

**WAHANIA NATĘŻENIA CAŁKOWITEGO PROMIENIOWANIA
SŁONECZNEGO W 55-LETNIEJ SERII WROCŁAWSKIEJ (1946-2000)**

Krystyna Bryś, Tadeusz Bryś
Katedra Agro- i Hydrometeorologii,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Uwagi wstępne

Problematyka zmian natężenia całkowitego promieniowania słonecznego w Polsce ujmowana jest na ogół jednostronnie. W literaturze przedmiotu dominuje tradycyjna analiza zmian dobowych i sezonowych (m.in. Paszyński 1966; Podogrocki 1970, 1977) i pod tym kątem rozpatrywane są związki promieniowania słonecznego z cyrkulacją (m.in. Olecki, 1989; Niedziałek 1982; Dubicka 1994). W pracach, które wyszły z ośrodków, gdzie była prowadzona równoczesna rejestracja promieniowania rozproszonego, pojawia się przy tym aspekt strukturalny zagadnienia (m.in. Olecki 1975; Hess i in. 1989; Dubicka 1994; Paszyński, Rojan 1991; Bryś 1997). Rzadkością są natomiast opracowania dotyczące oscylacji wieloletnich promieniowania całkowitego i ich przyczyn (Bryś 1994, 1997, 1998). Obecne studium, oparte na o 55-letniej serii wrocławskiej, ma na celu kontynuację tego ostatniego wątku badawczego, zwłaszcza pod kątem uchwycenia ewentualnej długookresowej rytmiczności w dopływie tego promieniowania oraz jej genezy.

Metodyka

W pracy przedstawiono wyniki badań fluktuacji sum rocznych, półroczy letnich (od kwietnia do września) i zimowych oraz miesięcznych natężenia całkowitego promieniowania słonecznego (G) we Wrocławiu w latach 1946-2000. Podstawą analizy są dane uzyskane z pomiarów prowadzonych w Obserwatorium AR Wrocław-Swojec w latach 1961-2000, uzupełnione o dane obliczone dla lat 1946-1960 na podstawie pomiarów meteorologicznych w pobliskim (5,5 km odległości) Obserwatorium Uniwersytetu Wrocławskiego. Sposób obliczenia, oparty na skomplikowanych wzorach regresji wielokrotnej, o bardzo dużych współczynnikach determinacji ($R^2 > 0,97$), prezentuje wcześniejsze opracowanie (Bryś, Bryś 2000). Pomiary G dokonywane były systemem ciągłej rejestracji (impulsy co 2 minuty, zapis analogowy) prowadzonej za pomocą aktynometrów Kippa i Janiszewskiego, systematycznie cechowanych z aktynometrem wzorcowym Zespołu

Aktynometrycznego IMGW w Warszawie. Kwestie metodyki i dokładności tych pomiarów są poruszone bliżej w poprzednich pracach ośrodka wrocławskiego (Bryś 1994, 1997).

Punktem wyjścia analizy było przedstawienie oscylacji natężenia promieniowania G w postaci statystyk pozycyjnych (średnie arytmetyczne), rozkładu przedziałowego i miar rozrzutu – min, max, amplitudy, odchylenia standardowego, współczynnika zmienności, asymetrii i kurtozy. Osobno, ze względu na znaczenie okresu letniego dla bilansu rocznego promieniowania, odniesiono (diagram rozrzutu z histogramami) wartości sum G półrocza letniego do sum G całego roku. Zainteresowano się także rozkładem sezonowym promieniowania G w kroku miesięcznym w zakresie wartości średnich oraz przebiegów ekstremów i ich wygładzeniem wielomianowym oraz miarami dopasowania w postaci R^2 . Zabiegi te miały na celu zweryfikowanie poprawności pomiarów i wiarygodności wyników otrzymanych drogą obliczeń.

W badaniu rytmiczności obok analizy widmowej (WFT – Windowed Fourier Transform) zastosowano metodę średnich ruchomych o różnych interwałach oraz wygładzanie wielomianowe (wielomiany 2-6 stopnia) ciągów konsekwentnych ze współczynnikiem determinacji. Postępowanie takie umożliwia obserwację zmian przebiegów R^2 jako pośredniego wskaźnika objawów cykliczności. Tę ostatnią metodę, która ma charakter analizy przybliżonej i pełni w opracowaniu rolę uzupełniającą (ze względu na stosunkowo krótki okres uwzględniony w badaniach periodyczności), autorzy przedstawili szerzej w większym studium poświęconym wieloletniej zmienności parowania (Bryś, Bryś 2001).

Uwzględniono również zmienność amplitudy oscylacji z roku na rok badanych sum, co pozwoliło wydzielić kilka charakterystycznych podokresów różniących się zakresem wahań (Bryś 1998). Zasadność takiego wyodrębnienia potwierdzono korzystając z testów statystycznych: T-studenta – dla wartości średnich oraz F-Snedecora – dla istotności różnic wariancji. W wydzielonych przedziałach czasowych wyznaczono liniowe i wielomianowe trendy cząstkowe i porównano je z trendami w całym badanym 55-leciu. Znalezione tendencje i ich cechy rytmiczne odniesiono do okresowej, wieloletniej zmienności cyrkulacyjnej i solarnej.

Analiza

Wartości współczynników asymetrii i kurtozy we Wrocławiu (tab. 1) wskazują, że rozkłady badanych sum nie odbiegają istotnie od rozkładu normalnego. Półrocze letnie decyduje o sumach rocznych G . Jego średni udział (77,5%) zmienia się w poszczególnych latach od 73,4 do 81,3%, co pokazuje wykres rozbieżności histogramów sum letnich i rocznych (rys. 1). Z kolei przebiegi wartości ekstremalnych (min, max) i średnich

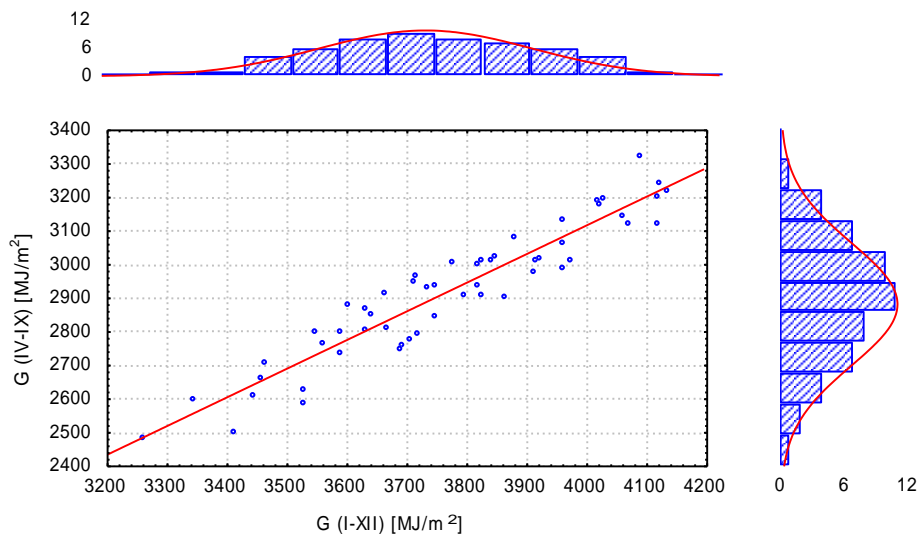
miesięcznych sum G i bardzo duże R^2 (0,99 ekstremów i 0,997 wartości średnich) dopasowania ich przebiegów do wygładzenia wielomianowego 4. stopnia udowodniają, że badany 55-letni ciąg ma charakter wiarygodny.

Tabela 1. Podstawowe statystyki sum miesięcznych, półrocznych oraz rocznych natężenia całkowitego promieniowania słonecznego (G) w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-2000 (z testowaniem istotności wyróżnienia wieloletnich podokresów Ia, Ib, II) oraz 1961-1995 (wsp.zm. = współczynnik zmienności, asym. = współczynnik asymetrii, T = test T-Studenta, F = test F-Snedecora, R = rok, L = IV-IX = lato)

Table 1. The basic statistics of monthly, half-year and annual sums of global solar radiation intensity (G) at Wrocław-Swojec Observatory in the years 1946-2000 (with testing of importance of the selected multi-year sub-periods of Ia, Ib, II) and 1961-1995 (funkcja = function, średnia = average, amplituda = range, odch. stand. = standard deviation, wsp.zm. = variability coefficient, asym. = skewness, kurtoza = kurtosis, T = T-Student test, F = F-Snedecor test, rok = R = year, zima = winter, lato = L = IV - IX = summer)

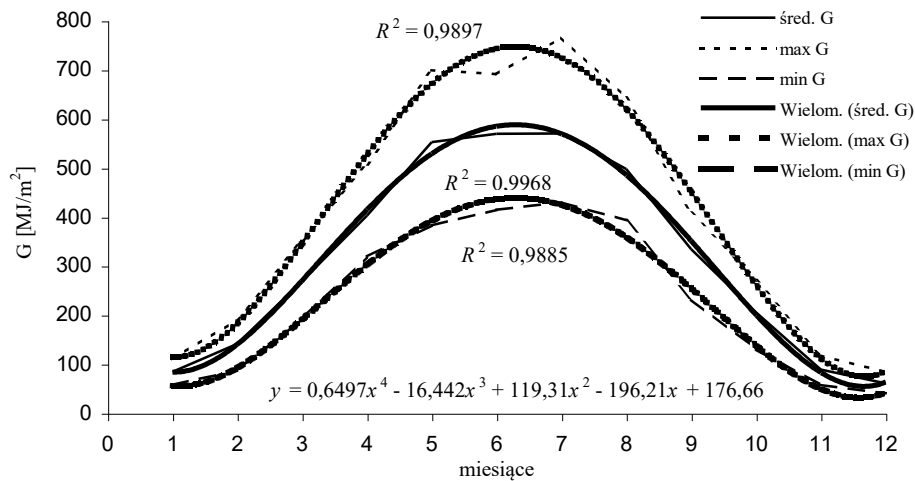
Funkcja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnia	84,1	141,2	269,3	401,9	551,6	568,7	569,6	496,7	333,9	204,9	88,7	60,6
Max	110,0	191,1	352,1	504,9	688,5	691,4	766	641,2	408,4	270,8	117,8	83,7
Min	57,3	86,8	192,2	319,2	382,7	414,8	429,6	393,4	232,5	131,1	57,8	40,6
Amplituda	53,0	104,3	159,9	185,7	305,8	276,6	336,4	247,8	175,9	139,7	60,1	43,2
Odch. stand.	11,5	23	35,7	47,9	69,8	57,0	75,1	49,9	44,0	33,0	15,3	10,2
Wsp.zm.	13,6	16,3	13,2	11,9	12,7	10,0	13,2	10,0	13,2	16,1	17,2	16,7
Asym.	0,13	-0,03	0,13	0,36	-0,27	-0,37	0,24	0,44	-0,31	0,14	-0,09	-0,3
Kurtoza	-0,26	-0,53	-0,64	-0,56	-0,49	0,14	-0,04	0,08	-0,56	-0,28	-0,94	-0,3
T Ia/Ib	0,00	0,001	0,074	0,03	0,054	0,204	0,185	0,239	0,069	0,049	0,285	0,11
T Ia/II	0,15	0,125	0,126	0,469	0,092	0,192	0,138	0,009	0,077	0,492	0,047	0,22
T Ib/II	0,00	0,009	0,331	0,013	0,005	0,479	0,039	0,072	0,487	0,024	0,142	0,28
F Ia/Ib	0,29	0,499	0,263	0,031	0,583	0,939	0,744	0,131	0,776	0,998	0,505	0,9
F Ia/II	0,25	0,629	0,477	0,472	0,378	0,489	0,256	0,027	0,376	0,181	0,104	0,81
F Ib/II	0,96	0,803	0,617	0,111	0,79	0,474	0,173	0,561	0,273	0,207	0,402	0,72

Funkcja	I - XII	IV-IX	Zima	% L / R	Rok 61-95	Lato 61-95	Zima 61-95	% L / R
Średnia	3771	2922,3	848,7	77,5	3720,1	2894,9	825,2	77,8
Max	4212,2	3322,9	991,9	81,3	4086,4	3322,9	967,5	81,3
Min	3257,7	2488,9	717,4	73,4	3257,7	2488,9	717,4	73,4
Amplituda	954,5	834	274,5	7,9	828,8	834	250,1	7,9
Odch. stand.	219,1	196,2	73,1	1,8	222,7	207,7	69,2	1,9
Wsp.zm.	5,8	6,7	8,6	2,3	6,0	7,2	8,4	2,4
Asym.	-0,1	-0,2	0,08	-0,3	-0,08	-0,21	0,55	-0,61
Kurtoza	-0,53	-0,46	-1,19	-0,47	-0,85	-0,57	-0,72	0,06
T Ia/Ib	0,002	0,027	0,001	0,082				
T Ia/II	0,293	0,18	0,193	0,103				
T Ib/II	0,001	0,01	0,004	0,371				
F Ia/Ib	0,392	0,723	0,378	0,335				
F Ia/II	0,326	0,128	0,44	0,743				
F Ib/II	0,083	0,292	0,844	0,495				



Rys. 1. Wykres rozbieżności histogramów sum G w okresach od kwietnia do września) i całego roku w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-2000

Fig. 1. Scatter graph with histograms of G sums for period from April to September and whole year at Wrocław-Swojec Observatory in the years 1946-2000



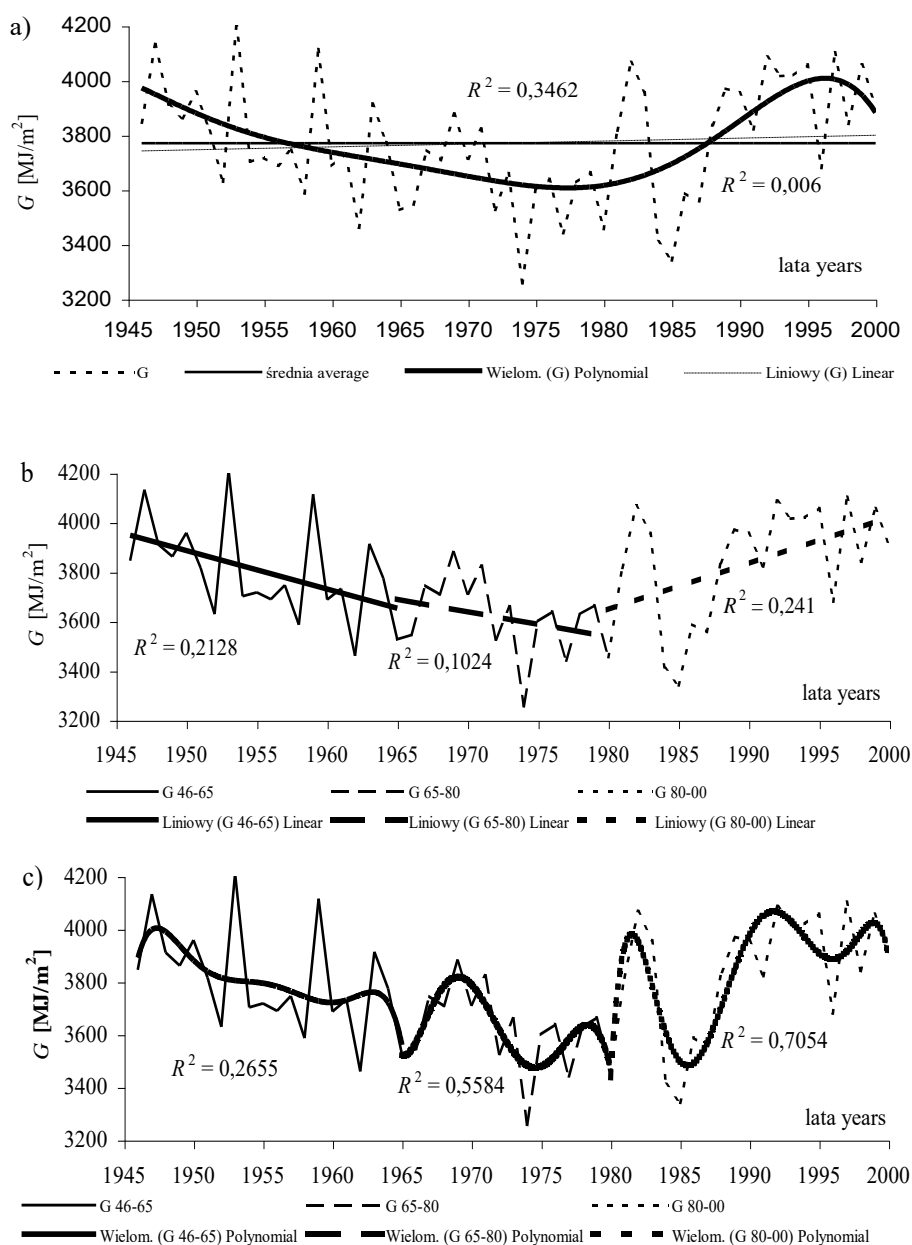
Rys. 2. Przebiegi wartości ekstremalnych (max, min) i średnich miesięcznych sum G w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-2000 i ich trendy wielomianowe 4. stopnia z współczynnikami determinacji (R^2). Równanie dotyczy przebiegu wartości średnich

Fig. 2. The courses of extreme (max, min) and mean monthly sums of G at Wrocław-Swojec Observatory in the years 1946-2000 and their polynomial of 4th order trends with determination coefficient (R^2). Equation refers to mean values run

Średnia wartość G z lat 1946-2000 we Wrocławiu-Swojcu wynosi 3771 MJ/m^2 wobec 3720 MJ/m^2 zarejestrowanej w latach 1961-1995 (tab. 1). Wydzielenie tego 35-lecia daje możliwość porównania wartości „wrocławskich” z danymi G z Gdyni (3692 MJ/m^2), Kołobrzegu (3829 MJ/m^2), Suwałk (3528 MJ/m^2), Mikołajek (3636 MJ/m^2), Warszawy (3538 MJ/m^2) oraz Zakopanego (3576 MJ/m^2) i Kasprowego Wierchu (3839 MJ/m^2) opracowanymi przez B. Bogdańską i J. Podogrockiego (2000). Bardziej miarodajne jest zrelatywizowanie tych wartości G przez odniesienie ich do natężenia promieniowania słonecznego na górnej granicy atmosfery. Tak więc względne lokalne miary G stawiają Wrocław (0,42) w pozycji mniej uprzywilejowanej, za Kołobrzegiem (0,45), Gdynią (0,44) i Mikołajkami (0,43), lecz przed Kasprowym Wierchem (0,41), Suwałkami (0,41), Warszawą (0,40) i Zakopanem (0,39).

Amplitudę fluktuacji we Wrocławiu wskazuje (rys. 3) kulminacja roku 1953 (4212 MJ/m^2) oraz największe obniżenie wartości sum rocznych w roku 1974 (3258 MJ/m^2). Zatem amplituda z badanych 55 lat ($954,5 \text{ MJ/m}^2$) znacznie przekracza (tab.1) amplitudę w porównywanym 35-leciu ($828,8 \text{ MJ/m}^2$). Lata 1961-1995 wskazują, że na tle innych miejscowości w Polsce fluktuacje we Wrocławiu (współczynnik zmienności = 6,0%, a w 55-leciu 5,8%) mają charakter umiarkowany. Wyraźnie mniejszą amplitudą i mniejszym współczynnikiem zmienności (Bogdańska, Podogrocki 2000) charakteryzują się Kołobrzeg (odpowiednio 710 MJ/m^2 i 4,3%) oraz Mikołajki (788 MJ/m^2 i 5,5%), natomiast porównywalnymi wartościami Gdynia ($828,8 \text{ MJ/m}^2$ i 6,2%) oraz Zakopane (832 MJ/m^2 i 5,7%). Od tych wartości odbiega Warszawa (852 MJ/m^2 i 6,7%), w której promieniowanie jest jednak znacznie mniejsze od maksymalnych wartości cechujących Suwałki (1128 MJ/m^2 i 7,5%) oraz Kasprowy Wierch (1139 MJ/m^2 i 7,0%).

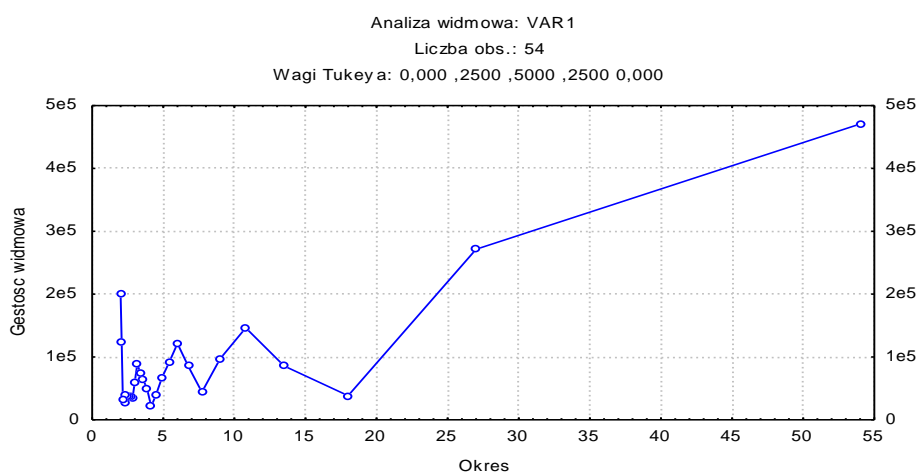
W trendach wielomianowych przebiegu sum rocznych G we Wrocławiu w całym analizowanym wieloleciu (rys. 1) wyróżniono 2 główne podokresy (I, II) z cezurą lat 70., która oddziela wyraźną tendencję spadkową w drugiej połowie lat 40., od tendencji wzrostowej, trwającej do drugiej połowy lat 90. W pierwszym podokresie wydzielono przy tym 2 mniejsze (Ia, Ib), ze względu na różnice wahań. Oscylacje z lat 1946-1965 (Ia) w stosunku do podokresu 1966-1980 (Ib) cechuje znacznie bardziej nieregularny, „kapryśny” przebieg i większy zakres wahań. Pierwszy przedział czasowy (rys. 1c) w porównaniu z dwoma następnymi charakteryzuje się ze względu na dużą nieregularność zmian, najgorszym dopasowaniem wielomianu 6. stopnia $R^2 = 0,27$ (wobec 0,56 dla Ib i 0,71 dla II). Zasadność takiego podziału potwierdzają testy statystyczne: T-Studenta i F-Snedecora (tab. 1). Warto jednocześnie podkreślić, że w całym badanym okresie występuje prawie zerowa tendencja liniowa (przebieg jest zbliżony do wartości średniej, rys 1a), a wzrostowa jedynie w ostatnim ćwierćwieczu (rys. 1b).



Rys. 3. Przebiegi rocznych sum G w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-2000 i ich trendy (a, c – wielomiany 6. stopnia, b – liniowy)

Fig. 3. The courses of annual sums of G at Wrocław-Swojec Observatory in the years 1946-2000 and their trends (a, c – polynomial of 6th order, b – linear)

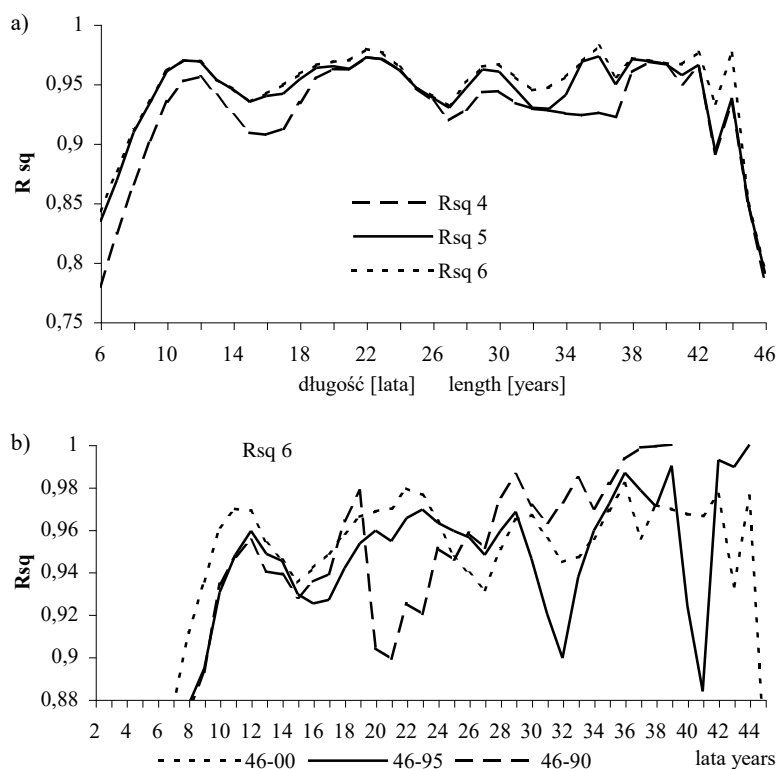
W wyznaczonych trendach ogólnych oraz cząstkowych uwidacznia się prawdopodobnie zróżnicowana, wieloskalowa okresowość o genezie solarnej i cyrkulacyjnej. Zastosowane metody badania periodyczności (rys. 4, 5) sygnalizują bowiem wstępnie (ze względu na stosunkowo krótki szereg czasowy) obecność i wzajemne nakładanie się rytmów 3-, 6-, 11-12-, 15-16- i 21-23-letnich. Trzy pierwsze (rytm 3-letni na pograniczu istotności) uwidaczniają się w klasycznej analizie widmowej (rys. 4). Możliwą obecność pozostałych rytmów (rys. 5), jak i potwierdzenie znacznego prawdopodobieństwa oddziaływania tych pierwszych cykli, sugerują jednocześnie różne metody pośrednie lub przybliżone, oparte na badaniach przebiegów średnich ruchomych, jak wykorzystana w analizie metoda tzw. przebiegów współczynnika determinacji R^2 wygładzania wielomianowego ciągów wartości konsekwentnych (Bryś, Bryś 2001). Choć te ostatnie metody mają charakter uzupełniający, stanowią one cenne dopełnienie formułowanych hipotez.



Rys. 4. Periodogram wartości sum rocznych G z lat 1946-2000 w Obserwatorium Wrocław-Swojec
Fig. 4. Periodogram for annual sums of G values from the years 1946-2000 at Wrocław-Swojec Observatory

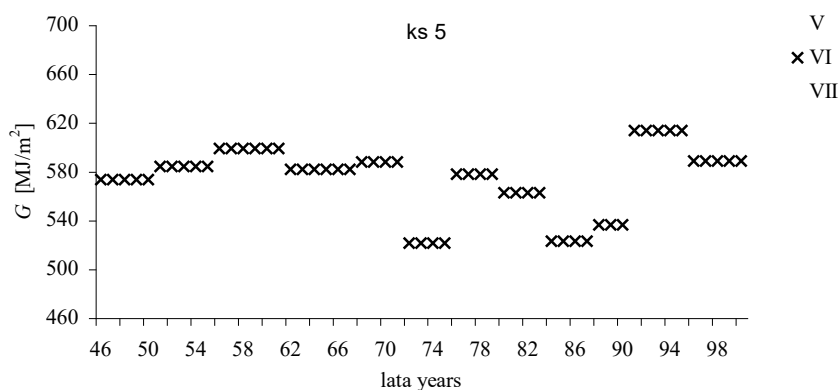
Wydaje się, że mamy do czynienia nie tyle z regularną matematyczną okresowością, a raczej z „quasi-cyklicznością”, gdyż w różnych odcinkach czasowych rytm „rozpływa się”, np. 3-letni jest faktycznie 2- – 4-letnim, a 11-letni jest 10- – 12-letnim, co uwidaczniają dobrze badania m.in. z wykorzystaniem metod przybliżonych (rys. 5b). Skutkiem nakładania się tych „rytmów”, oprócz znamienych dla poszczególnych podokresów zmian poziomu średnich wartości sum G , może być również wygaszanie lub stabilizacja wahań z roku na rok, bądź też wzmaganie amplitudy fluktuacji. Jako ewentualny prognostyk kierunku zmian cyrkulacyjnych, jest przy tym charakterystyczna sukcesja maksymalnych sum miesięcznej promieniowania między majem i lipcem (rys. 6), a sporadycznie i sierpniem. Zaznacza się pewien związek tych zmian z wieloletnim przebiegiem liczb Wolfa (Bryś 1998).

Jednak widoczny w długookresowych tendencjach natężenia promieniowania wpływ periodyczności solarnej nie przeczy roli w tym względzie długookresowych zmian cyrkulacyjnych – aktywizacji przenosu strefowego lub uruchamiania cyrkulacji blokadowej. One decydują zarówno o „kapryśności” zmian z roku na rok, jak i o trendach długofalowych. Dobrym tego przykładem są także przebiegi zmian wielkości i proporcji udziału lata i zimy w sumach rocznych G (rys. 7). Zwornikiem zmian kierunkowych jest tu wyróżniony wcześniej podokres Ib, który rozdziela nie tylko czas postępującego spadku udziału zim w sumach rocznych G od lat ponownego jego wzrostu (podokres II), ale może być tak jak i owe podokresy, wynikiem dłuższych, epokowych zmian cyrkulacji atmosferycznej na terenie Atlantyku Północnego i Europy (Kozuchowski 1995; Marsz, Styszyńska 2001).

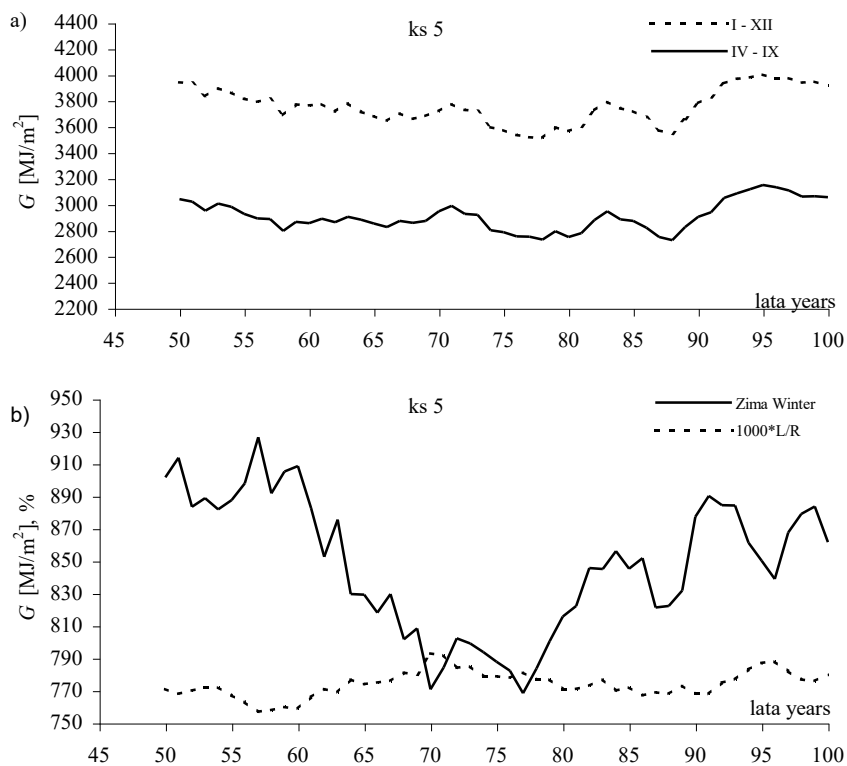


Rys. 5. Wyniki przybliżonej metody wykrywania periodyczności, tzw. przebiegów R^2 wygładzania wielomianowego ($Rsq\ n$ – współczynnik determinacji wielomianu n stopnia) sum rocznych G w Obserwatorium Wrocław-Swojec: a) w wieloleciu 1961-2000, b) porównanie $Rsq\ 6$ w różnych wieloleciach

Fig. 5. The results of approximate method of detecting periodicity, so called R^2 runs of multiply smoothing ($Rsq\ n$ – determination coefficient of the polynomial of n order) for annual sums of G at Wrocław-Swojec Observatory: a) for the years 1961-2000, b) comparison of $Rsq\ 6$ for the different multi-years periods



Rys. 6. Rytm sukcesji 5-letnich średnich wartości konsekwentnych sum miesięcznych G maja (V), czerwca (VI) i lipca (VII) w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946 - 2000
 Fig. 6. Rhythm of succession of 5-year consecutive mean values of monthly sums of G for May (V), June (VI) and July (VII) at Wrocław-Swojec Observatory in the years 1946 - 2000



Rys. 7. Przebiegi konsekwentne i relacje sum półroczna zimowego oraz letniego (IV-IX) do przebiegu konsekwentnych pięcioletnich sum rocznych G (L = lato, R = rok)
 Fig. 7. The consecutive runs and relations of winter and summer (IV-IX) half-year sums to 5-year consecutive annual sums of G (L = summer, R = year)

Wnioski

1. Cezura drugiej połowy lat 70. oddziela wyraźnie tendencję spadkową G , notowaną od lat 40., od tendencji wzrostowej G , trwającej do drugiej połowy lat 90.
2. Okres spadku G 1946-1980 różnicuje się na 2 podokresy: a) 1946-1964 z wysokimi wartościami sum rocznych G , w którym wyróżniają się najwyższe w 55-leciu sumy półrocza zimowego; b) 1965-1980 z niskimi wartościami sum rocznych i miesięcy zimowych G .
3. Lata 90. charakteryzuje silny wzrost średniej wartości rocznej G , będący skutkiem przede wszystkim zwiększenia promieniowania w okresie letnim i znacznie słabszego w półroczu zimowym.
4. W określonych trendach ogólnych i cząstkowych odbija się wieloskalowa „periodyczność” (lub quasi-okresowość) o genezie solarnej (11-, 21- – 23-letnia) i cyrkulacyjnej (3-, 6-, 15- – 16 -letnia).
5. Wieloletnie wahania wartości sum miesięcznych G oraz quasi-rytmiczna sukcesja maksymalnej sumy miesięcznej G między majem i lipcem wykazują pewien związek z rytmem wieloletniego przebiegu liczb Wolfa.
6. Długookresowe zmiany cyrkulacyjne (aktywizacja lub osłabienie przenosu strefowego) decydują jednak ostatecznie o wieloletnich trendach zmian wielkości i proporcji sum promieniowania w okresie zimowym w stosunku do półrocza letniego i roku, o sumach rocznych G oraz o kierunku zmian sukcesyjnych w obrębie sum miesięcznych lata.

Literatura

- Bogdańska B., Podogrocki J., 2000; *Zmienność całkowitego promieniowania słonecznego na obszarze Polski w okresie 1961-1995*, Mat. Badawcze, Meteorologia – 30, IMGW, Warszawa, ss. 39.
- Bryś K., 1994; *Natężenie promieniowania słonecznego całkowitego we Wrocławiu w okresie 1961-1990*, Zeszyty Naukowe AR, nr 243, Wrocław.
- Bryś K., 1997; *Rola czynnika radiacyjnego w ewapotranspiracji*, maszyn. pracy doktorskiej, AR Wrocław
- Bryś K., 1998; *Wahania natężenia promieniowania całkowitego w latach 1961-1993 we Wrocławiu*, [W:] *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Symposium Klimatologiczne w UMK, 16-17 IX 1993, Toruń, 55-66 .
- Bryś K., Bryś T., 2000; *Parowanie we Wrocławiu i jego zmienność w latach 1946-1995*, Roczniki Akademii Rolniczej, Poznań (w druku).
- Bryś K., Bryś T., 2001; *Evaporation in Wrocław and its variability in the years 1946-1995*, Geographia Polonica, 74,1, Spring, IGI PAN, Warszawa, 101-122.
- Dubicka M., 1994; *Wpływ cyrkulacji atmosfery na kształtowanie warunków klimatu (na przykładzie Wrocławia)*, Studia Geograficzne LX, Acta Univ. Wratisl. nr 1581.
- Hess M., Niedzwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1989; *Bioklimat Krakowa*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., nr 73.
- Koźuchowski K., 1995; *Głębokie cyklony, antycyklony i cyrkulacja strefowa nad Europą (1900-1990)*, Przegląd Geofizyczny, 40, 1, Warszawa, 231-245.
- Marsz A.A., Styszyńska A., 2001; *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*, WSM Gdynia, 2001, ss. 101 .
- Niedziałek H., 1982; *Próba porównania mas powietrznych pod względem warunków dopływu promieniowania całkowitego mierzonego w Puławach*, Folia Soc. Sci. Lublinensis, 24, Geografia.

- Olecki Z., 1975; *Oddziaływanie dużego ośrodka miejsko-przemysłowego na dopływ promieniowania słonecznego (na przykładzie Krakowa)*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., nr 41.
- Olecki Z., 1989; *Bilans promieniowania słonecznego w dorzeczu górnej Wisły*, Rozpr. Hab. UJ. nr 157, Kraków.
- Paszyński J., 1966; *Atlas bilansu promieniowania*. Dok. Geogr. IG PAN, 4, Warszawa.
- Paszyński J., Rojan P., 1991; *Związek między usłonecznieniem a strukturą całkowitego promieniowania słonecznego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., nr 396, Lublin.
- Podogrocki J., 1970; *Przebieg roczny promieniowania całkowitego w Polsce*. Prace PIHM, nr 100, Warszawa.
- Podogrocki J., 1977; *Zmienność czasowa promieniowania całkowitego w Polsce*. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo, 21, 113-125.

Krystyna Bryś, Tadeusz Bryś
Department of Agro- and Hydrometeorology,
University of Agriculture in Wrocław

FLUCTUATIONS OF GLOBAL SOLAR RADIATION IN THE 55-YEAR SERIES (1946-2000) FROM WROCLAW

SUMMARY

The authors present results of a statistic – climatological study of global solar radiation intensity (G) in Wrocław and its variability in the years 1946-2000. The global radiation was characterized by year- to-year variability of annual, half-year and monthly sums and by many years' tendencies were determined mathematically with help of linear and polynomial trends of 2-nd to 6-th degree. The trends were compared with the long-interval tendencies of. "variability of variability" as "capricious" of runs was taken into consideration and many years' periods of relative stabilization and extinction of amplitude fluctuations were separated and contrasted with intervals of increased fluctuational dynamics. This way G runs were divided into 3 different sub-periods: Ia (1946-1964), Ib (1965-1980), II (1981-2000). The executed analysis suggests occurrence of 3, 6, 11, 15-16 and 21-23-year evaporation rhythms. The whole was inquired in the context of solar activity (Wolf's number) and of many years' circulation changes in Poland.