

KRYSZYNA BRYŚ

## ROLA TERENOWYCH STACJI AKADEMII ROLNICZEJ WE WROCŁAWIU W BADANIACH KLIMATU SOLARNEGO WROCŁAWIA I DOLNEGO ŚLĄSKA

*Abstrakt:* Ponad 50-letnia działalność stacji terenowych AR we Wrocławiu pozwoliła na lepsze poznanie klimatu solarnego Dolnego Śląska, a zwłaszcza Wrocławia, Niziny Śląskiej i Sudetów Środkowych. Charakter bazowy mają tu badania prowadzone w Obserwatorium Wrocław-Swojec. Umożliwiły one wyprowadzenie optymalnych dla regionu dolnośląskiego współczynników do wzoru Blacka na obliczanie natężenia promieniowania całkowitego. Obecne prace badawcze podejmują kwestie trendów, dynamiki oraz uwarunkowań długookresowej zmienności promieniowania całkowitego i jego podstawowych składowych – natężenia promieniowania rozproszonego i bezpośredniego.

*Słowa kluczowe:* klimat solarny, usłonecznienie, natężenie promieniowania całkowitego, promieniowanie rozproszone, promieniowanie bezpośrednie, trendy.

### 1. Wstęp

Rozpoznanie klimatu solarnego Dolnego Śląska datuje się od lat 90. XIX w., kiedy to rozpoczęła się rejestracja usłonecznienia we Wrocławiu (Dubicka 1994; Dubicka, Pyka 2001; Bryś, Bryś 2003) i na Śnieżce w Karkonoszach. Początki pomiarów aktynometrycznych w tym regionie sięgają lat 30. XX w. i miały raczej charakter eksperymentalny (Słomka 1952). Po II wojnie światowej szeroki zakres badań aktynometrycznych we Wrocławiu i w górskiej stacji terenowej Uniwersytetu Wrocławskiego na Szrenicy podjął prof. Kosiba. Początkowo pomiary były sporadyczne i wykorzystywane do celów dydaktycznych i prób metodycznych. Od 1958 r. Zakład Meteorologii i Klimatologii UWr realizuje je w formie rejestracji ciągłej trwającej do dzisiaj (Dubicka 1994). Obok tych najdłuższych ciągów pomiarowych znane są serie krótsze, na ogół usłonecznienia ( $S$ ), związane z siecią PIHM i jej kontynuacją w ramach IMGW. Wyróżniają się tu, publikowane od połowy lat 60. ubiegłego wieku, serie  $S$  dla Jeleniej Góry, Kłodzka, Legnicy (od 1948 r., z przerwą lat 1951-1970) i Zgorzelca oraz znacznie krótsze serie pomiarów natężenia

promieniowania całkowitego (Jelenia Góra – od 1972 r., Legnica – od 1977 r.). Ich ważkim uzupełnieniem są kilku lub kilkunastoletnie pomiary  $S$  w uzdrowiskach (Szczawno Zdrój, Łądek Zdrój, Polanica Zdrój, Kudowa Zdrój) i kurortach dolnośląskich (Oborniki Śląskie) realizowane w latach 50. i 60., jako osobny, dotyczący zagadnień bioklimatycznych, temat badawczy. Do tego dorobku dopisują się i wzbogacają je znacznie pomiary i badania aktynometryczne pracowników początkowo Katedry Meteorologii i Klimatologii WSR, a od 1972 roku Katedry (Zakładu) Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

## 2. Zakres, metodyka i lokalizacja pomiarów bazowych

Pierwsze badania aktynometryczne prowadzone przez Katedrę Meteorologii i Klimatologii Wyższej Szkoły Rolniczej miały miejsce na przełomie lat 50. i 60. i związane były z ulokowanymi w peryferyjnej, północnej (Karłowice – krótki epizod lat 1959-1960) lub północno-wschodniej (Swojec) części Wrocławia doświadczalnymi stacjami Wydziału Rolniczego WSR (Bac 1968, 1970; Bac, Schmuck 1960; Bac, Baranowski 1968; Matul i in. 1968). Po okresie wyrывkowej rejestracji, prowadzonej tam głównie w celach dydaktycznych i metodycznych, przy pomocy pyranometru Bellaniego oraz solarygrafu Kippa i solarymetru Molla-Gorczyńskiego, wiosną 1961 r. w terenowej stacji WSR Wrocław-Swojec, przekształconej w roku 1963 w Obserwatorium wspomnianej Katedry, rozpoczął się, trwający do chwili obecnej, okres ciągłych pomiarów natężenia promieniowania słonecznego. Oprócz rejestracji natężenia promieniowania całkowitego ( $IT$ , na wys. 1,5 m), w sposób ciągły realizowane są nadal (od roku 1963, na tej samej wysokości 1,5 m nad poziomem trawnika) pomiary natężenia promieniowania rozproszonego ( $ID$ ), a epizodycznie promieniowania bezpośredniego ( $IS$ ). Pomiary tego ostatniego promieniowania mają tu najczęściej charakter weryfikacyjny, gdyż w postaci szeregu ciągłego wyznaczane jest ono drogą pośrednią jako różnica pomiędzy  $IT$  i  $ID$ .

Sukcesywnie, w latach 1963-1977, wymieniony zestaw czujników i rejestratorów, produkcji holenderskiej firmy Kipp, uzupełniony został pyranometrami Janiszewskiego produkcji radzieckiej (Tbilisi), które od jesieni 1978 roku zastąpiły całkowicie pracę tych pierwszych. Cechowanie wszystkich pracujących przyrządów aktynometrycznych przeprowadza się corocznie, w oparciu o solarymetr wzorcowy, co kilka lat sprawdzany w Zakładzie Aktynometrii IMGW w Warszawie. Rejestrację tła solarne uzupełniają pomiary usłonecznienia, prowadzone równoległe od roku 1961, za pomocą heliografu Campbella-Stokesa, na wys. 1,5 m nad trawnikiem.

Podsumowanie tych badań znalazło miejsce w pracach Bryś (1994, 1997, 2002) i Bryś, Bryś (2001 a, b). W latach 1963-1980 prowadzone były, nad różnymi powierzchniami rolniczymi, również pomiary natężenia promieniowania odbitego, ale opracowane zostały jedynie dla lat 1963-1965 (Łykowski 1967; Bac, Baranowski 1968). Badania te zmierzały w kierunku uchwycenia fizycznej roli promieniowania słonecznego w ewaporacji (Bac 1968, 1970) oraz związków parowania z bilansem cieplnym (Matul i in. 1968).

Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologiczne Wrocław-Swojec, położone wśród pól Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Akademii Rolniczej, na obszarze

wododziałowym Odry i Widawy, leży poza bezpośrednim zasięgiem tzw. miejskiej wyspy ciepła i ma charakter reprezentatywny nie tylko dla okolic Wrocławia, lecz także dla znacznej części terenów rolniczych Niziny Śląskiej. Te walory zadecydowały, że wyniki aktywności z Swojca stanowią bazowe odniesienie do licznych pomiarów epizodycznych, realizowanych w różnych latach na terenie Dolnego Śląska oraz podstawę wszelkich analiz dotyczących klimatu solarnego Dolnego Śląska (Schmuck 1969; Bac 1977; Bac, Rojek 1984; Bryś 1997) i rejonizacji klimatycznej Polski (Bac 1991).

### 3. Tematyka solarna w pracach okresowych stacji AR

Śród pomiarów epizodycznych realizowanych (lub nadzorowanych) przez pracowników Katedry (tab. 1) należy wspomnieć o pomiarach usłonecznienia w latach 1960-1963 oraz 1970-1973, na terenie sudeckiej stacji klimatologicznej

Tab. 1. Działalność stacji terenowych Zakładu (Katedry) Agro- i Hydrometeorologii (d. Meteorologii i Klimatologii) Akademii Rolniczej (d. WSR) we Wrocławiu - charakterystyka lokalizacyjna oraz rodzaj i lata prowadzonych obserwacji i pomiarów

Table 1. The activity of the agrometeorological field stations of Agro- and Hydrometeorological Department of Agricultural University in Wrocław. The localization, kind of activity and years of the observations and measurements

Miejscowość	Położenie	$\varphi$ N	$\lambda$ E	Wysokość [m] n.p.m.	Rodzaj obserwacji	Lata obserwacji
Miszkowice	Źródła Bobru (Kotlina Kamiennogórska)	50°43'	15°55'	565	S, (IS)*	1960-1963, 1970-1973
Ogorzelec	Rudawy Janowickie	50°46'	15°53'	595	S, (IS)*	1975-1976
Polanica	Sudety Środkowe	50°24'	16°30'	384	S	1977
Łężyce	Góry Stołowe	50°26'	16°22'	510	S (IS)*	1977-1979
Żuki	Kopalnia Adamów/Turek	51°59'	18°31'	95	S, IT	1980-1982
Polanowice	Równina Oleśnicka (Ciesielska Woda)	51°13'	17°31'	135	S	1984-1988

S – pomiary usłonecznienia (sunshine duration measurements)

(IS)\* - okresowe, patrolowe pomiary natężenia promieniowania bezpośredniego (periodical, field measurements of direct radiation intensity)

IT – ciągłe pomiary natężenia promieniowania całkowitego (permanent measurements of global radiation intensity)

w Miskowicach (565 m n.p.m.) koło Kamiennej Góry, wzbogaconych (w okresie letnim) wrywkową rejestracją aktynometryczną promieniowania bezpośredniego. Pomiary te dokonywane były w ramach, trwającego w okresie 1955-1974 r., programu badania warunków klimatycznych górnej części zlewni Bobru. Związane były z pracami projektowymi i budową zbiornika przeciwpowodziowego Bukówka na przedpolu strefy źródłiskowej Bobru. Badania te były kontynuowane w latach 1975-1977 (S do 1976) w Ogorzelcu (NE część Rudaw Janowickich, na wys. 595 m n.p.m.) we współpracy z wrocławskim Instytutem Górnictwa Odkrywkowego „Poltegor”, na zlecenie amerykańskiej fundacji naukowej badającej skutki topoklimatyczne antropogennych przekształceń krajobrazu w obszarach górskich. Wyniki tych badań, poza nielicznymi opracowaniami dotyczącymi standardowej części meteorologicznej i częściowo ewaporacyjnej (Schmuck 1967) oraz odniesieniami do klimatu Sudetów (Schmuck 1969; Bac, Rojek 1984) podsumowane zostały wyłącznie w formie maszynopisowej.

W drugiej połowie lat 70., pod kierunkiem prof. Bacą, realizowany był również program uwarunkowań klimatycznych produkcji roślinnej w Sudetach. Pomiary meteorologiczne dotyczyły tym razem wschodniej części Sudetów Środkowych i zlokalizowane były na terenie Polanicy Zdroju, Dusznik Zdroju i Łężyc w Górach Stołowych. Z tego okresu (lata 1977-1979) pochodzi 3-letnia seria S z Łężyc, wzbogacona krótkimi pomiarami IS w okresach wegetacyjnych oraz równoległymi pomiarami S w Polanicy w roku 1977. Dane te, choć wykorzystane zostały w opracowaniach dotyczących agroklimatu Dolnego Śląska (Bac, Rojek 1984), zostały jedynie fragmentarycznie opracowane i wydane w formie maszynopisowej. Obok pogłębienia wiedzy o klimacie solarnym Sudetów, stanowić mogą, m.in. wartościowe uzupełnienie wspomnianych już wcześniejszych badań bioklimatycznych uzdrowisk i kurortów dolnośląskich.

Oprócz środkowej części Sudetów badania solarne terenowych stacji Akademii Rolniczej we Wrocławiu koncentrowały się na południowym skłonie Wzgórz Trzebnickich i przyległej części Równiny Oleśnickiej (Dobroszyce, Poniatowice, Pawłowice). O badaniach aktynometrycznych prowadzonych w latach 60. w Pawłowicach i ich wynikach wzmiankują Bac (1968, 1970) oraz Łykowski (1967). Pomiary S w Poniatowicach (stacja główna) w latach 1984-1988 i towarzyszące im okresowe pomiary IS oraz obserwacje zachmurzenia (Dobroszyce i in.) w zlewni Ciesielska Woda (koło Oleśnicy) związane były z realizacją większego, międzyinstytutowego programu badania małych zlewni rolniczych. Jak większość tego typu badań w tamtych czasach podsumowane zostały, w postaci maszynopisowych sprawozdań: etapowych i końcowego.

Zlecone przez stronę amerykańską wspólne badania z „Poltegozem” zostały w latach 1980-1982 poszerzone o studia nad klimatycznymi skutkami antropopresji w rejonach wydobywania (Żuki, Warenka - koło Turka) i przemysłowego wykorzystania (elektrownia Adamów) węgla brunatnego w środkowej Polsce. Prowadzone tam, obok pomiarów meteorologicznych i ewaporacyjnych, pomiary S i IT (3-letnie serie z Żuków) opracowane zostały tylko pod kątem tematyki zlecenia w postaci maszynopisowych raportów.

Wspomniane badania w ostatnich latach wzbogaca współpraca naukowa, w formie metodycznej i merytorycznej konsultacji oraz oceny wyników rejestracji *S* i *IT*, w ramach prac badawczych prowadzonych przez pracowników naukowych i doktorantów Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska, Instytutu Inżynierii Środowiska oraz innych instytutów AR we Wrocławiu. Dane z tych pomiarów dostarczają dodatkowych, cennych informacji, uzupełniających wiedzę o solarnym klimacie tych rejonów Dolnego Śląska, gdzie zlokalizowane są terenowe stacje badawcze wymienionych instytutów (stawy milickie w dolinie Baryczy, Stare Bogaczowice na Pogórzu Wałbrzyskim).

## 4. Cechy klimatu solarnego Dolnego Śląska

We Wrocławiu miała miejsce częsta zmiana lokalizacji stacji pomiarowych, opisana szczegółowo w literaturze (Bryś, Bryś 2003; Dubicka 1994; Dubicka, Pyka 2001). Wpłynęła ona istotnie na niehomogeniczność posiadanych i analizowanych danych z usłonecznienia (Dubicka 1994; Dubicka, Pyka 2001). Dodatkowym czynnikiem zakłócającym jest wpływ tzw. miejskiej wyspy ciepła (Dubicka 1994), poza bezpośrednim zasięgiem której znajdują się jedynie stacje tła podmiejskiego, czyli związana początkowo z IMUZ, później z IMGW stacja Jelcz-Laskowice (pomiar *S* od XII 1957, publik. od I-XII. 1966) oraz, w znacznym stopniu, stacja IMGW na lotnisku Wrocław-Strachowice (pomiar *S* od 1965 r.) i scharakteryzowane już Obserwatorium AR Wrocław-Swojec.

Wielkości *S* pomierzone w latach 1946–1980 we Wrocławiu przeanalizowała Dubicka (1994), która zwróciła uwagę, że średnie wieloletnie wartości usłonecznienia dla tego miasta jak i Dolnego Śląska są niższe od średniej krajowej. Jednocześnie wskazała na silny spadek sum rocznych *S* w 10-leciu 1971-1980. Tendencje te potwierdziła Bryś (1997), która przeanalizowała pomiary *S* na Swojcu z lat 1961-1995. Odnotowała jednak, że od 2. połowy lat 80. obserwuje się ponowny trend wzrostowy, zróżnicowany istotnie w poszczególnych miesiącach (szczególnie V-VIII) i skojarzony z tendencjami zmian cyrkulacyjnych, a zwłaszcza wskaźników NAO (Bryś, Bryś 2002). Ma to swoje odzwierciedlenie w wartościach i trendach *IT*, z którymi średnie sumy *S* są powiązane ściśle przy pomocy, wyznaczonych empirycznie dla danego regionu, współczynników równania Blacka. Do warunków Wrocławia i Dolnego Śląska, na podstawie sum dobowych *S* i *IT*, pomierzonych na Swojcu w wymienionym 35-leciu i skonfrontowanych z krótszymi pomiarami tych parametrów, realizowanych w wspomnianych wcześniej stacjach dolnośląskich, autorka wyznaczyła (Bryś 1997, 2002) optymalne współczynniki dekadowe, miesięczne i roczne ( $a = 0,22$ ,  $b = 0,57$ ). Współczynniki te umożliwiły najpierw rekonstrukcję wartości *IT* dla Wrocławia-Swojca dla lat 1946-1960 (Bryś, Bryś 2001b), a następnie, po przeprowadzeniu postępowania homogenizacyjnego, wielolecia 1901-1945 i w konsekwencji wyznaczenie trendów zmienności promieniowania globalnego we Wrocławiu i na Dolnym Śląsku w XX wieku (Bryś, Bryś 2003).

Wyniki badania terenowych stacji AR dowodzą, że istnieje zasadnicza różnica pomiędzy strefą sudecką i niziną Dolnego Śląska. Obszar Przedgórze Sudeckiego

choć stanowi strefę przejściową, to jednak w podstawowych swych cechach zbliża się do podstawowych charakterystyk zmienności klimatu solarnego Niziny Śląskiej (Atlas... 1997).

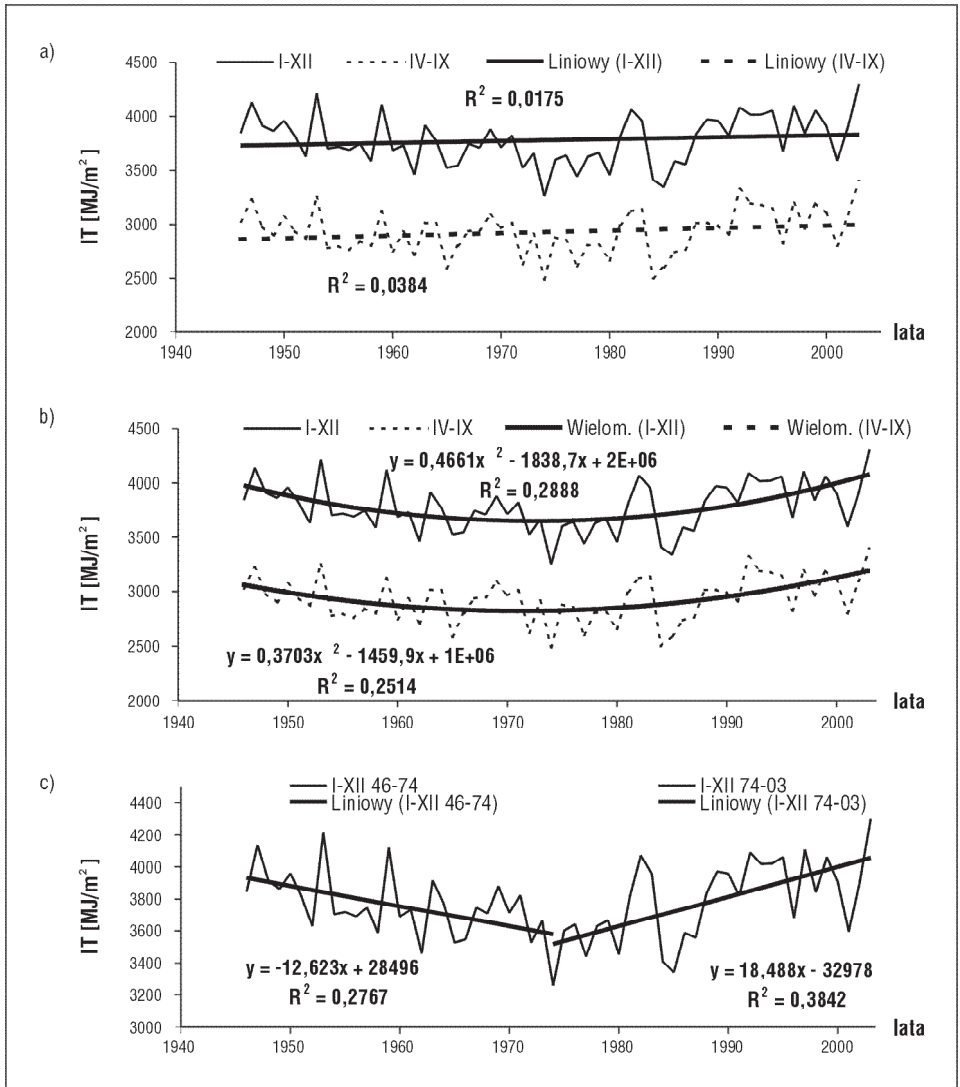
Lokalne, związane głównie z usytuowaniem przestrzennym, rzeźbą i ekspozycją terenu, uwarunkowania rozwoju zachmurzenia w Sudetach, a zwłaszcza chmur konwekcyjnych, chmur warstwowych (w obrębie inwersji termicznych) oraz chmur pochodzenia orograficznego i typu fenowego, pełnią w wspomnianym zróżnicowaniu rolę zasadniczą. Pewien wkład, w ograniczeniach dostawy promieniowania słonecznego globalnego i większym udziale promieniowania dyfuzyjnego, ma również miejscowe, sprzężone często z występowaniem podinwersyjnych chmur *St* lub *Sc*, różnicowanie przeźroczystości powietrza w okresach panowania sytuacji inwersyjnych pomiędzy obszarami śródgórkich kotlin a wzniesionymi ponad poziom inwersji terenami przyległych masywów. To powoduje, że klimat solarny Sudetów nie ma charakteru jednolitego i w znacznym stopniu jest zróżnicowaną mozaiką topoklimatów. Pewne jednak cechy, mimo wspomnianych lokalnych determinacji i różnic w skali makro, zwłaszcza pomiędzy eksponowanymi na opady adwekcyjne i związane z nimi zachmurzenie z sektora W-NW oraz sytuacje mgielne Sudetami Zachodnimi, a leżącymi w cieniu opadowym Sudetami Środkowymi i Wschodnimi, są wspólne. Dotyczą one, wyodrębnionych jako typowych dla Wrocławia i Dolnego Śląska, podstawowych trendów wieloletniej zmienności natężenia promieniowania globalnego i jego zmian strukturalnych.

Oparcie się w analizie aktynometrycznej tylko na najlepiej zweryfikowanym materiale wrocławskim z lat 1946-2003 (ryc. 1), w świetle cząstkowych trendów widocznych w wieloletnich przebiegach *S* i *IT*, uzyskanych z powojennych danych z innych stacji dolnośląskich, wystarcza aby zaakcentować główne tendencje wieloletnich zmian *IT* oraz jego składowych: *ID* oraz *IS* na całym Dolnym Śląsku.

Dla sum rocznych i półroczna letniego *IT* zwraca uwagę fakt, że trendy liniowe (ryc. 1 a) wykazują jedynie słabiotki, nieistotny statystycznie wzrost ( $t < 2,002$ , a więc poniżej wartości, która przy  $n = 58$ , jest progiem istotności w teście *t*-Studenta na poziomie  $\alpha = 0,05$ ). Zgodnie z założeniami tej metody, dla zbadania istotności korelacji, zastosowano wzór

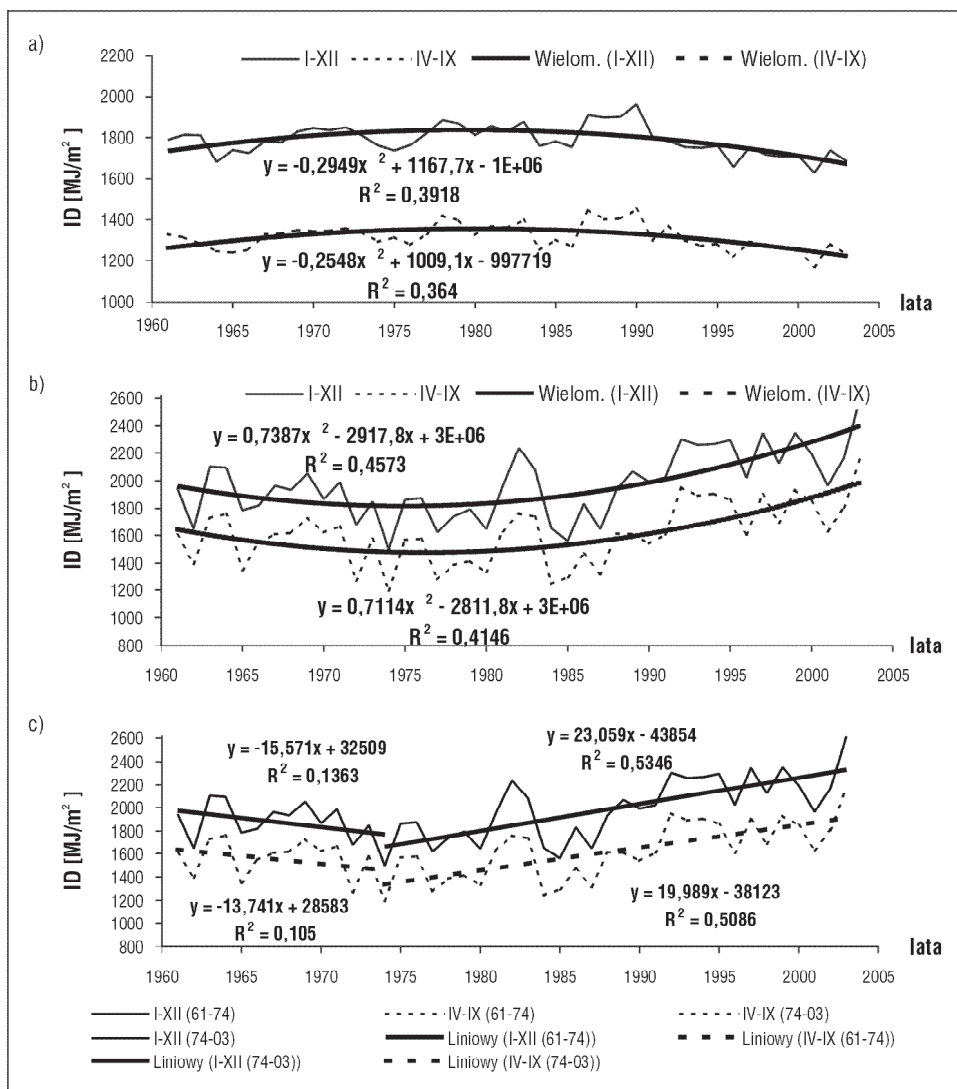
$$t = \sqrt{R^2 \cdot (n-2) / (1 - R^2)}$$

uwzględniający współczynnik determinacji  $R^2$  oraz stopień swobody, czyli:  $n-2$ ). Jeśli jednak wygładzimy wieloletnią zmienność przy pomocy wielomianu 2. stopnia, to owe trendy wykładnicze przybierają charakter istotny (odpowiednio  $R^2 = 0,289$ ,  $t = 4,69$  oraz  $R^2 = 0,251$ ,  $t = 4,25$ , przy progowej wartości  $R^2 = 0,0691$  odpowiadającej  $t_{0,05} = 2,002$  w wykorzystanym teście istotności) i mają charakterystyczne wygięcie około roku 1974 (ryc. 1b). Prostoliniowe trendy cząstkowe (ryc. 1c): opadający z lat 1946–1974 ( $R^2 = 0,287$  dla sum rocznych, co przy  $n = 28$  jest równoznaczne z  $t = 3,15$  i przewyższa znacznie progową wartość  $t_{0,05} = 2,048$ ) oraz wzrostowy z lat 1974–2003 ( $R^2 = 0,384$ ,  $t = 4,10$ ), akcentują wyraźnie i w sposób istotny tę zmianę tendencji. Nie są to trendy przypadkowe,



Ryc. 1. Przebieg sum rocznych (I-XII) i półroczy wegetacyjnych (IV-IX) natężenia promieniowania całkowitego (IT) w latach 1946-2003 w Obserwatorium AR Wrocław-Swojec oraz ich trendy prostoliniowe (ogólne: lata 1946-2003 i cząstkowe: lata 1946-1974 oraz 1974-2003) i wielomianowe 2. stopnia (lata 1946-1960 obliczono z wartości usłonecznienia;  $R^2$  – współczynnik determinacji)

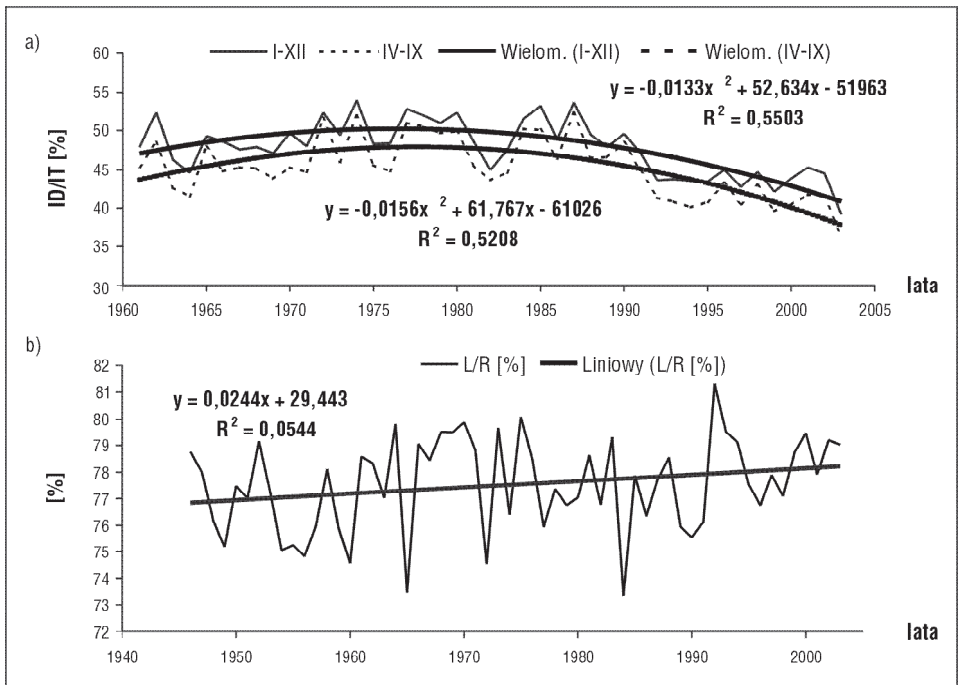
Fig. 1. The annual (Jan.-Dec.) and warm half-year (Apr.-Sep.) sums of global radiation (IT) in the years 1946-2003 in the Wrocław-Swojec Observatory of the Agricultural University in Wrocław, and their linear trends (the total ones for the years 1946-2003 and the partial ones for the years 1946-1974 and 1974-2003) and polynomial 2<sup>nd</sup> degree trends (for the years 1946-1960 calculated from sunshine duration values;  $R^2$  – determination coefficient)



Ryc. 2. Przebieg sum rocznych (I-XII) i półroczy wegetacyjnych (IV-IX) natężenia promieniowania rozproszonego (ID) i bezpośredniego (IS) w latach 1961–2003 w Obserwatorium AR Wrocław-Swojecz oraz ich trendy prostoliniowe (ogólne: lata 1961–2003 i cząstkowe: lata 1961–1974 oraz 1974–2003) i wielomianowe 2. stopnia ( $R^2$  – współczynnik determinacji)

Fig. 2. The annual (Jan.–Dec.) and warm half-year (Apr.–Sep.) sums of diffuse (ID) and direct (IS) radiation in the years 1961–2003 in the Wrocław-Swojecz Observatory of the Agricultural University in Wrocław, and their linear trends (the total ones for the years 1961–2003 and the partial ones for the years 1961–1974 and 1974–2003) and polynomial 2<sup>nd</sup> degree trends ( $R^2$  – determination coefficient)

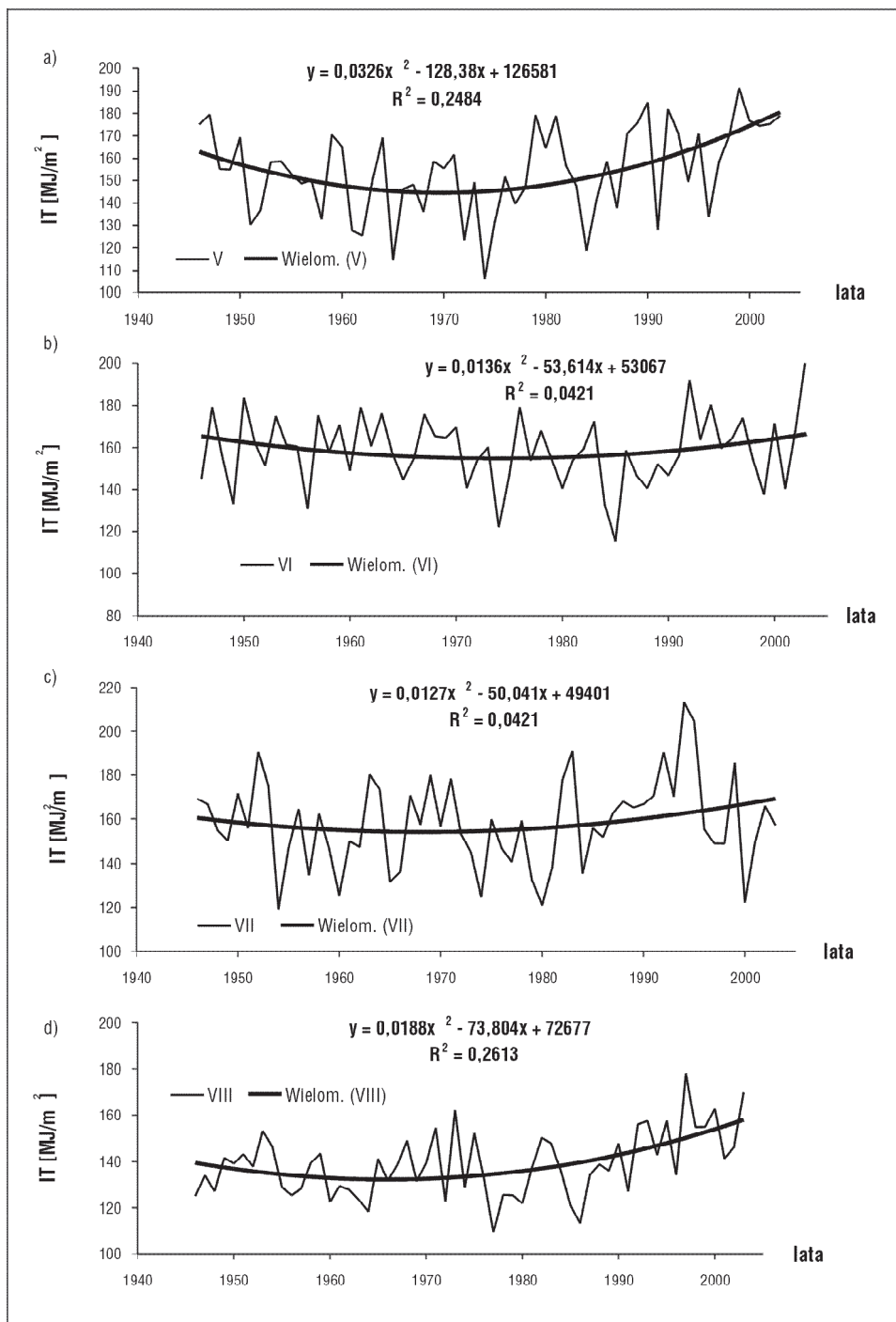




Ryc. 3. a) Przebiegi wartości ID/IT (w %), czyli stosunku natężenia promieniowania rozproszonego (ID) do całkowitego (IT), dla sum rocznych (I-XII) i półrocza wegetacyjnego (IV-IX) oraz ich trendy wielomianowe 2. stopnia w latach 1961–2003 w Obserwatorium AR Wrocław-Swojec. b) Przebieg wartości stosunku sum półrocza wegetacyjnego (L) do sum rocznych (R) natężenia promieniowania całkowitego (w %) i jego trend prostoliniowy w latach 1946–2003 w Obserwatorium Wrocław-Swojec ( $R^2$  – współczynnik determinacji) Fig. 3. a) The ID/IT values (in %) (i.e. diffuse (ID) to global (IT) radiation), for the annual (Jan.-Dec.) and warm half-year (Apr.-Sep.) sums in the years 1961–2003 in the Wrocław-Swojec Observatory of the Agricultural University in Wrocław and their polynomial 2<sup>nd</sup> degree trends. b) The values (in %) of warm half-year (L) to annual (R) sums of global radiation (IT) in the years 1946–2003 in the Wrocław-Swojec Observatory and its linear trend ( $R^2$  – determination coefficient).

gdyż rok 1974 jest bliski granicy przejścia z fazy negatywnej do fazy pozytywnej Oscylacji Północnoatlantyckiej. Związki IT z NAO dla lat 1946–2000 rozpatruje szczegółowo osobna praca (Bryś, Bryś 2002).

Spojrzenie od strony strukturalnej (ryc. 2) uzmysławia, że głównym czynnikiem kierunkowym tych zmian są tendencje wieloletniej zmienności dopływu IS. Natężenie promieniowania bezpośredniego (wygładzenie wielomianem 2. stopnia) spada do roku 1974, a potem podlega wyraźnemu wzrostowi, szczególnie silnemu po roku 1987 (ryc. 2b). Akcentują to mocno ( $R^2 = 0,535$ ,  $t = 5,64$  przy prognozie



$t_{0,05} = 2,042$  dla sum rocznych lat 1974-2003) prostoliniowe trendy cząstkowe (ryc. 2c). Odwrotna i nieco przesunięta w czasie jest tendencja dla *ID*. Moment przebiegu dotyczy przejścia z fazy wznoszącej do opadającej i występuje dopiero około roku 1980 (ryc. 2a). Podobnie przedstawia się uchwycona wykładniczo tendencja zmian stosunku *ID/IT* (ryc. 3a), z wierzchołkiem przebiegu około roku 1976 dla stosunku sum rocznych i stosunku sum półrocza letniego.

Miesiące letnie (IV-IX) mają decydujące znaczenie dla rocznych sum promieniowania. Średnia wieloletnia stosunku sum półrocza letniego do sum rocznych *IT* wynosi 77,5%, a wartości coroczne tego parametru wykazują w latach 1946-2003 lekką, ale nieistotną ( $R^2 = 0,054$ ,  $t = 1,76$ ), tendencję wzrostową (ryc. 3b). Analiza trendów wieloletniej zmienności sum *IT* poszczególnych miesięcy (ryc. 4) wyróżnia zmiany dokonujące się w maju ( $R^2 = 0,248$ ,  $t = 4,22$ ) i sierpniu ( $R^2 = 0,261$ ,  $t = 4,37$ ). Powtarzają one najmocniej tendencje uchwycone w przebiegach sum rocznych i półroczy letnich. Rozpatrywane na tle roli innych miesięcy, te dwa miesiące posiadają prawdopodobnie charakter wskaźnikowy dla trendów tych sum.

## 5. Podsumowanie

1. Prace terenowych stacji AR Wrocław pozwoliły na lepsze rozpoznanie klimatu solarnego Dolnego Śląska, a zwłaszcza Wrocławia, Niziny Śląskiej i Sudetów Środkowych.
2. Podstawowe znaczenie mają tu wieloletnie badania (od 1961) prowadzone w ramach bazowego Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego AR Wrocław na Swojcu, które jest reprezentatywne dla rolniczych terenów Niziny Śląskiej.
3. Badania te, skoncentrowane na relacjach czynników atmosferycznych z parowaniem terenowym, umożliwiły m.in. wyprowadzenie optymalnych dla Dolnego Śląska współczynników do wzoru Blacka na natężenie promieniowania całkowitego.
4. Obecne prace badawcze podejmują kwestie trendów, dynamiki oraz uwarunkowań długookresowej zmienności promieniowania całkowitego i jego podstawowych składowych – natężenia promieniowania rozproszonego i bezpośredniego.

---

Ryc. 4. Przebieg sum miesięcznych natężenia promieniowania całkowitego (*IT*) w a) maju, b) czerwcu, c) lipcu i d) sierpniu w latach 1946-2003 w Obserwatorium AR Wrocław-Swojec oraz jego trend wielomianowy 2. stopnia (sumy *IT* dla lat 1946-1960 obliczono z wartości usłonecznienia,  $R^2$  – współczynnik determinacji)

Fig. 4. a) The global radiation (*IT*) sums in a) May, b) June, c) July, d) August in the years 1946-2003 in the Wrocław-Swojec Observatory of the Agricultural University in Wrocław and its polynomial 2<sup>nd</sup> degree trend (the sums for the years 1946-1960 were calculated from sunshine duration values,  $R^2$  – determination coefficient)

5. Na obecnym etapie tych badań rysuje się przełomowa rola połowy lat 70. jako okresu zasadniczej zmiany kierunkowej trendów - dla promieniowania całkowitego i bezpośredniego jest to przejście z fazy spadkowej do fazy wznoszącej, natomiast dla promieniowania rozproszonego i jego udziału w promieniowaniu całkowitym odwrotnie.
6. Najmocniej tendencje te wyrażone są w wieloletnich zmianach zachodzących w maju i sierpniu. Miesiące te, na tle innych, posiadają szczególny charakter, prawdopodobnie wskaźnikowy, dla trendów sum rocznych i półrocza letniego.

#### LITERATURA:

- Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego*, 1997, Uniwersytet Wrocławski, PAN – Oddz. we Wrocławiu.
- Bac S., 1968, *Studia nad parowaniem z wolnej powierzchni wodnej, parowaniem terenowym i ewapotranspiracją potencjalną*, Zesz. Nauk. WSR, 80, Melioracje 13, Wrocław.
- Bac S., 1970, *Badania nad współzależnością parowania z wolnej powierzchni wodnej, parowania terenowego i ewapotranspiracji potencjalnej*, Pr. i St. Kom. Gosp. Wodnej, PAN, 10, Warszawa.
- Bac S., 1977, *Warunki agrometeorologiczne Dolnego Śląska jako podstawa gospodarki wodnej*, PWN, Warszawa-Wrocław.
- Bac S., 1991, *Ocena warunków agroklimatycznych dla potrzeb rolnictwa*, Act. Univ. Wratt., Pr. Geogr. Seria A, Geogr. Fiz., VI, 1237.
- Bac S., Baranowski S., 1968, *Wielkość i przebieg albedo niektórych powierzchni rolniczych*, Prace Inst. Gosp. Wod. PAN, IV, 4, 37-58.
- Bac S., Rojek M., 1984, *Warunki klimatyczne Dolnego Śląska*, [w:] *Rolnictwo na Dolnym Śląsku*, PWN, Warszawa – Wrocław, 25-42.
- Bac S., Schmuck A., 1960, *Badania terenowe Katedry Meteorologii i Klimatologii*, Zesz. Nauk. WSR, Melioracja V, 27, Wrocław, 93-102.
- Bryś K., 1994, *Natężenie promieniowania słonecznego całkowitego we Wrocławiu w okresie 1961-1990*, Zesz. Nauk. AR, 243, Wrocław.
- Bryś K., 1997, *Rola czynnika radiacyjnego w ewapotranspiracji*, pr. dokt. w AR Wrocław (maszynopis).
- Bryś K., 2002, *Wahania natężenia promieniowania całkowitego w latach 1961-1993 we Wrocławiu*, [w:] *Działalność naukowa prof. Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Wyd. UMK, Toruń, 71-82.
- Bryś K., Bryś T., 2001a, *Wahania natężenia promieniowania słonecznego całkowitego w 55-letniej serii wrocławskiej (1946-2000)*, Pr. i Stud. Geogr., Uniw. Warszawski, Wydz. Geogr. i St. Regional., 29, 161-171.
- Bryś K., Bryś T., 2001b, *Evaporation in Wrocław and its variability in the years 1946-1995*, Geogr. Polon., 74,1, 101-122.
- Bryś K., Bryś T., 2002, *Wpływ wahań NAO na zmienność warunków wilgotnościowych, radiacyjnych, dynamicznych i ewaporacyjnych we Wrocławiu – Swojcu w latach 1946-2000*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akad. Morska, Gdynia, 147-160.

- Bryś K., Bryś T., 2003, *Fluctuations of global solar radiation in the 20<sup>th</sup> century in Wrocław and their relations to Wolf's number and circulation changes*, Acta Univ. Wratisl., 2542, St. Geogr. 75, 189-202.
- Dubicka M., 1994, *Wpływ cyrkulacji atmosfery na kształtowanie warunków klimatu (na przykładzie Wrocławia)*, Studia Geogr. 60, Acta Univ. Wratisl., 1581.
- Dubicka M., Pyka J., 2001, *Wybrane zagadnienia klimatu Wrocławia w XX wieku*, Univ. Warszawski, Wydz. Geogr. i St. Regional., Pr. i St. Geogr., 29, 101-112.
- Łykowski B., 1967, *Zdolność odbijania promieniowania słonecznego przez wybrane powierzchnie roślinne*, Praca doktorska w AR Wrocław (maszynopis).
- Matul K., Bac S., Baranowski S., 1968, *Określanie elementów bilansu cieplnego dla wyznaczania parowania terenowego*, Pr. i St. Kom. Gosp. Wodnej i Surowc. PAN, 9, Warszawa.
- Schmuck A., 1967, *Parowanie w zlewni górnego Bobru i na Odrze pod Wrocławiem w latach 1957-1962*, Przegl. Geof., 10 (18), 1, 5-24.
- Schmuck A., 1969, *Klimat Sudetów*, Kom. Zagosp. Ziem Górskich PAN, 5, Warszawa.
- Słomka J., 1952, *Kilka uwag o dawnych pomiarach natężenia promieniowania słonecznego we Wrocławiu i okolicy*, Czas. Geogr., 21/22 (1950-51).

## ROLE OF THE FIELD STATIONS OF THE AGRICULTURAL UNIVERSITY AT WROCŁAW IN COGNITION OF THE SOLAR CLIMATE OF WROCŁAW AND LOWER SILESIA

### SUMMARY

Over 50-year activity of different field stations of the Agricultural University at Wrocław allowed better recognition of the solar climate of Lower Silesia, especially Wrocław, the Lowland of Silesia and the central part of Sudety Mts. The studies carried at the Agro- and Hydro-meteorological Observatory Wrocław–Swojec were the most important ones. They allowed deduce the optimal coefficients to the Black's formula on the global radiation intensity. Current investigations concentrate on the trends, dynamics and conditions of many year variability of global radiation and its basic parts: diffuse and direct radiation intensity. The studies show that in the mid-1970s, a cardinal change in the directions of the trends occurred: from the descent phase to the increase phase for the global and direct radiation and contrariwise for the diffuse radiation intensity. The tendencies are the strongest in May and August.

Krystyna Bryś  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Akademia Rolnicza  
Wrocław

