POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

UWAGI O METODACH BADAŃ KLIMATU MIAST
Teresa Kozłowska-Szczęsna

WPŁYW URBANIZACJI NA LOKALNE WARUNKI BIOKLIMATYCZNE
Krzysztof Błażejczyk

WPŁYW RZEŹBY TERENU NA BEZPOŚREDNIE PROMIENIOWANIE SŁONECZNE W ZAKOPANEM
Jacek Piwowarczyk

Nr 6 **1992**

PAN IGiPZ

ZESZYTY
INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
PAN

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

UWAGI O METODACH BADAŃ KLIMATU MIAST
Teresa Kozłowska-Szczęsna

WPŁYW URBANIZACJI
NA LOKALNE WARUNKI BIOKLIMATYCZNE
Krzysztof Błażejczyk

WPŁYW RZEŹBY TERENU NA
BEZPOŚREDNIE PROMIENIOWANIE SŁONECZNE W ZAKOPANEM
Jacek Piwowarczyk

Nr 6 **1992**

REMARKS ON METHODS OF URBAN CLIMATE INVESTIGATIONS
Teresa Kozłowska-Szczęsna

THE INFLUENCE OF URBANIZATION ON THE BIOCLIMATIC CONDITIONS
IN THE LOCAL SCALE
Krzysztof Błażejczyk

THE INFLUENCE OF RELIEF ON DIRECT SOLAR RADIATION IN ZAKOPANE
Jacek Piwowarczyk

ZESZYTY
INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
PAN

http://rcin.org.pl

Redaguje zespół w składzie:

Teresa Kozłowska-Szczęsna (redaktor)
Alicja Breymeyer (zastępca redaktora)
Jerzy Grzeszczak
Bronisław Czyż (sekretarz)

Opiniował do druku:

prof. dr Janusz Paszyński

Adres redakcji:

00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30,
tel. 26 19 31, 26 83 29; telefax 48 22 267 267

Redakcja techniczna:

Ludmiła Kwiatkowska

http://rcin.org.pl

Spis treści

T. Kozłowska-Szczęsna — Uwagi o metodach badań klimatu miast 5
Literatura 10
Remarks on methods of urban climate investigations (summary) 13

K. Błażejczyk — Wpływ urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne (na przykładzie woj. katowickiego)
1. Wprowadzenie 15
2. Podstawy opracowania mapy biotopoklimatycznej 15
3. Biotopoklimatyczna charakterystyka obszarów o różnym stopniu zurbanizowania 18
4. Zróżnicowanie biotopoklimatyczne krajobrazów o różnym stopniu zurbanizowania 24
5. Podsumowanie 25
Literatura 27
The influence of urbanization on the bioclimatic conditions in the local scale (on the example of Katowice voivodship) (summary) 28

J. Piwowarczyk — Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Zakopanem
1. Wstęp 29
2. Powierzchnia horyzontalna 30
3. Zbocza południowe 33
4. Zbocza północne 38
5. Zbocza wschodnie i zachodnie 38
6. Ściany o różnych ekspozycjach 40
7. Podsumowanie 41
Literatura 46
The influence of relief on direct solar radiation in Zakopane (summary) 47

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

Teresa Kozłowska-Szczęsna

Uwagi o metodach badań klimatu miast

Miasta są przykładem przemian środowiska przyrodniczego spowodowanych przez człowieka. Zmiany wywołane urbanizacją i uprzemysłowieniem występują wyraźnie w środowisku atmosferycznym dużych aglomeracji. Klimatotwórcza rola miasta była przedmiotem badań kilku pokoleń klimatologów, meteorologów, urbanistów, lekarzy i innych specjalistów. Za pierwszą pracę rozpoczynającą badania klimatu miast uważana jest praca L.Howarda pt. *The climate of London* wydana w 1818 r. (II wydanie w 1820 r. i III w 1833 r.). Autor zwrócił w niej uwagę na podwyższoną temperaturę, mniejszą wilgotność i słabszą wymianę powietrza w porównaniu z terenem otwartym. Podobne opracowanie dla Paryża wykonał w 1855 r. E.Renou. Pod koniec XIX w. G.Hellmann rozważał, jako jeden z pierwszych, wpływ miasta Berlina na tworzenie się chmur i na opady. Tematykę tę podjął także A.Schmauss w Monachium. W tym samym czasie inni uczeni (A.Angot, R.Emmerich, P.A.Russel) rozpoczęli badania mgieł i zanieczyszczenia powietrza w mieście. W latach dwudziestych naszego wieku N.Shaw i J.S.Owens podsumowali wyniki tych badań, podkreślając ich ważność w studiach klimatu miasta (Kratzer 1956, Landsberg 1981).

Z biegiem czasu badania klimatu prowadzone były w wielu miastach na Ziemi i ten kierunek stał się niezwykle popularny i potrzebny z uwagi na aspekt zarówno poznawczy jak i praktyczny. Szybki wzrost urbanizacji powoduje, że coraz więcej ludzi mieszka w miastach i jest narażonych na oddziaływanie szeregu niekorzystnych bodźców: fizycznych, chemicznych i biologicznych. Po II wojnie światowej ukazało się wiele prac z zakresu klimatu miast, a wśród nich dużą grupę stanowią prace metodyczne np. B.A.Ajzenštat i L.P.Lukina (1982), D.Blaskowa (1982), W.Boer (1954), T.J.Chandler (1965), W.Eriksen (1975), J.M.Fallot i inni (1986, 1987), E.Franke (1977), W.Kuttler (1985), H.E.Landsberg (1981), A.Lopez-Gomez (1988), T.A.Markus, E.N.Morris (1980), H.Mathys i inni (1980), H.Mayer (1986), D.L.Morgan, R.L.Baskett (1974), T.R.Oke (1974, 1979), E.Quitt (1960), M.Roten (1979. 1984), J.Schmaltz (1984), W.Schmidt (1930), T.Sekiguti i K.Takano (1975), F.Steinhauser (1951), P.Stock (1987), A.Sundborg (1950), M.I.Szczerbań (1973), W.H.Terjung i inni (1970, 1973), S.E.Tuller (1975), H.Wanner i J.A.Hertig (1984), E.Wedler (1980).

Literatura prezentująca metodykę badań klimatu miast w Polsce jest także stosunkowo bogata — np.: M.Hess (1974), Z.Kaczorowska (1967) M.Kluge (1969), K.Kłysik i R.Matusiak (1990), K.Kłysik i M.Tarajkowska (1977), J.Korzeniewski (1980), U.Kossowska (1973), T.Kozłowska-Szczęsna (red. 1985, 1990), T.Kozłowska-Szczęsna i B.Krawczyk (1984), M.W.Kraujalis (1972. 1980), B.Krawczyk (1986), J.Lewińska i inni (1982), E.Michna (1967), M.Morawska (1966), Z.Olecki (1973, 1975), W.Parczewski (1960), J.Paszyński

http://rcin.org.pl

(1960, 1961, 1967, 1975), S.Różański (1959), A.Schmuck (1967), M.Tarajkowska (1971), J.Trapp (1979), J.Trapp i J.Korzeniewski (1982), W.Warakomski (1984), A.Wyszkowski, J.Trapp i J.Korzeniewski (1990), W.Zinkiewicz i W.Warakomski (1960), S.Zych i A.Zawadzka (1961).

W ostatnich latach zorganizowano liczne konferencje i sympozja świadczące o nieustającym zainteresowaniu specjalistów problematyką klimatu miast i o konieczności podejmowania dalszych badań, a wśród nich: w Zurichu, 1984 [Applied Climatology]; w Brnie, 1983 [Mikroklimat i mezoklimat aglomeracji miejskich]; w Belgradzie, 1987 [Meteorologia miast]; w Łodzi, 1984 [Klimat i bioklimat miast]; w Krakowie, 1986 [Wybrane problemy ekologii miast]; w Kyoto, 1989] [Klimat miast, planowanie i budownictwo].

Do badania klimatu miast można stosować różne metody, ujęcia czy też podejścia, a mianowicie: ze względu na źródło informacji (jak się mierzy) lub według poszczególnych elementów meteorologicznych i wskaźników klimatycznych (co się mierzy).

Biorąc pod uwagę źródło informacji można wyróżnić badania oparte na danych uzyskanych z: a) sieci państwowej, b) pomiarów specjalnych na stacjach okresowych, c) z pomiarów odległościowych.

a. Klimat miasta bywa opisywany za pomocą średnich i skrajnych wartości przyjętych do rozważań wybranych elementów meteorologicznych, mierzonych w sposób standardowy na miejskich stacjach sieci państwowej w kilku — lub kilkunastoletnim okresie. Uzyskane w ten sposób wyniki są porównywane z analogicznymi danymi z obszarów pozamiejskich, pochodzącymi z jednej lub z kilku stacji reprezentatywnych dla danego obszaru, w celu uchwycenia charakterystycznych cech klimatu miasta będących następstwem zurbanizowania i uprzemysłowienia. Można porównywać także odpowiednie dane z kilku stacji położonych w różnych miastach, co umożliwi zbadanie zróżnicowania klimatu tych miast, bądź to położonych w różnych warunkach fizycznogeograficznych, bądź też mających różne struktury zabudowy i uprzemysłowienia.

b. Klimat miasta bywa też rozumiany jako rozkład w przestrzeni i w czasie mierzonych elementów meteorologicznych oraz ich różnic na obszarze miasta, w wybranych dniach czy też dłuższych okresach o ściśle określonych warunkach pogodowych (np. pogody antycyklonalnej lub cyklonalnej) w danej porze roku. Dane tego rodzaju są uzyskiwane ze specjalnej sieci pomiarowej zakładanej na pewien okres, bądź też ze stacji ruchomych umieszczonych na pojazdach (np. Schmidt 1930, Steinhauser 1934, Ludwig 1970). Pomiary wykonywane są w dzień, a niekiedy i w nocy. Punkty pomiarowe mogą być usytuowane wzdłuż wytyczonego przekroju, jest to tzw. metoda szeregowego rozmieszczenia stacji. Metoda ta daje dobre wyniki przy określaniu zasięgu i kierunku oddziaływania sztucznych lub naturalnych obiektów takich jak: zakłady przemysłowe, parki, powierzchnie wodne itp. na klimat w skali lokalnej. Przy dokładniejszych studiach istotne jest zbadanie wszechstronnego oddziaływania danego obiektu na środowisko atmosferyczne. W tym przypadku bardziej przydatna jest metoda powierzchniowego rozmieszczenia stacji, wówczas stanowiska obserwacyjne znajdują się na całym terenie w otoczeniu badanego obiektu.

http://rcin.org.pl

c. Do badania klimatu miasta wykorzystywane są także pomiary odległościowe, głównie wówczas, gdy nie wystarczają dane z niewielkiej wysokości nad poziomem gruntu (np. z wysokości 2 m). Ma to miejsce przy badaniach np. stanu, zmian i stratyfikacji powietrza; w takich przypadkach stosowana jest metoda przestrzennego rozmieszczenia punktów pomiarowych z ciągłą rejestracją (wysokie wieże, balony na uwięzi, sondy meteorologiczne). W ostatnich latach coraz większe zastosowanie mają zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne, wykorzystywane głównie do badań zróżnicowania warunków termicznych podłoża czy też zanieczyszczenia atmosfery (np. smugi dymu); (Kraujalis 1980, Stock 1987).

Innym podejściem do badań klimatu miasta jest wybór elementów meteorologicznych, które należy mierzyć. Miasto oddziałuje na warunki klimatyczne wskutek zmienionych właściwości fizycznych podłoża. Wymieniając czynniki oddziałujące na warunki klimatyczne miasta, nie sposób pominąć specyficznych właściwości radiacyjnych, termicznych czy aerodynamicznych podłoża tworzącego substancję miejską (Paszyński 1973, 1975, 1986). Istotną właściwością terenów miejskich jest zła jakość powietrza. Głównymi źródłami zanieczyszczeń powietrza na tych obszarach są: przemysł, transport, komunikacja oraz paleniska domowe i kotłownie centralnego ogrzewania.

Pomiary zanieczyszczeń pyłowych i gazowych prowadzone są w miastach przez specjalne urzędy (np. Zakłady Higieny), według jednolitej instrukcji. Spośród metod zmierzających do ilościowego określenia zanieczyszczenia powietrza należy wymienić: metody osadowe (sedymentacyjne), metody aspiracyjne, metody pośrednie i metody odległościowe.

Metody osadowe polegają na pomiarze wagowym pyłu gruboziarnistego zbierającego się w postaci osadu na ustalonej powierzchni w określonym czasie. Za pomocą metody aspiracyjnej można określić ilość pyłu drobnoziarnistego w 1 cm^3 pobranego powietrza. Zanieczyszczenia gazowe powietrza badane są przede wszystkim metodami chemicznymi oraz absorbcyjno-kolorymetrycznymi. Można też określać zanieczyszczenia powietrza metodami subiektywnymi - bez przyrządów, obserwując smugi dymu czy oceniając widoczność według stałych reperów. Stopień skażenia środowiska atmosferycznego można również określać, badając zmiany ilościowe i jakościowe zachodzące w niektórych roślinach i mikroorganizmach zwanych bioindykatorami. Jako wskaźników zanieczyszczenia używa się w tym przypadku porostów, mchów, grzybów i glonów, które kumulatywnie reagują na działanie zanieczyszczonego powietrza. Do badania wpływu zanieczyszczeń na klimat stosuje się również metodę pośrednią aktynometryczną. Polega ona na pomiarach bezpośredniego promieniowania słonecznego i określaniu jego strat w czasie drogi przez zanieczyszczoną atmosferę (Kluge 1969). W ostatnich latach do zilustrowania zasięgu i kierunku przesuwania się zanieczyszczeń są wykorzystywane zdjęcia lotnicze i satelitarne.

Stosunki termiczne w mieście określane są najczęściej za pomocą bilansu cieplnego powierzchni czynnej (Landsberg 1981, Paszyński 1975). Zmiany klimatu lokalnego w miastach mają źródło w procesach wymiany energii między powierzchnią czynną a atmosferą. Tę wymianę energii ujmuje równanie bilansu cieplnego, które wykorzystywane w badaniach terenowych lub modelowych pozwala na ilościową ocenę wpływu miasta na jego klimat (Oke 1978). Badania terenowe polegają na pomiarach podstawowych skład-

http://rcin.org.pl

ników bilansu cieplnego w mieście. W najprostszej postaci równanie bilansu cieplnego jest następujące (Paszyński 1975):

$$R + S + B + P + E = 0$$

gdzie:

R — strumień promieniowania,

S — strumień ciepła antropogenicznego,

B — strumień przewodzenia,

P — strumień turbulencyjny ciepła jawnego,

E — strumień turbulencyjny ciepła utajonego.

Równanie bilansu cieplnego po stronie przychodowej obejmuje dodatkowy dopływ ciepła ze sztucznych źródeł w procesie spalania, a w części rozchodowej — poziomy transport energii, wyzwalający lokalną cyrkulację powietrza oraz ilość ciepła magazynowanego w podłożu.

W badaniach klimatu miasta z punktu widzenia jego oddziaływania na organizm człowieka (antropoklimatu) znajduje zastosowanie sposób określenia wymiany ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem. Bilans cieplny ciała człowieka charakteryzuje ilościowo wpływ różnych czynników — zarówno fizycznych, jak i fizjologicznych — na stan równowagi między ilością ciepła otrzymywanego i traconego przez organizm człowieka. Równanie bilansu cieplnego ciała człowieka ma postać następującą (Liopo i Cycenko 1971, Budyko 1975, Krawczyk 1979):

$$R + M = LE + P + B$$

gdzie:

R — bilans radiacyjny powierzchni ciała człowieka,

M — ciepło wytwarzane przez organizm człowieka w procesach metabolicznych,

LE — utrata ciepła utajonego w procesach parowania wody,

P — utrata ciepła jawnego,

B — utrata ciepła jawnego i utajonego w procesie oddychania.

W równaniu tym nie uwzględnia się przewodzenia molekularnego przy kontakcie z podłożem (głównie przez obuwie) oraz strat ciepła wynikających z niektórych procesów fizjologicznych, ze względu na niewielkie wartości liczbowe tych form wymiany ciepła.

Spośród nielicznych prac odnoszących się do wymiany ciepła w miastach i jej wpływu na odczuwalność cieplną człowieka kilka zasługuje na uwagę: W.H.Terjung (1970) wykonał mapę promieniowania pochłoniętego przez powierzchnię ciała człowieka oraz mapę bilansu promieniowania na podstawie szczegółowych badań terenowych na obszarze aglomeracji Los Angeles; D.L.Morgan i R.L.Baskett (1974) badali proces wymiany ciepła na terenie Sacramento w Kalifornii; S.E.Tuller (1975) zajął się odczuciem cieplnym człowieka przebywającego w śródmieściu miasta Victoria w Kanadzie, zwracając szczególną uwagę na ekspozycję dosłoneczną budynków; B.A.Ajzenštat i L.P.Lukina (1982) przeprowadzili w Taszkiencie szczegółową analizę odczuwalności cieplnej człowieka w powiązaniu

http://rcin.org.pl

z osobliwościami środowiska miejskiego. Wychodząc z równania bilansu cieplnego ciała człowieka, ci ostatni przyjęli wielkość strat ciepła zużywanego na parowanie jako ilościowy wskaźnik obciążenia cieplnego w warunkach klimatu Azji Środkowej.

W badaniach klimatu miasta dużą uwagę zwraca się na występowanie miejskiej wyspy ciepła. Powstaje ona w wyniku akumulacji ciepła w sztucznym podłożu oraz wytwarzania sztucznego ciepła w procesach przemysłowych i komunalnych, a także niewielkich strat energii na skutek mniejszego parowania przez pokrywę roślinną. Wpływ wyspy ciepła uwidocznia się w złagodzeniu bodźców termicznych zimą, wiosną i jesienią, latem natomiast mogą wystąpić warunki termiczne uciążliwe dla człowieka, które prowadzą w skrajnych przypadkach do wzrostu śmiertelności, szczególnie ludzi starszych. Z tego względu w badaniach stosunków termicznych w miastach większe znaczenie mają wartości skrajne temperatury powietrza (minimalne i maksymalne) aniżeli wartości średnie. Cenna jest także interpretacja zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych pozwalająca na uchwycenie zasięgu przestrzennego miejskiej wyspy ciepła, jak również zastoisk chłodnego powietrza.

Istotne są także obserwacje kierunków i prędkości wiatru w mieście, z uwagi na możliwość samooczyszczania się atmofery, w przypadku większych jego prędkości oraz lepszego odprowadzania ciepła z powierzchni ciała ludzkiego w upały i zwiększonych strat ciepła z organizmu w czasie dni chłodnych. Zabudowa może bądź zwiększać bądź zmniejszać prędkość wiatru, jak również zmieniać jego kierunek. Szczególnie duże prędkości wiatru obserwuje się w pobliżu wieżowców. Swoista topografia miasta powoduje wytwarzanie się specyficznych układów cyrkulacji lokalnej. Nagrzanie miasta w ciągu dnia oraz powolne oddawanie ciepła w porze nocnej w stosunku do terenów pozamiejskich wywołuje różnicę ciśnienia między tymi obszarami, a w konsekwencji ruch powietrza typu bryzy miejskiej. Jest to słaby ruch powietrza skierowany do centrum miasta, gdzie zostaje ono nagrzane i unoszone w górę, skąd odpływa w postaci antybryzy.

W badaniach warunków wilgotnościowych w mieście powinna znajdować się także analiza stosunków opadowych, mających znaczenie w bilansie wodnym miasta. Miasto powoduje wzrost ilości opadów w wyniku zwiększonej ilości jąder kondensacji pochodzenia przemysłowego. Do ważnych skutków opadów atmosferycznych należy zaliczyć usuwanie zanieczyszczeń z atmosfery i przenoszenie ich do podłoża. Szczególnie wskazana jest obserwacja mgieł, których występowanie w mieście jest częstsze aniżeli poza obszarem zabudowanym. Wzrost liczby dni z mgłą ma związek ze zmniejszonymi prędkościami wiatru, słabszą turbulencją, obfitością jąder kondensacji. Mgła jest zjawiskiem niekorzystnym dla człowieka, gdyż sprzyja utrzymywaniu się zanieczyszczeń pyłowych, gazowych i drobnoustrojów chorobotwórczych w powietrzu, a ponadto utrudnia komunikację i ogranicza dopływ promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi.

Klimatem miast, oprócz sporadycznych badań prowadzonych przez różne instytucje, zajmuje się specjalna komisja w ramach Międzynarodowej Organizacji Meteorologicznej (WMO), a także grupa badawcza w podkomisji klimatologii lokalnej działająca w ramach Międzynarodowej Unii Geograficznej (IGU), pod przewodnictwem prof. J.Paszyńskiego.

http://rcin.org.pl

Literatura

Ajzenštat B.A., Lukina L.P. 1982, *Bioklimat i mikroklimat Taszkenta*, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Blaskowa D. (red.) 1982, *Climate and microclimate of Sofia*, Bulg. Acad. of Sciences, Sofia.

Böer W. 1954, *Klimaforschung im Dienste des Städtebaues*, Deutsche Bauakademie, Berlin.

Budyko M.I. 1975, *Klimat i życie* (tłum. z rosyjskiego), PWN, Warszawa.

Chandler T.J. 1965, *The climate of London*, Hutchinson and Co., London.

Eriksen W. 1975, *Probleme der Stadt und Geländeklimatologie*, Erträge der Forschung, 35, Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt.

Fallot J.M., Buman A.M., Baeriswyl I., Roten M. 1986, *Etude des éléments climatiques et de la pollution en ville de Fribourg, comparaison avec l'agglomeration et essai de modélisation*. Raport final destine au Fonds national de la recherche scientifique, Fribourg.

Fallot J.M., Buman A.M. 1987, *Modelisation des influences orographiques et urbaines de l'agglomération fribourgeoise sur les écoulementes regionaux*, Cahiers de l'Inst. de Géogr. de Fribourg, 5.

Franke E. (red.) 1977, *Stadtklima Ergebnisse und Aspekte für die Stadtplanung*, Vortragssammlung Seminar 76, Stuttgart.

Hess M. 1974, *Klimat Krakowa*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys., VIII, Kraków.

Kaczorowska Z. 1967, *Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956-1960*, Przegl. Geofiz., XII (XX), 3-4.

Kluge M. 1969, *Osłabienie bezpośredniego promieniowania słonecznego w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*, Biul. Zakł. Bad. Nauk. Górnośl. Okr. Przem. PAN, 11.

Kłysik K., Matusiak R. 1990, *Emisja ciepła sztucznego na obszarze Łodzi*, Conf. Papers, 4, IGiPZ PAN, Warszawa.

Kłysik K., Tarajkowska M. 1977, *Niektóre cechy termicznej struktury przyziemnej warstwy atmosfery nad miastem*, Przegl. Geofiz., XXII (XXX), 1.

Korzeniewski J. 1980, *Z problematyki badań nad warunkami klimatycznymi nowych dzielnic mieszkaniowych Gdańska na przykładzie Przymorza*, Zesz. Nauk WBiNoZ Uniw. Gdańskiego, Geogr., 11.

Kossowska U. 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*, Rep. and Stud. of Geogr. Inst. of Univ. of Warsaw, 12, Climatology 7, Warszawa.

Kozłowska-Szczęsna T. (red.) 1985, *Metody badań bioklimatu człowieka*, Probl. Uzdrow., 1/2 (207-208).

Kozłowska-Szczęsna T. 1990, *Zmiany klimatu województwa katowickiego pod wpływem działalności człowieka*, Studia Ośr. Dok. Fizjogr. PAN, Kraków 18.

Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B. 1984, *Metody badań bioklimatu miast*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji nt. „Klimat i bioklimat miast", Uniw. Łódzki, Łódź.

Kratzer P.A. 1956, *Das Stadtklima*, Braunschweig, II Aufl.

Kraujalis M.W. 1972, *Artifical heat over the territory of Poland*, Geogr. Pol., 21.

— 1980, *Zróżnicowanie warunków termicznych podłoża atmosfery na obszarze miasta*, Dok. Geogr., 3.

Krawczyk B., 1979, *Bilans cieplny ciała człowieka jako podstawa podziału bioklimatycznego obszaru Iwonicza*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 131.

— 1986, *Odczuwalność cieplna człowieka w mieście*, Konferencja Bioklimatyczna, Karlove Vary 1985, Praha.

Kuttler W. 1985, *Stadtklima, Struktur und Möglichkeiten zu seiner Verbesserung*, Geogr. Runds., 5.

Landsberg H.E. 1981, *The urban climate*, Univ. of Maryland.

Lewińska i inni 1982, *Wpływ miasta na klimat (na przykładzie aglomeracji krakowskiej)*, Instytut Kształtowania Środowiska, Kraków.

Liopo T.N., Cycenko G.W. 1971, *Klimatičeskie uslovija i teplovoe sostojanie čeloveka*, Leningrad.

López-Gómez A. 1988, *El Clima urbano de Madrid. La isla de calor*, Inst. de economia y geografia aplicadas CSIC, Madrid — Universidad Autónoma de Madrid.

Ludwig F.L. 1970, *Urban temperature fields*, Urban Climates, Techn. Note 108, Proceedings of the Symposium WMO, Brussels 1968.

Markus T.A., Morris E.N. 1980, *Buildings climate and energy*, Univ. of Strathclyde.

Mathys H. i inni 1980, *Klima und Lufthygiene im Raum Bern*, Comm. de géogr. Bern, 7.

http://rcin.org.pl

Mayer H. 1986, *Bioklima in der Stadt München*, Univ. Schriften Univ. München Wiss. Mitt., 53.

Michna E. 1967, *Klimat Przemyśla*, Roczn. Przemyśla, 11.

Morawska M. 1966, *Mgły w Krakowie*, Przegl. Geofiz., XI (XIX), 3.

Morgan D.L., Baskett R.L. 1974, *Comfort of man in the city. An energy balance model of man — environment coupling*, Int. Journ. Biomet., 18, 3.

Oke T.R. 1974, *Review of Urban Climatology 1968-1973*, WMO Techn. Note, 134, Geneva.

— 1978, *Boundary layer climates*, Methuen.

— 1979, *Review of Urban Climatology*, 1973-1976, WMO Techn. Note, 169, Geneva.

Olecki Z. 1973, *Wpływ miasta na niektóre elementy bilansu radiacyjnego na przykładzie Krakowa*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 32.

— 1975, *Oddziaływanie dużego ośrodka miejsko-przemysłowego na dopływ promieniowania słonecznego (na przykładzie Krakowa)*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 41.

Parczewski W. 1960, *Classification of wind speed intervals in climatic and bioclimatic studies*, Acta Geophys. Pol., VIII, 3.

Paszyński J. 1960, *Transparence de l'atmosphére comme élément du climat local des régions industrielles*, Przegl. Geogr., 32.

— 1962, *Der Jahresverlauf des Luftverunreinigungen im Oberschlesischen Industriegebiet*, Angewandte Meteorol., IV, 6.

— 1967, *L'influence des conditions climatiques sur le développement des villes*, Geogr. Pol., 12.

— 1973, *L'influence de l'urbanisation et de l'industralisation sur le bilan du rayonnement solaire*, Congres International „Le soleil au service de l'homme", Paris.

— 1975, *Local energy balance in urban and industrial environment*, Geogr. Pol., 30.

— 1986, *Modification par l'activité humaine du bilan thermique à la surface limite*, International Symposium on Topoclimatology and its Application, Liège, Belgium 1985, Univ. de Liège.

Quitt E. 1960, *Die Erforschung der Temperaturverhältnisse von Brno und Umgebung*, Wetter u. Leben, 12, 9-10, Wien.

Roten M. 1979, *Le climat urbain et suburbain de Fribourg*, Univ. Fribourg.

Roten M., Ruffieux D., Fallot J.M. 1984, *Research on the climate of Fribourg (Switzerland) a city of 50 000 with unusual topographical conditions*, Energy and Buildings, 7.

Różański S. 1959, *Budowa miasta a jego klimat*, Warszawa.

Schmaltz J. 1984, *Das Stadtklima — Ein Faktor der Bauwerks und Stadtplanung*, Verlag C.F.Müller, Karlsruhe.

Schmidt W. 1930, *Kleinklimatische Aufnahmen durch Temperaturfahrten*, Meteorol. Zeitschrift, 47.

Schmuck A. 1967, *Wpływ miasta na opady atmosferyczne (na przykładzie Wrocławia)*, Przegl. Geofiz., XII (XX), 3-4.

Sekiguti T., Takano K. 1975, *Mathematical simulation of heat island model*, Japanese Progr. in Climat., Nov., Tokyo.

Steihauser F. 1934, *Neue Untersuchungen der Temperaturverhältnisse von Grosstädten*, Bioklimat. Beiblätter, 1.

— 1951, *Er gebnisse und Aufgaben Stadtklimatischer Untersuchungen in Wien*, Wetter u. Leben, 3.

Stock P. 1987, *Thermalkarte Ruhrgebiet, Kommunalverband Ruhrgebiet*, 1, Essen.

Sundborg A. 1950, *Local climatological studies of the temperature conditions in an urban area*, Tellus, 21.

Ščerban' M.I. 1973, *Izmenenie radiacionnogo režima territorii Kieva (w:) Teorija i metody prognoza izmenenij geograficeskoj sredy*, Irkutsk.

Tarajkowska M. 1971, *Wpływ zabudowy miejskiej na warunki termiczne powietrza na przykładzie Częstochowy*, Zesz. Nauk. Uniw. Łódzkiego, s. II, 43, Łódź.

Terjung W.H. 1970, *Urban energy balance climatology. A preliminary investigation of the city-man system in downtown Los Angeles*, Geogr. Rev., 60, 1.

Terjung W.H., Louie S.S. 1973, *Solar radiation and urban heat islands*, Annals of the Ass. of Amer. Geogr., 63, 2.

Trapp J. 1979, *Wpływ zabudowy na przestrzenny rozkład temperatury powietrza w Gdyni*, Zesz. Nauk. WBiNoZ, Uniw. Gdańskiego, Geogr.,9.

http://rcin.org.pl

Trapp J., Korzeniewski J. 1982, *Oddziaływanie zabudowy na stosunki wietrzne w Gdyni*, Zesz. Nauk. WBiNoZ Uniw. Gdańskiego, Geogr.,12.

Tuller S.E. 1975, *The energy budget of man variations with aspect in a downtown urban environment*, Int. Journ. Biomet., 19, 1.

Wanner H., Hertig J.A. 1984, *Studies of urban climates and air pollution in Switzerland*, Journal of Climat. and Applied Met., 23, 12, Amer. Met. Soc.

Warakomski W. 1984, *Refleksja na temat metod badania klimatu miast. Materiały I Ogólnopolskiej konferencji nt. „Klimat i bioklimat miast"*, Uniw. Łódzki, Łódź.

Wedler E. 1980, *Die bioklimatischen Zonen von Berlin-West*, Inst. für Met. Freie Univ., Berlin.

Wyszkowski A., Trapp J., Korzeniewski J. 1990, *Zróżnicowanie przestrzenne warunków klimatycznych aglomeracji gdańskiej ze szczególnym uwzględnieniem obszarów leśnych*, Conf. Papers, 4, IGiPZ PAN, Warszawa.

Zinkiewicz W., Warakomski W. 1960, *Zarys klimatu Lublina*, Annales UMCS, Lublin, Polonia, 14, 2.

Zych S., Zawadzka A. 1960, *The influence of the surface configuration on the spread of aerosol as seen in the example of the town of Zgierz*, Int. Journ. of Biomet., Second International Biometeorological Congress, London.

http://rcin.org.pl

Remarks on methods of urban climate investigations

Summary

The history of urban climate investigations over the world is presented as well as an example of these kind of studies carried out in Poland.

Many different methods are used for investigations of urban climate: according to the kind of information (methods of measurements) or particular meteorological elements (subject of measurements).

From the type of information sources point of view it was established:

a) the investigations based on the data obtained from the state Meteorological Network,

b) the investigations based on the special, periodical observations,

c) the investigations based on the remote sensing observations.

The choice of meteorological elements for measuring is another question.

The methods of investigation of air pollution by dust, gases along with thermal, anemometric and higrometric conditions have been presented. It has been underlined that strong interest in urban climate investigations is rendered by activities of the Special Commission of the WMO and the Study Group of IGU.

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

Krzysztof Błażejczyk

Wpływ urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne (na przykładzie województwa katowickiego)

1. Wprowadzenie

Urbanizacja pociąga za sobą różnorakie, negatywne dla środowiska przyrodniczego skutki. W jej wyniku pogarsza się stan czystości atmosfery, wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleb, następuje degradacja roślinności naturalnej, zwłaszcza lasów. Urbanizacja terenu w istotny sposób zmienia także warunki bioklimatyczne, zarówno w skali regionalnej jak i lokalnej.

Celem opracowania jest przedstawienie wpływu urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne na przykładzie województwa katowickiego. Do porównania wybrano 5 regionów o różnym stopniu zurbanizowania i zanalizowano wykonane dla nich mapy biotopoklimatyczne.

2. Podstawy opracowania mapy biotopoklimatycznej

Mapę biotopoklimatyczną województwa katowickiego wykonano w skali 1:50 000 (Błażejczyk 1987a). Podstawą opracowania tej mapy była analiza struktury bilansu cieplnego ciała człowieka kształtującego się pod wpływem czynników lokalnych.

Natężenie poszczególnych strumieni wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem określono stosując model opracowany przez zespół pod kierunkiem M.I. Budyko (Budyko i Cycenko 1960). Uproszczona, ogólna formuła równania bilansu cieplnego ciała człowieka ma postać:

$$M + Rk + Ec + Hc + Lc = S,$$

gdzie:

M — ciepło wytworzone przez organizm w procesach metabolicznych,
Rk — pochłonięte przez organizm promieniowanie słoneczne,
Ec — wymiana turbulencyjna ciepła utajonego (w wyniku parowania potu),
Hc — wymiana turbulencyjna ciepła jawnego,
Lc — długofalowe wypromieniowanie ciepła,
S — saldo wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem.

W powyższym równaniu na promieniowanie słoneczne pochłonięte przez organizm

http://rcin.org.pl

człowieka składają się strumienie promieniowania: bezpośredniego, rozproszonego i odbitego od podłoża.

W stacjonarnych warunkach termiczno-wilgotnościowych następuje równoważenie się zysków i strat ciepła na powierzchni ciała człowieka, a saldo wymiany ciepła jest równe 0. W warunkach niestacjonarnych, w sytuacji gdy człowiek jest narażony na chwilowe zmiany wartości poszczególnych elementów meteorologicznych i musi się do nich adaptować, obserwuje się okresową przewagę zysków lub strat ciepła, a saldo wymiany ciepła jest dodatnie lub ujemne (de Freitas 1985, 1990, Krawczyk i Błażejczyk 1991, Povolocka 1975).

W klasyfikacji biotopoklimatów, opartej na analizie struktury bilansu cieplnego ciała człowieka, nie rozpatrywano bezwzględnych wielkości poszczególnych strumieni ciepła, lecz strukturę przychodów ciepła w wyniku pochłaniania promieniowania słonecznego oraz strukturę strat ciepła.

Przyjęta klasyfikacja jest dwustopniowa; występują w niej 4 grupy biotopoklimatów, a w każdej grupie — 4 typy biotopoklimatu (Błażejczyk 1984, 1988, 1990). Grupy biotopoklimatów określono na podstawie dominującego sposobu oddawania ciepła z organizmu człowieka do otoczenia, zarówno w warunkach stacjonarnych jak i niestacjonarnych. Są to biotopoklimaty:

— transpiracyjne — gdy przeważają straty ciepła na parowanie,

— turbulencyjne — gdy przeważa turbulencyjna wymiana ciepła jawnego,

— radiacyjne — gdy dominuje długofalowe wypromieniowanie ciepła,

— zmienne — gdy następują częste zmiany czasowe i przestrzenne jednej formy oddawania ciepła na inną).

Typy biotopoklimatu określono natomiast na podstawie dominującego składnika promieniowania słonecznego pochłoniętego przez organizm człowieka. Wyróżniono 4 typy biotopoklimatu:

A — o zwiększonym o około 15 - 30% dopływie promieniowania słonecznego do organizmu (w wyniku dużego albedo powierzchni czynnej),

B — o przeciętnym dopływie promieniowania słonecznego (głównie bezpośredniego) do organizmu,

C — o zmniejszonym o około 50 - 80% dopływie promieniowania słonecznego do organizmu (w wyniku dominacji promieniowania rozproszonego),

D — o częstych zmianach czasowych i przestrzennych struktury promieniowania słonecznego pochłoniętego przez organizm człowieka.

W tabeli 1 zamieszczono fizjologiczno-klimatologiczną charakterystykę poszczególnych typów biotopoklimatu. Określono dla nich wielkość wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem oraz możliwość zachowania równowagi cieplnej organizmu w warunkach niestacjonarnych (Błażejczyk 1987b, 1988).

Wcześniejsze badania autora (Błażejczyk 1988) wykazały, że w ciepłej połowie roku największe zróżnicowanie biotopoklimatyczne terenu występuje przy pogodzie z niewiel-

http://rcin.org.pl

Tabela 1. Klimatologiczno-fizjologiczna charakterystyka typów biotopoklimatu

Climatological-and-physiological characteristic of biotopoclimate types

Typ biotopoklimatu		Wymiana ciepła	Saldo wymiany ciepła w warunkach niestacjonarnych
1. BIOTOPOKLIMATY TRANSPIRACYJNE			
1.1.	A	duża	zrównoważone, przy dużym obciążeniu ustroju człowieka
1.2.	B	umiarkowana	zrównoważone, przy umiarkowanym obciążeniu ustroju człowieka
1.3.	C	mała	zrównoważone, przy niewielkim obciążeniu ustroju człowieka
1.4.	D	zmienna	zrównoważone, przy bardzo dużym obciążeniu ustroju człowieka
2. BIOTOPOKLIMATY TURBULENCYJNE			
2.1.	A	duża	niewielka nadwyżka strat ciepła nad jego przychodem
2.2.	B	umiarkowana	znaczna nadwyżka strat nad przychodem ciepła
2.3.	C	mała	duża nadwyżka strat nad przychodem ciepła
2.4.	D	zmienna	niedobór ciepła zmienia się od małego do dużego
3. BIOTOPOKLIMATY RADIACYJNE			
3.1.	A	duża	duża nadwyżka przychodu nad stratami ciepła
3.2.	B	umiarkowana	znaczna nadwyżka przychodu ciepła nad jego stratami
3.3.	C	mała	niewielka nadwyżka przychodu ciepła nad stratami
3.4.	D	zmienna	nadwyżka ciepła zmienia się od małej do dużej
4. BIOTOPOKLIMATY ZMIENNE			
4.1.	A	duża	okresowo duża nadwyżka lub niedobór ciepła w organizmie
4.2.	B	umiarkowana	okresowo nadwyżka lub niedobór ciepła w organizmie
4.3.	C	mała	okresowo niewielka nadwyżka lub niedobór ciepła
4.4.	D	zmienna	bardzo duże wahania salda wymiany ciepła

http://rcin.org.pl

kim zachmurzeniem oraz przy umiarkowanych prędkościach wiatru (około 2-3 m s^{-1}) i temperaturze powietrza około 20 – 25°C.

Na mapie biotopoklimatycznej województwa katowickiego, oprócz podstawowej charakterystyki dominujących form przychodów i strat ciepła z organizmu człowieka, zamieszczono też informacje uzupełniające o występowaniu specyficznych czynników środowiskowych, wpływających na warunki sanitarne i zdrowotne terenu (są to lokalne źródła zanieczyszczeń i hałasu, składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych, fitoncydy). Uwzględniono także te czynniki środowiskowe, które oddziałują na dobową cykliczność warunków termiczno-wilgotnościowych obserwowanych w przyziemnej warstwie powietrza (rynny spływu i baseny zastoiskowe chłodnego powietrza, niezalesione zbocza o ekspozycji północnej oraz obszary wodne, podmokłe i bagienne).

3. Biotopoklimatyczna charakterystyka obszarów o różnym stopniu zurbanizowania

Obszar województwa katowickiego należy do najbardziej zurbanizowanych w Polsce. Znajdują się tam również niewielkie tereny o stosunkowo mało przekształconym krajobrazie rolniczym (Kozłowska-Szczęsna 1990).

Jak już wspomniano, wybrano 5 regionów o różnym stopniu zurbanizowania, od krajobrazu rolniczego Płaskowyżu Głubczyckiego do krajobrazu miejsko-przemysłowego centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.

Krajobraz rolniczy Płaskowyżu Głubczyckiego

W krajobrazie rolniczym Płaskowyżu Głubczyckiego dominuje turbulencyjny B typ biotopoklimatu (ryc. 1). Odznacza się on przeciętnym (w stosunku do innych obszarów) dopływem promieniowania słonecznego do organizmu człowieka, przeważającym sposobem oddawania ciepła do atmosfery jest natomiast turbulencyjna wymiana ciepła jawnego. Przy niskiej temperaturze powietrza długotrwałe przebywanie w takich warunkach może doprowadzić do wychłodzenia organizmu. Ten typ biotopoklimatu wiąże się z występowaniem rozległych, względnie płaskich pól i innych użytków rolnych.

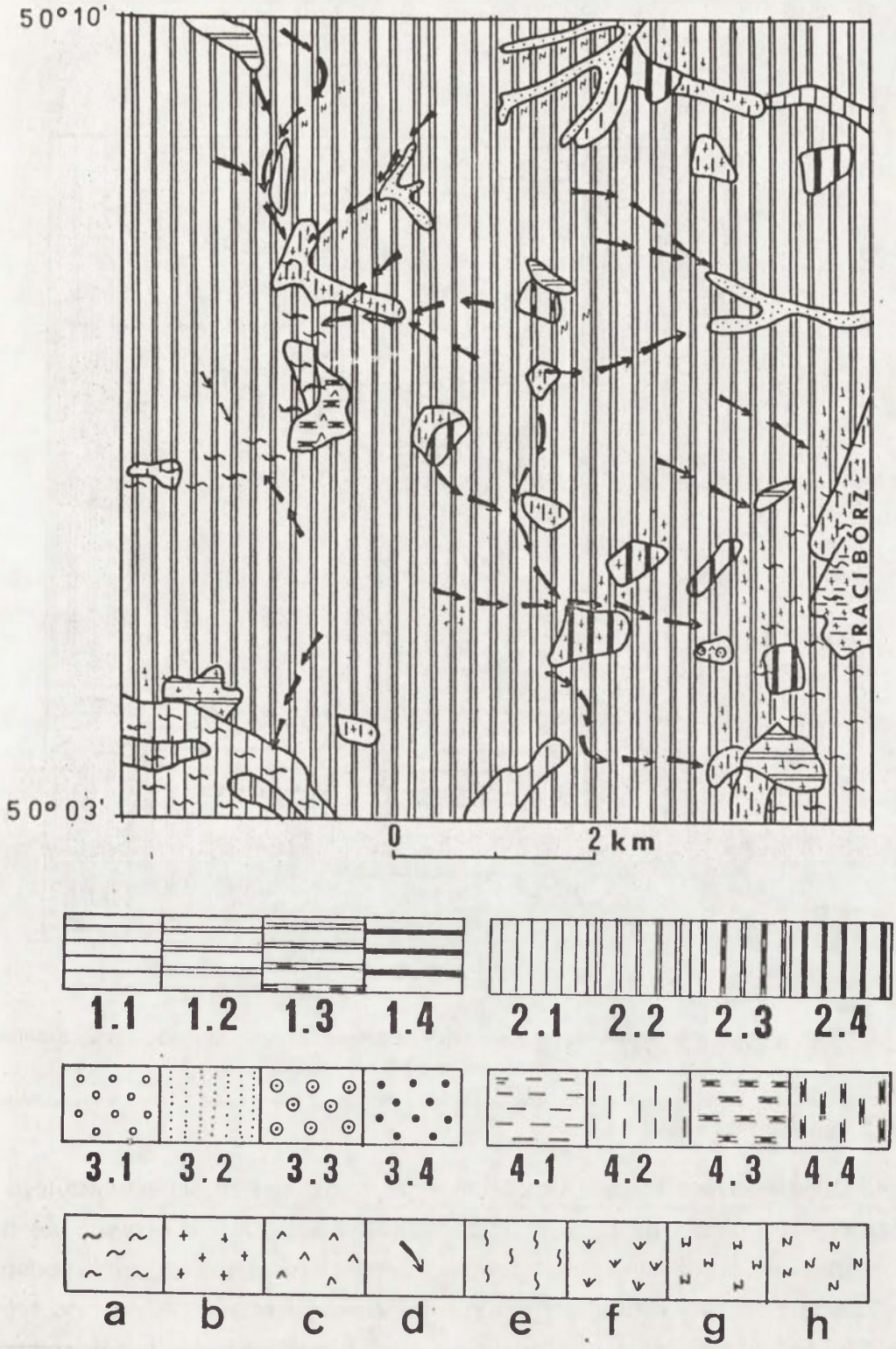
Specyficznymi czynnikami środowiskowymi są: koncentracja lokalnych źródeł zanieczyszczeń i hałasu na niektórych obszarach, zastoiska chłodnego powietrza oraz rynny jego spływu z wysoczyzn.

Krajobraz przemysłowo-rolniczy okolic Gliwic i Knurowa

Na wybranym obszarze dominują dwa typy krajobrazu: użytkowana rolniczo równina między Gliwicami (na północy) i Knurowem (na południu) oraz intensywnie rozwijające się kompleksy miejsko-przemysłowe Gliwic i Knurowa (ryc. 2).

Taki układ typów środowiska ma swe konsekwencje w rozmieszczeniu typów wymia-

http://rcin.org.pl



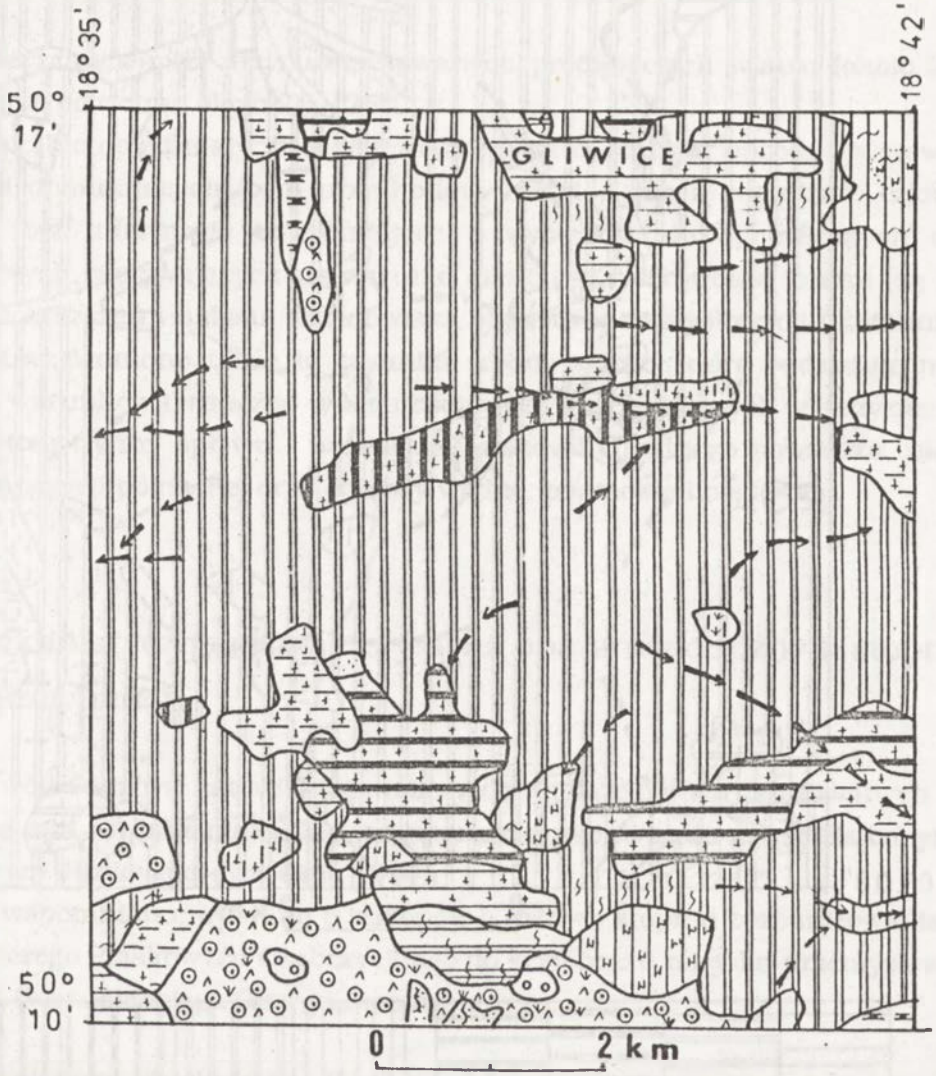
Ryc. 1. Mapa biotopoklimatyczna rolniczego krajobrazu Płaskowyżu Głubczyckiego

1.1.-4.4. – Typy biotopoklimatu (objaśnienia w tabeli 1); a-h – specyficzne elementy środowiska: a – baseny zastoiskowe chłodnego powietrza, b – obszary o dużej koncentracji lokalnych źródeł zanieczyszczeń, c – obszary leśne, d – rynny spływu chłodnego powietrza, e – składowiska odpadów przemysłowych i komunal nych, f – bagna i podmokłości, g – zbiorniki wodne, h – nie porośnięte lasem zbocza o ekspozycji północnej i nachyleniu 10°

Biotopoclimatic map of rural landscape of Głubczycki Plateau

1.1.-4.4. – Types of biotopoclimates (explanations in table 1); a-h – specific features of geographical environment: a – basins of cool air, b – areas with great number of local sources of air pollution, c – forest areas, d – small valleys with flowing of cool air, e – yards of industrial and municipal refuse, f – swamps and wet meadows, g – water areas, h – north nonforested slopes with inclination 10°

http://rcin.org.pl



Ryc. 2. Mapa biotopoklimatyczna przemysłowo-rolniczego krajobrazu okolic Gliwic i Knurowa (objaśnienia jak na ryc. 1)

Biotopoclimatic map of industrial-and-rural landscape, vicinities of Gliwice and Knurów (explanations on fig. 1)

ny ciepła między człowiekiem a otoczeniem. W centralnej części omawianego obszaru przeważa typ turbulencyjny B, a w rejonie Gliwic i Knurowa obserwuje się natomiast dużą mozaikowość typów biotopoklimatu, związaną z urozmaiconym zagospodarowaniem terenu. Znaczne obszary zajmuje typ radiacyjny A — w centrum Gliwic, oraz typ transpiracyjny A — na obszarze zakładów przemysłowych i części miast. Charakterystyczne jest w tym regionie występowanie niewielkich zbiorników wodnych (powstałych w wyniku poeksploatacyjnego osiadania gruntów lub osadników wód kopalnianych) o biotopoklimacie turbulencyjnym A. Lasy (z biotopoklimatem radiacyjnym C) są w rejonie Gliwic i Knurowa silnie zdegradowane przez chemiczne zanieczyszczenia powietrza.

Postępująca urbanizacja terenu zaznacza się wyraźnie w występowaniu specyficznych czynników środowiskowych. Oprócz obszarów o dużej koncentracji lokalnych źródeł zanieczyszczeń i hałasu, w wielu miejscach występują składowiska odpadów przemysło-

http://rcin.org.pl

wych i komunalnych. Aktywność biologiczna fitoncydów obserwowanych w lasach jest niewielka na skutek dużego zanieczyszczenia powietrza i gleby (Szczypek i Wika 1989).

Krajobraz przemysłowy okolic Rybnika

Rzeźba terenu okolic Rybnika cechuje się występowaniem wąskich, dość głęboko wciętych dolin. W ich dnach panuje biotopoklimat radiacyjny B o znacznej przewadze przychodów ciepła nad jego stratami (ryc. 3). Gęsta sieć tych dolin, stanowiących rynny spływu chłodnego powietrza, sprzyja przenoszeniu się zanieczyszczeń atmosferycznych z wierzchowinowych partii terenu, gdzie zlokalizowane są liczne zakłady przemysłowe, kopalnie i towarzyszące im hałdy oraz osiedla mieszkaniowe, do obszarów niżej położonych.

Układ biotopoklimatów jest urozmaicony, a charakterystycznym typem jest typ transpiracyjny A, o równowadze zysków i strat ciepła przy wysokim poziomie jego wymiany. Powoduje to silne obciążenie układu termoregulacyjnego przebywającego tam człowieka. Transpiracyjny A typ biotopoklimatu obserwuje się głównie na terenach zakładów przemysłowych i w obrębie zabudowy miejskiej.

Znaczne obszary zajmuje tu także typ zmienny B, o częstych zmianach sposobu oddawania ciepła, powodujących duże obciążenie organizmu człowieka. Ten typ występuje w obrębie osiedli mieszkaniowych o zabudowie wielkoblokowej.

Spośród innych biotopoklimatów należy wymienić typ transpiracyjny B, o zrównoważonej wymianie ciepła między człowiekiem a otoczeniem, przy niezbyt dużym obciążeniu układu termoregulacyjnego. Niestety na omawianym obszarze typ ten występuje na hałdach przemysłowych.

W rejonie Rybnika zachowały się niewielkie zespoły leśne, ze znacznie uszkodzonym przez zanieczyszczenia drzewostanem, w których obserwuje się typ biotopoklimatu radiacyjny C, o słabo bodźcowym oddziaływaniu na organizm człowieka.

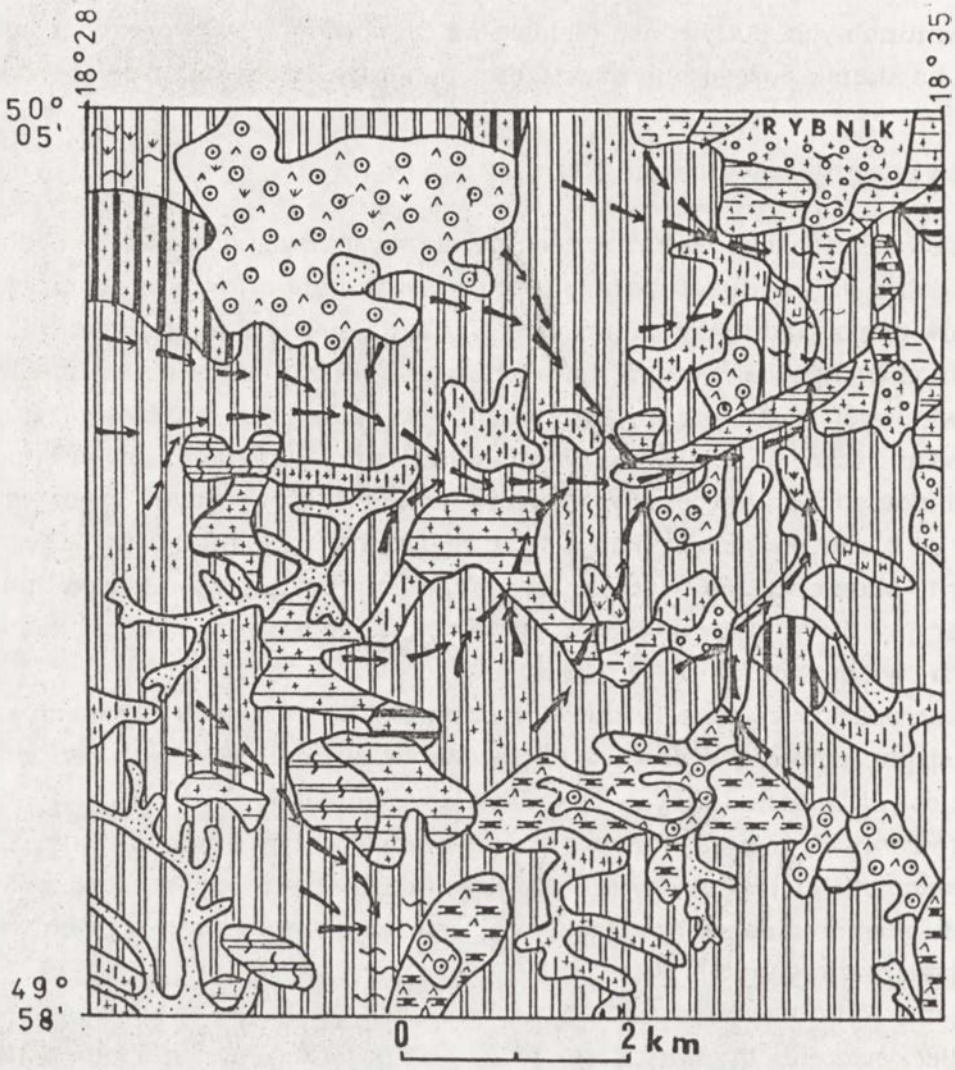
Krajobraz miejski Sosnowca i okolic

W krajobrazie miejskim dominuje zabudowa mieszkaniowa o różnym stopniu zwartości z występującymi zakładami przemysłowymi (ryc.4). Zdecydowanie przeważa tu typ transpiracyjny A biotopoklimatu, o dużym dopływie ciepła do organizmu; jest ono odprowadzane do otoczenia przez intensywne parowanie potu z powierzchni skóry, dlatego układ termoregulacyjny człowieka jest silnie obciążony.

Znaczne przestrzenie w krajobrazie miejskim zajmują też typy: radiacyjny A i zmienny A. Oba typy silnie, a nawet bardzo silnie, obciążają ustrój człowieka, bądź z uwagi na trudności z odprowadzaniem z organizmu nadmiaru ciepła, bądź też w wyniku dużych wahań wielkości i struktury bilansu cieplnego człowieka. Typ radiacyjny A jest tu związany ze zwartą, wysoką zabudową śródmiejską, a typ zmienny A — z zabudową wielkopłytową nowych osiedli mieszkaniowych.

Ogólnie można stwierdzić, że w krajobrazie miejskim dominują biotopoklimaty typu A, w których na skutek dużych wartości albedo podłoża i ścian budynków organizm czło-

http://rcin.org.pl



Ryc. 3. Mapa biotopoklimatyczna przemysłowego krajobrazu okolic Rybnika (objaśnienia jak na ryc. 1)
Biotopoclimatic map of industrial landscape of Rybnik vicinities (explanations on fig. 1)

wieka otrzymuje zwiększone ilości promieniowania słonecznego (Terjung 1970). Wysokość i zwartość zabudowy ograniczają natomiast możliwości odprowadzenia z organizmu tej zwiększonej ilości zaabsorbowanego ciepła.

Uciążliwość warunków bioklimatycznych w centrum Sosnowca jest zwiększona przez liczne lokalne źródła zanieczyszczeń i hałasu, tym bardziej, że zabudowa jest zlokalizowana w obrębie doliny rzecznej, stanowiącej naturalny basen zastoiskowy zanieczyszczonego powietrza.

Krajobraz miejsko-przemysłowy centrum GOP-u

Zróżnicowanie biotopoklimatyczne centrum GOP-u jest wyjątkowo duże. Występują tu różnorodne typy biotopoklimatu, co jest związane z bardzo urozmaiconym zagospodarowaniem terenu (ryc. 5).

Największe powierzchnie zajmują biotopoklimaty typu A różnych grup: transpiracyj-

http://rcin.org.pl

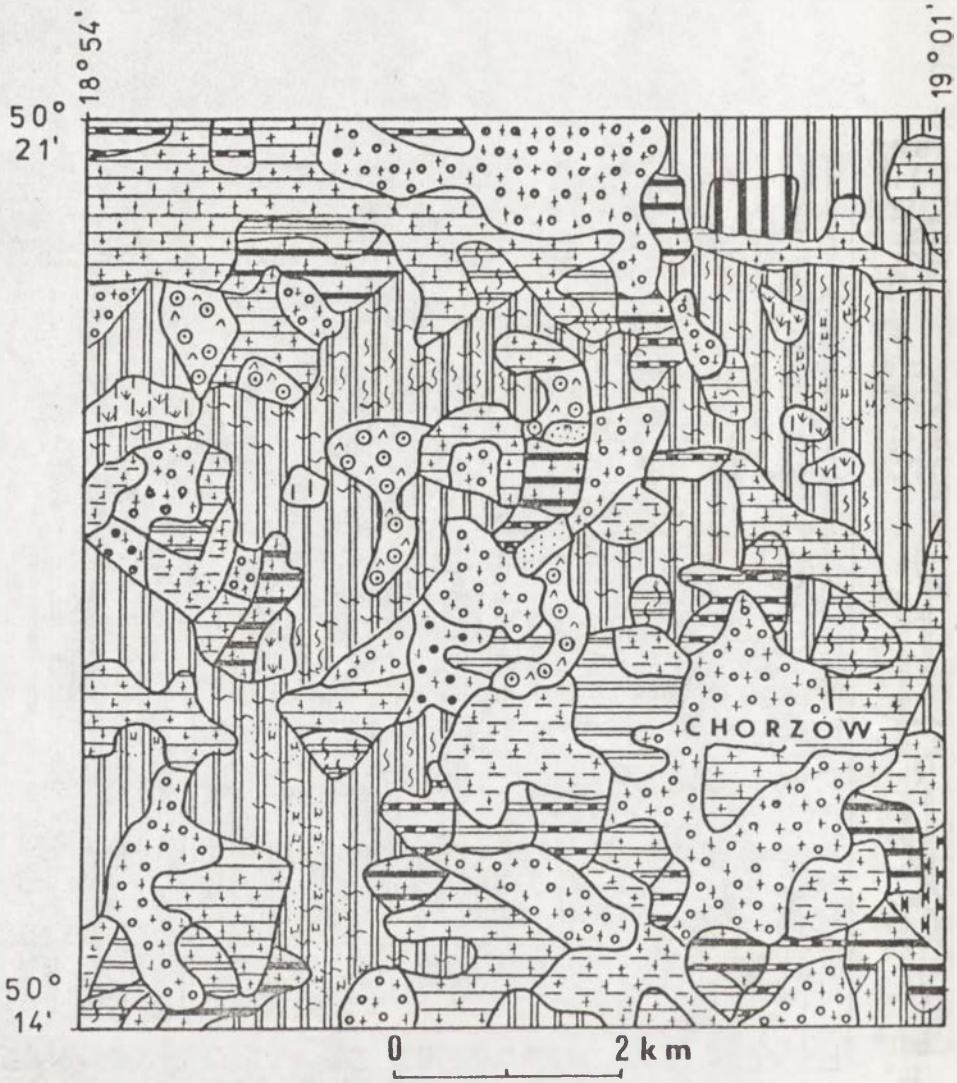
Ryc. 4. Mapa biotopoklimatyczna miejskiego krajobrazu Sosnowca i okolic (objaśnienia jak na ryc. 1)
Biotopoclimatic map of city landscape of Sosnowiec and its vicinities (explanations on fig. 1)

nej, radiacyjnej i zmiennej. Konsekwencje wynikające z tego faktu dla organizmu człowieka zostały omówione wyżej. Człowiek poruszający się na omawianym obszarze jest narażony na częste i duże zmiany warunków wymiany ciepła między swym organizmem a otoczeniem, co bardzo obciąża układ termoregulacyjny i cały ustrój człowieka.

Dla omawianego fragmentu centrum GOP-u charakterystyczne są liczne, niewielkie zagłębienia powstałe w wyniku osiadania gruntu lub zawałów wyeksploatowanych chodników kopalnianych oraz obniżenia pomiędzy nasypami kolejowymi i drogowymi. W ich obrębie występuje biotopoklimat radiacyjny B, o znacznej uciążliwości warunków biotermicznych.

W centrum GOP-u silnie zróżnicowane są też specyficzne czynniki środowiska. Występują tu zastoiska chłodnego powietrza, podmokłości i hałdy oraz liczne lokalne źródła zanieczyszczeń. Są tu także niewielkie powierzchnie osadników wód kopalnianych i przemysłowych.

http://rcin.org.pl



Ryc. 5. Mapa biotopoklimatyczna miejsko-przemysłowego krajobrazu centrum GOP-u (objaśnienia jak na ryc. 1)
Biotopoclimatic map of city-and-industrial landscape of the centre of GOP (explanations on fig. 1)

4. Zróżnicowanie biotopoklimatyczne krajobrazów o różnym stopniu zurbanizowania

W celu ilościowego określenia biotopoklimatycznego zróżnicowania wybranych regionów, w każdym z nich wyodrębniono charakterystyczny dla całości obszar o powierzchni 50 km^2 i określono strukturę typów biotopoklimatu w każdym z tych obszarów (tab. 2).

W krajobrazie rolniczym około 86% obszaru zajmuje biotopoklimat turbulencyjny B (typ 2.2). Pozostałe typy mają udział bardzo mały, a biotopoklimaty charakterystyczne dla obszarów zurbanizowanych (1.2, 4.2) stanowią około 5% obszaru.

W krajobrazie przemysłowo-rolniczym biotopoklimat turbulencyjny B (typ 2.2), występujący przede wszystkim w obrębie pól uprawnych, stanowi około 71% obszaru.

http://rcin.org.pl

Biotopoklimaty typowe dla zbiorowisk leśnych (typy: 3.3 i 4.3) stanowią około 2,5% terenu, a typy charakterystyczne dla obszarów miejskich i przemysłowych (1.1, 1.4, 4.1, 4.2) około 20%.

W krajobrazie przemysłowym typy turbulencyjny B i turbulencyjny A (2.2 i 2.1) — charakterystyczne dla pól, nieużytków i łąk — zajmują 56% terenu, a biotopoklimaty obserwowane na terenach leśnych — około 16% obszaru. Znaczny jest tam udział biotopoklimatów charakterystycznych dla zabudowy przemysłowej i miejskiej (typy: 1.1, 1.2, 1.4, 3.1, 4.1, 4.2); stanowią one około 22 % obszaru.

W krajobrazie miejskim Sosnowca typ turbulencyjny B biotopoklimatu (2.2) zajmuje jedynie około 43% powierzchni, a biotopoklimaty występujące w obrębie innych, niezurbanizowanych rodzajów środowiska (typy 2.4 i 3.3) — 2%. Biotopoklimaty charakterystyczne dla zabudowy miejskiej i przemysłowej obejmują blisko 52% terenu.

W najbardziej zurbanizowanym krajobrazie centrum Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego nieużytki z biotopoklimatem turbulencyjnym B (typ 2.2) zajmują jedynie 29% obszaru, a silnie zdegradowane lasy z typem radiacyjnym C (3.3) — 4%. Biotopoklimaty właściwe dla obszarów o zabudowie miejskiej i przemysłowej zajmują w centrum GOP 61% powierzchni.

Interesujące jest również porównanie liczby jednostek biotopoklimatycznych przypadających na 1 km^2 powierzchni terenu. Zależnie od stopnia zurbanizowania liczba ta waha się od 0,64 w krajobrazie rolniczym do 2,0 w krajobrazie miejsko-przemysłowym centrum GOP. Jest to związane z faktem, że wraz ze wzrostem zurbanizowania danego obszaru obserwuje się coraz większą zmienność przestrzenną form zagospodarowania i użytkowania terenu; ma to swoje odzwierciedlenie w coraz silniejszym zróżnicowaniu biotopoklimatów.

5. Podsumowanie

1. W pracy zanalizowano zróżnicowanie biotopoklimatyczne 5 wybranych fragmentów województwa katowickiego o różnym stopniu zurbanizowania.

2. W krajobrazie rolniczym i rolniczo-przemysłowym przeważa typ turbulencyjny B biotopoklimatu, z niewielką przewagą strat ciepła z organizmu człowieka nad jego przychodami.

3. W krajobrazie miejskim i miejsko-przemysłowym dominują biotopoklimaty silnie obciążające układ termoregulacyjny człowieka, z dużymi przychodami ciepła (typy A) lub dużymi wahaniami i zmianami czasowymi i przestrzennymi wielkości oraz struktury wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem (typy D).

4. Wraz ze wzrostem zurbanizowania terenu wzrasta przestrzenne zróżnicowanie biotopoklimatów oraz uciążliwość biotermiczna warunków środowiskowych.

http://rcin.org.pl

Tabela 2. Struktura biotoklimatów (%) w krajobrazach o różnym stopniu zurbanizowania

Structure of biotopoclimates (in %) within landscapes of different urbanization level

Typ biotopoklimatu	Typ krajobrazu				
	rolniczy	rolniczo-przemysłowy	przemysłowy	miejski	miejsko-przemysłowy
1.1.	.	6,5	7,4	23,5	18,1
1.2.	1,8	0,2	3,4	3,2	8,1
1.3.	.	.	0,4	2,2	4,3
1.4.	.	7,8	1,0	2,2	5,2
2.1.	4,2	2,5	1,4	.	.
2.2.	86,3	71,4	55,3	43,5	29,2
2.3.	0,3	.	.	.	.
2.4.	2,0	3,3	2,1	0,4	0,2
3.1.	.	.	1,5	6,6	18,4
3.2.	1,0	0,2	3,0	0,3	0,2
3.3.	0,2	2,0	10,6	1,7	4,1
3.4.	.	.	.	.	1,2
4.1.	.	4,0	2,3	10,2	9,0
4.2.	3,4	1,6	6,4	6,2	1,7
4.3.	0,8	0,5	5,2	.	.
4.4.	.	.	.	.	0,3

http://rcin.org.pl

Literatura

Błażejczyk K. 1984, *Bioklimatyczna klasyfikacja klimatów lokalnych z zastosowaniem do badań uzdrowisk*, Czas.Geogr., 55, 4.

- 1987a, *Mapa biotopoklimatyczna województwa katowickiego*, rękopis, w archiwum Zakładu Klimatologii IGiPZ PAN w Warszawie.

- 1987b, *Heat balance and physiological reaction of the human body in selected weather types*, Proc.XIII Int.Conf.on Carpathian Met., vol.2, Busteni-Romania.

- 1988, *Klimatologiczno-fizjologiczna charakterystyka wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem w wybranych typach krajobrazu nizinnego*, Przegl.Geogr., 60, 3.

- 1990, *Podstawy wydzielania biotopoklimatów w skali szczegółowej*, Conf.Papers, 4, IGiPZ PAN, Warszawa.

Budyko M.I., Cycenko G.V. 1960, *Klimatičeskie faktory teplooščuščenija čeloveka*, Izv. AN SSSR, Ser.Geogr.,3.

de Freitas C.R. 1985, *Assessment of human bioclimate based on thermal response*, Int.Journ.Biomet., 29, 2.

- 1990, *Recreation climate assessment*, Int.Journ. Climat., 10, 1.

Kozłowska-Szczęsna T. 1990, *Zmiany klimatu województwa katowickiego pod wpływem działalności człowieka*, Studia Ośr. Dok.Fizjogr., 18, 18.

- 1990, *Antropogeniczne zmiany klimatu Jastrzebia Zdroju*, Probl.Uzdrow., 5-6, s.267-268.

Krawczyk B., Błażejczyk K. 1991, *Wstępne badania bilansu cieplnego ciała człowieka na pustyni Kara kum*, Przegl. Geogr., 63, 1-2.

Povolocka N.P. 1975, *Ispolzovanie metoda teplovogo balansa v dozimetrii i dozirovanii solnečnych i vozdušnych vann* [w:] *Voprosy medicinskoj klimatologii i klimatoterapii bol'nych na kurortach*, Inst.Kurortologii, Pjatigorsk.

Szczypek T., Wika S. 1989, *Degeneracja szaty leśnej województwa katowickiego a przeobrażenia niektórych innych elementów środowiska geograficznego*, rękopis w archiwum Zakładu Zagospodarowania Środowiska IGiPZ PAN w Warszawie.

Terjung W.H. 1970, *Urban energy balance climatology. A preliminary investigation of the city-man system in downtown Los Angeles*, Geogr. Rev, 60, 1

http://rcin.org.pl

The influence of urbanization on the bioclimatic conditions in the local scale (on the example of Katowice voivodship)

Summary

Urbanization causes different changes in the natural environment. Climatic and bioclimatic conditions are also changed. Bioclimatic differentiation of selected areas of katowickie voivodship with different urbanization level is presented in this study.

Analysis of quantity and structure of heat exchange between the human body and its surroundings in different kinds of geographical environment was the base of biotopoclimatic mapping. Budyko's heat balance model was used in this purpose.

The structure of biotopoclimates was compared for the following landscape types: rural, rural-and-industrial, industrial, city, city-and-industrial. The measure of bioclimatic differentiation of the area is a number of biotopoclimatic units per 1 km^2. It varies from 0.64 in the rural landscape to 2.00 in the city-and-industrial one.

http://rcin.org.pl

Jacek Piwowarczyk

Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Zakopanem

1. Wstęp

Celem niniejszego opracowania jest określenie wpływu rzeźby terenu, a właściwie ekspozycji i nachylenia zboczy, na dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego w górach. Na stacjach aktynometrycznych wykonywane są jedynie pomiary promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię horyzontalną, w rzeczywistości zaś dociera ono na różnie zorientowane i nachylone powierzchnie; na terenach górskich jest to szczególnie wyraźne. Rozwiązanie tego problemu wymaga skomplikowanych obliczeń matematycznych, dlatego jest stosunkowo mało prac na ten temat. Jedyną właściwie osobą w piśmiennictwie polskim zajmującą się tą tematyką przed autorem niniejszego artykułu (1988) był M.Kołodziejek (1968 a i b), który traktował jednak zależność promieniowania słonecznego od nachylenia i ekspozycji zboczy w górach marginesowo, a ponadto materiały, na których podstawie pracował, pochodziły ze stosunkowo krótkiej serii pomiarowej (1958-1962). W światowej literaturze na czoło wysuwają się przede wszystkim prace K.Ja.Kondrateva (1977, 1978), R.G.Barry'ego (1981) i Z.I.Pivovarovej (1967, 1969, 1974), a dla regionu tatrzańskiego także F.Smolenia (1971) i Z.Oleckiego (1988).

Jak już wspomniano, praca ta ma na celu określenie wpływu rzeźby terenu na zróżnicowanie dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego w górach. Za stację reprezentatywną dla terenów górskich — zwłaszcza dla Tatr Polskich i Podtatrza uznano Zakopane. Wykorzystano wyniki pomiarów aktynometrycznych z lat 1971-1980. Określono przebiegi dzienne i roczne promieniowania bezpośredniego docierającego w dni bezchmurne do zboczy o różnych ekspozycjach (południowej, północnej, wschodniej i zachodniej) oraz kątach nachylenia (5, 10, 20, 30, 45 i 90°). Wybór wyłącznie dni bezchmurnych (N=0) podyktowany był potrzebą analizy rzeczywistych sum promieniowania bezpośredniego, niezafałszowanych obecnością zachmurzenia.

Do obliczeń zastosowano matematyczną metodę wykorzystującą trygonometryczno-astronomiczne zależności dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do zboczy i ścian o różnych ekspozycjach (Kondratev 1978). Polega ona na określeniu promieniowania bezpośredniego na zboczach na podstawie promieniowania padającego na powierzchnię horyzontalną i kąta nachylenia zbocza. W metodzie tej wykorzystuje się także wysokość, deklinację i kąt godzinny Słońca oraz szerokość geograficzną stacji. Do obliczeń wykorzystano (a po przeliczeniu także analizowano) sumy godzinne bezpośredniego

http://rcin.org.pl

promieniowania Słońca, które odniesiono do wartości kąta godzinnego Xh30m (np. 10h30m, 11h30m...itd.). Efektem obliczeń są średnie sumy godzinne i dzienne promieniowania bezpośredniego docierającego do zboczy o różnej ekspozycji i kącie nachylenia. Podjęto także próbę uogólnienia tych wyników poprzez przedstawienie udziału promieniowania bezpośredniego na zboczach w promieniowaniu bezpośrednim dopływającym do powierzchni poziomej.

Wszystkie wartości sum godzinnych i dziennych bezpośredniego promieniowania słonecznego, docierającego do zboczy o różnych nachyleniach zostały obliczone przez autora i w pełnej postaci są dostępne w jego wcześniejszej pracy (Piwowarczyk 1988). Cała przedstawiona poniżej analiza dotyczy więc także wartości obliczonych.

Ilość energii słonecznej docierającej do Ziemi w postaci promieniowania bezpośredniego zależy od wielu czynników. Są to przede wszystkim czynniki astronomiczne: odległość Ziemi od Słońca, która determinuje ilość promieniowania docierającą do górnej granicy atmosfery, wyrażaną tzw. stałą słoneczną oraz wysokość Słońca nad horyzontem, zależna od pory dnia i roku. Duży wpływ na dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego ma także stan fizyczny atmosfery oraz położenie danego punktu, szczególnie nachylenie i azymut zboczy.

Stacja aktynometryczna w Zakopanem (szer. geogr. 49°18'N, dł. 19°57'E, h = 857m npm.), jest położona na dnie Rowu Podtatrzańskiego, w Zakładzie Hydrologii i Meteorologii Tatr, ulokowanego w południowym krańcu Równi Krupowej. Diagram zasłonięcia horyzontu obrazuje duże zakrycie od wschodu (powyżej 12°), południa (12-14°) i zachodu (do 15°) — rycina 1.

Zakopane nie ma obecnie statusu uzdrowiska, ale miało je do II wojny światowej. Prawa uzdrowiska, a właściwie stacji klimatycznej, otrzymało miasto w 1886 r. i przez wiele lat wraz z Jaszczurówką i Bukowiną było wykorzystywane jako miejscowość lecznicza i turystyczna. Silnie bodźcowy klimat Zakopanego był zalecany przede wszystkim dla chorych na gruźlicę, a także na choroby układu krążenia i oddechowego. Obecnie Zakopane pełni nadal funkcję miejscowości klimatycznej, wypoczynkowej i turystycznej.

2. Powierzchnia horyzontalna

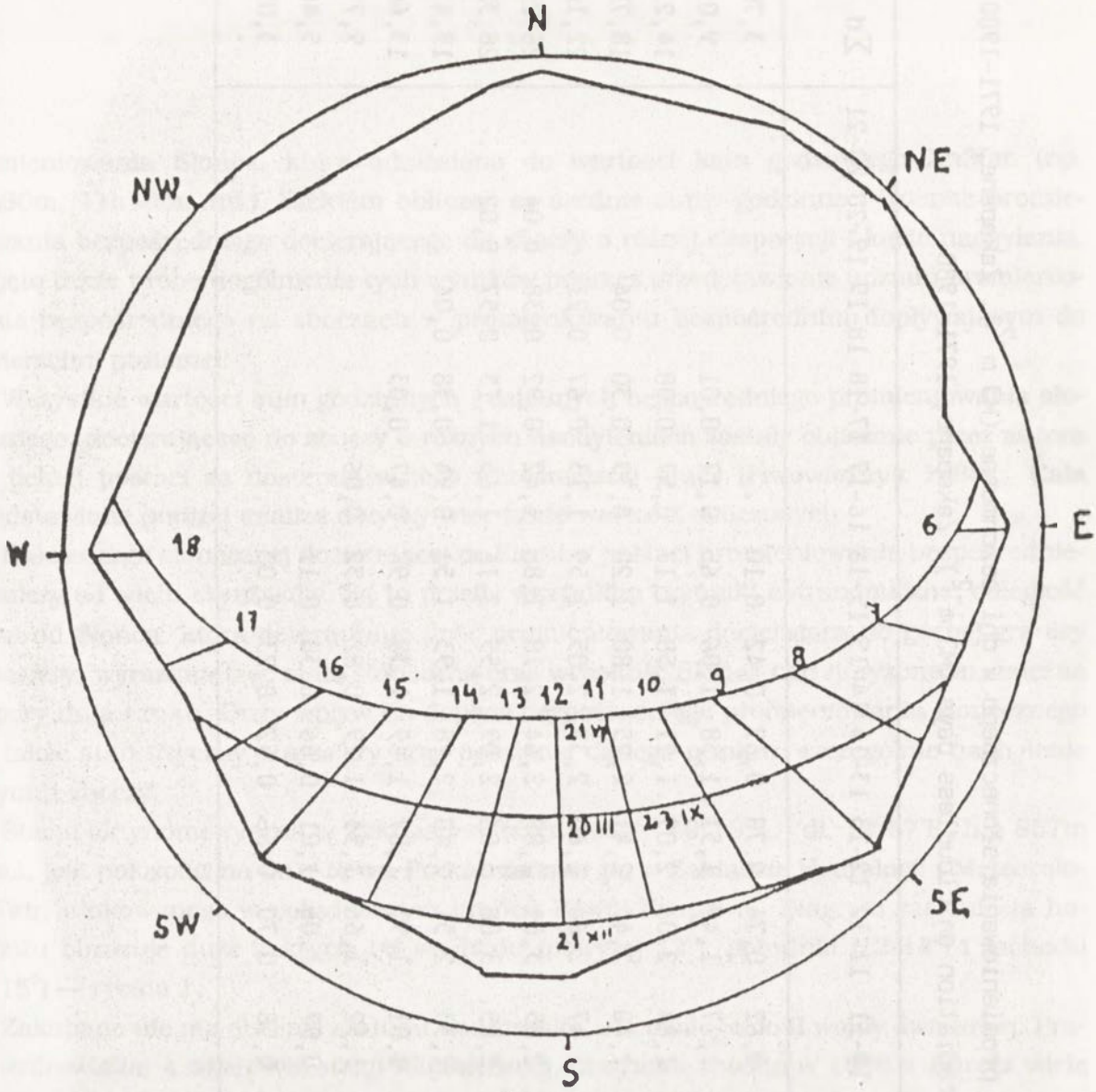
Przy analizie dopływu promieniowania pochodzącego bezpośrednio od Słońca do różnie nachylonych i zorientowanych stoków celowa jest charakterystyka tego promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej. Jego przebieg dzienny jest uwarunkowany przede wszystkim zmianami wysokości Słońca w ciągu dnia, czyli zależy od kąta padania promieni słonecznych (oczywiście ważne są także inne wspomniane wcześniej czynniki). Przebieg dzienny godzinnych sum promieniowania bezpośredniego, docierającego do powierzchni horyzontalnej, cechuje się równomiernym wzrostem wartości od wschodu do kulminacji Słońca, a następnie ich równomiernym spadkiem w godzinach popołudniowych do zachodu Słońca (tab. 1).

http://rcin.org.pl

Tabela 1. Średnie sumy godzinne bezpośredniego promieniowania słonecznego w dni bezchmurne (MJ m^{-2}). Zakopane, 1971-1980.
Average hourly sums of direct solar radiation on cloudless days (MJ m^{-2}). Zakopane, 1971-1980

Godz. / Miesiąc	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	∑d
I						0,02	0,34	0,62	0,74	0,78	0,69	0,42	0,10	.					3,70
II					0,11	0,49	0,91	1,27	1,49	1,51	1,38	1,06	0,65	0,17	0,01				9,05
III				0,04	0,44	1,00	1,43	1,84	2,06	2,09	1,91	1,58	1,17	0,57	0,08				14,21
IV			0,06	0,42	0,95	1,65	2,07	2,40	2,43	2,41	2,25	1,80	1,28	0,73	0,30	0,04			18,79
V		.	0,21	0,84	1,34	1,84	2,18	2,47	2,64	2,60	2,39	2,05	1,59	1,13	0,67	0,21	.		22,16
VI	.	.	0,50	1,10	1,63	2,22	2,60	2,85	3,01	2,89	2,64	2,18	1,88	1,42	0,92	0,38	0,04	.	26,25
VII	.	0,04	0,57	1,21	1,70	2,16	2,66	2,85	3,08	3,06	2,89	2,55	2,16	1,65	1,15	0,57	0,02	.	28,32
VIII			0,01	0,34	1,03	1,59	2,05	2,33	2,51	2,48	2,28	1,93	1,51	0,94	0,38	0,04			19,41
IX			.	0,11	0,71	1,16	1,54	1,81	1,93	1,87	1,69	1,38	0,96	0,47	0,03				13,66
X				0,01	0,39	0,86	1,23	1,52	1,66	1,55	1,29	0,82	0,32	0,06					9,71
XI					0,03	0,38	0,79	0,97	1,06	1,01	0,66	0,38	0,11	.					5,40
XII					.	0,01	0,35	0,58	0,70	0,66	0,52	0,23	0,00	.					3,05

http://rcin.org.pl



Zakopane

Ryc. 1. Diagram zasłonięcia horyzontu dla solarygrafu w Zakopanem

Diagram of horison abstruction for solarygraf in Zakopane

Z przedstawionych danych wynika, że wartości są zależne od wysokości Słońca zarówno w przebiegu dziennym jak i rocznym, a maksymalne wartości występują średnio w lipcu pomiędzy 11^{00} i 12^{00}. W przebiegu rocznym najniższe maksymalne wartości w godzinach południowych występują w grudniu. Jest to oczywiste ze względu na zmianę wysokości Słońca w tych samych godzinach w ciągu roku i jest także charakterystyczne dla przebiegu rocznego średnich sum dziennych promieniowania bezpośredniego docierającego do powierzni poziomej — maksimum notowane jest lipcu, a minimum w grudniu. Promieniowanie bezpośrednie dopływające do powierzchni Ziemi w okresie 1971-1980 stanowiło średnio w Zakopanem 82% całkowitego promieniowania słonecznego (Rojan 1988).

http://rcin.org.pl

3. Zbocza południowe

Zbocza południowe otrzymują najwięcej bezpośredniego promieniowania słonecznego w porównaniu ze zboczami o innych ekspozycjach w okresie od października do lutego od 9^{00} do 15^{00}, natomiast od marca do września dopiero pomiędzy 10^{00} i 14^{00}, a różnica na ich korzyść powiększa się w drugim z wymienionych okresów wraz ze wzrostem kąta nachylenia zbocza. W pozostałych godzinach zaznacza się deficyt bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach południowych w stosunku do zboczy wschodnich (rano) i zachodnich (po południu), który także zwiększa się na coraz bardziej stromych zboczach (tab. 2). W przebiegu dziennym średnie godzinne sumy promieniowania bezpośredniego na zboczach południowych osiągają maksimum w godzinach okołopołudniowych przy najwyższych położeniach Słońca. Na zboczach nachylonych pod kątem 5-30° maksymalne wartości występują w lipcu, natomiast na zboczach bardziej stromych maksimum przesuwa się na marzec (tab. 2, 3).

Analiza przebiegów rocznych średnich sum godzinnych bezpośredniego promieniowania słonecznego, wyrażonego w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej, pozwoliła na wyróżnienie dwóch podstawowych typów: letniego i zimowego. Zimowy typ przebiegu, występujący w okresie od października do marca, odznacza się zmniejszaniem się tych wartości od wschodu Słońca do jego kulminacji i ponownym ich wzrostem po południu do zachodu Słońca (ryc. 2).

W letnim typie, występującym od kwietnia do września, sytuacja jest odwrotna — przed południem wartości wzrastają, a po osiągnięciu maksimum w godzinach okołopołudniowych po południu maleją (ryc. 3).

Przebieg dzienny sum promieniowania bezpośredniego w typie zimowym różni się jednak znacznie w poszczególnych miesiącach. Generalną zasadą jest zmniejszanie się dysproporcji pomiędzy promieniowaniem bezpośrednim na powierzchni horyzontalnej w stosunku do promieniowania na zboczach wraz z wydłużaniem się dnia oraz wzrost tych wartości wraz ze zwiększaniem się kąta nachylenia zbocza, jednak cały czas z zachowaniem poprzedniej reguły. We wspomnianym letnim typie przebiegu promieniowania (z wyjątkiem września), w pierwszych dwóch godzinach po wschodzie Słońca (i w dwóch ostatnich przed zachodem) do stoków południowych dociera mniej promieniowania niż w tym samym czasie do powierzchni poziomej. Im zbocze jest bardziej strome, tym wspomniany deficyt powiększa się, lub promieniowanie bezpośrednie po prostu nie dopływa.

Przebieg roczny średnich sum dziennych promieniowania bezpośredniego na zboczach południowych (o kącie nachylenia do 30°) jest zbliżony do przebiegu na powierzchni horyzontalnej. Oznacza to, że sumy te w poszczególnych miesiącach wzrastają wraz z wydłużaniem się dnia słonecznego i wzrostem wysokości Słońca aż do osiągnięcia maksimum w lipcu, po czym powoli maleją na tej samej zasadzie aż do grudniowego minimum (tab. 4).

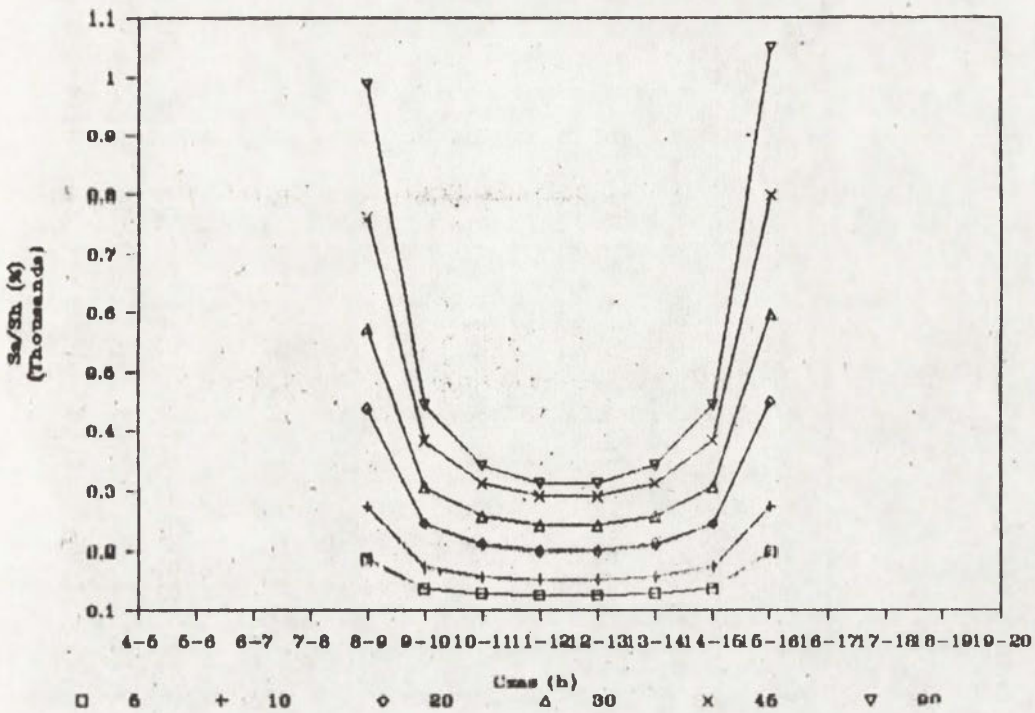
http://rcin.org.pl

Tabela 2. Średnie sumy godzinne (MJ m^{-2}) bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o różnych kątach nachylenia. Zakopane, grudzień, 1971-1980.

Average hourly sums (MJ m^{-2}) of direct solar radiation on slopes of variable inclinations. Zakopane, December, 1971-1980.

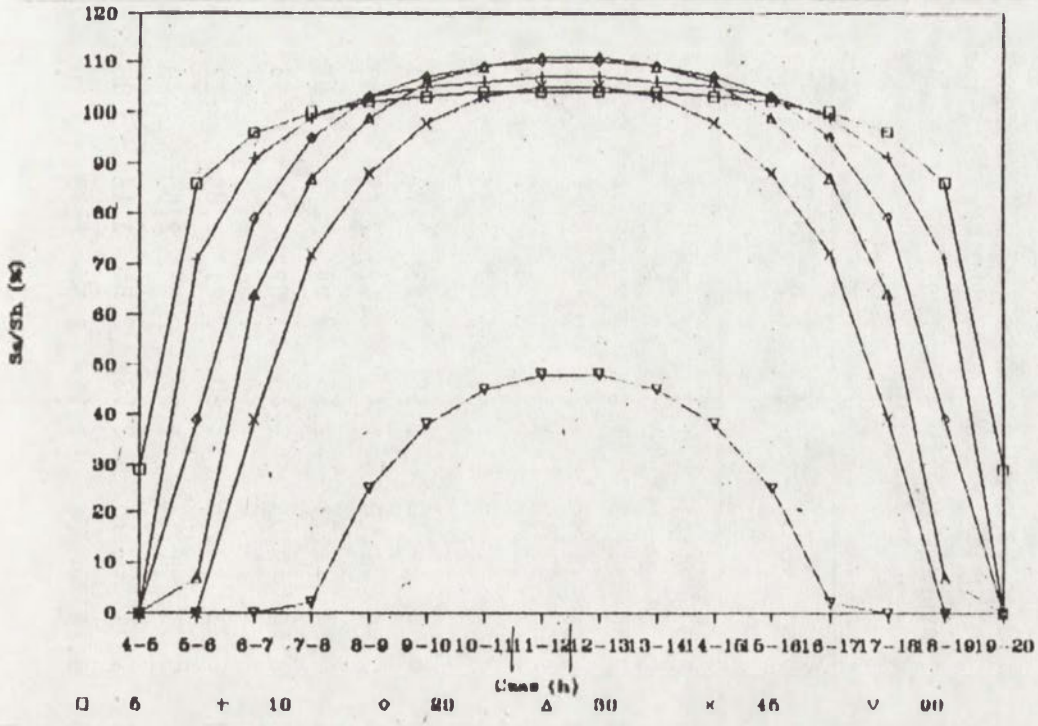
Godz. / Eksp./nach.	...	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	...	Σd
Sh		0,01	0,34	0,57	0,70	0,66	0,52	0,23	0,00		3,03
Ss 5°		0,01	0,48	0,75	0,89	0,84	0,68	0,31	0,01		3,97
Sw		0,01	0,35	0,58	0,70	0,68	0,58	0,29	0,01		3,20
Se		0,01	0,44	0,64	0,73	0,66	0,52	0,22	0,00		3,22
Sn		0,00	0,19	0,39	0,51	0,47	0,36	0,12	0,00		2,04
Ss 10°		0,02	0,61	0,91	1,08	1,01	0,83	0,40	0,01		4,87
Sw		0,02	0,53	0,70	0,74	0,65	0,52	0,22	0,00		3,40
Se		0,01	0,34	0,57	0,69	0,69	0,64	0,34	0,01		3,29
Sn		0,00	0,03	0,20	0,31	0,29	0,18	0,01	0,00		1,02
Ss 20°		0,04	0,86	1,22	1,42	1,32	1,11	0,56	0,02		6,55
Sw		0,01	0,33	0,54	0,66	0,71	0,73	0,45	0,02		3,45
Se		0,04	0,69	0,81	0,76	0,62	0,49	0,21	0,00		3,62
Sn		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Ss 30°		0,05	1,07	1,50	1,71	1,60	1,36	0,70	0,02		8,00
Sw		0,01	0,30	0,50	0,61	0,70	0,81	0,55	0,03		3,51
Se		0,05	0,84	0,89	0,75	0,57	0,45	0,20	0,00		3,75
Sn		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Ss 45°		0,06	1,34	1,81	2,06	1,93	1,65	0,87	0,03		9,75
Sw		0,01	0,25	0,41	0,50	0,66	0,87	0,65	0,04		3,39
Se		0,07	1,00	0,96	0,70	0,47	0,37	0,16	0,00		3,73
Sn		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Ss 90°		0,08	1,54	1,99	2,21	2,07	1,81	1,01	0,04		10,75
Sw		0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,71	0,70	0,05		1,73
Se		0,08	1,07	0,78	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00		2,22
Sn		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

http://rcin.org.pl



Ryc. 2. Przebieg dzienny średnich sum godzinnych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji południowej, wyrażonych w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej w dni bezchmurne. Zakopane, grudzień 1971-1980

Daily course of average hourly sums of direct solar radiation on southern slopes, expressed in percents of radiation coming to horizontal surface on cloudless days. Zakopane, December 1971-1980.



Ryc. 3. Przebieg dzienny średnich sum godzinnych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji południowej, wyrażonych w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej w dni bezchmurne. Zakopane, lipiec 1971-1980

Daily course of average hourly sums of direct solar radiation on southern slopes, expressed in percents of radiation coming to horizontal surface on cloudless days. Zakopane, July 1971-1980.

http://rcin.org.pl

Tabela 3. Średnie sumy godzinne (MJ m^{-2}) bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o różnych kątach nachylenia. Zakopane, lipiec, 1971-1980.

Average hourly sums (MJ m^{-2}) of direct solar radiation on slopes of variable inclinations. Zakopane, July, 1971-1980.

Godz. / Eksp./nach.	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Σd
Sh	0,04	0,57	1,21	1,70	2,16	2,66	2,85	3,08	3,06	2,89	2,55	2,16	1,65	1,15	0,57	0,02	28,32
Ss 5°	0,01	0,48	1,16	1,69	2,20	2,74	2,95	3,20	3,17	2,99	2,63	2,20	1,65	1,10	0,48	0,01	28,66
Sw	0,04	0,56	1,22	1,69	2,15	2,65	2,84	3,07	3,08	2,98	2,71	2,36	1,88	1,39	0,77	0,05	29,44
Se	0,09	0,77	1,47	1,93	2,36	2,82	2,94	3,10	3,05	2,88	2,55	2,15	1,65	1,15	0,56	0,02	29,49
Sn	0,02	0,46	1,09	1,57	2,02	2,52	2,71	2,93	2,91	2,75	2,41	2,02	1,53	1,03	0,46	0,01	26,44
Ss 10°	0,00	0,40	1,10	1,68	2,22	2,79	3,03	3,29	3,23	3,07	2,68	2,21	1,63	1,05	0,40	0,00	28,78
Sw	0,04	0,56	1,20	1,67	2,12	2,62	2,80	3,03	3,08	3,05	2,84	2,54	2,09	1,62	0,97	0,07	30,30
Se	0,14	0,97	1,71	2,15	2,54	2,95	3,01	3,10	3,01	2,84	2,52	2,12	1,63	1,13	0,56	0,02	30,40
Sn	0,00	0,36	0,95	1,43	1,89	2,36	2,55	2,77	2,75	2,59	2,27	1,88	1,39	0,90	0,35	0,00	24,43
Ss 20°	0,00	0,22	0,96	1,80	2,21	2,84	3,12	3,40	3,38	3,16	2,73	2,21	1,56	0,91	0,22	0,00	28,52
Sw	0,04	0,53	1,14	1,59	2,03	2,50	2,68	2,89	3,02	3,12	3,03	2,84	2,47	2,03	1,34	0,11	31,36
Se	0,23	1,34	2,15	2,52	2,84	3,16	3,08	3,04	2,87	2,72	2,40	2,03	1,55	1,08	0,53	0,02	31,56
Sn	0,00	0,14	0,66	1,11	1,54	1,99	2,18	2,38	2,36	2,21	1,91	1,54	1,08	0,62	0,14	0,00	19,86

http://rcin.org.pl

	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Σd
Ss 30°	0,00	0,04	0,78	1,49	2,14	2,81	3,11	3,41	3,38	3,15	2,70	2,14	1,45	0,74	0,04	0,00	27,38
Sw	0,03	0,49	1,05	1,47	1,87	2,30	2,47	2,67	2,86	3,10	3,14	3,05	2,77	2,40	1,68	0,16	31,51
Se	0,31	1,68	2,53	2,84	3,05	3,29	3,05	2,88	2,65	2,50	2,21	1,87	1,43	1,00	0,49	0,02	31,80
Sn	0,00	0,00	0,34	0,77	1,16	1,55	1,74	1,91	1,90	1,76	1,49	1,16	0,75	0,32	0,00	0,00	14,85
Ss 45°	0,00	0,00	0,48	1,22	1,91	2,59	2,92	3,23	3,21	2,96	2,49	1,91	1,19	0,45	0,00	0,00	24,56
Sw	0,03	0,40	0,86	1,20	1,53	1,88	2,01	2,17	2,46	2,89	3,11	3,20	3,06	2,80	2,08	0,21	29,89
Se	0,42	2,08	2,95	3,13	3,20	3,24	2,84	2,48	2,16	2,04	1,81	1,56	1,17	0,82	0,40	0,02	30,32
Sn	0,00	0,00	0,00	0,20	0,52	0,82	0,98	1,11	1,10	1,00	0,79	0,52	0,20	0,00	0,00	0,00	7,24
Ss 90°	0,00	0,00	0,00	0,03	0,54	1,01	1,28	1,49	1,48	1,30	0,97	0,54	0,03	0,00	0,00	0,00	8,67
Sw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	1,19	1,85	2,37	2,70	2,81	2,37	0,27	13,98
Se	0,55	2,37	2,96	2,74	2,37	1,93	1,17	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	14,51
Sn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

http://rcin.org.pl

4. Zbocza północne

Zbocza północne otrzymują zdecydowanie najmniej bezpośredniego promieniowania słonecznego ze wszystkich zboczy. Zaznacza się to zarówno w średnich sumach godzinnych jak i dziennych, na zboczach o różnych kątach nachylenia.

W przebiegu dziennym średnie sumy godzinne promieniowania bezpośredniego wzrastają równomiernie od wschodu Słońca wraz ze wzrostem jego wysokości aż do momentu górowania, po czym po południu maleją do zachodu Słońca. Analizując rozkład tych wartości na przestrzeni całego roku można zauważyć, że sumy godzinne o najmniejszych wartościach występują w miesiącach zimowych, z minimum w grudniu (tab. 2), największe latem z maksimum w lipcu (tab. 3). Wspomniane wartości zmniejszają się wraz ze wzrostem nachylenia zbocza, a nawet skraca się czas oświetlania zboczy przez promienie słoneczne (np. w grudniu zbocza północne o kącie nachylenia zbocza większym od 10° nie otrzymują już bezpośredniego promieniowania słonecznego).

W ciągu całego roku zbocza północne otrzymują mniej bezpośredniego promieniowania słonecznego niż powierzchnia horyzontalna, przy czym różnica ta jest największa w miesiącach zimowych. Charakterystyczne jest też powiększanie się wspomnianych dysproporcji wraz ze zwiększaniem się stopnia nachylenia zboczy w ciągu całego roku.

Przebieg roczny średnich sum dziennych promieniowania bezpośredniego na zboczach o ekspozycji północnej podobny jest do przebiegu na powierzchni horyzontalnej (tab. 4). Wartości na stokach są jednak mniejsze niż na powierzchni poziomej, przy czym nawiększy deficyt w stosunku do tej powierzchni występuje w grudniu (33-56%), najmniejszy w czerwcu (6-73%) i powiększa się wraz ze wzrostem kąta nachylenia zbocza. Przebieg sum dziennych promieniowania bezpośredniego wyrażonego w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej układa się odwrotnie do przebiegu na zboczach o ekspozycji południowej, tzn. wartości wzrastają od początku roku do osiągnięcia maksimum w czerwcu, po czym na jesieni maleją do grudniwego minimum.

5. Zbocza wschodnie i zachodnie

Przebieg bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach wschodnich i zachodnich przedstawiono razem, gdyż sumy promieniowania do nich docierające są podobne — są wynikiem jednakowych przekształceń matematycznych (Kondratev 1978).

Zbocza wschodnie otrzymują najwięcej promieniowania bezpośredniego ze wszystkich zboczy rano do godziny 10^{00} od marca do września, a w okresie od października do lutego od wschodu Słońca do godziny 9^{00}. Po południu z kolei do zboczy zachodnich dopływa najwięcej promieniowania bezpośredniego już od godziny 14^{00} także od marca do września, a w okresie od października do lutego po godzinie 15^{00} (tab. 2, 3). Przebieg dzienny średnich sum godzinnych promieniowania bezpośredniego na zboczach o małych kątach nachylenia (do 5° włącznie) podobny jest do przebiegu na powierzchni horyzontal-

http://rcin.org.pl

nej, tzn. maksymalne wartości promieniowania w przebiegu dziennym występują w godzinach największych wysokości Słońca (11-13), a minimalne po wschodzie i przed zachodem Słońca. Na bardziej stromych zboczach w ciągu całego roku maksymalne sumy godzinne promieniowania bezpośredniego pojawiają się wcześniej na zboczach wschodnich i odpowiednio później na zboczach zachodnich. Maksima na zboczach wschodnich obserwowane są zwykle o godzinę wcześniej w stosunku do wschodu Słonca niż maksima popołudniowe na zboczach zachodnich przed zachodem Słońca. Odchylenia przedziałów godzinnych występowania maksimów względem południa są tym większe, im zbocza są bardziej strome.

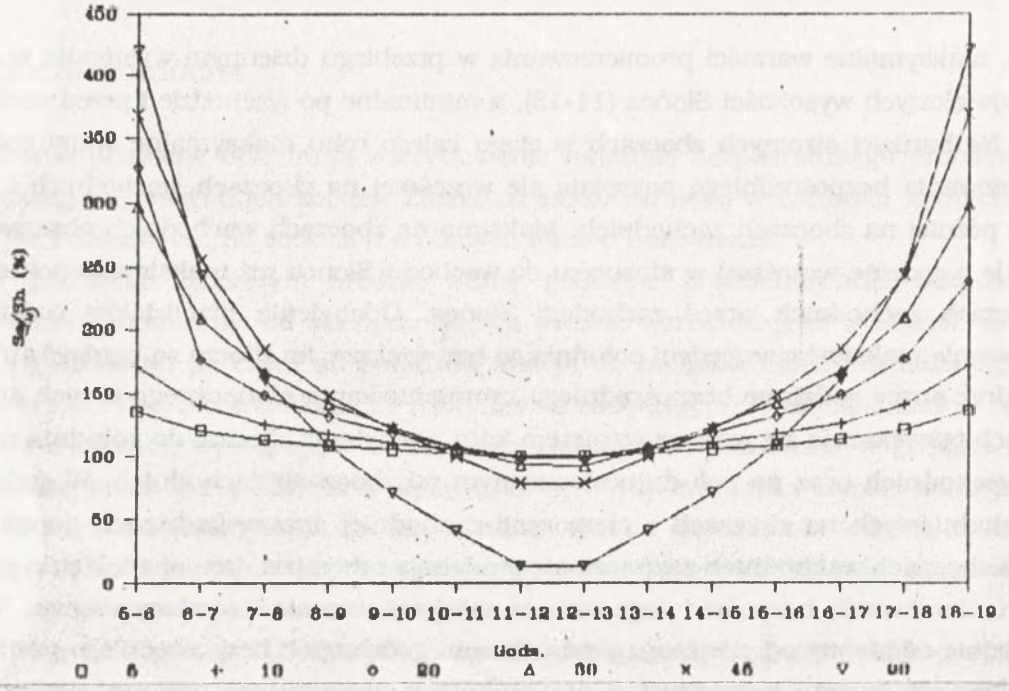
Średnie sumy godzinne bezpośredniego promieniowania słonecznego w tych samych godzinach powiększają się wraz ze wzrostem kąta nachylenia zbocza; do południa na zboczach wschodnich oraz po południu słonecznym na zboczach zachodnich. W godzinach przedpołudniowych na zboczach o ekspozycji zachodniej oraz w godzinach popołudniowych na zboczach wschodnich zaznacza się tendencja odwrotna, tzn. spadek sum godzinnych promieniowania bezpośredniego wraz ze zwiększaniem się stromizny zboczy.

Zupełnie odmienny od przebiegu średnich sum godzinnych bezpośredniego promieniowania słonecznego jest przebieg tych sum wyrażonych w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej. W ciągu całego roku i na wszystkich zboczach charakterystyczna jest tendencja spadku tych wartości począwszy od wschodu Słońca do południa (na zboczach wschodnich) i ich symetryczny wzrost po południu (na zboczach zachodnich), zgodnie ze wzrostem i spadkiem wysokości Słońca w ciągu dnia (ryc. 4).

Inną charakterystyczną cechą jest powiększanie się różnic w stosunku do promieniowania docierającego do powierzchni poziomej na korzyść promieniowania na zboczach wraz ze wzrostem kąta nachylenia zbocza, ale tylko do określonej godziny. Spadek tych wartości na najbardziej nachylonych stokach jest notowany od listopada do lutego w godzinach okołopołudniowych (11-13h). W marcu oraz wrześniu i październiku zjawisko to występuje pomiędzy godzinami 10 i 14, natomiast od kwietnia do sierpnia wspomniany przedział czasowy rozciąga się do 6 godzin — pomiędzy 9 i 15h. W okresie od marca do października spadek sum godzinnych promieniowania bezpośredniego na opisywanych zboczach zaznacza się już na zboczach nachylonych pod kątem 20°, a właściwie we wspomnianych miesiącach zbocza o nachyleniu co najmniej 20° otrzymują mniej promieniowania bezpośredniego niż powierzchnia horyzontalna.

Przebieg roczny średnich sum dziennych promieniowania bezpośredniego odznacza się występowaniem maksymalnych wartości w lipcu, a minimalnych w grudniu, tzn. jest zbliżony do przebiegu sum dziennych na powierzchni horyzontalnej (tab. 4). Wartości te powiększają się wraz ze wzrostem kąta nachylenia zbocza, ale tylko do 30°, gdzie notowane jest maksimum. Bardziej strome zbocza otrzymują już mniej promieniowania bezpośredniego. W okresie od kwietnia do grudnia wartości bezpośredniego promieniowania słonecznego przewyższają odpowiednie wartości na zboczach zachodnich, natomiast w pozostałych miesiącach występuje sytuacja odwrotna. W ciągu całego roku wartości na tych zboczach przewyższają wartości promieniowania pochodzącego bezpośrednio od Słońca, a dopływające do powierzchni horyzontalnej.

http://rcin.org.pl



Ryc. 4. Przebieg dzienny średnich sum godzinnych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji wschodniej (do godziny 12) i zachodniej (po godzinie 12), wyrażonych w procentach promieniowania docierającego do powierzchni horyzontalnej w dni bezchmurne. Zakopane, lipiec 1971-1980

Daily course of average hourly sums of direct solar radiation on eastern slopes (till noon), and on western slopes (after noon) expressed in percents of radiation coming to horizontal surface on cloudless days. Zakopane, July 1971-1980

6. Ściany o różnych ekspozycjach

Dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego do ścian południowych trwa najdłużej w marcu, kwietniu i wrześniu (12 godzin). W okresie od kwietnia do sierpnia występuje skrócenie dopływu promieniowania do ścian południowych w stosunku do powierzchni poziomej i mniej stromych zboczy (w lipcu aż do 6 godzin). Maksymalne sumy godzinne promieniowania bezpośredniego na ścianach południowych występują w chłodnej połowie roku w godzinach okołopołudniowych. W przebiegu rocznym dziennych sum promieniowania bezpośredniego na ścianach południowych występują dwa maksima: w lutym i w październiku oraz minimum w czerwcu (tab. 4).

Wartości z pierwszej połowy roku znacznie przewyższają wartości z drugiej jego połowy. W okresie od września do marca sumy promieniowania bezpośredniego na ścianach południowych przewyższają sumy na powierzchni poziomej, natomiast w pozostałych miesiącach są mniejsze.

Do ścian wschodnich i zachodnich bezpośrednie promieniowanie słoneczne dopływa tylko przez pół dnia. Do ściany wschodniej promienie słoneczne dochodzą od wschodu Słońca do jego kulminacji, natomiast do ściany zachodniej od kulminacji do zachodu Słońca. Maksymalne sumy godzinne promieniowania bezpośredniego w przebiegu dzien-

http://rcin.org.pl

nym występują na ścianach wschodnich wkrótce po wschodzie Słońca, a na ścianach zachodnich niedługo przed zachodem Słońca. Im bliżej południa, tym bardziej sumy te zmniejszają się, a nawet do ścian dopływa mniej promieniowania niż do powierzchni poziomej (w zimie na godzinę, w lecie nawet na trzy godziny przed lub po kulminacji Słońca w zależności od ekspozycji). W przebiegu rocznym średnich sum dziennych promieniowania bezpośredniego maksimum występuje w lipcu, a minimum w grudniu, przy czym na obydwu opisywanych ścianach w ciągu całego roku występuje niedobór promieniowania słonecznego w stosunku do powierzchni poziomej.

7. Podsumowanie

Jak wynika z niniejszego opracowania, wpływ rzeźby terenu na dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego w Zakopanem jest bardzo duży, a przebiegi dzienne i roczne promieniowania bezpośredniego na stokach są o wiele bardziej skomplikowane niż przebiegi na powierzchni poziomej. Trudnym zadaniem jest zawarcie powyższych rozważan w formie jednoznzcznych prawidłowości, sformułowanych w kilku zdaniach; dlatego za pewien rodzaj podsumowania niech posłużą blokdiagramy (ryc. 5-8), a najważniejsze spostrzeżenia zawarto w tekście powyżej.

Wyniki uzyskane na podstawie danych aktynometrycznych z Zakopanego (a szczególnie wartości procentowe, których pełny wykaz znajduje się w pracy autora z 1988 r. mogą posłużyć do analizy bezpośredniego promieniowania słonecznego w innych regionach górskich umiarkowanych szerokości geograficznych, a przede wszystkim w regionie Tatr, oczywiście po uwzględnieniu stopnia zasłonięcia horyzontu (ryc. 1). Trzeba jednak wziąć pod uwagę fakt, że już na Kasprowym Wierchu (1996 m npm.) dopływa średnio o 14% więcej promieniowania bezpośredniego niż w Zakopanem, a średni pionowy gradient tego promieniowania w profilu Zakopane — Kasprowy Wierch w dni bez chmurne wynosi 0,2 MJm^{-2} na 100 m (Rojan 1988).

Problematyka zawarta w artykule ma aspekt praktyczny, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach działalności ludzkiej, między innymi w lecznictwie, rolnictwie, budownictwie, turystyce i rekreacji.

Wprawdzie, jak wspomniano we wstępie Zakopane nie ma dziś statusu uzdrowiska, ale trudno podważyć pozytywny wpływ klimatu górskiego, przede wszystkim promieniowania słonecznego na organizm człowieka. Wyniki przedstawione w niniejszej pracy mogą posłużyć do pełniejszego wykorzystania promieniowania słonecznego w celach leczniczych (helioterapia). W rejonie Zakopanego i Tatr bezpośrednie promieniowanie słoneczne, a szczególnie jego część nadfioletowa (UV) ma największe znaczenie. Korzystny wpływ promieniowania słonecznego na organizm człowieka, polega przede wszystkim na wzmożeniu przemiany materii, pobudzeniu czynności krwiotwórczej, zwiększaniu odporności organizmu na zakażenie, zmianach czynnościowych układu nerwowego. Nadfioletowa część promieniowania, a przede wszystkim ultrafiolet B (280 nm - 315 nm), jest

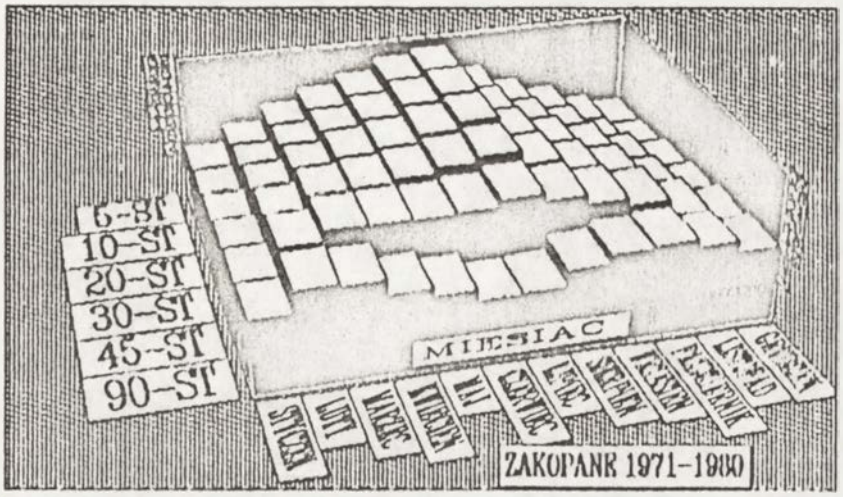
http://rcin.org.pl

Tabela 4. Średnie sumy dzienne (MJ m^{-2}) bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o różnych ekspozycjach i kątach nachylenia w dni bezchmurne. Zakopane, 1971-1980.

Average daily sums (MJ m^{-2}) of direct solar radiation on various inclinated and orientated slopes on cloudless days. Zakopane, 1971-1980.

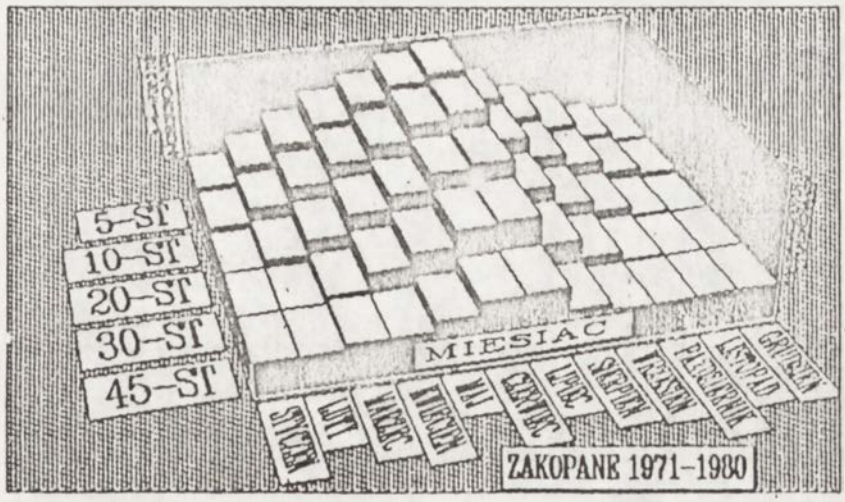
Miesiąc Eksp./nach.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Sh	3,72	9,05	14,19	18,75	22,15	26,25	28,30	19,41	13,66	9,70	5,38	3,05	14,47
Ss 5°	4,71	10,58	15,65	19,81	22,02	26,62	20,66	20,44	14,93	11,07	6,56	3,97	15,49
Sw	3,95	9,64	14,96	19,64	23,00	27,13	29,42	20,20	14,22	9,99	5,56	3,19	15,08
Se	3,88	9,47	14,80	19,64	23,12	27,29	29,47	20,20	14,40	10,40	5,83	3,23	15,15
Sn	2,59	7,12	12,07	16,87	20,36	24,61	26,46	17,55	11,80	7,93	4,01	2,04	12,78
Ss 10°	5,68	12,04	17,01	20,72	23,34	26,81	28,82	21,30	16,08	12,35	6,70	4,87	16,31
Sw	4,18	10,10	15,61	20,00	23,70	27,88	30,30	20,82	14,65	10,21	5,69	3,30	15,54
Se	4,03	9,81	15,30	20,36	23,92	28,14	30,40	20,83	15,02	11,03	6,24	3,39	15,71
Sn	1,51	5,19	9,94	14,87	18,42	22,78	24,45	15,59	9,87	6,24	2,65	1,02	11,04
Ss 20°	7,47	14,70	16,30	22,05	23,82	26,59	28,53	22,56	18,01	14,62	9,78	6,54	17,83
Sw	4,45	10,88	16,60	20,64	24,56	28,66	31,38	21,60	15,18	10,39	5,83	3,45	16,13
Se	4,19	10,32	15,97	21,35	24,97	29,17	31,57	21,62	15,93	12,01	6,90	3,62	16,46
Sn	0,03	1,92	5,73	10,73	14,28	18,67	19,85	11,36	5,98	2,90	0,49	0	7,66
Ss 30°	9,03	16,88	21,06	22,75	23,63	25,59	27,36	23,14	19,39	16,49	11,57	8,00	18,74
Sw	4,60	11,32	17,03	20,65	24,56	28,56	31,50	21,72	15,25	10,29	5,79	3,50	16,23
Se	4,24	10,47	16,10	21,69	25,25	29,09	31,80	21,75	16,34	12,65	7,37	3,75	16,71
Sn	0	0	2,16	6,53	9,86	14,08	14,84	7,07	2,55	0,45	0	0	4,80
Ss 45°	10,84	19,12	22,39	22,57	22,18	22,94	24,55	22,71	20,35	18,27	13,57	9,75	19,10
Sw	4,56	11,38	16,61	19,49	23,27	26,81	29,89	20,67	14,50	9,53	5,40	3,37	15,46
Se	4,22	10,17	15,36	20,86	23,66	27,87	30,28	20,71	16,04	12,89	7,63	3,72	16,12
Sn	0	0	0	1,23	3,68	7,00	7,23	1,47	0	0	0	0	1,72
Ss 90°	11,62	18,06	17,49	13,30	10,13	8,03	8,66	12,87	15,12	16,10	13,82	10,74	13,01
Sw	2,85	7,05	9,44	9,23	10,77	11,66	13,96	9,82	6,84	3,77	2,26	1,72	7,41
Se	2,08	5,34	7,67	10,89	12,15	13,17	14,52	9,88	9,02	8,54	5,40	2,22	8,41
Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

http://rcin.org.pl



Ryc. 5. Przebieg roczny średnich sum dziennych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji południowej w dni bezchmurne. Zakopane, 1971-1980.

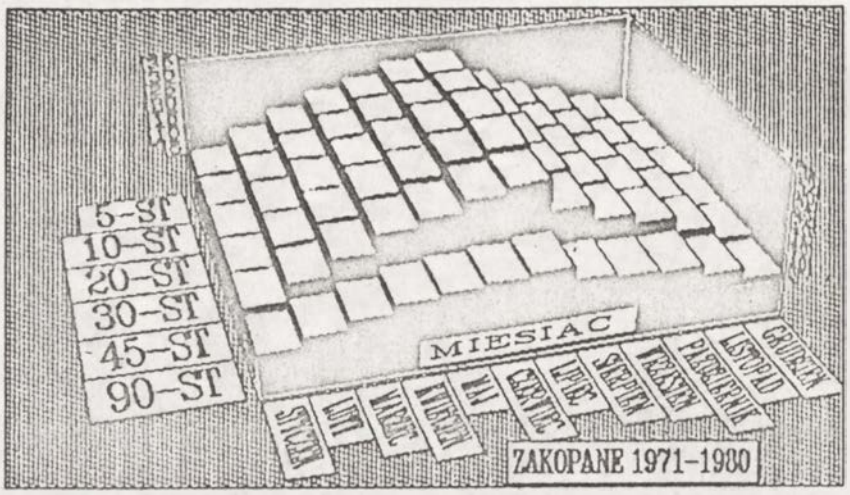
Yearly course of average daily sums of direct solar radiation on southern slopes on cloudless days. Zakopane, 1971-1980.



Ryc. 6. Przebieg roczny średnich sum dziennych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji północnej w dni bezchmurne. Zakopane, 1971-1980.

Yearly course of average daily sums of direct solar radiation on northern slopes on cloudless days. Zakopane, 1971-1980.

http://rcin.org.pl



Ryc. 7. Przebieg roczny średnich sum dziennych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji wschodniej w dni bezchmurne. Zakopane, 1971-1980.

Yearly course of average daily sums of direct solar radiation on eastern slopes on cloudless days. Zakopane, 1971-1980.

Ryc. 8. Przebieg roczny średnich sum dziennych bezpośredniego promieniowania słonecznego na zboczach o ekspozycji zachodniej w dni bezchmurne. Zakopane, 1971-1980.

Yearly course of average daily sums of direct solar radiation on western slopes on cloudless days. Zakopane, 1971-1980.

http://rcin.org.pl

Tabela 5. Średnie sumy miesięczne, sezonowe, półroczne i roczne usłonecznienia rzeczywistego (U); średnie miesięczne, sezonowe, półroczne i roczne usłonecznienie względne (%) oraz średnie sumy dzienne usłonecznienia rzeczywistego (Ud). Zakopane, 1971-1980 (według P.Rojana, 1988).

Average monthly, seasonal, half-yearly and yearly sums of sunshine duration (U), average monthly, seasonal, half-yearly and yearly relative sunshine duration (%) and average daily sums of sunshine duration (Ud). Zakopane, 1971-1980 (aacording to P.Rojan, 1988)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	X-III	IV-IX	Rok
U	64	93	126	123	164	160	165	171	126	118	72	57	213	414	496	316	529	910	1439
%	30,0	37,3	37,5	32,4	38,6	36,7	37,5	40,7	34,8	38,0	31,8	28,9	32,1	36,2	38,3	34,9	33,9	36,8	35,4
Ud	2,06	5,29	4,08	4,10	5,31	5,33	5,33	5,51	4,20	3,79	2,40	1,82	2,39	4,50	5,39	3,46	2,91	4,96	3,94

http://rcin.org.pl

najbardziej aktywna biologicznie, a jej działanie uwidocznia się przede wszystkim w znaczeniu bakteriobójczym i hartującym, ponadto wywołuje rumień słoneczny i pigmentację skóry oraz wytwarza witaminę D. Zbyt duże dawki tego rodzaju promieniowania nie są jednak wskazane (Kozłowska-Szczęsna, 1985).

Najdogodniejszym okresem do helioterapii jest wczesna wiosna i początek lata, kiedy sumy promieniowania są największe, a dodatkowe znaczenie ma także suma godzin ze Słońcem (tab. 5).

W ciągu zimy bardzo duży wpływ na organizm człowieka ma, oprócz bezpośredniego promieniowania słonecznego, także promieniowanie rozproszone, a ponadto albedo pokrywy śnieżnej i duża przejrzystość powietrza we wspomnianym okresie. W samym Zakopanem elementem zmniejszającym efekt terapeutyczny promieniowania jest dość duże zanieczyszczenie powietrza, szczególnie w miesiącach zimowych, gdy częste inwersje termiczne powodują gromadzenie się zanieczyszczeń przy powierzchni Ziemi. Wystarczy jednak wznieść się ponad warstwę inwersyjną (np. na grzbiet Gubałówki — 1133 m, a często nawet Antołówki — 840 m), aby otrzymać zwiększoną dawkę promieniowania słonecznego.

Literatura

Barry R.G. 1981, *Mountain weather and climate*, Methuen, London — New York.

Kołodziejek M. 1968a, *Charakterystyka promieniowania słonecznego w Tatrach*, maszynopis w archiwum WBiNoZ Uniwersytetu Łódzkiego w Łodzi.

— 1968b, *Rozkład promieniowania słonecznego w Tatrach*, Gaz. Obser. PIHM, nr 3/4.

Kondratev K.Ja. 1977, *Radiation regime of inclined surfaces, World Meteorological Organization*, Technical Note No. 152, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva.

Kondratev K.Ja., Pivovarova Z.I., Fedorova M.P. 1978, *Radiacionnyj režim naklonnych poverchnostiej*, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Kozłowska-Szczęsna T. (red.) 1985, *Metody badań bioklimatu człowieka*, Probl. Uzdrow., 1-2 (208-207).

Olecki Z. 1989, *Bilans promieniowania słonecznego w dorzeczu górnej Wisły, Uniwersytet Jagielloński*, Rozpr. Hab. 157, Kraków.

Pivovarova Z.I. 1967, *Prjamaja solnečnaja radiacija postupajuščaja na steny zdanij*, Trudy GGO, 193, Gidrometeoizdat, Leningrad.

— 1969, *Oblučenie sten zdanij solnečnoj radiacji v različnych geografičeskich rajonach*, Trudy GGO, 250, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Pivovarova Z.I., Stadnik V. 1974, *Ob izmenčivosti prjamoj radiacji postupajuščej na vertikalnyje poverchnosti južnoj orientacji*, Trudy GGO, 307, Gidrometeoizdat, Leningrad.

Piwowarczyk J. 1988, *Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w górach*, maszynopis w Zakładzie Klimatologii Instytutu Nauk Fizycznogeograficznych Uniwersytetu Warszawskiego w Warszawie.

Promieniowanie słoneczne 1971-1980, 1982, IMiGW, Warszawa, WKiŁ.

Rojan P. 1988, *Profil pionowy promieniowania słonecznego w polskich Karpatach Zachodnich (1971-1980)*, maszynopis w Zakładzie Klimatologii Instytutu Nauk Fizycznogeograficznych Uniwersytetu Warszawskiego w Warszawie.

http://rcin.org.pl

The influence of relief on direct solar radiation in Zakopane

Summary

The main aim of this paper is to get to know the influence of a relief on income of direct solar radiation in Zakopane and the results of actinometric measurements from the period 1971-1980 served for the analysis. The daily and annual courses of average hourly and daily sums of direct solar radiation coming to northern, southern, eastern, western slopes of various inclinations (5, 10, 20, 30, 45 and 90°) were calculated. The percentage share of direct solar radiation on slopes in direct solar radiation coming to horizontal surface were stated too. This paper besides acquainted features is useful for heliotherapy in the mountain.

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

1. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA — Antropoklimat Polski , Warszawa 1991.
2. G. WĘCŁAWOWICZ — Zróżnicowania społeczno-przestrzenne w aglomeracji warszawskiej (1978 i 1988), Warszawa 1991.
3. P. EBERHARDT — Rozmieszczenie i dynamika ludności wiejskiej w Europie Środkowo-Wschodniej w XX wieku, Warszawa 1991.
4. B. OBRĘBSKA-STARKLOWA, L. STARKEL — Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego, Warszawa 1991.
5. K. BŁAŻEJCZYK, B. KRAWCZYK, J. SKOCZEK — Badania topoklimatyczne i mikroklimatyczne w różnych strefach klimatycznych, Warszawa 1992.
6. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA — Uwagi o metodach badań klimatu miast;
   K. BŁAŻEJCZYK — Wpływ urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne (na przykładzie woj. katowickiego);
   J. PIWOWARCZYK — Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Zakopanem, Warszawa 1992.

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

26 000.zł

PL - ISSN 0867-6836

WYDAWNICTWA IGiPZ PAN, WARSZAWA

http://rcin.org.pl