

Adam WALANUS, Roman SOJA

ZJAWISKA PERIODYCZNE W PROGNOZACH

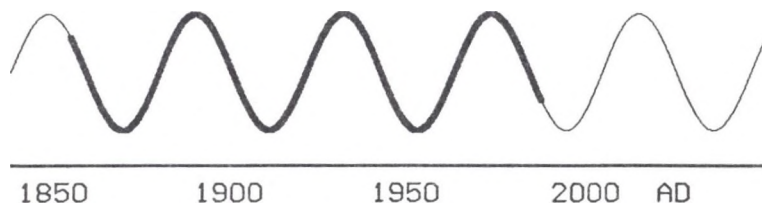
Streszczenie. Analizując zapis stanu wody na Wiśle w Szczucinie i inne dane stwierdzono, iż referowana w literaturze periodyczność 3.5-letnia zaznacza się wyraźnie. Periodyczność ta jest skorelowana w danych związanych przyczynowo. Jednak wydaje się, że dopóki nie zostanie znaleziony w atmosferze mechanizm oscylatora, o takim okresie nie można mówić o cykliczności 3.5-letniej inaczej jak o losowej fluktuacji. Wniosek ten dotyczy też wielu innych znajdujących cykliczności niewspółmiernych z rokiem. Cykliczności te nie nadają się do prognozowania.

PERIODICITY IN FORECASTING

Summary. Random is, what has many independent causes. Since no oscillator of strange 3.5 ± 0.15 yr period is found in nature, such periodicity observed in precipitation in Poland, in the period 1920–1960 seems to be random fluctuation. This periodicity has higher amplitude in rivers runoff signal, because of averaging on large catchment area.

Jeżeli jakaś wielkość zachowuje się w sposób periodyczny, to można przewidywać jej wartość w przyszłości (rys. 1). Spośród rzeczywistych wielkości przyrodniczych, podobnie jak sinusoida na rysunku 1 zachowuje się temperatura powietrza w Polsce. Okres wynosi oczywiście 1 rok. Już opad wykazuje o wiele słabszą zmienność sezonową, podobnie stan wody w rzekach. Nie ma jednak wątpliwości, że prawie wszystko podlega wahaniom sezonowym; jest po temu oczywista przyczyna. Przyczyna ta jest natury astronomicznej, stąd jej precyzja.

W polskiej literaturze hydrologicznej znaleźć można informacje, że w zapisach stanów wody, przepływów rzek lub innych zjawisk istnieją składowe periodyczne o najróżniejszych, trudnych do wytłumaczenia wartościach (Krasnodębski R., Gadkowski M., 1978; Girjatowicz J.P., Kożuchowski K., 1994). Najczęściej pojawia się okres $T = 3.5$ roku (Jeż G., Jokiel P., Kożuchowski K., 1987). Autorzy niniejszej pracy na podstawie zapisu dobowych stanów wody na Wiśle w Szczucinie z bieżącego wieku stwierdzili, że istotnie są



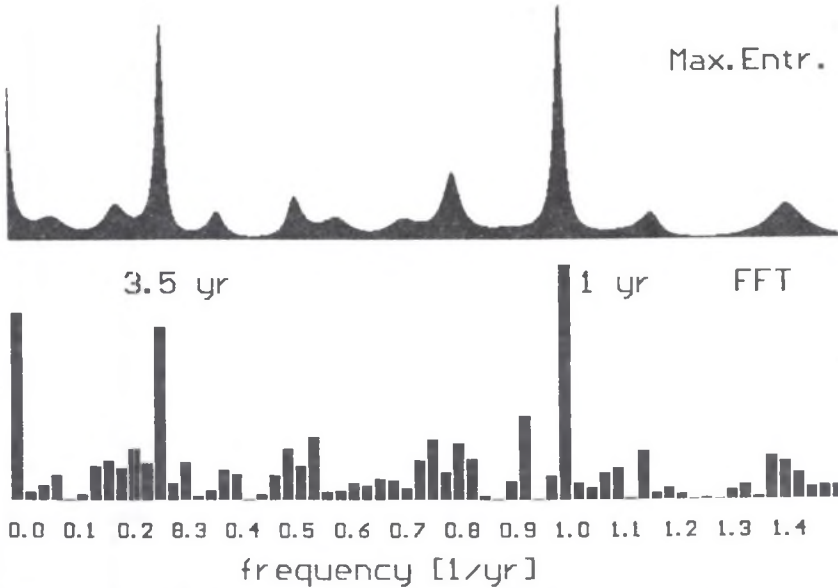
Rys. 1. Podstawowy przebieg periodyczny – sinusoidalna zmienność harmoniczna. Przy braku zakłócającego szumu można dowolnie dokładnie przewidzieć dowolnie odległą przyszłość

Fig. 1. The main periodic curve – sine-function. If no disturbances, far forecast may be performed with an unlimited precision

podstawy do mówienia o istnieniu składowej periodycznej o takim okresie. Jednak podchodząc krytycznie do rezultatów wnioskowania statystycznego należy zastanowić się nad sensem słowa „istnienie” cykliczności. W szczególności, jeśli periodyczność miałaby być wykorzystana do predykcji, to sens ten musiałby być zupełnie jasny. Należy podkreślić, że dane ze Szczucina były w zasadzie przypadkowe, były „pod ręką” (stwierdzenie to jest ważne dla poprawności wnioskowania statystycznego). Chodzi przede wszystkim o to, że dane nie były dobierane pod kątem udowodnienia założonej a priori tezy.

Na rysunku 2 przedstawione są wyniki poszukiwania periodyczności. Maksimum przy okresie $T = 3.5$ roku ma wysokość porównywalną z maksimum sezonowym ($T = 1$ rok) i zdecydowanie wyróżnia się na tle innych częstotliwości. Maksimum na lewej krawędzi wykresów odpowiada okresowi dwa razy dłuższemu niż długość analizowanego szeregu i nie może być interpretowane jako cykliczność. Maksimum 3.5-letnie zdecydowanie „istnieje” na wykresach z rys. 2.

Jaki jest związek tego intuicyjnego odczucia z tzw. istotnością statystyczną? Można, ryzykując nieco stwierdzić tożsamość obydwu podejść do problemu. Testowanie hipotez statystycznych nie daje odpowiedzi bezwzględnej, niezależnej od subiektywnych założeń. Nawet sformułowanie pytania do testowania byłoby tutaj trudne. Tak zwana hipoteza zerowa mogłaby brzmieć: składowa periodyczna o maksymalnej amplitudzie jest elementem szumu (białego? różowego?). Jednak maksymalna jest periodyczność roczna, należałoby ją odrzucić jako przypadek o znanej genezie. Ta wątpliwość i inne, np. pytanie dlaczego wybrano ten a nie inny okres czasu do analizy, powodują, że nie można przywiązywać nadmiernej wagi do testów statystycznej istotności. Nie można pytać o istotność periodyczności 3.5 letniej, gdyż ta została wybrana na podstawie wyniku analizy, w której miałyby być testowana. A, jak zostanie dalej wykazane, przypadek jest jednostkowy, istnieje tylko jedno zjawisko o takiej periodyczności. Nie można więc mówić o niezależnych danych (np. o różnych rzekach).

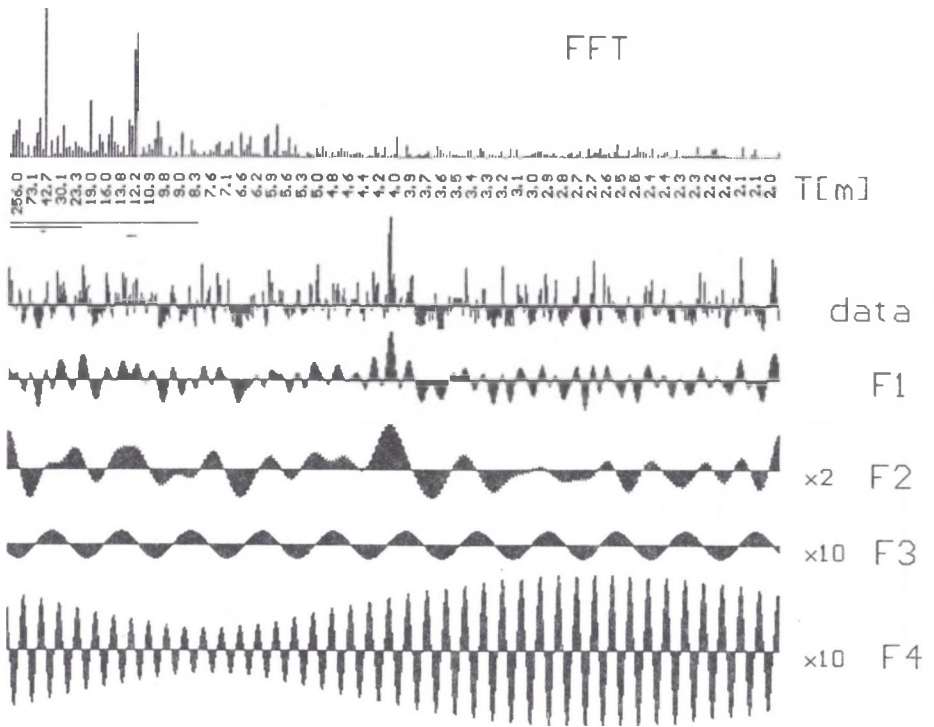


Rys. 2. Wyniki analizy spektralnej szeregu czasowego średnich miesięcznych stanów wody na Wiśle w Szczucinie za okres 1920–1962, przeprowadzonej metodą maksymalnej entropii i analizy fourierowskiej (Fast Fourier Transform). Periodyczność 3,5 letnia jest porównywalna z roczną w tym samym stopniu w obydwu analizach

Fig. 2. Spectra of monthly averages of Vistula runoff in Szczucine, for the period 1920–1962. Plots are obtained by the maximum entropy method and the Fourier transform. The 3.5yr peak is comparable in high and width to that of 1 yr

Pozostając więc przy intuicyjnym odczuciu „istnienia” periodyczności 3,5 letniej należałoby lepiej zilustrować zagadnienie. Przedstawianie danych na osi częstotliwości (rys. 2) jest dość daleko posuniętym przetworzeniem utrudniającym czasami percepcję. Dlatego na rys. 3 przedstawiono dane na zwykłej osi czasu. Posłużono się filtrowaniem aby pokazać poszczególne składowe periodyczne. W okolicy roku trzydziestego periodyczność sezonowa stanu wody była słabsza od przeciętnej, amplituda periodyczności 3,5-letniej jest taka jak periodyczności rocznej w tym słabszym okresie. Średnio jest o połowę mniejsza. Osobną sprawą jest precyzja okresu $T = 3.5$ roku, jest ona dość duża i wynosi 0.15 roku. Ze względu na ograniczenie długości analizowanego szeregu można stwierdzić, że dokładność cykliczności 3.5 ± 0.15 lat jest porównywalna z dokładnością cykliczności rocznej. Końcowy wniosek pewnego etapu rozumowania brzmi więc: periodyczność w pełni porównywalna z periodycznością tak oczywistą jak roczna zapewne „istnieje” realnie.

Nie ma lepszej weryfikacji niepewnych wyników analiz statystycznych jak rozpatrzenie innych, niezależnych danych. Sens słowa „niezależne” oczywiście uzależniony jest od

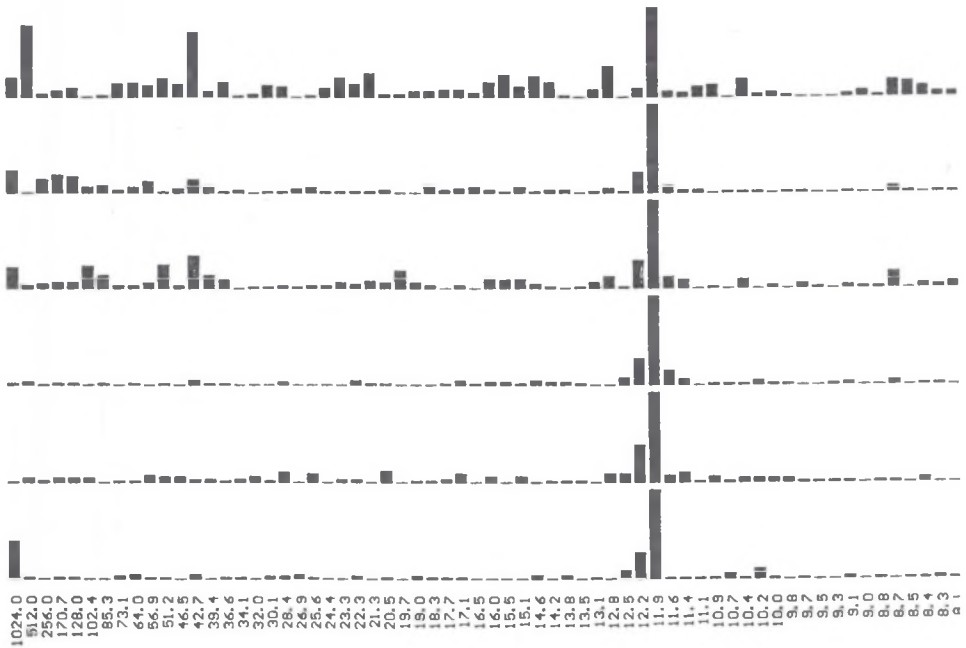


Rys. 3. Średnie miesięczne stany wody na Wiśle w Szczucinie po odrzuceniu niektórych częstotliwości (filtrowanie). Górny wykres to transformata Fouriera, pod nim kreskami zaznaczone są zakresy częstotliwości przepuszczonych przez filtry. Pierwszy z pięciu wykresów przedstawionych na osi czasu to dane wyjściowe. F1 oznacza dane po odrzuceniu okresów krótszych od 8 miesięcy. W F2 wyłączono okresy do 20 miesięcy, a więc nie ma tu cykliczności rocznej. F3 i F4 to czyste cykliczności 3.5-letnia i roczna

Fig. 3. Spectrum of the monthly averages of Vistula runoff, the raw data and filtrated data. F1 - low frequencies passed ($T > 8$ m), F2 - even lower frequencies passed ($T > 23$ m), F3, F4 - narrow band passed filters applied, of frequencies corresponding to the $T = 3.5$ yr and $T = 1$ yr, respectively. Frequencies included into the filtrated serieses are indicated by the lines under the spectrum

kontekstu pytania o „realne istnienie”, od tego jaka wielkość zachowuje się periodycznie. Stany wody na sąsiednich wodowskazach przy rozpatrywaniu zagadnienia regionalnego nie mogą być uznane za niezależne. Jednak dwie różne rzeki lub stan wody i opad, rozpatrywane w aspekcie periodyczności 3.5-letniej, nie muszą być zgodne.

Metodą analizy Fouriera sprawdzono pięć dodatkowych szeregów średnich miesięcznych (rys. 4). Jedynie przepływ Cisy wykazał periodyczność 3.5-letnią jako maksymalną,



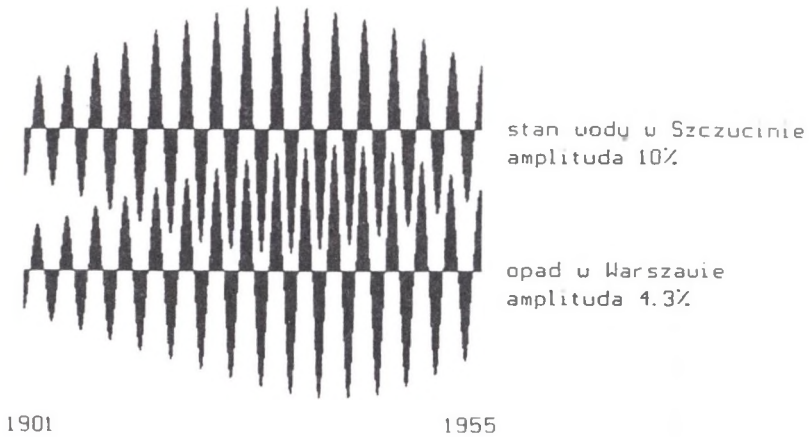
Rys. 4. Transformaty Fouriera sześciu szeregów czasowych średnich miesięcznych z okresu 1901–1944. Od góry: Wisła w Szczucinie, Warta, Cisa oraz opady w Krakowie, Wrocławiu i w Warszawie. Okresy podane są w miesiącach (3.5 roku = 42 mc)

Fig. 4. Three spectra of rivers flow, and three of precipitation. The seasonal periodicity is clearly dominant. The 3.5 yr periodicity, evident in Vistula river, falls down below the noise level in Wrocław precipitation (3.5 yr = 42 m)

oczywiście poza roczną. W pozostałych danych amplituda tej składowej jest na poziomie szumu. Jednak po sprawdzeniu fazy składowej 3.5-letniej okazało się, że we wszystkich sześciu szeregach czasowych jest ona taka sama. Na rysunku 5 widoczna jest zgodność fazy dwóch przebiegów. Na rysunku 6 przedstawiono fazy sześciu analizowanych zestawów danych dla wszystkich okresów. Wszystkie sześć faz dla $T = 3.5$ roku mieści się w odcinku o szerokości $0.15T$. Przy założeniu niezależności składowej 3.5-letniej pomiędzy danymi można obliczyć prawdopodobieństwo przypadkowego spotkania się faz na tak małym obszarze. Prawdopodobieństwo to, obliczone metodą Monte Carlo, jest tak małe, że nie pozostawia wątpliwości co do istnienia wspólnej przyczyny periodyczności 3.5-letniej we wszystkich zapisach.

Jasne jest, że opad jest przyczyną przepływu rzeki a nie odwrotnie. Mniejsze amplitudy cykliczności 3.5-letniej dla opadu (przyczyna) niż przepływów (skutek) można wytłumaczyć średniowaniem na dużym obszarze zlewni, nieporównywalnym z powierzchnią

pluviografu. Wyśredniowuje się zakłócający szum lokalnych fluktuacji wielkości opadu. Jeżeli wziąć wartość średnią opadu dla wielu stacji (Kozuchowski K., 1985), to składowa 3.5-letnia okazuje się być najsilniejsza (poza sezonowością). Faza tej składowej jest w bardzo dobrej zgodności z odpowiednią fazą w Szczucinie (rys. 7). Idąc za wynikiem poszukiwania periodyczności zawartym w pracy Kozuchowskiego i Trepińskiej stwierdzono, że zapis maksymalnych temperatur rocznych Krakowa również wykazuje periodyczność 3.5-letnią, z fazą dość dokładnie przeciwną niż faza opadu i przepływu w Wiśle (rys. 8). Pozostaje to w zgodzie z oczekiwaniami, że jak w lecie pada, to jest chłodniej.



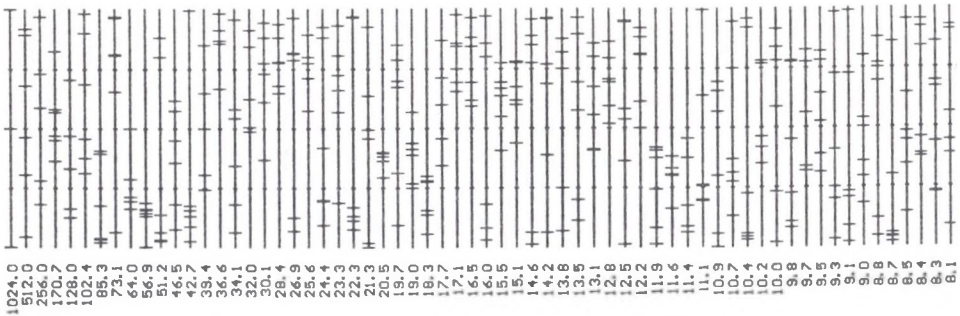
Filtr gaussowski 3.5 ± 0.15 lat

Rys. 5. Zgodność fazy składowej periodycznej o okresie $T = 3.5$ roku w dwóch zapisach. Aby uwidocznić jedynie składową periodyczną dane przefiltrowano za pomocą pasmowo przepustowego filtra gaussowskiego 3.5 ± 0.15 lat

Fig. 5. Agreement in phases of the periodical components. Data are filtered by the narrow pass-band filter ($T = 3.5 \pm 0.15$)

„Istnienie” cykliczności 3.5-letniej w zapisie stanu wody na Wiśle w Szczucinie nabiera więc dodatkowego sensu. Cykliczność ta nie tylko objawia się jako pewne maksimum w transformacji fourierowskiej, jest o wiele bardziej realna, gdyż istnieje w zapisie opadu, a nawet w temperaturze i przenosi się do przepływów rzek. Jest skorelowana w wielu zapisach, które a priori nie musiałyby być uzależnione w aspekcie periodyczności 3.5-letniej.

Następnym etapem zwiększania mocy pojęcia „istnienia” jest poszukiwanie pierwszej przyczyny periodyczności 3.5-letniej w opadzie. Przyczyną precyzyjnej (3.5 ± 0.15) cykliczności może być jedynie oscylator. Oscylator to prosty układ składający się z dwóch komplementarnych elementów, np. z ciężarka i sprężyny lub z cewki indukcyjnej i kon-



Rys. 6. Fazy wszystkich składowych periodycznych sześciu szeregów czasowych wymienionych w podpisie rysunku 4. Okres podany jest w miesiącach. Faza jest wielkością cykliczną, końce odcinków powinny być sklejone

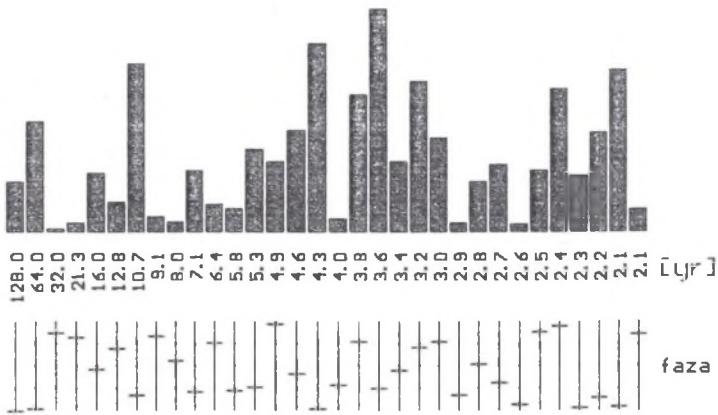
Fig. 6. Phases of the spectral components of six serieses, mentioned in fig. 4. Phases are marked on lines of length equal to 2π . Phases from around $T = 1$ yr are close together, what is obvious. Similar is for $T = 3.5$ yr, if one realize that phase is cyclic, and given lines should be circles, in principle

densatora. Oscylatorem można też nazwać planetę krążącą wokół słońca, której ruch jest analogiczny do ruchu wahadła.

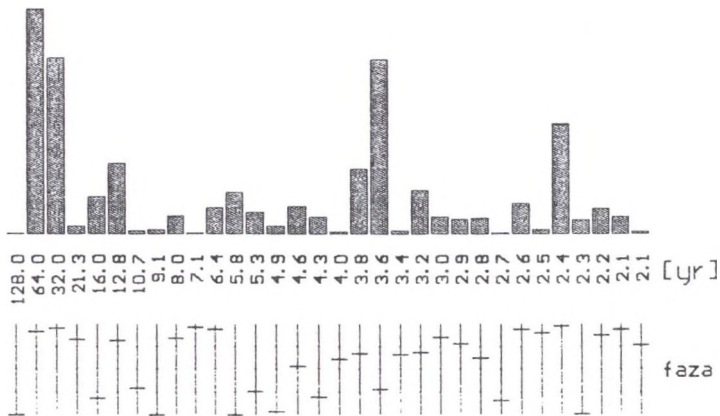
W skomplikowanej przyrodzie, w atmosferze, gdzie wiele elementów połączonych jest wieloma skomplikowanymi więzami, trudno o oscylator. Znane są sprzężenia zwrotne powodujące quasi-oscyłacje, np. El Nino, jednak nie mogą one dać precyzji obserwowanej w danych ze Szczucina.

Dopóki nie zostanie wskazany oscylator o okresie $T = 3.5 \pm 0.15$ lat, mający wpływ na opad w Polsce, nie można inaczej traktować obserwowanej periodyczności jak tylko jako losową fluktuację. Fluktuację w dziedzinie częstotliwości. Jako taka, cykliczność ta oczywiście w najmniejszym stopniu nie nadaje się do predykcji stanów wody. Wniosek ten dotyczy wielu innych cykliczności o okresach niewspółmiernych z rokiem.

FFT, opad na obszarze Polski, 1900-1963

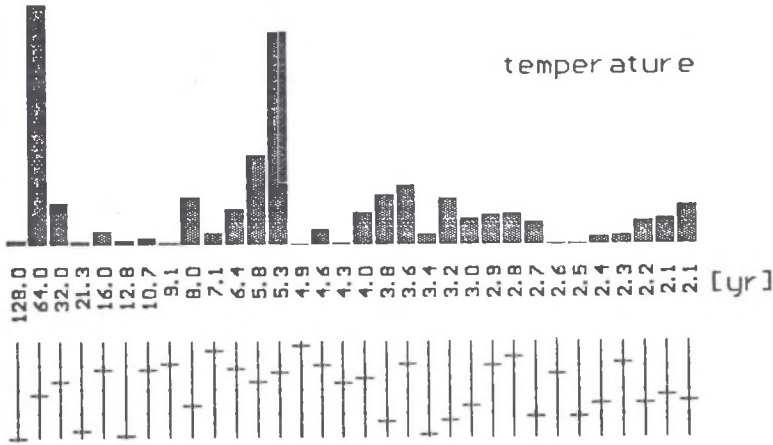


FFT, Szczucin, 1900-1963



Rys. 7. Transformaty Fouriera średnich rocznych średniego opadu i stanu wody na Wiśle w Szczucinie. Widoczna jest zgodność faz składowej 3.5-letniej (występującej tutaj jako 3.6-letnia ze względu na mniejszą dokładność przy danych rocznych)

Fig. 7. Spectra of Vistula runoff in Szczucin and average precipitation for Poland. Data are yearly averages for the period 1900-1963. The phases of river flow and precipitation agree



Rys. 8. Transformata Fouriera maksymalnych temperatur rocznych dla Krakowa (Kozuchowski Trepńska). Faza składowej periodycznej 3.5-letniej jest przeciwna do fazy opadu i przepływu Wisły (rys. 7)

Fig. 8. Spectrum maximal temperature (see text) in Kraków. The phase is strictly opposite to that from fig. 7

Literatura

Krasnodębski R., Gadkowski M., 1978, Statystyczna analiza cykliczności zmian średnich rocznych przepływów w dziewięciu przekrojach Wisły, *Przegląd Geofizyczny*, v. XXIII, z.1, p. 15–27.

Girjatowicz J.P., Kozuchowski K., 1994, Współczesne tendencje zmian zlodzenia przy polskim wybrzeżu Bałtyku, *Przegląd Geograficzny*, T.LXVI, z. 3–4, p. 389–398.

Jeż G., Jokiel P., Kozuchowski K., 1987, Cykliczne zmiany przepływów w rzekach europejskich na tle wahań opadów atmosferycznych, *Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej*, t. X, z. 4.

Kozuchowski K., 1985, Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881–1980, *Acta Geographica Lodziensia*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe

Kozuchowski K., Trepńska J., 1993, Cyclic changes in the lowest and highest monthly air temperatures in Cracow City, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne* z.95, p. 229.

Abstract

Among periods indicated in Polish literature as possessing predictive value for rivers runoff, the strangest one, and of the most frequent appearance, is that of $T = 3.5 - 3.6$ yr. The highest amplitude of $T = 3.5$ yr periodic component is found in the series of data from Szczucin on Vistula. However, only in the fragment 1920–1960 the signal is continuously strong. The runoff of Warta and Cisa were taken into account. Also, precipitation in Krakow, Warszawa and Wrocław were analysed. For rivers, the 3.5yr signal is much less than in Szczucin, however is visible. For the precipitation the signal is still less, especially in comparison to the more dominant, here, seasonal periodicity. However, the 3.5yr periodic component, despite how negligible is, appears in the same phase, for all the 6 data serieses.

The phases agreement, seems to be the statistical prove of dependence among data.

If it is statistically proved that 3.5yr periodicity exist in precipitation, in Poland (mid Europe ?), in 1920–1960, the question arise what does it mean? In typical scientific reasoning the cause-and-effect strings are searched for. If one agree that no 3.5yr oscillator is found in nature, one is forced, *eo ipso*, to see the 3.5yr line in spectrum as random fluctuation. As random as all other lines, excluding that corresponding to $T = 1$ yr.