

Janusz Miczyński¹, Monika Siwecka¹

ZMIANY KLIMATYCZNE W SANDOMIERZU W LATACH 1971–2006

Streszczenie. Celem podjętych badań była ocena i charakterystyka warunków termicznych i opadowych zmian klimatycznych w Sandomierzu w okresie wielolecia 1971-2006. Analiza opierała się o wartości średnie miesięczne i roczne dotyczące temperatury oraz opadu. Szczególną uwagę zwrócono na ich wzajemne relacje w raz z wykreśleniem trendów na przyszłość do roku 2020. Po scharakteryzowaniu struktury średniej wartości temperatury powietrza i opadu atmosferycznego w poszczególnych miesiącach, dokonaniu charakterystyki zmienności i ich wysokości, oraz ustaleniu czasowych tendencji temperatury i opadów w badanym okresie, stwierdzono, iż w ostatnim 36-leciu wystąpił zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych skutkujących przyspieszeniem procesu globalnego ocieplenia. Potwierdzając tym przewidywania i obawy naukowców. Analiza przedstawionego materiału upoważnia do prognozy, iż do roku 2020 następować będzie dalszy spadek opadów atmosferycznych, oraz wzrost temperatury powietrza. Zmiany klimatyczne będą wpływać także na roślinność oraz rolnictwo. Wydłuży się okres wegetacyjny roślin wymuszając potrzebę wprowadzania nowych odmian uprawnych, oraz zrezygnowania z dotychczasowo uprawianych. Ocieplenie może doprowadzić do zmian w porach roku. Na tej podstawie można stwierdzić, iż w Sandomierzu do roku 2020 zmiany będą zachodziły i pokryją się z międzynarodowymi raportami o zmianach klimatu.

Słowa kluczowe: klimat, warunki termiczne, warunki opadowe, Sandomierz.

WSTĘP, CEL I ZAKRES PRACY

Klimat Polski charakteryzuje się zmiennością poszczególnych elementów meteorologicznych. Wpływa na to przede wszystkim położenie kraju, do którego docierają różne masy powietrza.

Wiek XIX spowodował, że zmiany stały się na tyle istotnym problemem, iż zaczęto zwracać na nie o wiele większą uwagę niż dotychczas. Susze, powodzie, huragany, tajfuny i inne zjawiska atmosferyczne stały się problemem nie tylko jednego czy dwóch państw, ale całego globu.

¹ Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmiczyn@cyf-kr.edu.pl

Temperatura powietrza i opady atmosferyczne stanowią bardzo dobry i precyzyjny materiał do przeanalizowania czasowej zmienności warunków termicznych i opadowych w Sandomierzu w okresie 36-lecia. Pozwala on także na wykreślenie czasowej tendencji. Odnośnie zmian klimatu w wieloleciu w Sandomierzu brak jest szczegółowych publikacji poruszających wyżej wymienione zagadnienia.

Celem pracy jest ocena i charakterystyka warunków termicznych i opadowych w Sandomierzu w latach 1971-2006. Analiza opiera się o wartości średnie miesięczne i roczne dotyczące temperatury powietrza jak też sum opadów atmosferycznych. Szczególną uwagę zwrócono na czasowe przebiegi powyższych elementów meteorologicznych, określenie ich wzajemnych relacji oraz wykreślenie trendów na przyszłość do roku 2020.

W zakres opracowania wchodzi scharakteryzowanie struktury średniej wartości temperatury i opadu w poszczególnych miesiącach, oraz określenie wzajemnych ich relacji na podstawie tych średnich. Opisanie zmienności wysokości opadów atmosferycznych oraz temperatur powietrza i ich znaczenie w przyrodzie. Ustalenie tendencji czasowych temperatury i opadów w badanym okresie 36-lecia w Sandomierzu.

Praca ta dąży do sprawdzenia hipotezy, iż w ostatnim 36-leciu wystąpił zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych skutkujących przyspieszeniem procesu globalnego ocieplenia.

DOTYCHCZASOWY STAN BADAŃ

Termiczne warunki dla okresu 1951-1980 opracował Czarnecki [3]. Jako podstawowe parametry przyjął średnie, średnie minimalne i maksymalne dla miesięcy i dla roku. Inne termiczne parametry opracował na podstawie danych za okres 1951-1965. W odniesieniu do opadów atmosferycznych wykorzystał okres obserwacji od 1951-1985. Autor przeprowadził ogólną analizę klimatu Wyżyny Sandomierskiej z uwzględnieniem danych z terenów przyległych.

Opracowanie Michny [15] również skupia się na zróżnicowaniu klimatu Wyżyny Sandomierskiej jednak w oparciu o temperaturę powietrza w latach 1951-1970.

Najnowszym opracowaniem są wzmianki w formie materiałów z sympozjum Suszyny [2000]. Analizuje on warunki klimatyczne pod kontem możliwości rolniczych regionu. Przeanalizował zarówno przebieg opadów i temperatury jak i usłonecznienie w okresie 1985-1996. Podjął również próbę odpowiedzi na pytanie, „który czynnik klimatyczny i w jakim stopniu decyduje o specyfice tego mikroregionu”.

Można, więc stwierdzić, że nie ukazało się wiele opracowań dotyczących charakterystyki klimatu w Sandomierzu, a powyższe, ograniczają się wyłącznie do czystej analizy danych bez określania trendów oraz zmian zachodzących w atmosferze. Żadne z opracowań nie bazuje na latach 1971-2006 i żadne nie ogranicza się wyłącznie do klimatu lokalnego Sandomierza.

MATERIAŁY I METODY OPRACOWANIA

Podstawowym źródłem danych liczbowych są materiały archiwalne ze Stacji hydrologiczno-meteorologicznej w Sandomierzu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Krakowie, dotyczą one danych średnich miesięcznych temperatur powietrza i opadów atmosferycznych w latach 1978-2006. Natomiast dane z lat 1971-1977 pochodzą z Miesięcznego Przeglądu Agrometeorologicznego IMGW.

Po weryfikacji materiałów obserwacyjnych w niniejszym opracowaniu wykorzystano dane pomiarowe z okresu 36-lecia. Dla uzyskania lepszego wyjaśnienia zmian czasowych okres ten podzielono na dwa przedziały czasowe obejmujące 30-lecie, czyli lata 1971-2000, oraz dla lepszej analizy zmian zachodzących w ostatnich latach okres 6-letnich obserwacji 2001-2006. Uwzględniono też cały analizowany okres w przedziale 1971-2006. Opierając się na średnich arytmetycznych wyliczonych z 36-letnich obserwacji określono tendencje zmian ekstrapolując do roku 2020 w oparciu o linię trendu prostoliniowego badanych parametrów.

Zcharakteryzowano strukturę średniej wartości temperatury i opadów w poszczególnych miesiącach, oraz określono wzajemne ich relacje na podstawie tych średnich.

OPIS TERENU I JEGO KLIMAT

Miasto Sandomierz położone jest na granicy trzech województw: podkarpackiego, lubelskiego i świętokrzyskiego. Jest siedzibą powiatu sandomierskiego oraz wielu oddziałów terenowej administracji samorządowej i państwowej szczebla wojewódzkiego. Jest także stolicą diecezji Sandomierskiej, erygowanej w roku 1818. Sąsiaduje z gminami Dwikozy, Wilczyce, Obrazów, Samborzec z powiatu sandomierskiego, Gorzycami z powiatu ziemskiego tarnobrzeskiego i miastem Tarnobrzeg (rys. 1).



Rys. 1. Położenie [Urząd Miasta Sandomierz. Program Ochrony Środowiska]

Wisła rozdziela Sandomierz na dwie części. Część lewobrzeżną, północną, położoną głównie na Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej i prawobrzeżną, południową, w całości położoną w Kotlinie Sandomierskiej, a rzeka Trześniówka od wschodu ogranicza część południową.

Dolina Wisły jest monotonna, urozmaicona jedynie zagłębieniami starorzeczy, podmokła, ale rzadko wypełniona jest wodą [Urząd Miasta Sandomierz. Plan Rozwoju Miasta].

Miasto Sandomierz i okolice są obszarem uznanym za ciepły. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi ok. 8°C, średnia temperatura najcieplejszego miesiąca (lipiec) wynosi około 18°C, natomiast najchłodniejszego (grudzień) 2,7°C. Największe opady występują w lipcu (od 80 mm w suchych latach do 190 mm w latach mokrych). Najbardziej suchą porą roku jest zima (XII-II), suma opadów wtedy waha się między 49-64 mm słupa wody. Średnie roczne opady oscylują między 490-700 mm, przy średniej wieloletniej na poziomie 550 mm. Wiatry słabe i łagodne przeważające w Sandomierzu wieją z kierunku zachodniego 23,2%, rzadziej wiatry południowo-wschodnie i wschodnie 17,8%, a najrzadziej zaobserwować można wiatry północno-wschodnie. Najczęstsza prędkość wiatru wynosi 3 m/s, a w przedziale prędkości od 0-5 m/s mieści się 83,7%.

Bardzo urozmaicona rzeźba terenu, użytkowania oraz roślinność ma wpływ na kształtowanie klimatu lokalnego. Częstym zjawiskiem są, więc inwersje termiczne, odznaczając się wyraźnym spadkiem temperatur.

Na terenie miasta Sandomierz przy ulicy Ożarowskiej 65 zlokalizowana jest stacja meteorologiczna, której wskazania i pomiary są reprezentatywne dla Sandomierza.

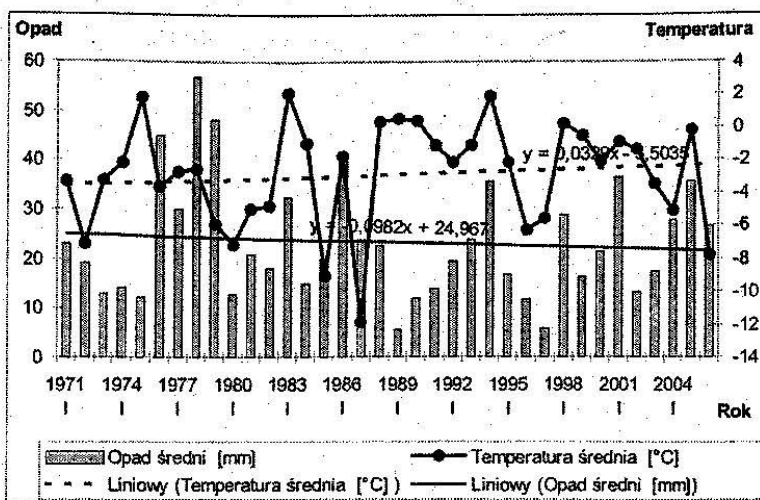
Charakterystyka lokalizacyjna stacji meteorologicznej w Sandomierzu:

- współrzędne geograficzne: szer. geogr. 50° N 41'48" i dł. geogr. 21° E 42'56";
- wysokość stacji n.p.m. 217 m;
- wysokość wiatromierza nad gruntem – 15 m.

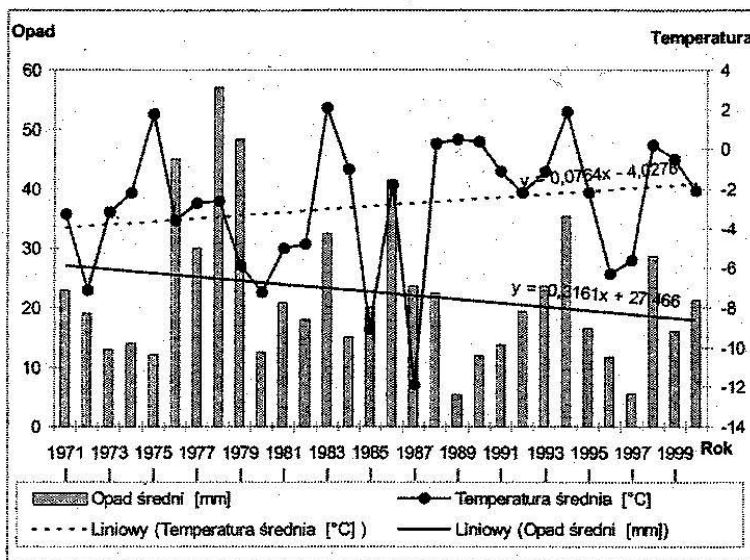
WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Przebieg średnich miesięcznych temperatur i sum opadów atmosferycznych w Sandomierzu w wydzielonych okresach 1971-2006, 1971- 2000, 2001- 2006

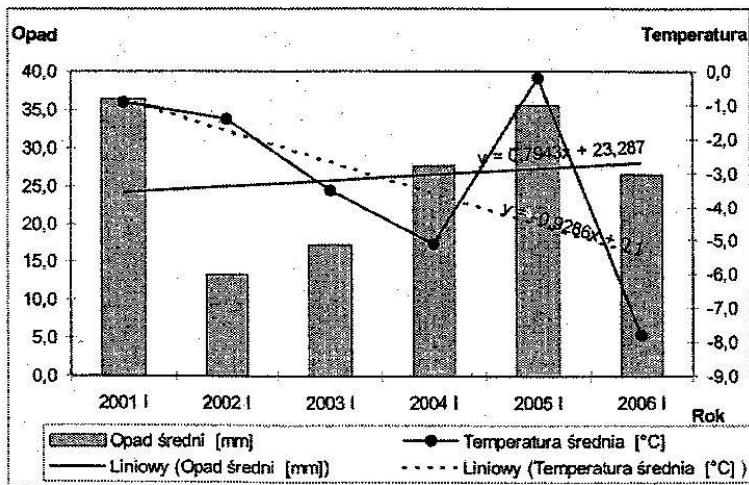
Styczeń (rys.2a) charakteryzował się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0329x - 3,5035$, zaś dla opadu atmosferycznego $y = -0,0982x + 24,967$. Bardziej znaczące nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.2b). W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys.2c) zmiany wyglądają odwrotnie, trend opadu rośnie, natomiast spada trend temperatury. Wynika to z bardzo wąskiego 6-letniego okresu obserwacji, gdzie duże opady w 2005 roku i bardzo niskie temperatury w 2006 roku wynoszące -7,8°C przeważały o takim ułożeniu trendów w tym okresie jednak nie wpływają istotnie na rozpatrywany cały okres 36-lecia. Porównu-



Rys. 2a. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 2b. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



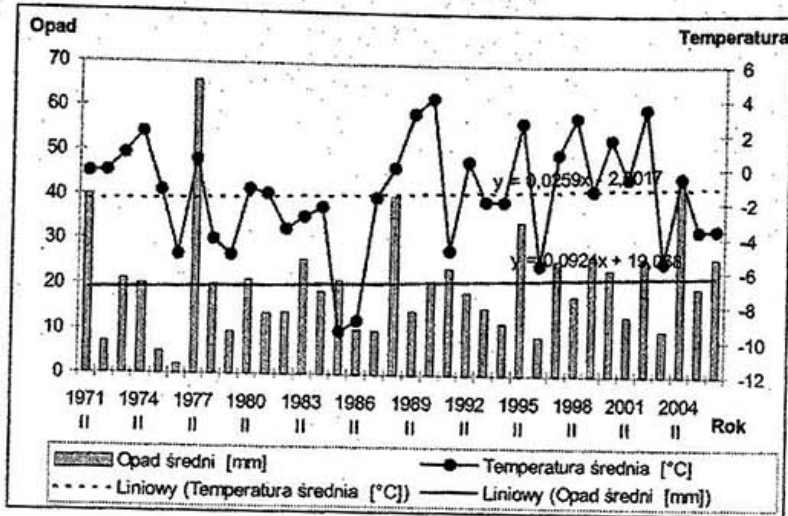
Rys. 2c. Styczeń. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

jąc średnią temperaturę stycznia w danym 36-leciu (rys. 1a) zauważyć należy, że oscyluje ona między $2,1^{\circ}\text{C}$ w 1983 roku do $-11,9^{\circ}\text{C}$ w roku 1987. Różnica między najcieplejszym, a najzimniejszym styczniem jest, więc znacząca i wynosi 14°C . W odniesieniu do opadów atmosferycznych najniższa średnia roczna suma opadów wyniosła w 1989 roku $5,4\text{mm}$, a największy opad wystąpił w 1978 roku i był równy 57mm . Różnica jest prawie 10-krotna. Roczny przebieg opadów był bardzo zmienny, co jest zjawiskiem charakterystycznym dla klimatu Polski.

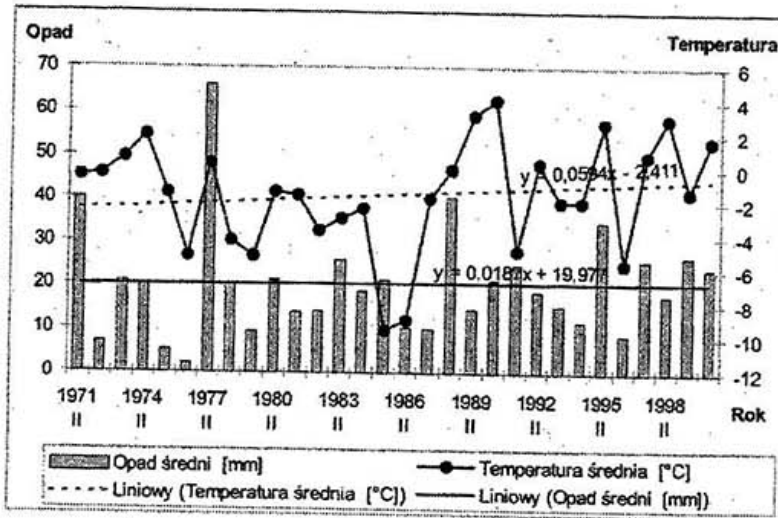
Luty (rys.3a) Równanie linii trendu dla temperatury w miesiącu lutym wynosi $y=0,0259x-2,0017$, zaś dla opadów $y=0,0924x+19,068$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje zdecydowany charakter wzrostowy. Wartości temperatur powietrza wahały się od $-9,5^{\circ}\text{C}$ do $4,1^{\circ}\text{C}$. Największe średnie miesięczne opady w tym miesiącu wystąpiły w roku 1977 i wyniosły 66mm , a najmniejsze opady odnotowano zaledwie rok wcześniej, bo 1976 i wynosiły 2mm . Rys.3b przedstawiający okres 1971-2000 nie odbiega od wyżej omówionego 36-lecia. Różnice widoczne są natomiast podobnie jak w miesiącu styczniu podczas rozpatrywania 6-letniego okresu (rys.3c) gdzie trend czasowego przebiegu średniej miesięcznej wartości temperatury powietrza znacząco opada.

Marzec podczas rozpatrywania wielolecia 1971-2006 (rys.4a) charakteryzuje się przeciwnie do omawianych wcześniejszych miesięcy wzrostem trendu opadu atmosferycznego, oraz niewielkiej tendencji spadkowej w odniesieniu do temperatury powietrza. Trend opadu zaznacza się mocniej, a jego równanie wynosi $y=0,2973x+20,614$. Podczas analizy okresu 30-letniego (rys.4b) sytuacja nie uległa zmianie nieznacznie zmniejszyło się tylko nachylenie trendu temperatury. Niskie temperatury marca (rys.4c) w 2006 roku wynoszące $-0,4^{\circ}\text{C}$ i dość wysokie w 2002 $5,1^{\circ}\text{C}$ nadały malejący charakter linii trendu temperatury powietrza w tym wąskim 6-letnim okresie badawczym. Bardzo duże opady w 2006 roku (rys.4c), które jednocześnie były najwyższymi zanotowanymi w okresie 36-lecia w Sandomierzu i wynosiły $61,8\text{mm}$ wpłynęły na takie ukształtowanie linii trendu opadu.

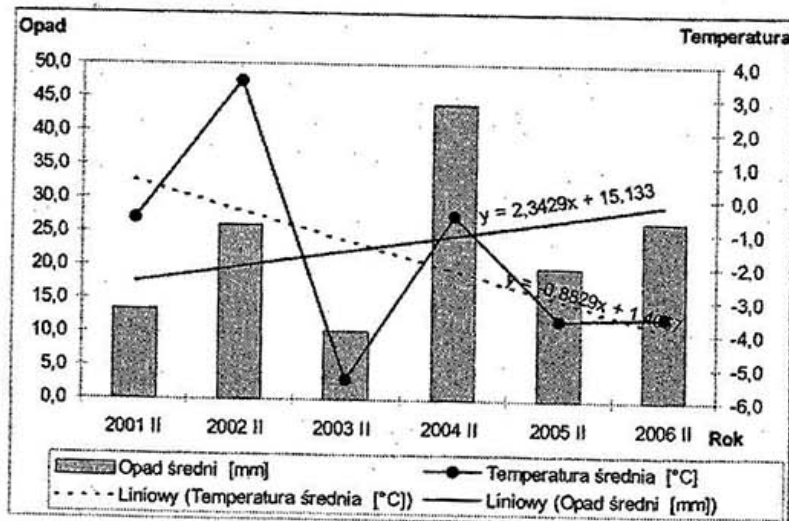
Kolejnym omawianym miesiącem jest kwiecień. Równanie linii trendu dla średniej temperatury w miesiącu kwietniu dla omawianego 36-lecia (rys.5a) wynosi $=0,0641x+6,9608$, zaś dla opadów atmosferycznych $y=0,5033x+30$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje zdecydowany wzrostowy charakter. Najsuchszym kwietniem (rys.5a) był kwiecień 1974 roku ze średnim miesięcznym opadem równym 11mm . Natomiast najwilgotniejszym był kwiecień 1998 roku z opadem w ilości 92mm . Najcieplejszy kwiecień był w roku 2000 z temperaturą równą $12,5^{\circ}\text{C}$, a najzimniejszy z średnią miesięczną temperaturą równą 5°C w roku 1997. Rys.5b przedstawiający okres 1971-2000 nie odbiega od wyżej omówionego 36-lecia. W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys.5c) trend opadu wykazał tendencję spadkową. Trend temperatury powietrza nie uległ zmianie dalej wykazywał charakter wzrostowy. Nie oznacza to jednak, iż kwiecień w tym okresie był znacząco ubogi w opady. Na takie ukształtowanie trendu wpłynęły dość wysokie sumy, opady w 2001 roku równe $71,6\text{mm}$ i niższe opady w latach kolejnych.



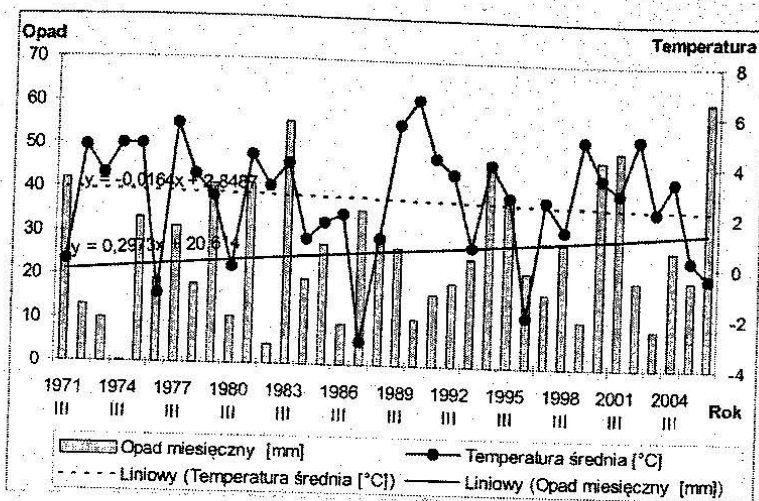
Rys. 3a. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



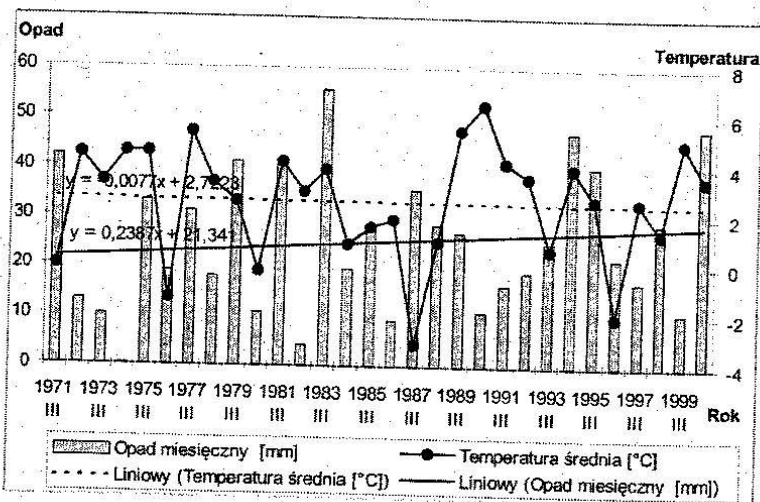
Rys. 3b. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



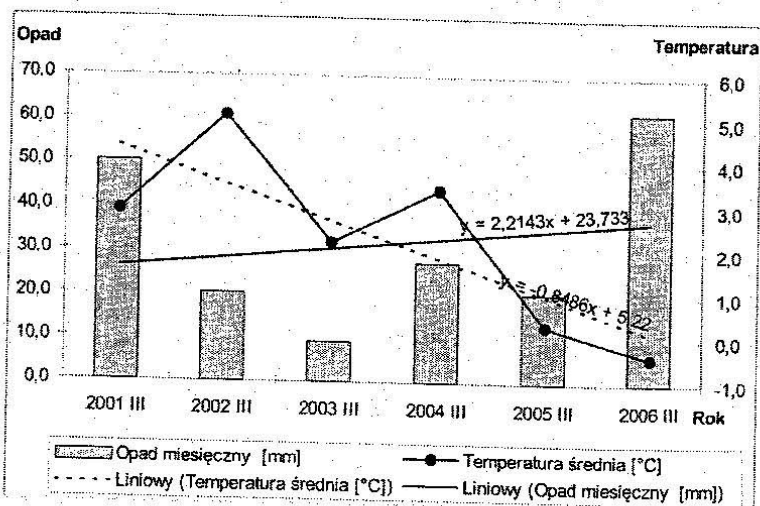
Rys. 3c. Luty. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



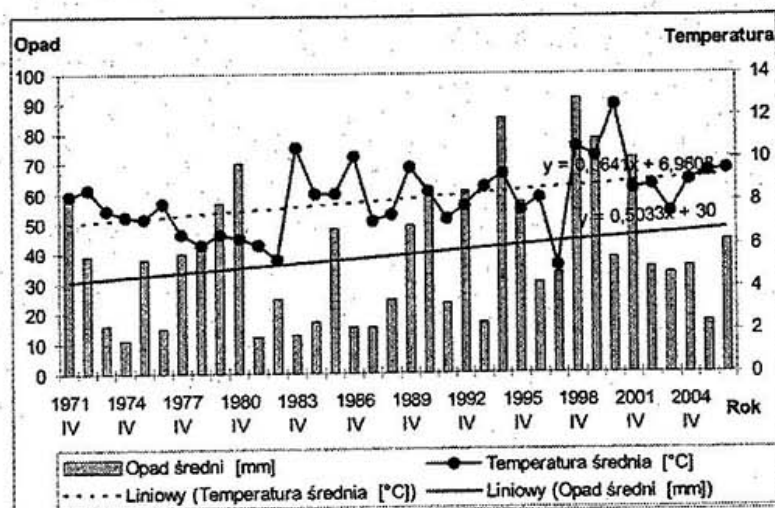
Rys. 4a. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



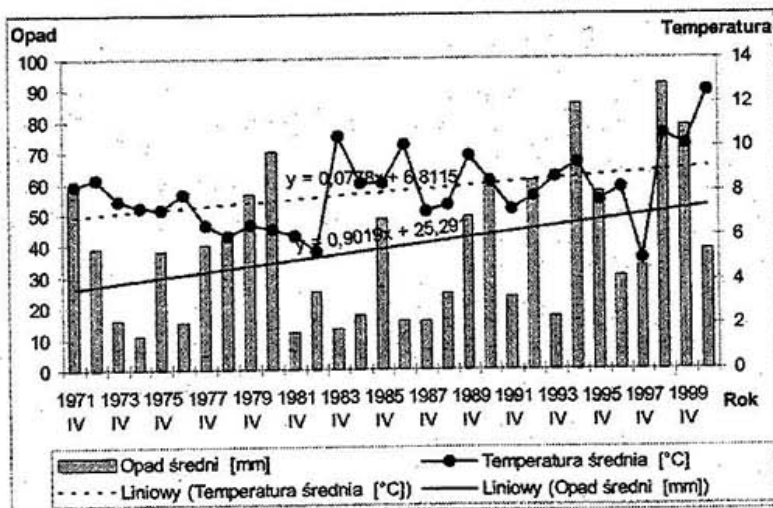
Rys. 4b. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



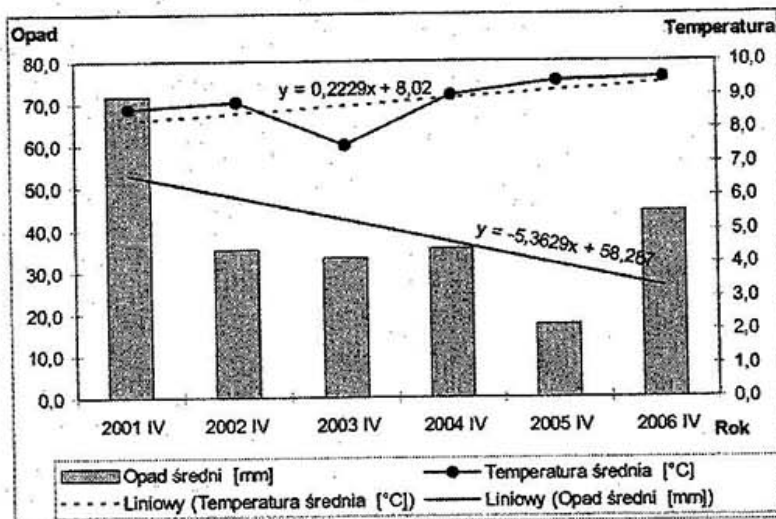
Rys. 4c. Marzec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 5a. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 5b. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



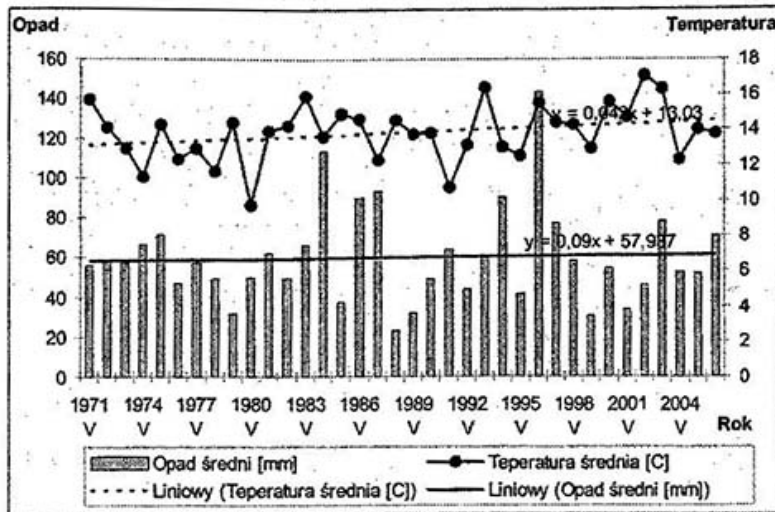
Rys. 5c. Kwiecień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

Maj (rys.6a) charakteryzuje się wyraźnym wzrostem temperatury i bardzo słabym wzrostem trendu opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,042x + 13,03$, zaś dla opadów $y = 0,09x + 57,937$. Bardziej znaczące nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.5b) po wyeliminowaniu 6-letniego okresu. Średnia temperatura maja (rys.6c) wynosiła $14,7^{\circ}\text{C}$, więc nie odbiegała od wartości z 30-letniego okresu obserwacji. Wąski 6-letni okres pomiarów nie może być jednak rozpatrywany jako reprezentatywny. W roku 2002 temperatury powietrza były najwyższymi zanotowanymi w okresie 36-lecia w Sandomierzu i wynosiły $17,1^{\circ}\text{C}$ wpłynęło to na takie ukształtowanie trendu (rys.5c). Najzimniejszym majem w danym 36-leciu (rys.6a) był maj roku 1980 ze średnią miesięczną temperaturą $9,7^{\circ}\text{C}$. Różnica między najcieplejszym, a najzimniejszym majem wynosiła $7,4^{\circ}\text{C}$. Najwilgotniejszym majem był maj w roku 1996 gdzie średnie miesięczne sumy opadu wynosiły 143mm. Najsuchszym był maj roku 1988 z opadem wynoszącym 22,8mm.

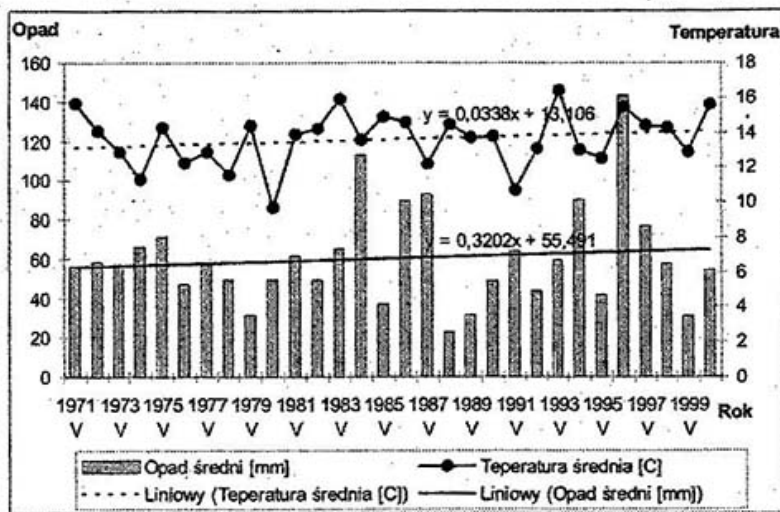
Czerwiec (rys.7a) charakteryzuje się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0366x + 15,723$, zaś dla opadu atmosferycznego $y = -0,2659x + 75,437$. Mniej widoczne nachylenie owych linii trendu jest w okresie 1971-2000 który przedstawia rys.6b. Złagodzenie linii trendu (rys. 7b) wynika z wydzielenia okresu 6-letniego, który widocznie przyczynił się do takiego ukształtowania trendu opadu w latach 1971-2006. Można wysunąć wniosek, iż czerwiec w latach 2001-2006 (rys.7c) był uboższy w opady w porównaniu z okresem 30-lecia. Linie trendu prezentują się odwrotnie, spada trend temperatury natomiast trend opadu rośnie, pomimo tego, iż w roku 2005 wystąpiły najniższe średnie miesięczne opady (32,6mm) w czerwcu w całym rozpatrywanym 36-leciu. Wynika to z bardzo wąskiego 6-letniego okresu obserwacji. Porównując średnią miesięczną temperaturę czerwca w danym 36-leciu zauważyć należy, że oscyluje ona w zakresie od $14,1^{\circ}\text{C}$ do 19°C .

Równanie linii trendu dla lipca (rys.8a) w okresie 1971-2006 wynosi $y = 0,0788x + 16,908$ dla temperatury powietrza, zaś dla opadów atmosferycznych $y = 0,2915x + 74,676$. Trend temperatury powietrza jak i opadów atmosferycznych wykazuje wzrostowy charakter zarówno na rys.8a jaki i rys.8b. Najsuchszym lipcem (rys.7c) był lipiec 1994 roku ze średnią miesięczną sumą opadu równą zaledwie 13,1mm. Rok 2006 w Sandomierzu był najgorętszym lipcem z całego 36-letniego okresu obserwacji ze średnią miesięczną temperaturą równą $22,3^{\circ}\text{C}$ był on zarazem ubogi w opady atmosferyczne. W związku z tym okres 2001-2006 (rys.8c) przedstawiający trend opadu $y = -25,657 + 172,73$ wykazał dużą tendencję spadkową, a zmianie nie uległ trend temperatury powietrza, który dalej wykazywał wzrostowy charakter.

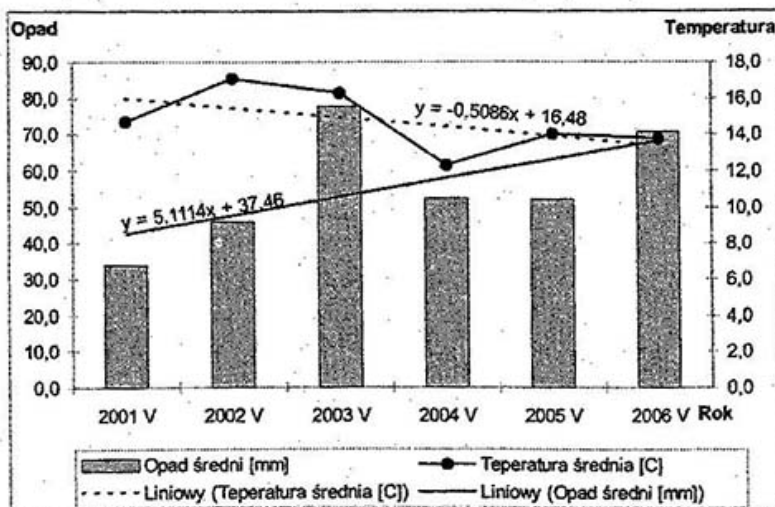
Sierpień (rys.9a) charakteryzuje się wzrostem linii trendu temperatury i spadkiem linii trendu opadów atmosferycznych. Równanie linii trendu dla średniej miesięcznej temperatury sierpnia wynosi $y = 0,0452x + 16,989$, zaś dla opadów $y = -0,2751x + 70,975$. Bardziej znaczące różnice widoczne były w okresie 1971-2000 (rys.9b) po wyeliminowaniu 6-letniego okresu ułożenie linii trendu opadu atmosferycznego wykazało charakter wzrostowy. Jeśli chodzi o tempe-



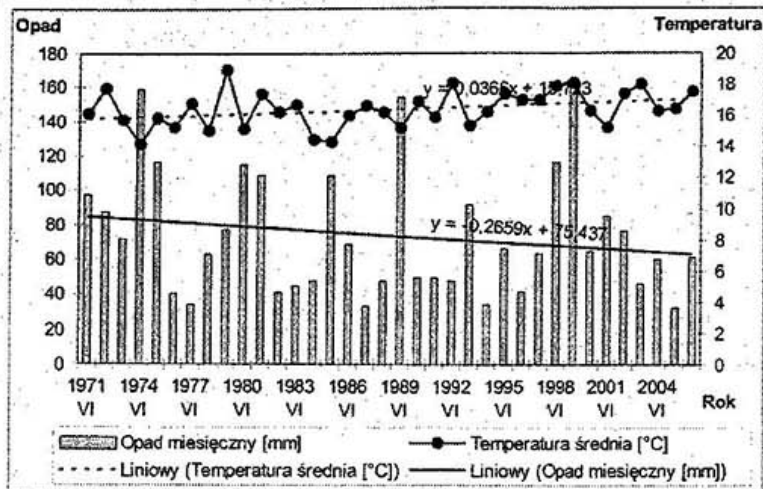
Rys. 6a. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



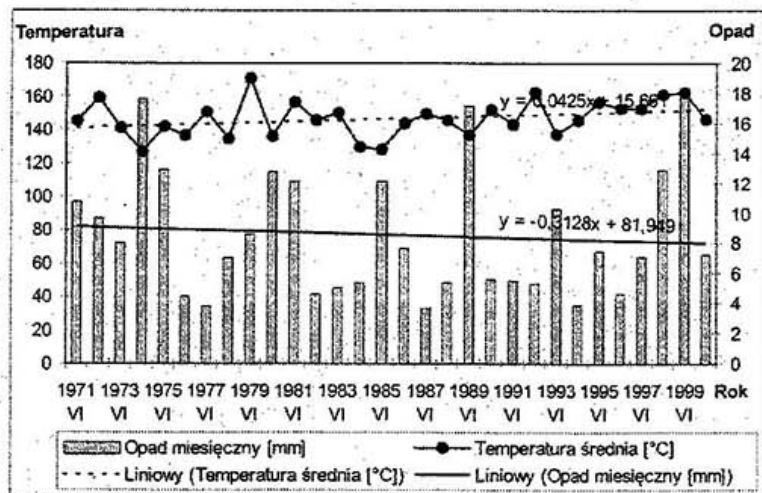
Rys. 6b. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



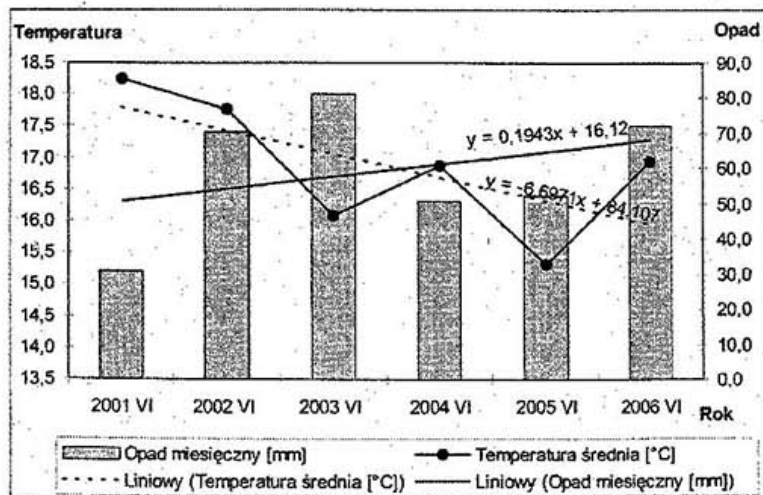
Rys. 6c. Maj. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



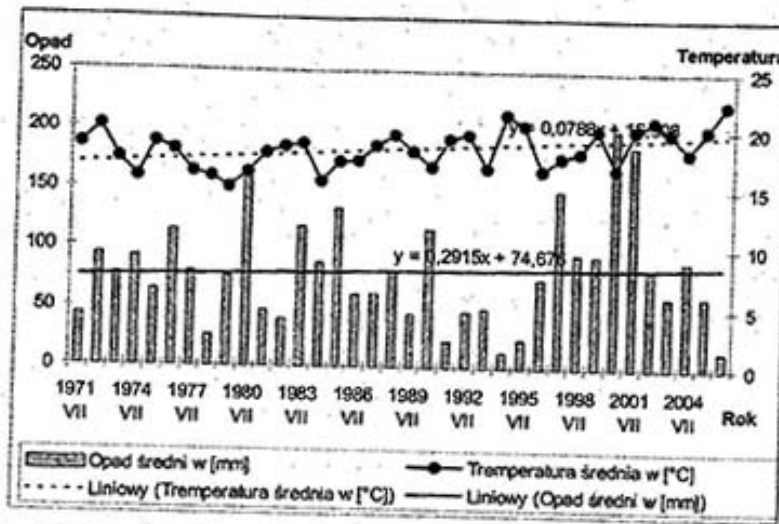
Rys. 7a. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



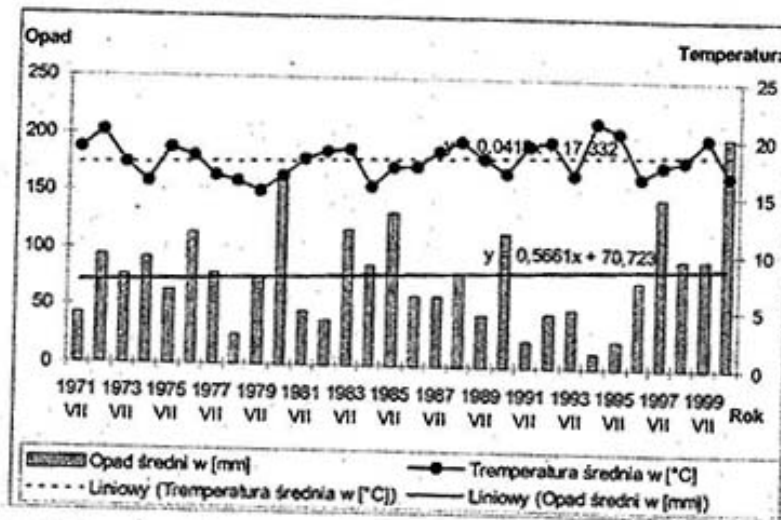
Rys. 7b. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



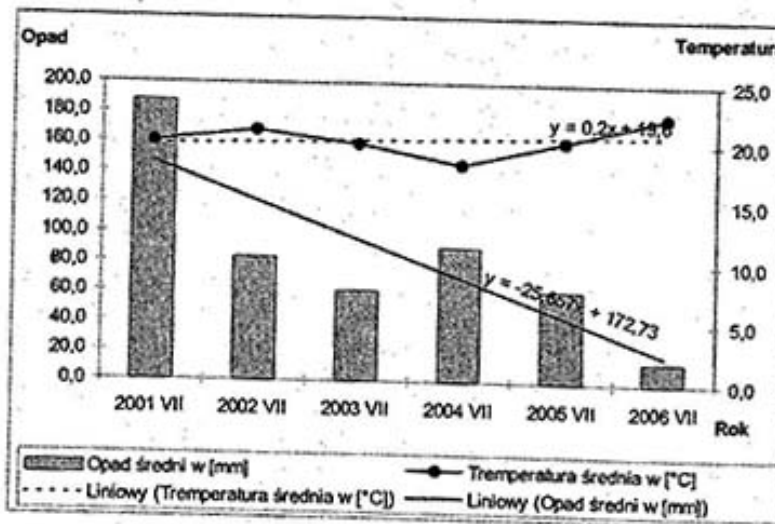
Rys. 7c. Czerwiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



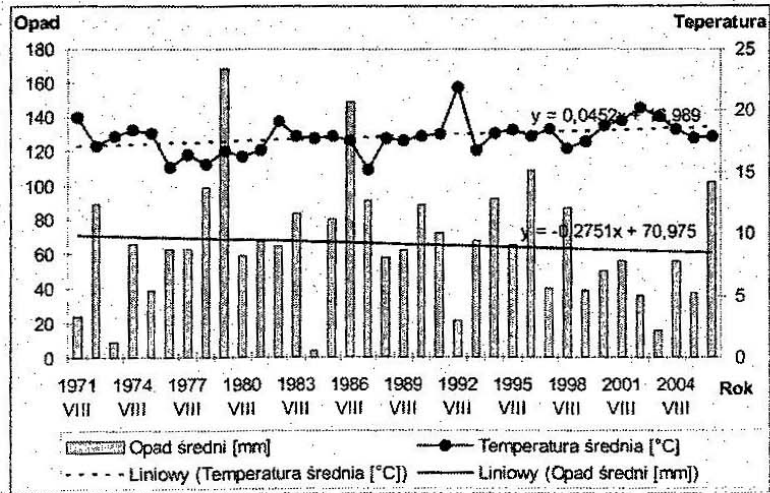
Rys. 8a. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



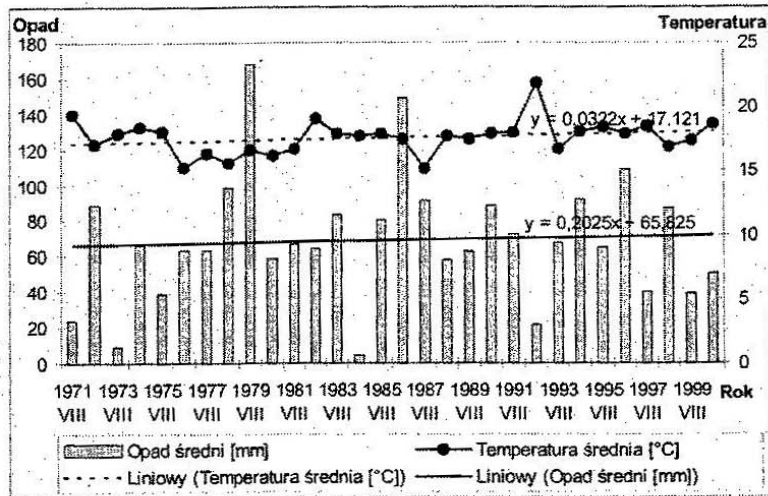
Rys. 8b. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



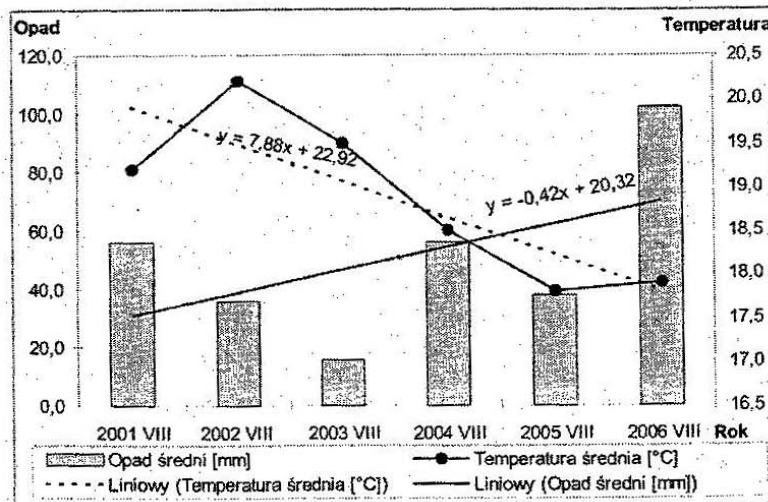
Rys. 8c. Lipiec. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 9a. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 9b. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



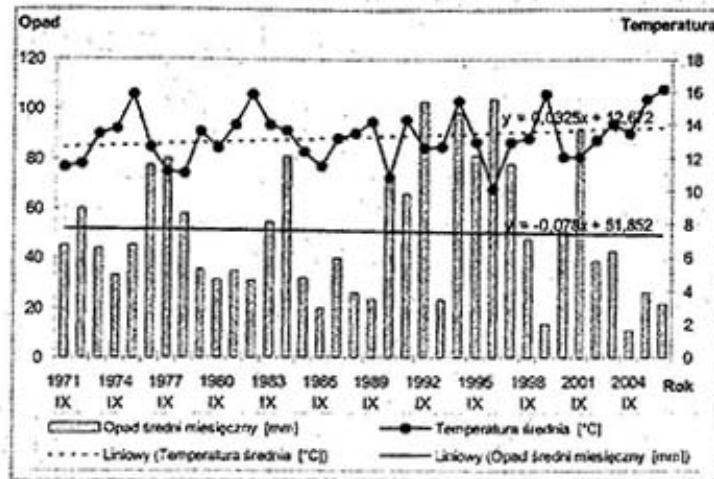
Rys. 9c. Sierpień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

raturę powietrza linia trendu nie uległa znacznej zmianie. Okres 6-letni znacząco wpłynął na cały rozpatrywany 36-letni okres badań. Trend temperatury na rys.9c wykazał charakter malejący, co nie oznacza jednak, że sierpień w latach 2001-2006 był znacznie chłodniejszy od sierpnia w latach 1971-2000. Średnia miesięczna temperatura sierpnia w 6-leciu nie spadła poniżej $17,8^{\circ}\text{C}$, jednak wysoka temperatura w 2002 roku i niewiele niższa w latach kolejnych wpłynęła na malejące ukształtowanie trendu temperatury w tym okresie. Decydująco zaznaczyła się linia trendu opadu. Bardzo niewielkie opady w roku 2003 w ilości 15,7mm i bardzo duże opady w 2006 w ilości 102mm spowodowały, iż trend opadu uzyskał wyraźnie wzrostowy charakter. Rozpatrując jednak okres 36-lecia (rys.9a) wyraźnie zaznacza się prawie 10-letnia cykliczność w odniesieniu do opadów atmosferycznych. W latach 1973, 1984, 1992, 2003 zauważyć można występowanie bardzo niskich opadów, a okresy między nimi charakteryzują się wysokimi opadami atmosferycznymi. Lata 2000 przypadły na rozpoczęcie nowego cyklu 10-letniego, dlatego też trend opadu na rys.8a wykazuje malejący charakter.

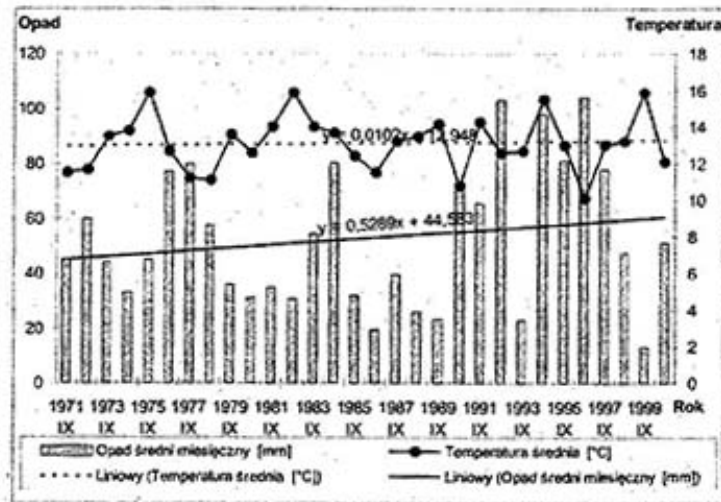
Wrześniowe wykresy bardzo przypominają sierpniową sytuację jednak cykliczność już nie jest widoczna. Wrzesień (rys.10a) charakteryzuje się wzrostem linii trendu temperatury i spadkiem linii trendu opadów atmosferycznych. Równanie linii trendu dla średniej miesięcznej temperatury września wynosi $y = 0,0325x + 12,672$, zaś dla opadów $y = -0,078x + 51,852$. Bardziej znaczące i widoczne zarazem różnice były w okresie 1971-2000 (rys.10b) ułożenie linii trendu opadu atmosferycznego wykazało charakter wzrostowy z linią trendu o równaniu $y = 0,5289x + 44,583$. Trend temperatury powietrza wykazywał wzrostowy charakter. Lata 2001-2006 (rys.10c) wpłynęły na cały rozpatrywany 36-letni okres badań. Trend temperatury na rys.10c wykazał charakter wzrostowy, a wrzesień roku 2006 był najcieplejszym z całego 36-lecia z wartością $16,2^{\circ}\text{C}$. W 2004 roku wystąpiły najniższe średnie miesięczne opady równe 10,5mm, dlatego też 36-letnia linia trendu opadu atmosferycznego maleje, a wzrasta linia trendu temperatury.

Październik (rys.11a) charakteryzuje się wzrostem temperatury, a spadkiem opadów. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = 0,0719x + 6,7316$, zaś dla opadu $y = -0,4744x + 50,545$. Kierunki nachyleń linii trendów temperatury na rys.11b i rys.11c wykazują charakter wzrostowy, a opadów spadkowy. Najzimniejszym październikiem w całym rozpatrywanym 36-leciu był październik w roku 2003 ze średnią miesięczną temperaturą $5,5^{\circ}\text{C}$, najcieplejszym zaś lata 2000 i 2001, gdzie średnia miesięczna października nie spadła poniżej 11°C . Najsuchszym był październik w roku 1977 ze średnią miesięczną opadu 4mm, najwilgotniejszym zaś rok 1974 ze średnim miesięcznym opadem równym 181mm. Okres 2001-2006 (rys.11c) nie wpłynął znacząco na układ linii trendu w całym rozpatrywanym okresie wielolecia.

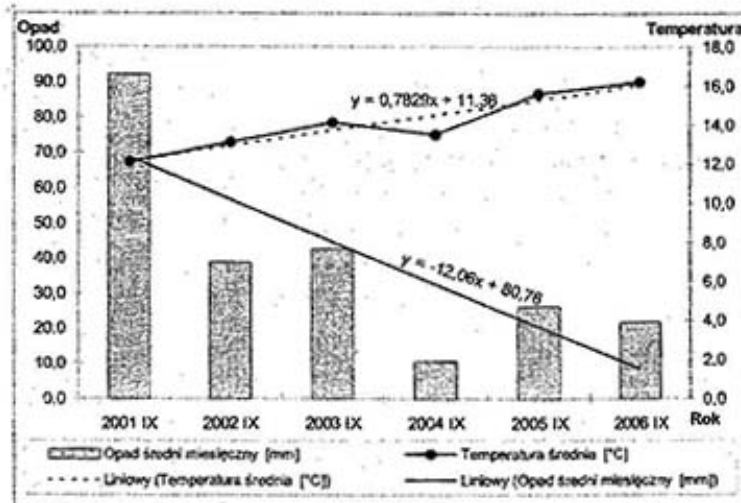
Listopad. Równanie linii trendu dla średniej temperatury w danym miesiącu (rys.12a) wynosi $y = 0,0356x + 1,9671$, zaś dla opadu $y = -0,033x + 28,986$. Trend temperatury powietrza wykazuje zdecydowany wzrostowy charakter natomiast opadu spada. W odniesieniu do okresu (rys.12b) 1971-2000 linie trendów ulegają zmianie



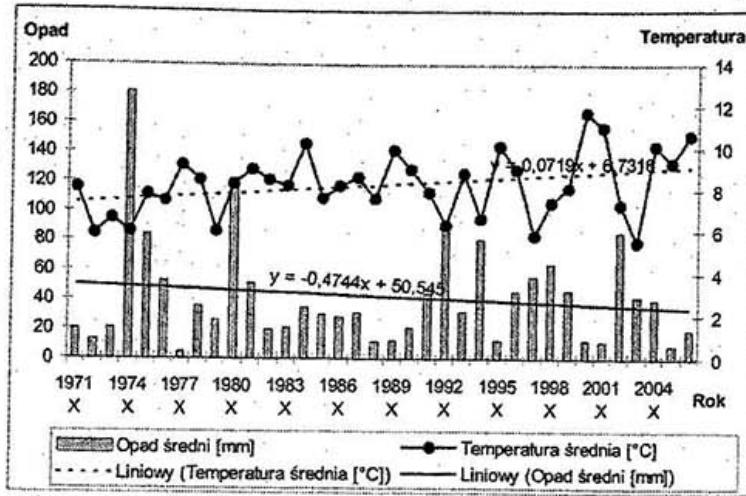
Rys. 10a. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



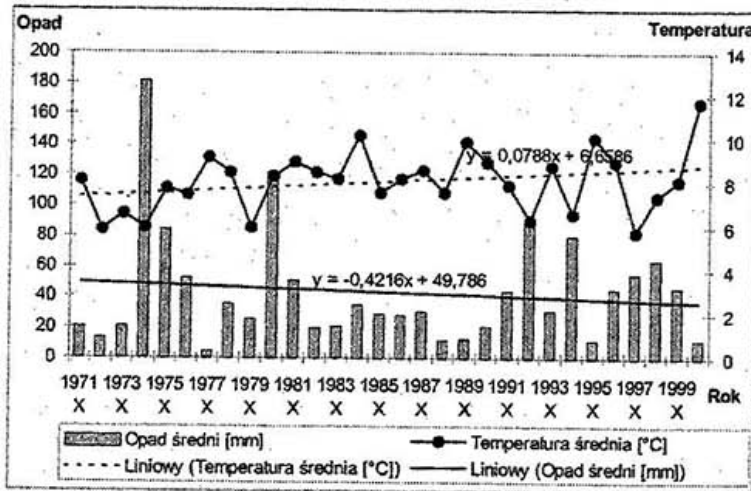
Rys. 10b. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



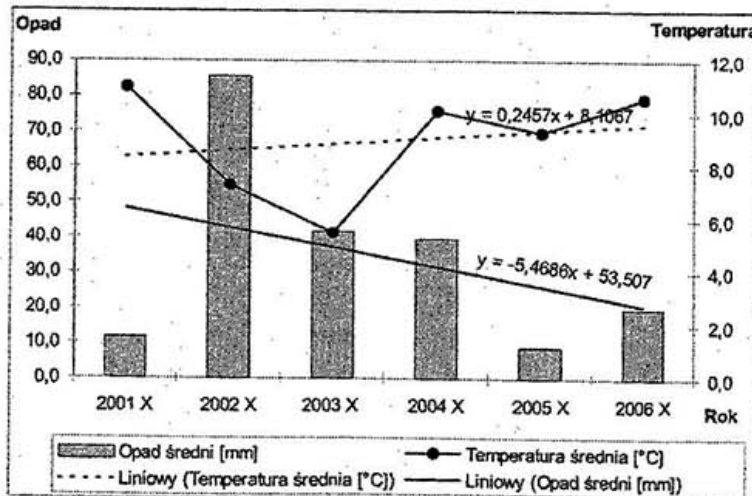
Rys. 10c. Wrzesień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



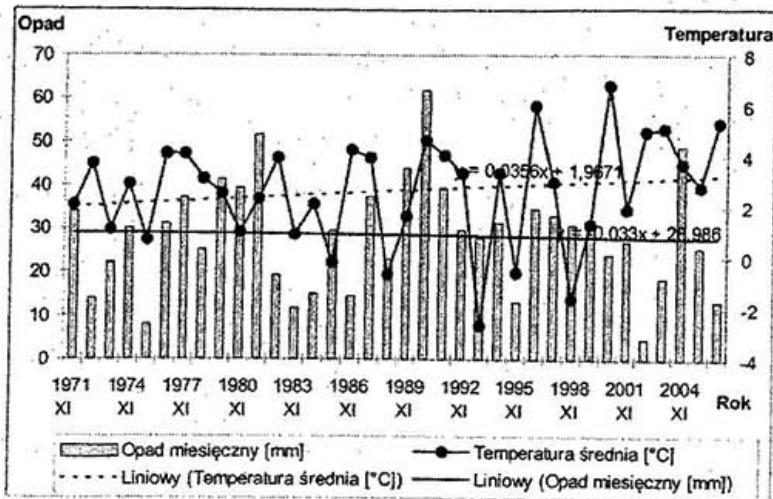
Rys. 11a. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2006



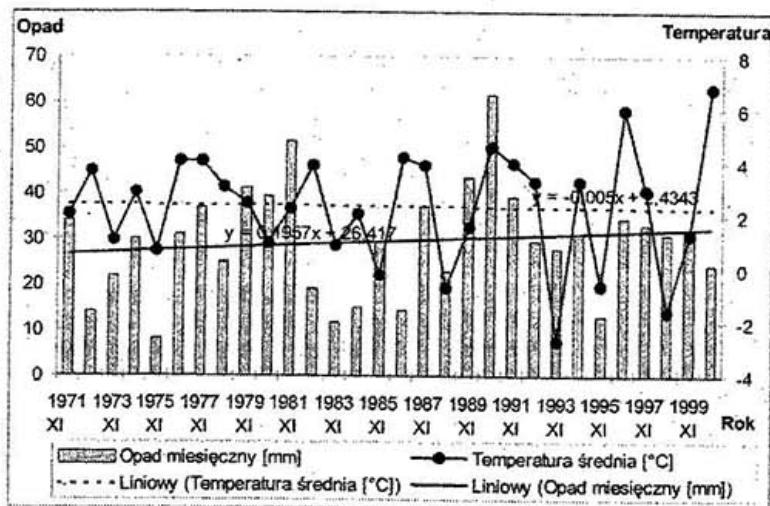
Rys. 11b. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



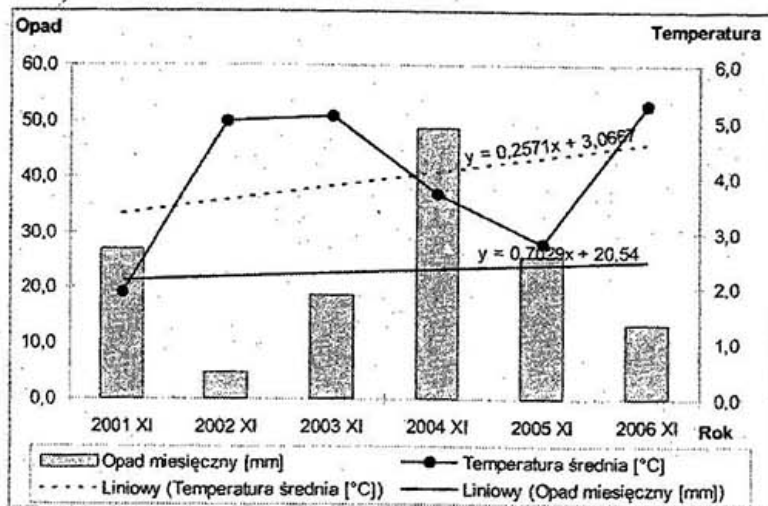
Rys. 11c. Październik. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006



Rys. 12a. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 12b. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 1971-2000



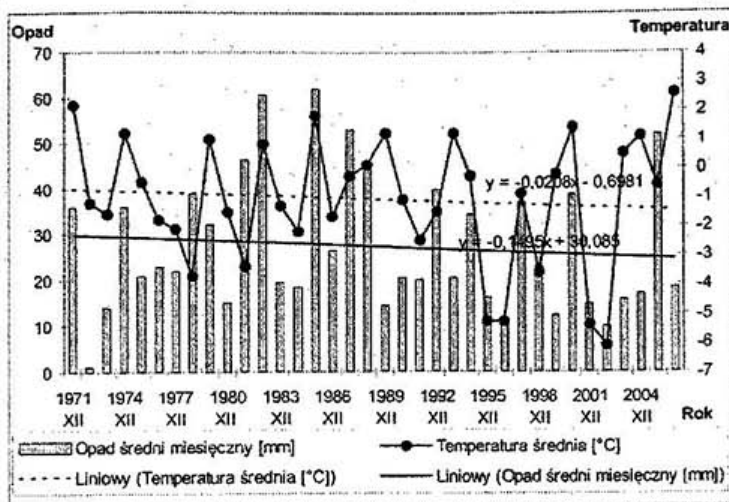
Rys. 12c. Listopad. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

trend temperatury spada natomiast rośnie trend opadu wynika to z wydzielenia 6-letniego okresu. W latach 2000-2006 wystąpiły najwyższe średnie miesięczne wielkości temperatur powietrza 2002, 2003, 2006, które nie spadły poniżej 5°C. Wpłynęło to znacząco na ukształtowanie się trendów na rys.12b, na którym trend temperatury powietrza ulega niewielkiemu spadkowi. Odwrotnie sytuacja wygląda w odniesieniu do opadu atmosferycznego (rys.12.b), ponieważ listopad roku 2002 był bardzo ubogi w opady, wyeliminowanie lat 2001-2006 spowodowało przesunięcie linii trendu ku górze. Zauważyć należy, iż nawet niewielki okres pomiarów może znacząco wpłynąć na ukształtowanie linii trendów długookresowych badań.

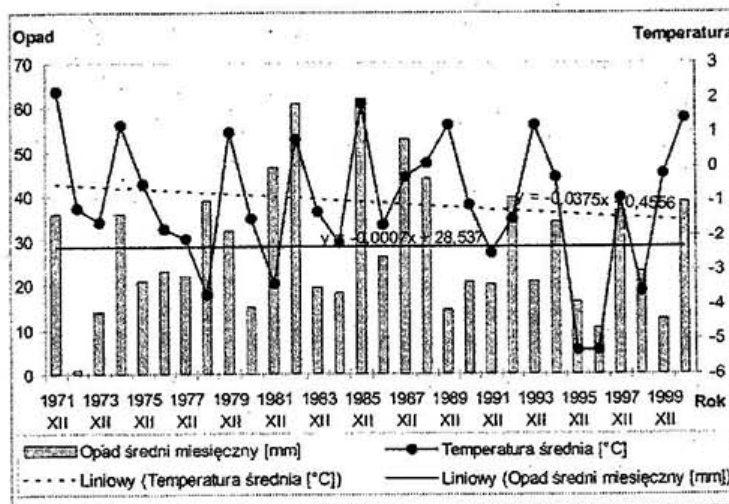
Grudzień (rys.13a) charakteryzuje się spadkiem zarówno temperatury powietrza, jak i opadu atmosferycznego. Równanie linii trendu dla temperatury wynosi $y = -0,0208x - 0,6981$, zaś dla opadu $y = -0,1495x + 30,085$. Bardziej łagodne nachylenie owych linii trendu widoczne jest w okresie 1971-2000 (rys.13b). W odniesieniu do okresu 2001-2006 (rys.13c) zmiany wyglądają odwrotnie rośnie zarówno trend opadu, jaki i temperatury. Wynika to z faktu, iż grudzień roku 2005 był bardzo obfity w opady atmosferyczne w porównaniu do lat sąsiednich. W 2002 roku zanotowano najniższe temperatury, których średnia miesięczna wyniosła -6,1°C, a w roku 2006, najwyższe 2,6°C, co zadecydowało ułożeniu trendu temperatury na rys.13c. Dane jednak z tego okresu nie wpłynęły znacząco na cały badany okres obserwacji.

Ocena okresu wielolecia 1971-2006 w Sandomierzu uwzględniająca najniższe i najwyższe wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza oraz jej amplitudy

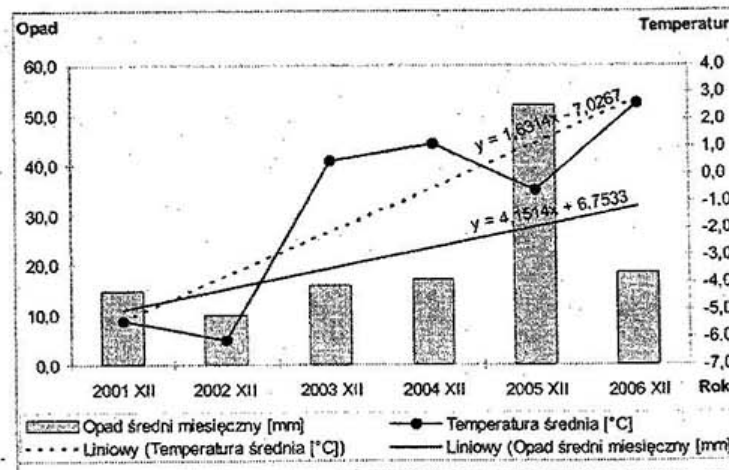
Najchłodniejszym miesiącem był styczeń o średniej temperaturze -2,9°C. Jeśli chodzi o temperaturę powietrza zaznaczył się on również największymi różnicami. Najzimniejszym był styczeń roku 1987 ze średnią miesięczną temperaturą równą -11,9°C, najcieplejszy zaś styczeń roku 1983 ze średnią miesięczną 2,1°C. Amplituda wynosi więc 14°C i jest bardzo duża w przybliżeniu można powiedzieć, że wynosi tyle ile różnica średniej temperatury między lipcem i listopadem, bądź lipcem i marcem. Duże różnice temperatur spotykamy także w lutym gdzie średnie miesięczne wahały się od -9,5°C w roku 1985 do 4,1°C w roku 1990. Dużą termiczną zmiennością charakteryzował się marzec, różnice może nie zaznaczają się tak wyraźnie w styczniu czy w lutym, ale amplituda temperatur najcieplejszego i najzimniejszego marca i tak jest wysoka i wynosi 9,6°C. Od marca również średnie miesięczne temperatury w kolejnych miesiącach nie spadają poniżej 0°C stan taki utrzymywał się aż do października. Średnia temperatura kwietnia wahała się od 5°C w roku 1997 do 12,5°C w 2000, więc amplituda dla kwietnia wynosiła 7,5°C. Jeśli chodzi o maj to średnia temperatura wahała się od 9,7°C w roku 1980 i 17,1°C w 2002, co dało amplitudę równą 7,8°C. Najmniejszymi wahaniami temperatury w Sandomierzu odznaczył się miesiąc czer-



Rys. 13a. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2006



Rys. 13b. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i opadów w wieloleciu 1971-2000



Rys. 13c. Grudzień. Średnie miesięczne wartości temperatur i sumy opadów w wieloleciu 2001-2006

wiec najniższa średnia miesięczna temperatura wynosiła $14,1^{\circ}\text{C}$ w roku 1974, a najwyższa 19°C w roku 1979 w czerwcu zaznaczyła się, więc najniższą amplitudą równą $4,9^{\circ}\text{C}$. Najcieplejszym miesiącem był zaś lipiec ze średnią roczną temperaturą równą $18,4^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura sierpnia wahała się od $15,2^{\circ}\text{C}$ w 1987 do $21,9^{\circ}\text{C}$ w 1992 roku. Amplituda wynosiła, zatem $6,7^{\circ}\text{C}$ podobnie jak amplituda dwóch kolejnych miesięcy, czyli września i października gdzie w kolejności wyniosła $6,1^{\circ}\text{C}$ i $6,2^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura września wahała się od $10,1^{\circ}\text{C}$ w roku 1996 do $16,2^{\circ}\text{C}$ w 2006, a średnia temperatura października wahała się od $5,5^{\circ}\text{C}$ w roku 2003 do $11,7^{\circ}\text{C}$ w 2000. Średnia temperatura listopada wynosi $-2,7^{\circ}\text{C}$ w 1993 do $6,8^{\circ}\text{C}$ w 2000, amplituda wynosiła zatem $9,5^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura pierwszego zimowego miesiąca, czyli grudnia w Sandomierzu oscyluje między $-6,1^{\circ}\text{C}$ w 2002 do $2,6^{\circ}\text{C}$ w roku 2006, amplituda wyniosła więc $8,7^{\circ}\text{C}$.

Największe amplitudy temperatury w Sandomierzu można zaobserwować w kolejności w miesiącach styczeń, luty, marzec, listopad powyżej $9,5^{\circ}\text{C}$. Najniższe zaś w czerwcu, wrześniu, sierpniu, wrześniu i październiku.

Zauważyć można pewne odchylenia temperatury powietrza w ciągu roku. Najwyraźniej różnice te widać w styczniu i lutym. W 36-letnim okresie 12 razy luty był najzimniejszym miesiącem roku. Podobnie jak między styczniem i lutym sytuacja wygląda z letnimi miesiącami. Jak się okazuje uważany za najcieplejszy miesiąc lipiec nie zawsze był najcieplejszy w 36-letnim okresie pomiarów. Na 36 możliwości w 12 sierpień wygrał tę rywalizację i to on był tym najcieplejszym miesiącem roku, a w 2 nawet czerwiec. Zmiany te mogą świadczyć o pewnych przemianach klimatu.

Ocena okresu wielolecia 1971-2006 w Sandomierzu uwzględniająca najniższe i najwyższe wartości średnich miesięcznych sum opadów atmosferycznych oraz ich zmienność

Miesiącem o największych opadach w Sandomierzu był lipiec o średniej miesięcznej sumie opadu z 36-lecia równej 80mm , najmniejsze opady wystąpiły zaś w miesiącach zimowych, czyli w grudniu średnia miesięczna suma wynosiła $27,3\text{ mm}$; w styczniu wyniosła $23,2\text{ mm}$, a w lutym zaś $20,8\text{ mm}$. Duża była także zmienność opadów w kolejnych miesiącach. Różnicą największą (188 mm) odznaczył się lipiec gdzie najniższa miesięczna suma w roku 1994 wynosiła $13,1\text{ mm}$ najwyższa natomiast przypadła na rok 2000 o wartości $201,1\text{ mm}$. Wahania najmniejsze zauważamy w styczniu różnica między największym, a najmniejszym średnim miesięcznym opadem wynosi $51,4\text{ mm}$.

Najsuchszym miesiącem w Sandomierzu w latach 1971-2006 był marzec 1974 roku z opadem $0,3\text{ mm}$. Ubogimi były też grudzień z opadem równym 1 mm w roku 1972, oraz luty 1976 z opadem równym 2 mm . Zauważyć należy, iż wszystkie z wymienionych miesięcy jako ubogie w opady należą do miesięcy zimowych. Najwilgotniejszymi w związku z tym są miesiące letnie tj. czerwiec, lipiec, sierpień.

W lipcu w roku 2000 odnotowano najwięcej opadów, a średnia miesięczna wyniosła 201,1 mm. Równie wysoka jest średnia sierpnia z 1979 równa 167,9 mm, a czerwca z 1999 roku w ilości 165 mm.

PODSUMOWANIE OKRESU WIELOLECIA 1971-2006 W SANDOMIERZU

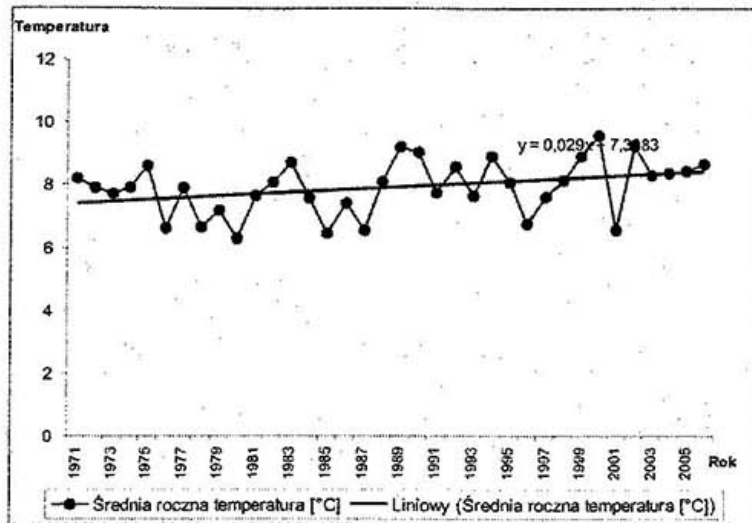
Średnia temperatura (tab. 1) z wielolecia w badanym 36-letnim okresie w Sandomierzu wyniosła 7,9°C. Najzimniejszym był rok 1980 gdzie temperatura osiągnęła średnią wartość 6,3°C. Natomiast najgorętszym okazał się rok 2000 roku gdzie średnia temperatura osiągnęła wartość 9,6°C. Dość ciepłe były również lata 1989, 1990, 2002 gdzie średnia roczna temperatura również przekroczyła 9°C. Zaznaczyć należy, że w latach 2002-2006 średnia roczna temperatura powietrza wynosiła powyżej 8,3°C. Średni roczny opad w badanym okresie wyniósł 44,3mm. Rok 1980 i 1974 były najobfitszymi rocznikami pod względem opadów atmosferycznych średnia roczna wynosiła 59,0 mm. Najniższe średnie roczne opady o wartości 31,3mm odnotowano w roku 1973. Niską wielkość opadów odnotowano również w lata 2003, 2005 poniżej 33 mm. Średnie roczne sumy opadów w okresach 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2006 wykazują widoczne 10-letnie cykliczne odchylenia świadczące, iż lata 1971-1980 i 1991-2000 były bogatsze w opady niż analogiczne kolejne lata 1981-1990, 2001-2006 uznane wg powyższych badań za suche.

LINIA TRENDU I ŚREDNIA ROCZNA TEMPERATURA POWIETRZA W SANDOMIERZU W LATACH 1971-2006

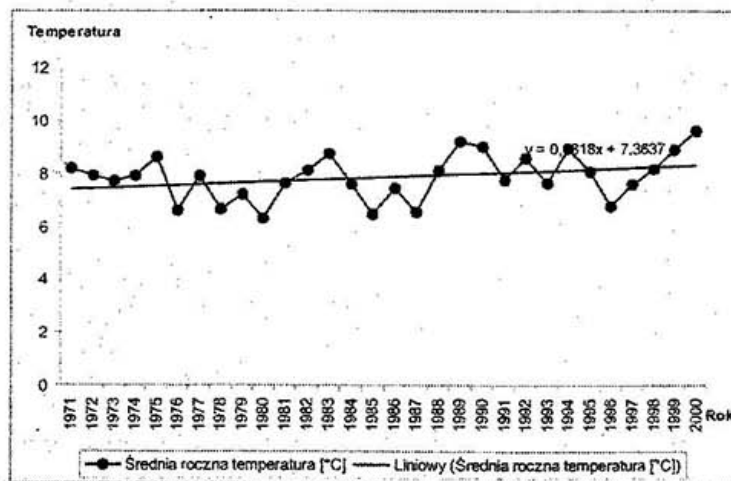
Trend temperatury powietrza (rys. 14a) w okresie 1971-2006 w Sandomierzu wykazuje tendencję wzrostową. Podobnie jak dwa pozostałe rysunki 14b i 14c. Średnia roczna temperatura w latach 1971-1990 osiągnęła wartość powyżej 8°C 6 razy. W latach kolejnych natomiast tą wartość przekroczyła aż 12 razy. Wzrost temperatury jest, w bezdyskusyjny. Wzrost średnich rocznych temperatur widoczny jest systematycznie w poszczególnych 10-letnich okresach badawczych. Lata 1971-1980 były cieplej o 0,4°C od lat 1981-1990 w których średnia roczna temperatura była równa 7,9°C. Kolejne lata 1991-2000 były natomiast cieplejsze od wcześniejszego 10-letnia o 0,3°C ze średnią roczną temperaturą równą 8,2°C.

Tabela 1. Średnia roczna temperatura i opad atmosferyczny okresu wielolecia 1971-2006 w Sandomierzu

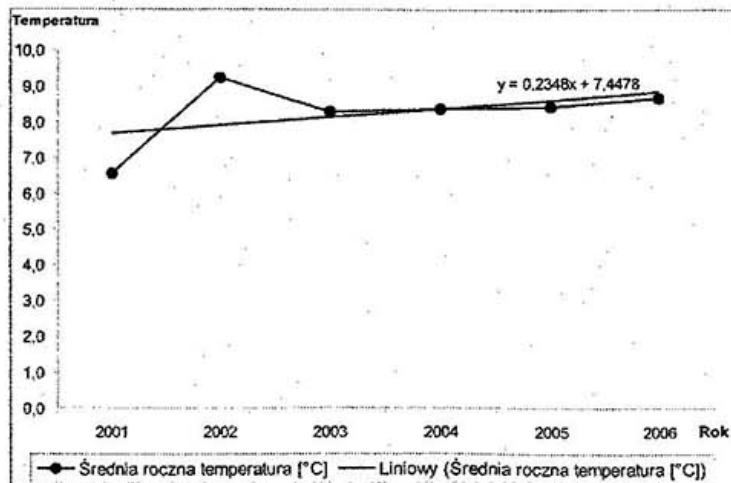
Rok	Średnia roczna temperatura [°C]	Średnia roczna suma opadów [mm]
1971	8,2	43,2
1972	7,9	41,2
1973	7,7	31,3
1974	7,9	59,0
1975	8,6	44,7
1976	6,6	44,0
1977	7,9	45,3
1978	6,7	44,2
1979	7,2	53,5
1980	6,3	59,0
1981	7,6	46,3
1982	8,1	32,2
1983	8,7	45,4
1984	7,6	39,3
1985	6,5	52,4
1986	7,4	44,4
1987	6,5	43,6
1988	8,1	35,8
1989	9,2	40,2
1990	9,0	48,4
1991	7,8	37,9
1992	8,6	45,1
1993	7,6	37,7
1994	8,9	54,4
1995	8,1	39,0
1996	6,8	52,9
1997	7,6	51,1
1998	8,2	57,4
1999	8,9	47,0
2000	9,6	52,3
2001	6,6	41,0
2002	9,3	39,5
2003	8,3	32,4
2004	8,4	42,4
2005	8,5	32,4
2006	8,7	40,2



Rys. 14a. Trend i średnia roczna temperatura powietrza w Sandomierzu w wieloleciu 1971-2006



Rys. 14b. Trend i średnia roczna temperatura powietrza w Sandomierzu w wieloleciu 1971-2000



Rys. 14c. Trend i średnia roczna temperatura powietrza w Sandomierzu w latach 2001-2006

LINIA TRENDU I ŚREDNIA ROCZNA SUMA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W SANDOMIERZU W LATACH 1971-2006

Linia trendu opadu atmosferycznego (rys.15a) w Sandomierzu w latach 1971-2006 wykazuje tendencję spadkową o równaniu $y = -0,0861x + 45,923$. Na takie ułożenie linii trendu zdecydowany wpływ wywarł okres 2001-2006 w którym to opady były niewielkie. W latach 1971-2000 (rys.15b) linia trendu opadu atmosferycznego ma wzrostowy charakter. Natomiast w ostatnim 6-leciu (rys.15c) znów wykazuje spadkową tendencję. Na tej podstawie można stwierdzić, że końcówka lat 90-tych była okresem wilgotnym w porównaniu z latami 2001-2006. Potwierdzając tym 10-letnią cykliczność przeplatania się lat suchych z wilgotniejszymi.

PROGNOZY NA PRZYSZŁOŚĆ Z WYKREŚLONĄ LINIĄ TRENDU DO ROKU 2020 DLA TEMPERATURY POWIETRZA I OPADU ATMOSFERYCZNEGO

Większość z zachodzących zjawisk charakteryzują trendy prostoliniowe i roczne regularne łatwe do przewidzenia cykle. Jednak nawet w tych łatwych do przewidzenia rocznych cyklach coraz częściej dochodzi do zmian. Mogą one być wynikiem działalności ludzkiej bądź zachodzić zupełnie niezależnie i całkiem naturalnie [6].

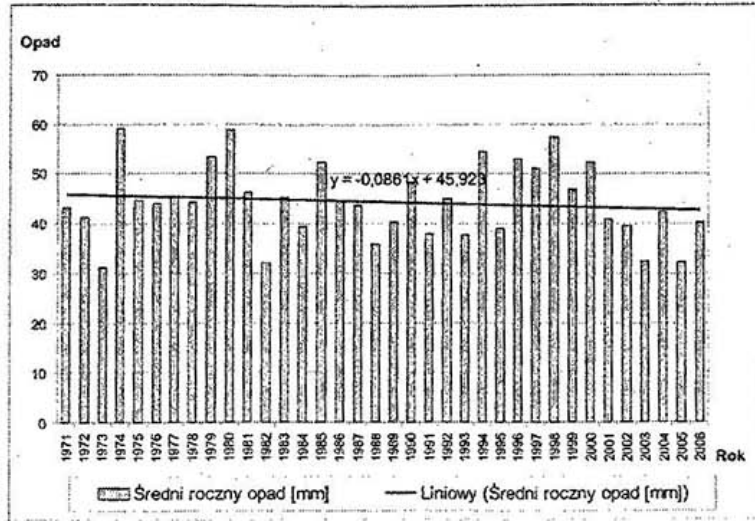
Rysunku 16 i 17 przedstawiają prognozy do roku 2020 dla temperatury powietrza i opadu atmosferycznego. Prognozowane jest dalsze zwiększanie się temperatury powietrza gdzie trend ma zdecydowany wzrostowy charakter, a jego równanie wynosi $y = 0,029x + 7,3883$. Odwrotnie sytuacja wygląda przy opadach atmosferycznych gdzie prognozuje się zmniejszanie ich ilości. Linia trendu opadu spada, a równanie ma wartość $y = -0,0861x + 45,923$. Na tej podstawie można stwierdzić, iż w Sandomierzu do roku 2020. zmiany będą zachodziły i pokryją się z przewidywaniami naukowców, oraz z międzynarodowymi raportami o zmianach klimatu.

RÓŻNE SCENARIUSZE ZMIAN KLIMATU I WYNIKAJĄCE Z NICH ZAGROŻENIA

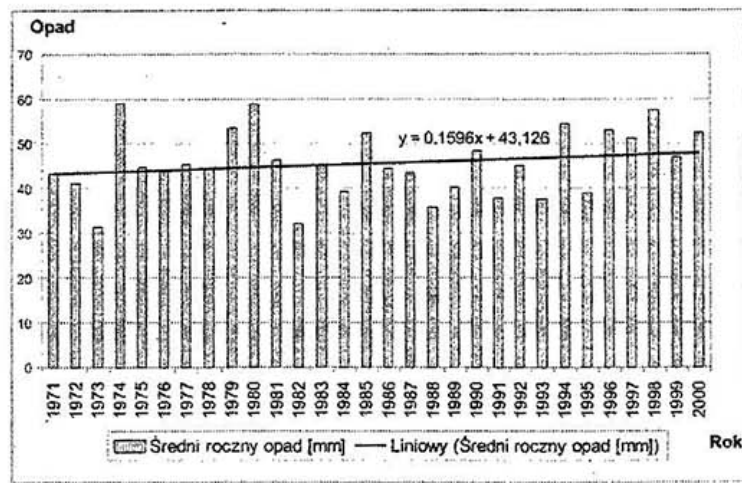
Współczesna nauka wśród przyczyn, które decydują o zmianach klimatycznych wymienia zjawiska takie jak: zmienność orbity Ziemi, wpływ aktywności kosmicznej oraz komet, zmienność stałej słonecznej, a także ukształtowanie powierzchni Ziemi [9].

Naturalne zmiany klimatyczne wg Boryczka [1] wywołane są zmiennością promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, uwarunkowane są również naturalną częścią efektu cieplarnianego, dzięki któremu temperatura na powierzchni ziemi wynosi $+18^{\circ}\text{C}$, a nie -18°C .

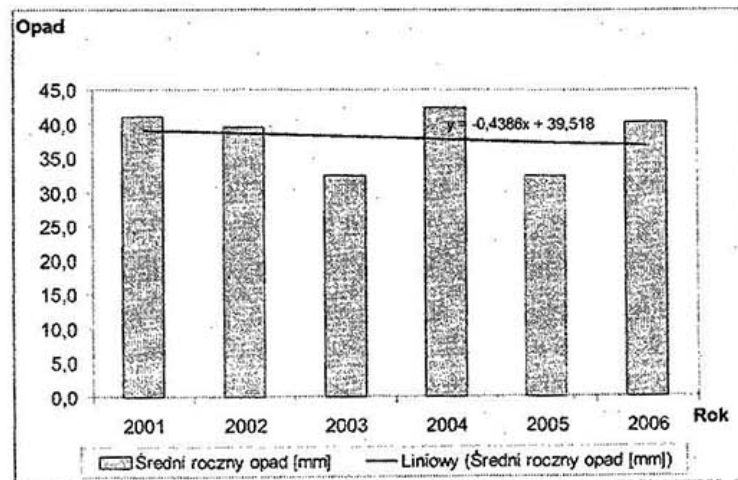
Naukowcy przewidują częstsze fale upałów, a w związku z tym i susze. Opady będą występowały w formie ulew, które będą mogły wywoływać powodzie. Grożą



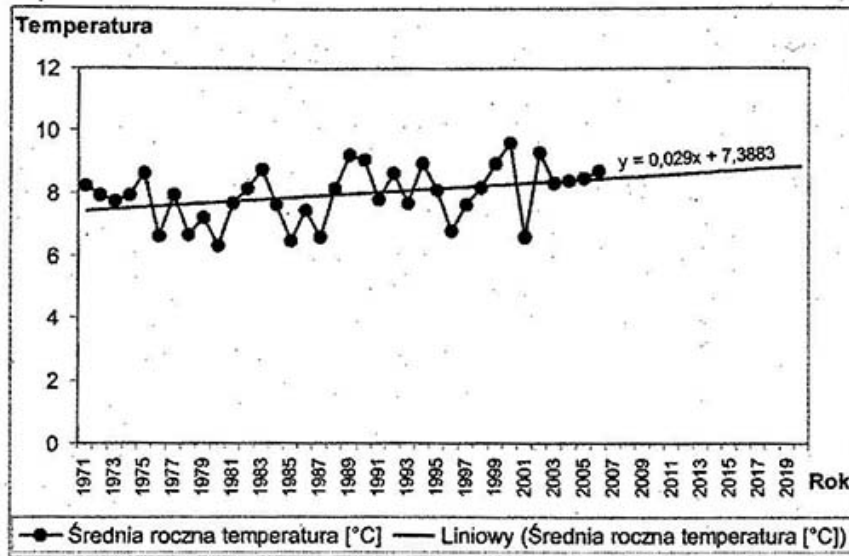
Rys. 15a. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w Sandomierzu w wieloletiu 1971-2006



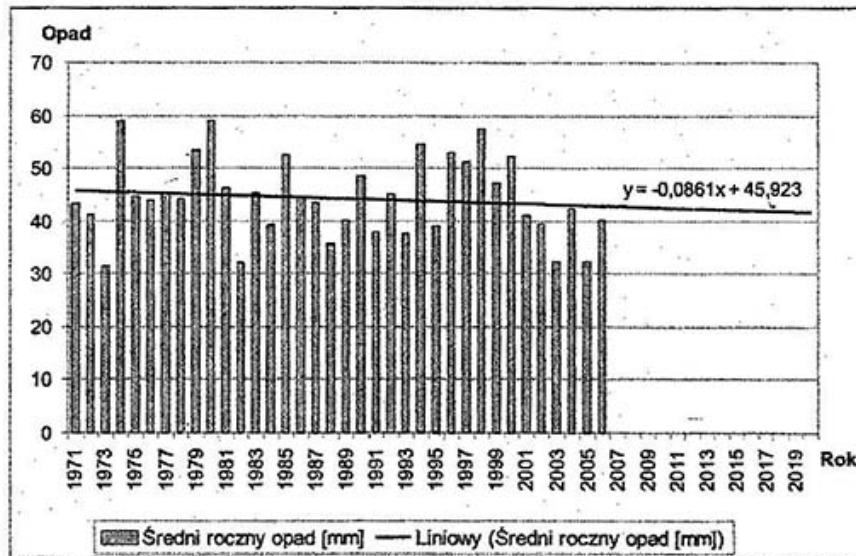
Rys. 15b. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w Sandomierzu w wieloletiu 1971-2000



Rys. 15c. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w Sandomierzu w latach 2001-2006



Rys. 16. Trend temperatury powietrza w Sandomierzu w wieloleciu 1971-2020



Rys. 17. Trend opadu atmosferycznego w Sandomierzu w wieloleciu 1971-2020

świata także serią katastrof między innymi podniesieniem poziomu oceanów, topnieniem lodowców Arktyki, katastrofami rolniczymi, zwiększeniem liczby i gwałtowności huraganów, wybuchami epidemii chorób zakaźnych i pasożytniczych, oraz niedoborem wody pitnej.

Kassenberg i Sobolewski [11] jako główną przyczynę ocieplenia klimatu przedstawiają wzrost stężenia gazów cieplarnianych, przede wszystkim CO₂, metanu, podtlenku azotu, freonów i innych substancji emitowanych przez zakłady produkcyjne. Problemem jest klimat ziemi bardzo powoli reagujący na bodźce i nawet zupełne wstrzymanie emisji gazów cieplarnianych bezpośrednio nie powstrzymałoby wzrostu temperatury.

Wg IUCC [5] zmiany klimatu wpłynąć mogą na produkcję rolniczą zarówno w sposób pozytywny jak i negatywny. Wzrost temperatury powietrza może wy-

dłużyć okres wegetacyjny o 50-70 dni. Razem ze zwiększonymi opadami mogą wpłynąć na 3-krotne zwiększenie produkcji pasz i 2-krotny wzrost plonów roślin pastewnych i zbóż. Powstaną warunki korzystniejsze do uprawy roślin ciepłolubnych kosztem jednak tradycyjnie uprawianych. Łagodne i krótkie zimy wydłużą okres wypasu zwierząt hodowlanych. Niekorzystnym może okazać się wzrost występowania szkodników i chorób. Przewiduje się zmiany w składzie gatunkowym lasów. Drzewa iglaste będą wypierane przez drzewa liściaste. Ocieplenie klimatu może przynieść zwiększenie częstotliwości występowania dni upalnych i susz. Podnosić będzie się poziom wód w Morzu Bałtyckim, który i tak w ostatnim wieku średnio rocznie podniósł się o 1,5-2,9 mm.

Wzrost temperatury powietrza może wpłynąć na zwiększenie liczby zachorowań i zgonów ludności na całym świecie wg WHO ocieplenie wpłynie na zwiększenie ilości owadów przenoszących choroby. Spodziewane jest nasilenie szkodników oraz chorób roślin uprawnych, a okresowe deficyty wody wymagać będą wprowadzania dodatkowych systemów nawadniających [19].

Zmiany klimatu wpłyną również na opady atmosferyczne i procesy parowania. Przewiduje się wzrost opadów na jednych terenach, a na drugich znaczne ich zmniejszenie. Globalne zasoby wodne są silnie eksploatowane na całym świecie, a ich systematyczne zmniejszanie może doprowadzić nawet do zbrojnych konfliktów między państwami. Susze razem z niewłaściwą gospodarką zasobami wodnymi mogą doprowadzić do ługowania soli z gleby i tym samym zasolić strefę aeracji IUCC [8].

IUCC [7] w wyniku prognozowanych wzrostów temperatur powietrza przewiduje przesunięcie się stref klimatycznych jak i rolniczych w kierunku biegunów. Na każdy stopień ocieplenia przewiduje przesunięcie o około 200-300 km w regionach stref umiarkowanych. Trzeci Raport IPCC potwierdza ocieplenie klimatu, stwierdza zarazem, iż w największym stopniu wpłynęła na to gospodarka ludzka. Ocieplenie w $\frac{3}{4}$ spowodowane jest wzrostem stężenia gazów cieplarnianych, a w $\frac{1}{4}$ przez zmianę użytkowania terenu. CO_2 działa jak płaszcz zatrzymując ciepło wypromieniowane przez nagrzaną słońcem powierzchnię ziemi. Nad Europą wzrost temperatury powietrza był szczególnie widoczny w XX wieku, gdzie wzrosła ona o $0,8^\circ\text{C}$. Prognozy jednak nie są pocieszające, przewidują dalszy wzrost temperatury z szybkością $0,1-0,4^\circ\text{C}$ na dekadę. Zmianie ulegną pory roku. Zanikną mroźne zimy, a upalne lata staną się codziennością [12].

Jaworowski [10] opowiada się o panice i strachu, jaką wprowadzono na świecie odnośnie efektu cieplarnianego. Tłumaczy to faktem, iż to para wodna odpowiada za 98% efektu cieplarnianego, a jedynie 2% przypada na dwutlenek węgla. Nie widzi on zależności między zmianami temperatury, a dwutlenkiem węgla powszechnie uznanym za główną przyczynę tych zmian. Przedstawia pogląd wpływu cyklicznej 11 i 90 letniej zmiennej aktywności Słońca, oraz duży wpływ promieniowania kosmicznego.

Zmiany klimatu stanowią ciągłe pole konfliktów między naukowcami. Nawet Raporty IPCC nie można uznać za zupełnie wiarygodne gdyż opierają się o hipotezy i przypuszczenia. Klimat rządzi się swoimi prawami i nigdy do końca nie wiadomo,

czym nas może jeszcze zaskoczyć. Pewne jest jedno klimat się zmienia, a tylko od nas zależy jak duże będą to zmiany.

DYSKUSJA

Wyniki badań dwóch najważniejszych elementów meteorologicznych, czyli opadu atmosferycznego i temperatury powietrza na terenie miasta Sandomierz w badanym 36-leciu potwierdzają specyfikę globalnych zmian klimatycznych. Klimat w Sandomierzu potwierdza również tezę Michna [15], iż temperatura powietrza charakteryzuje się dużą zmiennością. Wyrazem tego może być sytuacja w poszczególnych latach gdzie nie zawsze lipiec był najcieplejszym miesiącem, a styczeń najchłodniejszym oraz fakt, iż średnia temperatura powietrza tych miesięcy odbiega od średniej wieloletniej.

Na podstawie badań można wnioskować, iż średnia roczna temperatura w latach 2001-2010 wyniesie około $8,5-8,7^{\circ}\text{C}$, natomiast w latach 2011-2020 będzie większa o $0,3^{\circ}\text{C}$ i wyniesie prawie 9°C . Potwierdza to teorię wzrostu temperatury powietrza zgodnego z modelem IUCC [6] o przewidywalnym podniesieniu się średniej globalnej temperatury powietrza od $0,4-1^{\circ}\text{C}$. Lipiec roku 2006 wg Pieńkowskiego był rekordowy pod względem średniej temperatury powietrza od czasu, kiedy zaczęto prowadzić regularnie pomiary tego parametru. Podobne upały odnotowano w Polsce tylko w sierpniu 1807 roku. Lipiec roku 2006 w Sandomierzu również odznaczył się najwyższą średnią temperaturą równą $22,3^{\circ}\text{C}$.

W odniesieniu do opadu atmosferycznego opierając się o twórczość Schmuck [23], który przedstawił przebieg roczny opadów atmosferycznych w Polsce stwierdzając, iż jest bardzo zmienny, a odchylenia idą w kierunku dodatnim, jaki i ujemnym. Badania potwierdzają, że klimat Sandomierza nie wyróżnia się szczególnie na tle kraju. Owszem ogólny trend opadu atmosferycznego wykazał charakter spadkowy, co świadczy o stale zmniejszającej się ilości opadów. Porównując jednak średnie roczne opady w okresach 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2006 widoczne są cykliczne 10-letnie odchylenia świadczące, iż lata 1971-1980 i 1991-2000 były bogatsze w opady niż analogiczne kolejne lata 1981-1990, 2001-2006. Na podstawie badań można postawić tezę, że rok 2010 będzie rokiem kończącym fazę niedoboru opadów. Kożuchowski [14] zmienność opadów atmosferycznych opierał o opinię Budyki z 1983 roku, który twierdził, że podczas ocieplenia opady na kontynentach początkowo maleją, a następnie ponownie rosną w fazie rozwiniętego ocieplenia i uwilgotnienia atmosfery.

WNIOSKI

Po dokonaniu charakterystyki temperatury powietrza i opadu atmosferycznego w Sandomierzu w oparciu o dokumentację graficzną można dojść do następujących wniosków:

1. Zmiany temperatury powietrza w Sandomierzu z okresu wielolecia 1971-2006 wyraźnie idą w kierunku ocieplenia. Średnia temperatura z wielolecia w badanym 36-letnim okresie w Sandomierzu wynosiła 7,9°C. Najzimniejszym był rok 1980 gdzie temperatura osiągnęła średnią wartość 6,3°C. Natomiast najgorętszym rok 2000 roku ze średnią równą 9,6°C. Dość ciepłe były lata 1989, 1990, 2002 tam średnia roczna temperatur przekroczyła 9°C. Zaznaczyć należy, że w latach 2002-2006 średnia roczna temperatura powietrza wynosiła powyżej 8,3°C.
2. Klimat w Sandomierzu cechuje się dużą zmiennością temperatury powietrza. Najbardziej widoczne zjawisko to było w styczniu gdzie amplituda temperatur wyniosła 14°C, najmniejszym przedziałem zmienności odznaczył się czerwiec z amplitudą równą 4,9°C. Styczeń był także najchłodniejszym miesiącem okresu 36-lecia ze średnią temperaturą -2,9°C. Najcieplejszym miesiącem był zaś lipiec ze średnią roczną temperaturą równą 18,4°C.
3. Na uwagę zasługuje fakt, iż najcieplejszy miesiąc lipiec nie zawsze był najcieplejszy w całym okresie badawczym. Na 36 możliwości dwanaście razy sierpień był cieplejszy od lipca, a w dwóch przypadkach cieplejszy od lipca i sierpnia był czerwiec. Podobnie sytuacja wygląda z najzimniejszym styczniem. W 36-letnim okresie 12 razy luty był najzimniejszym miesiącem roku.
4. Największą zmiennością temperatury powietrza w Sandomierzu w latach 1971-2006 odznaczył się miesiąc styczeń, w którym to najniższa miesięczna średnia wynosiła -11,9°C w roku 1987, a najwyższa zaś w roku 1983 osiągając wartość dodatnią 2,1°C. Najmniejszą zmiennością temperatury odznaczył się czerwiec, w którym to najniższa średnia wynosiła 14,1°C, a najwyższa 19°C. Duże amplitudy temperatury można zaobserwować również w kolejnych miesiącach lutym, marcu, listopadzie powyżej 9,5°C. Najniższe zaś we wrześniu, sierpniu oraz październiku.
5. Największym średnim miesięcznym opadem w Sandomierzu w latach 1971-2006 odznaczył się miesiąc lipiec osiągając wartość 201 mm w roku 2000, a najniższą zaś w roku 1994 równą 13 mm. Najmniejszą średnią miesięczną ilością opadów odznaczyły się miesiące zimowe grudzień, styczeń, luty. Najsuchszym jednak miesiącem w Sandomierzu w latach 1971-2006 był marzec 1974 roku z opadem 0,3mm.
6. Szczególnie wyróżnił się miesiąc sierpień z wyraźnie widoczną 10-letnią okresowością zmian opadów, gdzie po okresie suszy przychodziły okresy wzmożonych opadów.
7. Roczny przebieg opadów w Sandomierzu jest dość zmienny. Lata 1980 i 1974 były najobfitszymi rocznikami pod względem opadów atmosferycznych średnia roczna wynosiła 59,0 mm. Najniższe średnie roczne opady o wartości 31,3mm odnotowano w roku 1973. Niską wielkość opadu odnotowano również w lata 2003, 2005 poniżej 33mm.

8. Ogólny trend opadu wykazywał charakter spadkowy. Porównując jednak średnie roczne opadu w okresach 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2006 widoczne są odchylenia w kierunkach dodatnich i ujemnych. Lata 1971-1980, 1991-2000 były bogatsze w opady niż okresy pozostałe. Na tej podstawie można wysunąć wniosek, iż lata 2011-2020 powinny być wilgotniejsze niż okres 2001-2010 obecnie uznany za suchy, ale z utrzymującym się ogólnym spadkowym wieloletnim trendem.
9. Zachodzące zmiany klimatyczne mogą znacznie wpłynąć na roślinność oraz rolnictwo-prężnierozwijające się na tym obszarze. Ze względu na wzrostową tendencję temperatury powietrza wydłużyć może się okres wegetacyjny roślin. Wymusić to może potrzebę wprowadzania nowych odmian uprawnych, a tym samym zrezygnowania z dotychczasowo uprawianych. Ocieplenie może doprowadzić do zmian w porach roku, może nastąpić długa jesień, krótka zima, a po niej wcześniejsza wiosna.
10. Prognoza zmian klimatycznych dla Sandomierza na najbliższy okres do roku 2020 wygląda następująco przewidywalny jest spadek opadów atmosferycznych. Wyraźną tendencją wzrostową wykazywała temperatura powietrza, dla której przewidywany jest wzrost w najbliższym okresie.
11. Na podstawie trendów opadu i temperatury do roku 2020 można przypuszczać, że zmiany klimatyczne będą zachodziły i pokryją się tym samym z przewidywaniami naukowców i międzynarodowymi raportami.
12. Postawiona w pracy hipoteza o przyspieszeniu globalnego ocieplenia została potwierdzona.

BIBLIOGRAFIA

1. Boryczka J. 1998. Zmiany Klimatu Ziemi. Wyd. Akademickie Dialog. Warszawa.
2. Chromow S.P. 1969. Meteorologia i klimatologia. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa.
3. Czarniecki R. 1996. Wyżyna Sandomierska część I wschodnia - Komponenty krajobrazu geograicznego. Wyd. nakład własny. Warszawa.
4. Erenc I. 2004. Przyroda Polska, nr 4.
5. IUCC. 1998. Polska i zmiany klimatu. Aura, nr 2.
6. IUCC. 1997. Przyczyny Zmian klimatu. W jakim stopniu klimat jest prognozowany?. Aura, nr 6.
7. IUCC. 1997. Wpływ zmian klimatu na rolnictwo. Aura, nr 9.
8. IUCC. 1997. Wpływ zmian klimatu na zasoby wodne. Aura, nr 11.
9. Ismail I.A.H. 1994. Ciepło, coraz cieplej?. Wiedza i życie, nr 2.
10. Jaworowski Z. 2003. Nowa epoka lodowa. Polityka, nr 28(2409).
11. Kassenberg A., Sobolewski M. 2002. Zmiany Klimatu: polityka i działania na rzecz ograniczenia emisji gazów szklarniowych w Unii Europejskiej i w Polsce. Warszawa: PKE. OM.
12. Kundzewicz Z.W. i inni. 2003. Czy Polsce grożą katastrofy ekologiczne?. Scenariusze zmian klimatu w świetle Trzeciego Raportu IPCC. Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, Polski Komitet Narodowy Międzynarodowego Programu „Zmiany Globalne Geosfery i Biosfery” przy Prezydium Polskiej Akademii Nauk. Warszawa.

13. Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M. 2000. *Meteorologia i Klimatologia*. PWN, Warszawa - Łódź.
14. Kożuchowski K. 1996. Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. *Przegląd Geograficzny*. TLXVIII, z.1-2.
15. Michna E. i in. 1978. *Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej*. Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław – Warszawa – Kraków - Gdańsk.
16. Miczyński J. 2007. *Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju -Konwencja Klimatyczna. Materiały szkoleniowe*, Kraków.
17. *Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny 1971-1977*, IMGW.
18. Miller P. 2004. *Zmiany klimatyczne w Polsce cz.1. Przygoda Polska*, nr 12.
19. Miller P. 2005. *Zmiany klimatyczne w Polsce cz.2. Przygoda Polska*, nr 1.
20. Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny. *Atlas Klimatyczny Polski.. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Część tabelaryczna, zeszyt 2.*
21. Pieńkowski A. 2006. *Gorący temat ocieplenia. Przekrój*, nr 42(3200).
22. Pyłka-Gutowska E. 1999. *Ekologia z ochroną środowiska*. Wydawnictwo „Oświata”, Warszawa.
23. Schmuck A. 1969. *Meteorologia i klimatologia dla WSR*. PWN, Warszawa.
24. Stopka M. 1968. *Temperatura powietrza w Polsce. Cz.1. Polska Akademia Nauk. Instytut Geografii*, Warszawa.
25. Suszyńska J. i in. 2000. *Przyroda obszarów stykowych ziemi sandomierskiej i Polski południowo-wschodniej. Specyfika czynników klimatycznych Wyżyny Sandomierskiej. Materiały z sympozjum*, Sandomierz.
26. Szuliński A. M. 2002. *Wyjątkowe upały i długotrwałe susze w średniowieczu i latach współczesnych. Przyroda Polska*, nr 7.
27. Woś A. 1997. *Meteorologia dla geografów*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
28. *Urząd Miasta Sandomierz: Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Sandomierza. Świętokrzyska Agencja Rozwoju Regionu S.A., Plan Rozwoju Lokalnego Sandomierza. Program Ochrony Środowiska.*
29. Internet http://pl.wikipedia.org/wiki/Czwarty_Raport_IPCC_z_dnia_16.05.2008.

CLIMATIC CHANGEABILITY IN SANDOMIERZ DURING 1971-2006

Abstract

The purpose of this research was to describe and evaluate the thermal and precipitation conditions in Sandomierz between 1971 and 2006 in the context of the climate change.

The analysis of these conditions was based on both mean monthly and mean annual rainfall and temperature data from the region. The relation between the rainfall and temperature was thoroughly investigated and a trend forecast was generated for Sandomierz for the period until 2020. Having analyzed the variations in and the patterns of monthly mean the variations in and the temperature in the region will steadily increase. This climate change will affect the local vegetation and farming: the growing seasons will lengthen, which, in turn, will force the local farmers to replace their current crops with new crop varieties. Increased temperatures and decreased precipitation might also affect the cycle of season in Sandomierz.

The climate change observed in Sandomierz between 1971 and 2006 will continue to proceed and will reflect the global trends in climate change.

Key words: climate, termic conditions, precipitation conditions, Sandomierz.