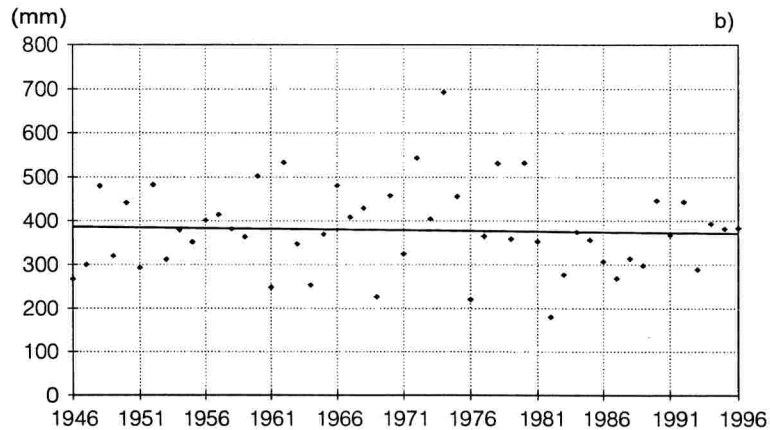
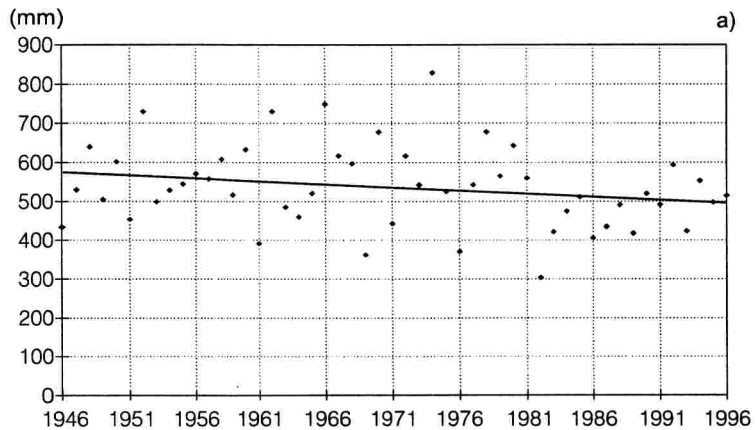


Rys. 1. Liniowy trend temperatury powietrza w Lublinie (Obserwatorium Meteorologiczne UMCS) 1951–1996
 a – średnia roczna, b – okres ciepły, c – okres chłodny

Fig. 1. Linear trend of air temperature in Lublin (UMCS Meteorological Observatory) 1951–1996
 a – annual average, b – warm season, c – cold season

Analogiczna analiza przeprowadzona w odniesieniu do okresu wegetacyjnego wykazała nieznaczny dodatni, lecz nieistotny statystycznie, trend temperatury, wynoszący $0,0037^{\circ}\text{C}$ na rok, czyli $0,1702^{\circ}\text{C}$ na 46 lat (i – ewentualnie – $0,37^{\circ}\text{C}$ na 100 lat (rys. 1b). Natomiast trend temperatury w okresie chłodnym jest wyraźnie rosnący i wg testu różnicy średnich zbliża się do progu istotności. Wskazuje on na wzrost temperatury o $0,0292^{\circ}\text{C}$ na rok, o $1,34^{\circ}\text{C}$ na 46 lat i o $2,92^{\circ}\text{C}$ na 100 lat (rys. 1c). Według surowszego testu Studenta ta różnica tym bardziej nie była znacząca. Wynika z tego, że największe zmiany temperatury w ubiegłych latach zachodziły w okresie chłodnym; jednak zmiany temperatury w obu okresach są statystycznie nieistotne. W związku z tym można poczuć się zwolnionym z ich wyjaśniania. Dlatego pominięto tu analizę wzrostu terytorialnego Lublina (wzrostu liczby jego mieszkańców i długości sieci ciepłowniczej, co mogłoby przynajmniej w pewnym stopniu tłumaczyć stwierdzony dodatni trend temperatury powietrza).

Analiza i testowanie rocznych i sezonowych sum opadów wykazała wyraźny ujemny ich trend oraz nieistotność statystyczną różnic sum rocznych i sum okresu wegetacyjnego, natomiast istotną różnicę na wysokim poziomie prawdopodobieństwa (wyższym niż 0,1%) w okresie chłodnym (rys. 2a, b, c). Zdecydowanie malejący trend opadów może skłaniać do rozważań, czy nie pozostaje to w związku – przynajmniej w pewnym stopniu – z otoczeniem ogródka meteorologicznego krzewami i drzewami liściastymi, rozrastającymi się przez wiele lat. Jest to bowiem skwer miejski, gdzie nie można wycinać zieleni. Przeczy jednak temu spadkowy charakter trendu znacznie większy w okresie chłodnym, w którym liściasta zieleń nie stanowi ekranu dla opadów. Zjawisko malejących opadów miało zresztą szerszy zasięg – ich niedobór stwierdzano na całej Lubelszczyźnie, a malejący trend wieloletnich opadów rocznych zaznaczył się też w innych miastach, np. w Krakowie, Wrocławiu czy w Warszawie w latach osiemdziesiątych (L o r e n c 1994). Nie można zatem wiązać tego zjawiska w Lublinie np. z powiększającą się wyspą ciepła nad rozrastającym się miastem. Świadczy to raczej o tym, że przyczyna spadku sum opadów tkwi przede wszystkim w cechach zim ostatnich kilkadziesiątu lat, związanych prawdopodobnie z uwarunkowaniami cyrkulacyjnymi. Interesujące, że K o ż u c h o w s k i (1986), przedstawiając zmienność opadów w Polsce w 100-lecie 1881–1980 na tle kilkunastu stacji europejskich, konstatuje, że opady półrocza chłodnego w Polsce są bardziej stabilne niż w większości stacji w Europie, lecz zarazem zauważa, że ich zmienność w tym stuleciu ulegała wyraźnemu wzrostowi, najsilniej w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. W rozpatrywanych w niniejszym artykule danych lubelskich to też się zaznacza. Kożuchowski wiąże to z „osłabieniem cyrkulacji strefowej i rozwojem form cyrkulacji południkowej”. Jeżeli przyjąć – jak przypuszczają niektórzy – iż cyrkulacja strefowa w najbliższych 20 latach się nasili, to być może zmienność opadów zmaleje. Nie wiadomo jednak, jak będzie kształtowała się ich wielkość.



Rys. 2. Liniowy trend opadów w Lublinie (1946–1996)
 a – suma roczna, b – okres ciepły (kwiecień–październik), c – okres
 chłodny (listopad–marzec)

Fig. 2. Linear trend of precipitation in Lublin (1946–1996)
 a – annual average, b – warm season (April–October), c – cold
 season (November–March)

Tabela 2

Równania trendu temperatury i opadów oraz ocena ich istotności statystycznej
 Temperature and precipitation trend equations and an evaluation of their statistical relevance

Temperatura	Trend 1951–1996	°C/46	°C/100	Test wariancji		Test T Studenta		Ocena
Średnia roczna	$y = 0,0156$ $x + 7,6522$	0,71	1,56	0,32	0,46	1,38	10%	nieistotne
Średnia IV–X	$y = 0,0037$ $x + 13,8510$	0,17	0,37	0,09	0,39	0,46	10%	nieistotne
Opady	trend 1946–1996							
Suma roczna	$y = -1,5791$ $x + 576,55$	-80,6	-157,9	43,4	58,4	1,5	10%	nieistotne
Suma IV–X	$y = -0,3076$ $x + 386,35$	-15,7	-30,8	1,49	55,3	0,05	10%	nieistotne
Suma XI–III	$y = -1,3057$ $x + 190,48$	-65,3	-130,6	44,4	19,9	4,46	0,1%	istotne

Ostatecznie można stwierdzić, iż nie zmienił się *termiczny klimat* Lublina, natomiast zmienił się jego *zimowy klimat pluwialny* (tab. 2). Ażeby takie sądy wypowiadać w sposób odpowiedzialny, trzeba zdefiniować pojęcie zmiany klimatu. Definicja zaproponowana przez WMO brzmi: „Za zmiany klimatu można uważać różnice między stacjonarnymi procesami stochastycznymi, które są modelami klimatu w kolejnych okresach kilkudekadowych”. Zauważmy, iż mówi się tu „można uważać”, ale nie „uważa się” lub „należy uważać” i nie wskazuje się jak duże różnice, zachodzące między kolejnymi kilkudziesięcioletnimi wartościami średnimi, mają świadczyć o zmianach klimatu. Można domniemywać, że chodzi o różnice uznane za statystycznie istotne na podstawie pewnego przyjętego testu i umownego kryterium istotności.

W związku z tym traktuję niniejszy artykuł nie tylko jako prezentację rzeczywistej zmienności rocznych i sezonowych wartości temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Lublinie (bo trend liniowy nie jest – jak wiadomo – doskonałym sposobem jej przedstawiania), lecz raczej jako pretekst do wykazania, iż bardzo ważnym zadaniem stojącym przed klimatologią jest obecnie ustalanie metod i testów wykorzystywanych do określania istotnych zmian elementów meteorologicznych w czasie. Powinny to być metody i testy, które miałyby szanse na uzyskanie dość powszechnej wiarygodności i akceptacji. Wiele osób, w tym także nie związanych z klimatologią, uważa bowiem, że klimat się zmienia i że widać to „gołym okiem”. Utwierdza ich w tym przekonaniu jakoby ich własne doświadczenie oraz liczne wypowiedzi na ten temat pojawiające się w mediach, niektóre utrzymane w tonie bardzo katastroficznym. Nasze opinie – w rodzaju przedstawionych

wyżej, iż wiele stwierdzanych zmian to zmiany nieistotne, obrazujące naturalne fluktuacje elementów meteorologicznych – przyjmują z niedowierzaniem i rezerwą.

LITERATURA

- Crowe P. R., 1987, *Problemy klimatologii ogólnej*, PWN, Warszawa
Gregory S., 1976, *Metody statystyki w geografii*, wyd. 2, PWN, Warszawa
Kožuchowski K., 1986, *Zmienność opadów w Polsce w przebiegu wieloletnim*, *Przegl. Geogr.*, t. 58, z. 3
Lorenc H., 1994, *Ocena zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie 1901–1993 na podstawie obserwacji z wybranych stacji meteorologicznych w Polsce*, *Wiad. IMGW*, t. 17, z. 4

Zakład Meteorologii i Klimatologii
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

SUMMARY

The annual and seasonal variability of air temperature and atmospheric precipitation in Lublin in the period 1951–1996 has been determined by means of the linear trend. The statistical relevance of the changes was established through the variance test of the sample average difference and the Student T test. The linear temperature trend has shown a negligible increasing tendency. On the other hand, the precipitation in the cold season shows a distinct, statistically relevant, diminishing trend. This phenomenon has been observed in many places in Poland. The need for a more precise definition of climate changes is postulated. The current WMO definition is not precise enough.