

PL ISSN 0373-6547

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

PRACE GEOGRAFICZNE NR 131

BARBARA KRAWCZYK

BILANS CIEPLNY
CIAŁA CZŁOWIEKA
JAKO PODSTAWA
PODZIAŁU
BIOKLIMATYCZNEGO
OBSZARU IWONICZA

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
Polskiej Akademii Nauk
ul. Nowy Świat 72
00-630 Warszawa

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

100. Biegajło W., *Typologia rolnictwa na przykładzie województwa białostockiego*, 1973, s. 164, 30 il., zł 35,—
101. Werwicki A., *Struktura przestrzenna średnich miast ośrodków wojewódzkich w Polsce*, 1973, s. 168, 49 il., zł 30,—
102. Matusik M., *Próba typologii i regionalizacji rolnictwa na obszarze Dolnego Powiśla*, 1973, s. 152, 30 il., 6 fot., zł 32,—
103. Ziemońska Z., *Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich*, 1973, s. 124, 23 il., zł 25,—
104. Drozdowski E., *Geneza Basenu Grudziądzkiego w świetle osadów i form glacialnych*, 1974, s. 139, 41 il., 17 fot., zł 32,—
105. Pulina M., *Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego*, 1974, s. 159, 52 il., 10 fot., zł 36,—
106. Baumgart-Kotarba M., *Rozwój grzbietów górskich w Karpatach fliszowych*, 1974, s. 136, 39 il., 16 fot., 3 zał., zł 40,—
107. Tyszkiewicz W., *Rolnicze użytkowanie ziemi a formy własności i rozmiary gospodarstw rolnych na Kujawach*, 1974, s. 127, 17 il., 1 zał., zł 30,—
108. Leszczycki S., *Problemy ochrony środowiska człowieka*, 1974, s. 88, 7 il., 1 zał., zł 22,—
109. Gawryszewski A., *Związki przestrzenne między migracjami stałymi i dojazdami do pracy oraz czynniki przemieszczeń ludności*, 1974, s. 155, 18 il., zł 35,—
110. Żurek S., *Geneza zabagnienia Pradoliny Biebrzy*, 1975, s. 107, 28 il., 22 fot., 10 zał., zł 30,—
111. Jankowski W., *Land use Mapping, Development and Methods*, 1975, s. 111, zł 35,—
112. Dramowicz K. K., *Symulacja cyfrowa i analiza systemowa w badaniach procesów urbanizacji wsi (model gromady Biała Stara, powiat plocki)*, 1975, s. 112, 38 il., zł 27,—
113. Żurek A., *Struktura przestrzenna przepływów ludności miast województwa kieleckiego*, 1975, s. 112, 33 il., zł 25,—
114. Froehlich W., *Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej*, 1975, s. 122, 54 il., 12 fot., zł 35,—
115. Harasimiuk M., *Rozwój rzeźby Pogórów Chelmskich w trzeciorzędzie i czwartorzędzie*, 1975, s. 108, 43 il., 14 fot., zł 26,—
116. Węclawowicz G., *Struktura przestrzeni społeczno-gospodarczej Warszawy w latach 1931 i 1970 w świetle analizy czynnikowej*, 1975, s. 120, 41 il., zł 35,—
117. Dziewoński K., Gawryszewski A., Iwanicka-Lyrowa E., Jelonek A., Jerczyński M., Węclawowicz G., *Rozmieszczenie i migracje ludności a system osadniczy Polski Ludowej*, 1976, s. 343, 99 il., 2 zał., zł 80,—
118. Szczepkowski J., *Struktura przestrzenna regionu bydgosko-toruńskiego. Ewolucja i dynamika*, 1977, s. 89, 7 il., zł 22,—
119. Wiśniewski E., *Rozwój geomorfologiczny doliny Wisły pomiędzy Kotliną Plocką a Kotliną Toruńską*, 1976, s. 124, 32 il., 16 fot., zł 30,—
120. Kotarba A., *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich (na przykładzie Czerwonych Wierchów w Tatrach Zachodnich)*, 1976, s. 128, 28 il., 4 fot., zł 32,—
121. Wójcik Z., *Charakterystyka siedlisk polnych na Pogórzu Beskidu Niskiego metodami biologicznymi*, 1976, s. 111, 3 il., zł 25,—
122. Gerlach T., *Współczesny rozwój stoków w polskich Karpatach fliszowych*, 1976, s. 116, 22 il., 8 fot., zł 30,—
123. Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., *Stosunki termiczne Beskidu Niskiego (metoda charakterystyki reżimu termicznego gór)*, 1977, s. 101, 32 il., zł 25,—
124. Banach M., *Rozwój osuwisk na prawym zboczu doliny Wisły między Dobrzykiem a Włocławkiem*, 1977, s. 101, 36 il., 38 fot., 3 zał., zł 27,—
125. Praca zbiorowa pod redakcją L. Starkła, *Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej*, 1978, s. 165, 35 il., zł 36,—
126. Kozłowski S. J., *Zielona Góra — baza ekonomiczna i powiązania zewnętrzne*, 1977, s. 98, 24 il., zł 22,—

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

PRACE GEOGRAFICZNE NR 131

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
Polskiej Akademii Nauk
Zakład Przemysłowego Zagospodarowania
00-830 Warszawa
ul. Nowy Świat Nr 72

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТРУДЫ

No 131

БАРБАРА КРАВЧИК

**ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК ОСНОВА
БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КУОРТА
ИВОНИЧ**

*

GEOGRAPHICAL STUDIES

No 131

BARBARA KRAWCZYK

**THE HEAT BALANCE OF THE HUMAN BODY AS A BASIS
FOR THE BIOCLIMATIC DIVIDE OF THE
HEALTH RESORT IWONICZ**

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

PRACE GEOGRAFICZNE NR 131

BARBARA KRAWCZYK

BILANS CIEPLNY
CIAŁA CZŁOWIEKA
JAKO PODSTAWA
PODZIAŁU
BIOKLIMATYCZNEGO
OBSZARU IWONICZA

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1979

<http://rcin.org.pl>

Komitet Redakcyjny

REDAKTOR NACZELNY: MARIA KIEŁCZEWSKA-ZALESKA
ZASTĘPCA REDAKTORA NACZELNEGO: KAZIMIERZ DZIEWOŃSKI
CZŁONKOWIE: LESZEK STARKEL, JAN SZUPRYCZYŃSKI, ANDRZEJ WRÓBEL
SEKRETARZ: IRENA STAŃCZAK

Redaktor Wydawnictwa Hanna Jurek

Redaktor techniczny Adam Przylibski

© Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1979

Printed in Poland

ISBN 83-04-00345-7

Zakład Narodowy im. Ossolińskich-Wydawnictwo. Wrocław 1979.
Nakład: 900 egz. Objętość: ark. wyd. 4,90, ark. druk. 4,50 ark. A₁-6.
Papier druk. sat kl. IV, 70 g, 70×100. Oddano do składania
30 IX 1978. Podpisano do druku 7 VIII 1979. Wrocławska
Drukarnia Naukowa. Zam. 613/78 - T - 16 Cena zł 15. -

SPIS TREŚCI

	Str.
Wstęp	7
I. Metody oceny wpływu środowiska atmosferycznego na organizm człowieka	10
1. Wskaźniki temperaturowe	10
2. Pomiar instrumentalny	11
3. Metoda bilansu cieplnego ciała człowieka	12
II. Fizjologiczne reakcje ustroju człowieka w procesie wymiany ciepła z otoczeniem	15
1. Termoregulacja fizyczna i chemiczna	15
2. Temperatura skóry człowieka jako kryterium odczuwalności cieplnej	17
3. Znaczenie odzieży w procesie wymiany ciepła	19
III. Równanie bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka według M. I. Budyko	21
1. Wyznaczanie promieniowania pochłoniętego i efektywnego	22
2. Wyznaczanie turbulencyjnych strumieni ciepła jawnego i utajonego	23
3. Równanie bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka w odzieży	25
IV. Badania terenowe w Iwoniczu	27
1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych	27
2. Warunki pogodowe w czasie badań terenowych	30
V. Klimat odczuwalny Iwonicza-Zdroju określony temperaturą skóry człowieka	31
1. Zróżnicowanie temperatury skóry człowieka na obszarze Iwonicza-Zdroju	31
2. Statystyczna ocena istotności różnic w rozkładzie przestrzennym temperatury skóry człowieka	35
VI. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka	37
1. Przebieg dzienny struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka na obszarze Iwonicza-Zdroju	37
2. Ocena istotności różnic w strukturze bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka	47
3. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka	48
Podsumowanie	59
Wnioski	62
Wykaz symboli stosowanych w pracy	63
Literatura	65
Тепловой баланс тела человека как основа биоклиматического районирования курорта Ивонич (резюме)	69
The heat balance of the human body as a basis for the bioclimatic divide of the health resort Iwonicz (summary)	70

WSTĘP

CEL PRACY

Przedmiotem badań bioklimatologii człowieka jest związek pomiędzy środowiskiem atmosferycznym i organizmem człowieka, który zachodzi przede wszystkim poprzez wymianę energii cieplnej.

Wśród metod badawczych w tej dziedzinie wiedzy na szczególną uwagę zasługuje metoda bilansu cieplnego, za pomocą której można ustalić, w sposób możliwie ścisły, wzajemne związki pomiędzy ilością ciepła otrzymywanego i traconego przez ustrój w wyniku wielu procesów fizjologicznych i fizycznych.

Celem niniejszej pracy jest ocena warunków bioklimatycznych uzdrowiska Iwonicz — dokonana na podstawie potwierdzonego statystycznie zróżnicowania struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka oraz temperatury jego skóry, która traktowana jest jako wskaźnik odczuwalności cieplnej. Na terenie dzielnicy sanatoryjnej uzdrowiska wydzielono obszary różniące się pod względem oddziaływania bodźców klimatycznych na organizm człowieka.

Rozważania oparto na równaniu bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka opracowanym przez zespół M. I. Budyko z Centralnego Obserwatorium Geofizycznego w Leningradzie.

Materiału wyjściowego do obliczeń dostarczyły własne badania terenowe prowadzone w latach 1971—1973 w dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza.

Praca ma nie tylko aspekt metodyczny, polegający na zaprezentowaniu po raz pierwszy w polskiej literaturze klimatologicznej metody bilansu cieplnego ciała człowieka w odniesieniu do miejscowości uzdrowiskowej, ale również praktyczny — dostarcza bowiem informacji, które mogą być bezpośrednio przydatne lecznictwu klimatycznemu w uzdrowisku.

Praca została wykonana w problemie węzłowym 10.2.09, w temacie 3 „Rola środowiska przyrodniczego, a w szczególności klimatu w kształtowaniu funkcji ośrodków uzdrowiskowo-rekreacyjnych”.

CHARAKTERYSTYKA TOPOGRAFICZNA I FIZJOGRAFICZNA UZDROWISKA IWONICZ

Iwonicz — jedno z najstarszych i najbardziej malowniczych uzdrowisk polskich — leży w północnej brzeżnej strefie Beskidu Niskiego, w łańcuchu Zachod-

nich Karpat Zewnętrznych. Dominującym elementem rzeźby tego terenu są łagodne wzniesienia, podzielone biegnącymi do nich prostopadle dolinami rzek. Pasma, w którego obrębie leży Iwonicz, zbudowane jest z odpornych na wietrzenie piaskowców ciężkowickich oraz łupków ilastych. Warstwy te, zwane fliszem karpackim, obfitują w złoża ropy naftowej, gazu ziemnego, a także w liczne źródła mineralnych wód leczniczych. Charakterystycznym elementem rzeźby terenu uzdrowiska jest dolina Potoku Iwoniczkiego, która biegnie z południo-zachodu na północo-wschód. W górnym odcinku osiąga ona szerokość zaledwie około 25 m, aby w centrum uzdrowiska rozszerzyć się do około 120 m.

Dolinę Potoku Iwoniczkiego otaczają wzniesienia: od południa Przymiarki (640 m npm.), od zachodu Góra Przedziwna (525 m npm.) i Góra Winiarska (528 m npm.), od wschodu Glorieta (550 m npm.).

To charakterystyczne położenie Iwonicza ma nie tylko aspekt krajobrazowy. Układ wzniesień i usytuowanie doliny Potoku Iwoniczkiego wywierają wyraźny wpływ nie tylko na usłonecznienie, ale również na kierunki wiatru na tym obszarze (B. Krawczyk 1975). Zwarte kompleksy lasów bukowo-jodłowych otaczają uzdrowisko od południa, wschodu i zachodu.

Główne obiekty lecznictwa uzdrowiskowego (sanatoria, domy wypoczynkowe) zostały zlokalizowane w środkowej części doliny Potoku Iwoniczkiego oraz na zboczach Góry Przedziwnej i Góry Winiarskiej.

Wartościowe surowce lecznicze, a szczególnie wody mineralne (typu chlorkowo-wodoro-węglanowo-sodowego, jodkowo-bromkowego), złoża borowiny oraz wybitne walory krajobrazowe Iwonicza, już od dawna zwróciły uwagę lekarzy balneologów. Wzmiankę o właściwościach leczniczych wód iwoniczkich znajdujemy w pierwszym polskim dziele balneologicznym Wojciecha Oczko, pt. *Cieplicze*, wydanym w 1578 r. Lecz dopiero w XIX w., w wyniku rozwoju urządzeń leczniczych i obiektów sanatoryjnych, Iwonicz uzyskał opinię znanego i cenionego uzdrowiska.

Profil leczniczy Iwonicza obejmuje następujące schorzenia: gościec, choroby narządów ruchu, układu trawiennego, nerwowego, górnych dróg oddechowych, choroby układu krążenia.

GLÓWNE CECHY BIOKLIMATU UZDROWISKA

Z rozwojem lecznictwa uzdrowiskowego wiąże się zainteresowanie lekarzy balneologów miejscowym klimatem Iwonicza. Z inicjatywy dr. K. Moszczańskiego rozpoczęto tu okresowe obserwacje meteorologiczne w sezonie kuracyjnym 1867. Godnym odnotowania jest fakt, że już w 1875 r. prowadzono w Iwoniczu pomiary zawartości ozonu w powietrzu.

Stała seria pomiarowa miejscowej stacji meteorologicznej datuje się od 1894 r., jednak liczne przerwy w obserwacjach oraz kilkakrotne zmiany lokalizacji stacji sprawiają, że wyniki jej notowań nie spełniają warunków jednorodności.

Od 1947 r. do chwili obecnej miejscowa stacja meteorologiczna III rzędu usytuowana jest w dolnej partii wschodniego zbocza Góry Winiarskiej, na wysokości 410 m npm. ($\varphi = 49^{\circ}34'$, $\lambda = 21^{\circ}48'$). Przegląd piśmiennictwa dotyczącego klimatu

miejscowego, a także pełną charakterystykę warunków bioklimatycznych uzdrowiska opartą zarówno na długoletniej serii obserwacyjnej (1961–1970) stacji meteorologicznej, jak też i na własnych badaniach, zawiera monograficzne opracowanie autorki niniejszej pracy (1975).

Ograniczę się do podania cech charakterystycznych warunków bioklimatycznych Iwonicza.

1. Średnia roczna liczba godzin ze słońcem mierzona na stacji meteorologicznej wynosi 1396,8. Rozkład godzin ze słońcem w ciągu doby wskazuje, że w zimie największe usłonecznienie występuje w godzinach południowych, a w lecie i na wiosnę — przedpołudniowych (godz. 10–12). Wczesna jesień charakteryzuje się wyrównanym usłonecznieniem w ciągu dnia.

2. Zaznacza się uprzywilejowanie termiczne miesięcy wczesnojesiennych (wyższe temperatury średnie dobowe we wrześniu i w październiku) w stosunku do miesięcy wiosennych (kwiecień, maj).

3. Średnia liczba dni z opadem wynosi 165,0. W świetle najmniejszego prawdopodobieństwa wystąpienia opadu korzystnie wyróżnia się wrzesień i październik.

4. Mgła występuje w ciągu 51,5 dnia w roku.

5. Przeważają wiatry z kierunku południowego i południo-zachodniego. Predyspozycję do występowania zimą wiatrów o dużej prędkości, nierzadko osiągających $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tzw. wiatrów dukielskich) oraz 52,4% przypadków ciszy, notowanej w okresie letnim, można uważać za niekorzystną cechę bioklimatu uzdrowiska.

6. Uciążliwe stany hygrotermiczne występują na ogół od maja do września, z maksimum w lipcu i sierpniu. Przeciętnie w roku notuje się 21,6 dni parnych.

7. Na podstawie badań struktury klimatu odczuwalnego metodą temperatur efektywno-ekwiwalentnych należy stwierdzić, że optymalne warunki termiczne występują tu od kwietnia do października, z maksimum w miesiącach letnich (średnio w roku 16% przypadków). W letniej porze roku często zdarzają się stany termiczne określane jako „chłodno”.

8. Pomiar wielkości ochładzającej powietrza wykazały, że najliczniej reprezentowany jest przedział komfortu termicznego (średnio 41% przypadków w roku) z maksimum w kwietniu, maju, wrześniu, październiku. Latem obserwowane są stany termiczne „gorąco” (czerwiec, lipiec, sierpień). Sporadycznie notuje się niekorzystne warunki odczuwalne określane jako „nieznośnie zimno i wietrznie”, które w ocenie klimatu miejscowości uzdrowiskowych traktowane są zdecydowanie negatywnie.

Jakkolwiek, w świetle klimatyczno-fizjologicznej klasyfikacji A. Sabatowskiego, klimat Iwonicza zalicza się do łagodnych klimatów strefy podgórskiej, to szczegółowa analiza warunków bioklimatycznych wykazała, że mogą występować tu bodźce klimatyczne o znacznym natężeniu.

I. METODY OCENY WPŁYWU ŚRODOWISKA ATMOSFERYCZNEGO NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

1. WSKAŹNIKI TEMPERATUROWE

Środowisko atmosferyczne i warunki klimatyczne, oddziałując bezpośrednio na organizm człowieka, kształtują przede wszystkim jego odczuwalność cieplną. Kierunek poszukiwań naukowych w bioklimatologii wskazuje, że już od sześćdziesięciu lat wielu badaczy było zainteresowanych problemem zróżnicowania odczuwalności cieplnej człowieka pod wpływem dynamicznie zmieniających się warunków meteorologicznych.

Powstało wiele wskaźników i tzw. quasitemperatur, przedstawiających w postaci wzorów matematycznych związek zachodzący pomiędzy szeregiem wielkości fizycznych charakteryzujących otaczające środowisko i subiektywną oceną wrażeń cieplnych ludzi, poddanych eksperymentom laboratoryjnym w komorach klimatycznych.

Do najbardziej rozpowszechnionych wskaźników bioklimatycznych tego typu należą temperatury efektywne i efektywno-ekwiwalentne, ujmujące kompleksowy wpływ temperatury, wilgotności powietrza i prędkości wiatru na odczuwalność cieplną człowieka. Wskaźniki zaproponowane w 1923 r. przez C. P. Yaglou i F. C. Houghtena (por. S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970; P. O. Fanger 1974) służyły początkowo do oceny warunków mikroklimatycznych pomieszczeń zamkniętych, a z czasem stały się podstawą wielu opracowań bioklimatycznych zarówno w skali regionalnej, m. in. dla terenów Polski (M. Gregorczyk 1970; M. Gregorczyk, R. Leško 1970), Niemieckiej Republiki Demokratycznej (G. Seifert 1958), Związku Radzieckiego (E. M. Iliczewa, J. N. Szwariewa 1961; A. Raik, I. Palm 1969), jak i lokalnej – służąc do bonitacji bioklimatycznej niektórych uzdrowisk Polski (T. Kozłowska-Szczęsna 1964; 1965). A. Missenard, T. Bedford, W. A. Jakowienko (por. T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971), G. W. Szelejchowskij (1948) rozwinęli i uzupełnili skalę temperatur efektywno-ekwiwalentnych o czynnik radiacyjny. W tej formie temperatury radiacyjno-efektywno-ekwiwalentne odzwierciedlają wpływ głównych czynników środowiska atmosferycznego na odczuwalność cieplną człowieka, z tym jednak zastrzeżeniem, że przeznaczone są dla dodatnich temperatur powietrza.

W grupie kompleksowych wskaźników znalazły się również takie, których przydatność jest ograniczona do warunków, w jakich zostały one wyznaczone

i dlatego wiele z nich nie znalazło szerszego zastosowania w praktyce. Należy tu wspomnieć m. in. o:

- biologicznie aktywnej temperaturze J. D. Pietrowa (por. S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970);
- ekwiwalentnej temperaturze pustyni K. Buttnera (1962);
- wskaźniku surowości pogody G. Bodmana oraz I. M. Osokina (por. S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970; K. Murawiewa 1973; A. P. Gricjute 1974);
- wskaźniku utraty ciepła A. P. Siple'a (por. S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970);
- wskaźniku komfortu W. H. Terjunga (1968; 1969).

Trzeba podkreślić, że większość tych wskaźników nie uwzględnia w wystarczającym stopniu czynników fizjologicznych w kształtowaniu odczuwalności cieplnej, pozostawiając organizmowi bierną rolę w reakcji na zmieniające się warunki pogodowe, a skale odczuwalności oparte są tylko na subiektywnych odczuciach wrażeń cieplnych. Poza tymi niedostatkami metodologicznymi, nie docenia się na ogół roli aklimatyzacji, pomija zróżnicowanie odzieży oraz stopnia aktywności fizycznej człowieka, a tym samym ilości ciepła produkowanego przez organizm.

Omówione wyżej niektóre wskaźniki bioklimatyczne, mimo swoich niedoskonałości, dały jednak pewien pogląd na wzajemne związki pomiędzy warunkami klimatycznymi i odczuwalnością ciepłą człowieka.

2. POMIARY INSTRUMENTALNE

Równocześnie niemal z poszukiwaniami empirycznych formuł matematycznych, ujmujących kompleksowo oddziaływanie czynników meteorologicznych na organizm ludzki, podjęto prace nad skonstruowaniem przyrządów, które traktowano jako fizyczne analogi ciała człowieka. Sądzono, że wpływ termiczny środowiska atmosferycznego jest proporcjonalny do prędkości ochładzania badanego modelu, kształtem przypominającego ciało ludzkie. Podstawą tej metody badawczej było założenie, że powierzchnia przyrządu podlega takim samym procesom wymiany ciepła przez przewodzenie molekularne, konwekcję i promieniowanie, jak powierzchnia ciała człowieka.

Ten kierunek badawczy dominował szczególnie w bioklimatologii niemieckiej. Jego prekursorem jest W. Heberden, który już w 1826 r. postulował mierzenie wielkości ochładzającej powietrza (por. M. Jokl 1965; M. Gregorczyk 1970). Praktyczna realizacja idei W. Heberdena nastąpiła dopiero w 1911 r., kiedy to F. Frankenhäuser skonstruował homöotherm (por. K. Buttner 1938), a w roku 1913 L. Hill (por. M. Jokl 1965) zbudował katatermometr, czyli przyrząd, który dzięki swej prostocie znalazł szerokie zastosowanie do pomiarów ochładzania zarówno na stacjach meteorologicznych, m. in. w Polsce, jak i w ekspedycyjnych badaniach bioklimatycznych (T. Kozłowska-Szczęśna 1965; B. Krawczyk 1975).

W 1925 r. C. Dorno i R. Thilenius skonstruowali w Davos frygorymetr, a w 1933 r. H. Pfleiderer i K. Buttner — frygorygraf. Trzeba tu jeszcze wspomnieć o eupatheo-

skopie A. Duftona, i termometrach kulistych m. in. H. Vernona, który stosowany jest w rozważaniach dotyczących bilansu radiacyjnego powierzchni kulistych m. in. przez B. A. Ajzensztata (1964).

Wymienione tu przyrządy (z wyjątkiem katatermometru zwilżonego) nie uwzględniają bardzo istotnej formy wymiany ciepła, mianowicie parowania wody z powierzchni ciała człowieka. Ostatnio B. Theves (1972) zaproponował przyrząd, którego konstrukcja pozwala na zmierzenie również tej wielkości. Jest to tzw. *thermograf*.

W tej grupie przyrządów — analogów ciała człowieka, mieszczą się jeszcze manekiny cieplne (*copper man*) służące do badań termoizolacyjnych właściwości odzieży (D. H. K. Lee, H. Lemons 1949; G. Trzos 1975).

Wbrew oczekiwaniom konstruktorów, nie udało się dotychczas zbudować przyrządu, który w pełni oddawałby reakcję człowieka na zmianę warunków pogodowych, głównie z uwagi na złożony system termoregulacji ludzkiego organizmu; niemniej jednak, przyrządy-analogi ciała człowieka umożliwiły zbadanie wymiany ciepłej z udziałem różnego rodzaju odzieży, co było niewykonalne w ramach temperaturowych skal i wskaźników.

3. METODA BILANSU CIEPLNEGO CIAŁA CZŁOWIEKA

Dalszym etapem w rozwoju stanu wiedzy o wymianie ciepłej organizmu człowieka były w latach trzydziestych teoretyczne i doświadczalne prace H. Pfeiderera (1933) i K. Buttnera (1938) o bilansie cieplnym ciała człowieka, rozumianym jako stan równowagi pomiędzy ilością energii otrzymywanej od Słońca i atmosfery oraz w wyniku procesów metabolicznych i energii odprowadzanej przez takie procesy fizyczne i fizjologiczne, jak: parowanie wody z powierzchni ciała człowieka, turbulencja i przewodzenie molekularne, promieniowanie długofalowe, w mniejszym stopniu parowanie z górnych dróg oddechowych.

Wyznaczenie wartości poszczególnych form wymiany ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem jest bardzo skomplikowane i wymaga odpowiedniej aparatury. Dlatego też tylko nieliczne prace podają te wielkości wyznaczane doświadczalnie, przy czym odnoszą się one na ogół do strat ciepła związanych z parowaniem potu (C. E. A. Winslow, L. P. Herrington, A. P. Gagge 1937; 1938; B. Givoni, H. S. Belding 1965). Wspomnieć tu trzeba o pomiarach strumienia ciepła na powierzchni ciała człowieka, prowadzonych przez W. Warmbta (1963) za pomocą skonstruowanego przez niego przyrządu, oraz o oryginalnej metodzie pomiaru bilansu promieniowania za pomocą poruszających się wokół badanego obiektu pyranometrów (J. P. Funk 1967).

W celu wyznaczenia poszczególnych składników bilansu cieplnego ciała człowieka stosuje się na ogół metody pośrednie, polegające na eksperymentalnym wyznaczeniu jedynie wielkości charakteryzujących otaczające środowisko atmosferyczne oraz niektóre parametry fizjologiczne (np. pomiary wymiany gazowej, która jest wskaźnikiem intensywności procesów metabolicznych w organizmie człowieka).

Przyjmuje się tu założenie, że powierzchnia ciała ludzkiego podlega takim samym prawom wymiany ciepła, jak każda powierzchnia fizyczna (W. H. Terjung 1970).

We współczesnej bioklimatologii metoda bilansu cieplnego ciała człowieka znalazła szerokie zastosowanie z uwagi na swój kompleksowy charakter, m. in. posłużyła wielu autorom do stworzenia nowych wskaźników odczuwalności cieplnej (D. L. Morgan, R. L. Baskett 1974; S. E. Tuller 1975). Wiele prac dotyczyło procesów wymiany ciepła w warunkach sztucznego mikroklimatu pomieszczeń zamkniętych (L. Oppl, M. Jokl 1959; P. O. Fanger 1974) lub też w uciążliwych warunkach termicznych, np. w halach fabrycznych (N. K. Witte 1956).

Najbardziej interesujące są prace, które podejmują próbę zastosowania tej metody do badań klimatologicznych zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej. Wymienić tu należy oryginalne prace W. H. Terjunga (1969; 1970; 1971) z Wydziału Geografii Uniwersytetu Kalifornijskiego, który na podstawie teoretycznych rozważań oraz pomiarów przedstawił mapy rozkładu bilansu radiacyjnego ciała człowieka na terenie Los Angeles oraz dokonał oceny warunków solarnych człowieka jako funkcji szerokości geograficznej.

W 1971 r. opublikowano atlas regionów uzdrowiskowych Bułgarii, wykonany w Instytucie Fizjoterapii i Badania Uzdrowisk w Sofii. Podstawą fizjologiczno-klimatologicznej rejonizacji kraju (cz. II atlasu) jest opracowana przez W. K. Marinowa (1960; 1967) oryginalna metoda oparta na bilansie cieplnym ciała człowieka. Autor jej zakłada, że głównym mechanizmem decydującym o równowadze cieplnej organizmu ludzkiego są zmiany prężności pary wodnej na powierzchni skóry, a tym samym i strata ciepła na parowanie. Słuszność teoretycznych założeń W. K. Marinowa została potwierdzona licznymi badaniami fizjologicznymi. Pod kierunkiem B. A. Ajzensztata (1973) wykonany został bioklimatyczny atlas Azji Środkowej. Atlas zawiera 136 map przedstawiających rozkład poszczególnych składników bilansu cieplnego ciała człowieka, przy czym szczególną uwagę zwrócono na wskaźniki dotyczące wielkości parowania z powierzchni ciała ludzkiego. Atlas ten stanowi podsumowanie wyników wielu prac autora (1964; 1971; 1974), których celem było określenie wpływu czynników meteorologicznych, a szczególnie promieniowania słonecznego na stan termiczny organizmu ludzkiego, modelowanego formą kuli lub pionowego cylindra (co odpowiada zgiętej lub stojącej pozycji ciała).

Wymienione tu ważniejsze prace dotyczące bilansu cieplnego ciała człowieka nie są pozbawione pewnych niedociągnięć, które wynikają przede wszystkim z potraktowania w sposób uproszczony wpływu na organizm człowieka różnych strumieni promieniowania, różnego rodzaju odzieży, różnego stopnia aktywności fizycznej, a więc tych czynników, które w sposób istotny decydują o wymianie ciepła między ciałem człowieka i jego otoczeniem. W znacznym stopniu wolna od tych niedociągnięć jest opracowana przez M. I. Budyko i G. W. Cycenko (1960) metoda oceny stanu termicznego organizmu ludzkiego, oparta na analizie równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka, której przydatność do celów bioklimatycznych została sprawdzona w bezpośrednich badaniach fizjologicznych i klimatologicznych (I. S. Kandror i in. 1966; T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971). Autorzy tej metody wykorzystali wyniki doświadczeń wielu badaczy tego problemu,

m. in. A. C. Burtona, K. Buttnera, O. G. Edholma, A. P. Gagge'a, L. P. Herringtona, C. E. A. Winslowa. Zaletą tej metody jest fakt, że uwzględnia ona wszystkie istotne czynniki meteorologiczne oddziałujące na człowieka oraz zróżnicowanie termozolacyjnych właściwości odzieży i stanu aktywności fizycznej organizmu. Jako najbardziej kompleksowa i obiektywna metoda w nowoczesnej bioklimatologii, stanowić ona będzie podstawę dalszej części niniejszego opracowania. Zaproponowaną przez M. I. Budyko metodę wykorzystała N. W. Gwasalija (1970), opracowując dla terenu Gruzji mapy poszczególnych składowych bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.

II. FIZJOLOGICZNE REAKCJE USTROJU CZŁOWIEKA W PROCESIE WYMIANY CIEPŁA Z OTOCZENIEM

1. TERMOREGULACJA FIZYCZNA I CHEMICZNA

Warunkiem prawidłowego przebiegu wszystkich procesów życiowych zachodzących w organizmie człowieka jest utrzymanie jego wewnętrznej temperatury na jednakowym poziomie ($\approx 37^{\circ}\text{C}$), niezależnie od zmiennych bodźców termicznych środowiska zewnętrznego.

Organizm ludzki ma znaczne możliwości adaptacji do zmieniających się warunków termicznych w taki sposób, aby jego bilans cieplny pozostawał w równowadze. Ta stałość termiczna wnętrza człowieka może być osiągnięta dzięki precyzyjnie działającemu systemowi termoregulacji, który podlega wegetatywnemu układowi nerwowemu. Centrum termoregulacji zlokalizowane jest w ośrodkowym układzie nerwowym (w części mózgu zwanej podwzgórzem). Otrzymując informacje o stanie równowagi cieplnej organizmu, reguluje ono odruchowo intensywność procesów wytwarzania ciepła (termoregulacja chemiczna) i jego oddawania (termoregulacja fizyczna).

Jeżeli nastąpi zaburzenie stanu równowagi pomiędzy tymi dwoma procesami, mamy do czynienia z obniżeniem temperatury wnętrza ciała lub też z jej podwyższeniem. Oba te stany mogą doprowadzić do poważnych uszkodzeń czynności organizmu, a w skrajnych przypadkach nawet do śmierci, na skutek udaru cieplnego lub zamarznięcia. Powyższe rozważania o stabilności temperatury ciała człowieka nie dotyczą jego powierzchni, do której zalicza się skórę oraz tkanki podskórne o grubości około 2 cm. Ponieważ odprowadzanie ciepła z ustroju odbywa się przede wszystkim za pośrednictwem skóry, a w mniejszym stopniu przez drogi oddechowe i płuca (N. K. Witte 1956; S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970), możemy zatem stwierdzić, że i w procesie termoregulacji fizycznej skóra człowieka odgrywa bardzo ważną rolę. Znajdują się w niej zakończenia nerwowe wrażliwe na wahania temperatury otoczenia (receptory ciepła i zimna), które wraz z przepływającą krwią przesyłają ośrodkowi regulacji cieplnej sygnały, wyzwalające wiele reakcji przystosowawczych organizmu. I tak, odpowiedzią układu termoregulacji na wpływ wysokich temperatur jest rozszerzenie peryferycznych naczyń krwionośnych, wzmożony przepływ krwi oraz aktywne wydzielanie potu. Trzeba tu dodać, że wydzielanie wody z powierzchni ciała odbywa się również dzięki dyfuzji pary wodnej bezpośrednio ze skóry. Jest to tzw. parowanie niewidoczne. Proces ten zachodzi

niezależnie od temperatury i nie jest sterowany przez żadne mechanizmy termoregulacyjne (S. Klonowicz, S. Kozłowski 1970; Z. Kaleta 1971). Termoregulacyjne wydzielanie potu następuje wtedy, gdy temperatura otoczenia przekracza 28°C (C. E. A. Winslow, L. P. Herrington, A. P. Gagge 1938), ale ochładzającą rolę spełnia pot tylko wtedy, gdy warunki fizyczne środowiska atmosferycznego umożliwiają całkowite jego wyparowanie.

Przy dużym obciążeniu cieplnym organizmu — gdy temperatura powietrza wyższa jest od temperatury skóry człowieka, parowanie potu jest jedyną formą odprowadzania ciepła z ustroju (K. Collins, J. Weiner 1965; B. Givoni, H. S. Belding 1965).

Oddziaływanie na człowieka niskich temperatur wyzwała reakcje odwrotne do wyżej opisanych. Naczynia krwionośne zwężają się, następuje ograniczenie skórniego przepływu krwi, co chroni przed nadmierną utratą ciepła. Często występuje również kurczenie i drżenie mięśni (tzw. gęsia skóra). Następują zmiany w tempie przemiany materii, co prowadzi do zwiększenia ilości ciepła wytwarzanego przez ustrój.

Odruchowe wahania skórniego przepływu krwi, a co za tym idzie również różnicy temperatury między powierzchnią ciała człowieka a otoczeniem spełniają rolę istotnego czynnika, który decyduje o wielkości wymiany energii poprzez turbulencyjne przenoszenie ciepła, promieniowanie długofalowe i przewodzenie molekularne (W. Rewerski, S. Kozłowski, Z. Korolkiewicz, T. Wróblewski 1972).

Wytwarzanie ciepła przez ustrój człowieka (termogeneza), odbywa się w wyniku procesów metabolicznych (tzn. przemian biochemicznych związanych z utlenianiem węglowodanów, tłuszczów i białek). Miernikiem intensywności tych reakcji jest ilość zużywanego przez organizm tlenu. Energia wyzwolona w procesach utleniania zostaje zamieniona przede wszystkim na ciepło (M. Rybicka 1971).

Liczni autorzy (A. C. Burton, O. G. Edholm 1955; L. Oppl, M. Jokl 1959) wskazują, że intensywność procesu termogenezy zależy od warunków klimatycznych i stopnia aklimatyzacji człowieka, w niewielkim zakresie od cech konstytucjonalnych organizmu, a przede wszystkim od jego aktywności fizycznej. Jak podaje Z. Kaleta (1971), podczas spaceru z prędkością 5 km/h wytwarzanie ciepła w organizmie wzrasta się prawie trzykrotnie w stosunku do ilości produkowanej w stanie spoczynku.

Stwierdzono na podstawie licznych eksperymentów (K. Buttner 1951; P. O. Fanger 1974), że w przypadku większości ludzi pozostających w bezruchu, w komfortowych warunkach termicznych, ilość ciepła wytwarzanego w procesach metabolicznych odniesiona do jednostki czasu i powierzchni ciała człowieka wynosi w przybliżeniu $40\text{ kcal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Wielkość tę określa się mianem metabolizmu podstawowego.

Z klimatologicznego punktu widzenia interesująca jest zależność pomiędzy ilością ciepła wytwarzanego przez organizm człowieka i warunkami termicznymi środowiska. W. Rewerski, S. Kozłowski, Z. Korolkiewicz, T. Wróblewski (1972) podają, że wzrost przemiany materii uzależniony jest od stopnia obniżenia zarówno temperatury wewnętrznej ciała, jak i temperatury skóry. Jednak nawet znaczne

obniżenie temperatury skóry nie powoduje większej termogenezy, jeżeli temperatura wewnętrzna nie obniży się dostatecznie.

Stwierdzenie dodatniej korelacji między intensywnością wysiłku fizycznego a ilością ciepła wyprodukowanego przez ustrój ułatwiło wprowadzenie tej wielkości do równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Przyjmuje się (L. Oppl, M. Jokl 1959; T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971), że produkcja ciepła odniesiona do jednostki powierzchni ciała człowieka pozostającego w pozycji leżącej wynosi $0,08 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$, w pozycji stojącej — $0,10 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$, wykonującego lekką pracę fizyczną — $0,15 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$, pracę fizyczną o średniej intensywności — $0,25 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

Wewnątrzustrojowy system termoregulacji organizmu ludzkiego jest dość skuteczny, ale przedłużające się znaczne natężenie jego reakcji działa obciążająco, prowadząc do pogorszenia samopoczucia, a także do obniżenia sprawności fizycznej i umysłowej człowieka w wyniku wahań ciśnienia tętniczego krwi, zmian jej składu chemicznego oraz zakłóceń oddechu (M. Rybicka 1971).

2. TEMPERATURA SKÓRY CZŁOWIEKA JAKO KRYTERIUM ODCZUWALNOŚCI CIEPLNEJ

W procesie wymiany ciepła między organizmem ludzkim a otoczeniem skóra człowieka odgrywa istotną rolę zarówno z fizjologicznego, jak i z fizycznego punktu widzenia. Autorzy prac dotyczących bilansu cieplnego ciała człowieka (H. Pfeleiderer 1933; K. Büttner 1938; A. C. Burton, O. G. Edholm 1955; N. K. Witte 1956; K. Höschel 1970; T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971; P. O. Fanger 1974) podkreślają zgodnie, że temperatura skóry — ściśle związana z jej ukrwieniem — odzwierciedla wpływ warunków meteorologicznych na organizm człowieka.

Na zależność tę pierwszy zwrócił uwagę I. Vincent (por. K. Büttner 1938), który już w 1890 r. wyznaczył empirycznie związek między temperaturą kciuka oraz temperaturą powietrza, promieniowaniem i prędkością wiatru.

Nowsze badania, m. in. H. Pfeleiderera (1933); K. Büttnera (1938) i fizjologów amerykańskich — C. E. A. Winslowa, L. P. Herringtona, A. P. Gagge'a (1937; 1938) ujawniły, że temperatura skóry człowieka jest nie tylko ważnym wskaźnikiem intensywności reakcji organizmu na bodźce klimatyczne, ale również może być ona traktowana jako miara termicznego samopoczucia człowieka. Istota zmian odczuwalności cieplnej polega na zmianie temperatury receptorów ciepłych skóry (N. K. Witte 1956).

Jak wynika z badań prowadzonych w różnych strefach klimatycznych Związku Radzieckiego (G. W. Cycenko 1963; N. A. Jefimowa, G. W. Cycenko 1963; I. S. Kandror, D. M. Diemina, E. M. Ratnier 1966), współzależność między subiektywną odczuwalnością cieplną i temperaturą skóry człowieka została potwierdzona wysokimi wartościami współczynnika korelacji (0,7—0,9).

Należy tu podkreślić, że odczuwalność cieplną można określać jedynie za pomocą średniej ważonej temperatury skóry. Różne części ciała, a w szczególności kończyny charakteryzują się temperaturą znacznie nieraz odbiegającą od temperatury reszty ciała (odchylenia te sięgają nawet 10—20°C).

W celu określenia średniej ważonej temperatury skóry człowieka niezbędne jest wykonanie pomiarów w 5 (K. Büttner 1938) do 15 (C. E. A. Winslow, L. P. Herrington, A. P. Gagge 1937) częściach ciała i uwzględnienie stosunku procentowego powierzchni, którą one zajmują do całej powierzchni ciała.

Bezpośrednie pomiary temperatury powierzchni ciała człowieka prowadzi się obecnie za pomocą różnego rodzaju termometrów elektrycznych. Interesującą metodę pośrednią stosuje w polskich badaniach higienicznych M. Boguszewska i współpracownicy (1961, 1965). Istotą tej metody jest badanie reakcji naczyń krwionośnych skóry pod wpływem zmieniających się warunków cieplnych za pomocą tzw. pletyzmografu.

W zależności od czynników termicznych środowiska, a tym samym od wzajemnego stosunku poszczególnych składników bilansu cieplnego ciała człowieka, średnia temperatura powłok skórnych może ulegać wahaniom od około 26–38°C (T. N. Liopo, G. W. Cyckenko 1971). Dzięki działalności mechanizmów termoregulacyjnych, wahania te nie wpływają na zmianę temperatury wnętrza ciała.

Komfort cieplny ciała człowieka odpowiada średniej temperaturze powierzchni ciała, bliskiej 33°C, (por. K. Büttner 1938, 1951, 1962; A. C. Burton, O. G. Edholm 1955). T. N. Liopo i G. W. Cyckenko (1971) rozszerzają zakres temperatur komfortowych od 32 do 33°C, I. S. Kandror (por. I. S. Kandror i in. 1966A) od 31 do 32,9°C, F. Sargent i S. W. Tromp (1964) od 31 do 32°C.

Osiągnięciu komfortu termicznego sprzyja taki kompleks warunków meteorologicznych, które nie powodują istotnych zmian w krwiobiegu, w związku z czym mechanizmy termoregulacyjne mogą pozostawać w stanie minimalnej aktywności (I. S. Kandror i in. 1966A).

Tabela 1. Średnia temperatura skóry człowieka w warunkach różnej odczuwalności cieplnej, wg T. N. Liopo i G. W. Cyckenko (1971)

Mean skin temperature by the different thermal sensation after T. N. Liopo and G. W. Cyckenko (1971)

Odczuwalność cieplna Thermal sensation	T_s °C
Bardzo zimno Very cold	< 28,0
Zimno Cold	28,0–28,9
Chłodno Cool	29,0–31,9
Komfort Comfort	32,0–33,2
Ciepło Warm	33,3–34,3
Gorąco Hot	34,4–35,5
Bardzo gorąco Very hot	> 35,6

Wyniki badań eksperymentalnych średniej temperatury skóry człowieka, skorelowanej z subiektywną oceną wrażeń cieplnych, pozwoliły na ustalenie skali odczuwalności cieplnej (tab. 1), która może być stosowana w praktyce bioklimatycznej (T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971) w szerokim zakresie warunków meteorologicznych, i dlatego też na niej są oparte rozważania w dalszej części niniejszej pracy.

Przytoczone rozważania upoważniają do stwierdzenia, że temperaturę skóry człowieka można traktować jako kompleksowy (fizyczny i fizjologiczny) wskaźnik bioklimatyczny.

3. ZNACZENIE ODZIEŻY W PROCESIE WYMIANY CIEPŁA

Utrzymanie stanu równowagi cieplnej organizmu ludzkiego, w szerokim zakresie zmian warunków meteorologicznych środowiska, jest możliwe nie tylko w wyniku działalności układu termoregulacji, lecz także dzięki różnorodnym funkcjom, jakie spełnia odzież. Odpowiednia odzież chroni przed zbyt dużą utratą ciepła, a także przed przegrzaniem — tym samym zapobiega nadmiernemu obciążeniu systemu termoregulacji.

Najważniejsze zadanie odzieży polega na właściwej izolacji cieplnej ciała oraz na transporcie pary wodnej (K. Buttner 1951).

Przenikanie strumieni ciepła ze skóry do zewnętrznej powierzchni odzieży lub w kierunku odwrotnym zależy od wielkości oporu cieplnego warstwy nieruchomego powietrza znajdującego się w ubraniu (D. H. K. Lee, H. Lemons 1949). Natomiast opór odzieży dla dyfuzji pary wodnej jest zazwyczaj stosunkowo mały i nie stanowi przeszkody w odprowadzaniu potu z powierzchni skóry (P. O. Fanger 1974).

W 1941 r. A. P. Gagge, A. C. Burton i H. C. Bazett, opracowali ilościową metodę oceny termoizolacyjnych właściwości odzieży, wprowadzając umowną jednostkę izolacji cieplnej CLO (*clothes*). Według jej autorów odzież o termoizolacyjnych właściwościach równych 1 CLO zapewnia poczucie komfortu termicznego człowiekowi znajdującemu się w stanie spoczynku, w temperaturze otoczenia 21°C, wilgotności względnej 50% i prędkości ruchu powietrza 0,1 m/s. CLO zdefiniowana w jednostkach oporu cieplnego powietrza wynosi 0,18°C·kcal⁻¹·m²·h, co oznacza, że jeżeli przez izolującą warstwę odzieży o powierzchni 1 m², w ciągu godziny przechodzi strumień ciepła równy 1 kcal, to różnica temperatur między zewnętrzną a wewnętrzną warstwą odzieży wynosi 0,18°C.

Takim warunkom odpowiada komplet odzieży składający się z wełnianego garnituru męskiego, bielizny i obuwia. Dla przykładu warto dodać, że termoizolacja odzieży osób pracujących w warunkach wysokich temperatur wynosi około 0,1—0,5 CLO, podczas gdy odzież zimowa powinna charakteryzować się wartościami termoizolacyjnymi około 3,5 CLO (por. G. W. Cycenko 1963; 1967).

Ustalenie warunków, jakim powinna odpowiadać odzież, aby w maksymalnym stopniu ułatwić utrzymanie stałości bilansu cieplnego organizmu człowieka, było przedmiotem badań laboratoryjnych, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych (D. H. K. Lee, H. Lemons 1949), Związku Radzieckim (E. A. Małyszewa 1951), także w Polsce (M. Boguszewska i in. 1960; G. Trzos 1975).

Prosty sposób wyznaczania termoizolacyjnych wymagań stawianych odzieży opracowany został przez T. N. Liopo i G. W. Cycenko (por. T. N. Liopo 1968; T. N. Liopo, G. W. Cycenko 1971), na podstawie badań eksperymentalnych. Opierając się na równaniu bilansu cieplnego ciała człowieka określono (w jednostkach CLO), jakim własnościom termoizolacyjnym powinna odpowiadać odzież mieszkańców różnych stref klimatycznych Związku Radzieckiego.

W odniesieniu do Polski należy odnotować próbę oceny klimatu kilku miejscowości, z punktu widzenia zapotrzebowania na odzież o optymalnych właściwościach termoizolacyjnych (M. Gregorcuk 1967).

INSTITUT GEOGRAFII
I KARTOGRAFII
Polskiej Akademii Nauk
ul. Nowy Świat Nr 72
00-630 Warszawa

III. RÓWNANIE BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA WEDŁUG M. I. BUDYKO

Gdy temperatura wewnętrzna ciała człowieka nie zmienia się w czasie, wówczas równanie bilansu cieplnego powierzchni ciała przybiera następującą postać:

$$R + M = LE + P + B, \quad (1)$$

gdzie:

R – bilans radiacyjny powierzchni ciała człowieka;

M – ciepło wytwarzane przez organizm w procesach metabolicznych;

LE – utrata ciepła utajonego w procesach parowania wody;

P – utrata ciepła jawnego przez turbulencję;

B – strata ciepła wynikająca z nagrzewania i nasycania parą wodną powietrza wydychanego.

W równaniu nie uwzględniono zjawiska przewodzenia molekularnego zachodzącego przy kontakcie z podłożem (głównie poprzez obuwie), czy też strat ciepła wynikających z niektórych procesów fizjologicznych – z uwagi na niewielkie wartości liczbowe tych form wymiany ciepła.

Bilans radiacyjny (R) stanowi różnicę strumieni promieniowania krótkofalowego (w zakresie widmowym $0,3\mu - 3,0\mu$), pochłoniętego przez powierzchnię ciała człowieka (R_K) i wypromieniowania efektywnego, tzn. długofalowego (R_L).

$$R = R_K - R_L. \quad (2)$$

Ponieważ R_K jest wielkością ≥ 0 , R_L natomiast ujemne, równanie (1) zostało przez autorkę opracowania przekształcone w ten sposób, aby po jego lewej stronie znajdowały się zawsze strumienie ciepła o wartościach ≥ 0 . Ponadto, w obliczeniach nie uwzględniono wartości B , jako że przy dodatnich temperaturach powietrza wielkość tego strumienia może zostać pominięta (T. N. Liopo, G. W. Cyncenko 1971). Tak więc, ostateczna postać równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka przedstawia się następująco:

$$R_K + M = LE + P + R_L, \quad (3)$$

przy czym strumienie R_K i M skierowane są do powierzchni ciała człowieka, natomiast LE , P , R_L określają różne formy ciepła traconego przez tę powierzchnię.

1. WYZNACZANIE PROMIENIOWANIA POCHŁONIĘTEGO I EFEKTYWNEGO

Zewnętrznym źródłem ciepła dla ciała człowieka jest strumień krótkofalowej energii słonecznej. Dociera on do jego powierzchni w postaci promieniowania bezpośredniego, rozproszonego i odbitego od powierzchni ziemi. Dokładne określenie ilości tej energii jest dość trudne, głównie ze względu na kształt ciała ludzkiego.

Jeśli przyjmiemy, że pionowej pozycji ciała odpowiada geometryczna forma walca o rozmiarach odpowiadających tzw. średniemu człowiekowi, to wielkość strumieni promieniowania krótkofalowego, dochodzących do powierzchni (cm^2) tego modelu, może zostać obliczona za pomocą odpowiednich wzorów, do których wchodzi łatwo dające się zmierzyć natężenie promieniowania słonecznego na powierzchni poziomej.

Promieniowanie bezpośrednie padające na jednostkę powierzchni przyjętego w rozważaniach modelu będzie wtedy równe:

$$S' = S \frac{\text{ctg } h}{\pi},$$

gdzie:

S – natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$);

h – wysokość Słońca.

Z założenia o izotropowym rozkładzie pozostałych strumieni promieniowania wynika (K. J. Kondratiew 1956), że rozproszone promieniowanie słoneczne dochodzące do jednostki powierzchni naszego modelu od sklepienia niebieskiego:

$$Q' = \frac{1}{2}Q,$$

Q – natężenie promieniowania krótkofalowego rozproszonego na powierzchnię poziomą ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$).

Analogicznie, natężenie promieniowania odbitego od powierzchni ziemi:

$$r = \frac{1}{2}(S+Q)\alpha_0,$$

α_0 – albedo powierzchni ziemi.

Dla okresu letniego i powierzchni pokrytych trawą przyjęto w obliczeniach średnią wartość albedo – 0,20.

Tak więc, krótkofalowe promieniowanie pochłonięte przez jednostkę powierzchni ciała ludzkiego można obliczyć w następujący sposób:

$$R_K = \left[S \frac{\text{ctg } h}{\pi} + \frac{1}{2}Q + \frac{1}{2}(S+Q)\alpha_0 \right] (1 - \alpha_c), \quad (4)$$

α_c – średnie albedo skóry i odzieży człowieka – 0,30 (por. B. A. Ajzensztat, T. I. Abdumalikow 1974)

Wymiana ciepła drogą promieniowania długofalowego, które określamy mianem wypromieniowania efektywnego (R_L), zachodzi pomiędzy powierzchnią ciała ludzkiego a atmosferą i podłożem. Zgodnie z poprzednimi założeniami, wypro-

mieniowanie efektywne jednostki przyjętego modelu ciała będzie równe połowie strumienia wypromieniowania efektywnego powierzchni ziemi (L_0). Ponadto należy tu uwzględnić poprawki, których wielkość, zgodnie z prawem Stefana-Boltzmann'a, jest proporcjonalna do różnicy temperatur między powierzchnią ciała ludzkiego i powietrzem (L_1) oraz powierzchnią ciała człowieka i podłożem (L_2):

$$L_1 = \frac{1}{2} s \sigma (T_s^4 - T^4); \quad L_2 = \frac{1}{2} s \sigma (T_s^4 - T_g^4),$$

s — zdolność emisyjna powierzchni promieniujących — 0,95;

σ — stała Stefana-Boltzmann'a — $8,2 \cdot 10^{-11} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{stop}^{-4}$;

T_s — temperatura powierzchni ciała człowieka (skóry);

T — temperatura powietrza;

T_g — temperatura powierzchni ziemi.

Suma algebraiczna tych dwóch poprawek równa jest w przybliżeniu:

$$L_1 + L_2 = 4s\sigma T^3(T_s - T) - 2s\sigma T^3(T_g - T). \quad (5)$$

Wyznaczenie L_0 w warunkach terenowych wiąże się z trudnościami wynikającymi z braku odpowiedniej aparatury. Wskazania bilansomierza Janiszewskiego obarczone są tak dużym błędem (ok. 30%), że skorzystano z jednego z nowszych wzorów empirycznych (N. A. Jefimowa 1961). Wzór ten został wyznaczony na podstawie dostatecznie długich serii obserwacyjnych i opiera się na empirycznym związku między wypromieniowaniem efektywnym a niektórymi czynnikami meteorologicznymi (mierzonymi na wysokości 2 m nad poziomem gruntu). Zdaniem jego autorki może on być stosowany do obliczenia wartości chwilowych, w $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

$$L_0 = [s\sigma T^4(0,254 - 0,0066e)(1 - c \cdot n)], \quad (6)$$

gdzie:

e — prężność pary wodnej w mm Hg;

c — współczynnik charakteryzujący rodzaj chmur;

Współczynniki dla chmur następujących pięter:

— wysokiego: 0,15–0,20 (Ci, Cc, Cs),

— średniego: 0,50–0,60 (Ac, As),

— niskiego: 0,70–0,80 (St, Sc, Cu, Cb, Ns)

(wartości liczbowe współczynników przyjęto wg M. I. Budyko 1971);

n — wielkość zachmurzenia (wyrażona w częściach jednośc).

Sumując składniki (5) i (6) możemy napisać, że:

$$R_L = \frac{1}{2} [s\sigma T^4(0,254 - 0,0066e)(1 - c \cdot n) - 2s\sigma T^3(T_g - T) + 4s\sigma T^3(T_s - T)]. \quad (7)$$

2. WYZNACZANIE TURBULENCYJNYCH STRUMIENI CIEPŁA JAWNEGO I UTAJONEGO

Wielkość wymiany ciepła jawnego między ciałem człowieka a atmosferą (P) jest prostą funkcją różnicy ich temperatur oraz ruchu powietrza (K. Büttner 1938; M. I. Budyko 1960, 1971)

$$P = \rho C_p D(T_s - T), \quad (8)$$

gdzie:

ρ — gęstość powietrza w $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, zależna od temperatury powietrza i ciśnienia;
 C_p — pojemność cieplna powietrza przy stałym ciśnieniu — $0,24 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{stop}^{-1}$;
 D — współczynnik dyfuzji turbulencyjnej w $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Zastosowanie współczynnika dyfuzji znacznie upraszcza obliczenia, ponieważ praktycznie nie zależy on od wysokości, na której mierzona jest temperatura i wilgotność, pod warunkiem że poziom pomiarowy jest wyższy niż 1 m. Jak podaje M. I. Budyko (por. również H. Lee i H. Lemons 1949), współczynnik ten jest w przybliżeniu proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z prędkości wiatru.

$$D = m\sqrt{v},$$

v — prędkość wiatru w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;

m — stała liczbowa równa w przybliżeniu 1,0.

Przy obliczaniu strumienia P , zasadnicze znaczenie ma dokładność, z jaką jesteśmy w stanie wyznaczyć małe prędkości wiatru. Niedostateczna czułość anemometrów Robinsona uniemożliwia dokładne pomiary prędkości wiatru poniżej $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, których nie możemy traktować jako równe zeru. Dlatego też w naszych obliczeniach przyjęto za A. R. Konstantinowem (*Isparienije w prirodie* 1968) założenie, że minimalna prędkość wiatru równa będzie $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, co oznacza wartość środkową przedziału wyznaczonego z jednej strony czułością anemometru, z drugiej natomiast — sporadycznie występującymi w pewnym przedziale czasowym (10 min), ciszami.

Analogiczne procesy fizyczne decydują o przenoszeniu LE — ciepła utajonego związanego z parowaniem wody, z powierzchni skóry człowieka (K. Büttner 1938; 1951).

Jak wspomniano w rozdziale II.1, skóra ludzka jest zawsze wilgotna bądź ze względu na dyfuzję pary wodnej, bądź też w wyniku działalności gruczołów potowych. Jakkolwiek zjawiskiem wydzielania potu rządzą mechanizmy fizjologiczne, to sam proces parowania z powierzchni ciała człowieka uzależniony jest od fizycznych właściwości otaczającego środowiska atmosferycznego.

$$LE = L_0 D(q_s - q) a, \quad (9)$$

gdzie:

L — utajone ciepło parowania będące funkcją temperatury powietrza;

q_s — wilgotność właściwa powietrza nasyconego w temperaturze równej temperaturze skóry człowieka, w $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;

q — wilgotność właściwa powietrza, w $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;

a — stosunek faktycznego parowania z powierzchni ciała człowieka do parowania z powierzchni wodnej, w tych samych warunkach termicznych (Budyko 1971).

Tak więc, wielkość strat ewaporacyjnych z powierzchni ciała człowieka zależy przede wszystkim od jej temperatury. Wartości współczynnika a zmieniają się według: S. E. Tullera (1975) od 0,07 do 1,00; B. A. Ajzensztata, J. M. Dienisowa, O. F. Karpaczewej (1974) — od 0,03 do 1,00; B. Givoniego i H. S. Beldinga (1965) — od

0,37 do 1,00. Na podstawie licznych badań laboratoryjnych (C. E. A. Winslow, L. P. Herrington, A. P. Gagge 1937; 1938) ustalono zależności liczbowe pomiędzy średnią temperaturą skóry człowieka a stopniem jej uwilgocenia. Stwierdzono, że w średniej temperaturze skóry bliskiej 34°C następuje wzrost powierzchni wilgotnej, w związku z większą aktywnością gruczołów potowych, natomiast całkowite zwilżenie skóry obserwuje się w $T_s \geq 35,5$ co odpowiada odczuwalności cieplnej — „bardzo gorąco”.

3. RÓWNANIE BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA W ODZIEŻY

Równanie (3) opisuje bilans cieplny powierzchni ciała człowieka nie chronione odzieżą. Bez uwzględnienia tego, tak istotnego do utrzymania równowagi cieplnej naszego ustroju czynnika, niniejsze rozważania miałyby znaczenie czysto teoretyczne. W praktyce bowiem, pozbawienie człowieka odzieży w zmieniających się warunkach meteorologicznych doprowadziłoby do naruszenia stałości temperatury jego wnętrza, a tym samym do zakłóceń w funkcjonowaniu ważnych dla życia procesów fizjologicznych.

W celu wprowadzenia do równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka informacji odnoszących się do rodzaju odzieży M. I. Budyko wyznaczył empirycznie średni współczynnik przewodnictwa cieplnego odzieży — D' . Współczynnik ten określa przewodzenie ciepła przez odzież i zależy przede wszystkim od jej termoizolacyjnych właściwości, które jak już wspomniano w rozdziale II.3. można wyrazić w jednostkach CLO.

$$D' = \frac{0,53}{\text{liczba jednostek CLO}}$$

Współczynnik D' przyjmuje wymiar $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$

Zakładając, że w procesie wymiany energii między organizmem człowieka a otoczeniem rolę powierzchni czynnej — oddającej i otrzymującej ciepło — spełnia powierzchnia ubrania i powierzchnia ciała (K. Büttner 1938, 1951), dalsze postępowanie M. I. Budyko polegało na algebraicznych przekształceniach układu dwóch równań:

1) równania bilansu cieplnego^a powierzchni ciała człowieka pod odzieżą:

$$M = LE' + P', \quad (10)$$

gdzie:

$$LE' = L \rho D' (q_s - q_x) a;$$

$$P' = \rho C_p D' (T_s - T_x);$$

T_x i q_x oznacza temperaturę i wilgotność właściwą powietrza na poziomie zewnętrznej powierzchni odzieży;

2) równania bilansu cieplnego zewnętrznej powierzchni odzieży:

$$R_K + P' = P_x + R_{Lx}, \quad (11)$$

gdzie:

$$P_x = \rho C_p D (T_x - T),$$

$$R_{Lx} = L_0 - 2s\sigma T^3 (T_g - T) + 4s\sigma T^3 (T_x - T).$$

Stronę dochodową równania (11) powiększa strumień ciepła skierowany od powierzchni ciała człowieka ku zewnętrznej powierzchni odzieży — P' .

Zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami (rozdz. II.3), wielkość strumienia pary wodnej, która powstaje na powierzchni ciała człowieka nie ulega zmianie w czasie przechodzenia przez odzież, to znaczy:

$$eD'(q_s - q_x)a = eD(q_s - q)a. \quad (12)$$

Ostateczna postać równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka ubranego w określony rodzaj odzieży wynika z przekształceń równań (10—12):

$$R_K \frac{eC_p D'}{eC_p D' + eC_p D + 4s\sigma T^3} + M = LE \frac{eC_p D'}{eC_p D' + eC_p D} + P \frac{eC_p D'}{eC_p D' + eC_p D + 4s\sigma T^3} + R_L \frac{eC_p D'}{eC_p D' + eC_p D + 4s\sigma T^3}. \quad (13)$$

Sposób obliczania promieniowania pochłoniętego krótkofalowego — R_K , strumienia ciepła jawnego — P i utajonego — LE oraz wypromieniowania efektywnego — R_L , podano w punkcie 1 i 2 niniejszego rozdziału. Wszystkie te strumienie wyrażone są w $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

W równaniu (13) $\frac{eC_p D'}{eC_p D' + eC_p D + 4s\sigma T^3}$ jest członem charakteryzującym wpływ odzieży na wielkość poszczególnych strumieni ciepła, które ciało człowieka otrzymuje i oddaje. Wartości liczbowe tego czynnika, zależne przede wszystkim od rodzaju odzieży i prędkości wiatru, są zawsze mniejsze od 1,0.

Równanie (13) zostało przyjęte w niniejszym opracowaniu do obliczenia:

- średniej temperatury powierzchni ciała człowieka, którą nazywać będziemy średnią temperaturą jego skóry (T_s);
- poszczególnych składowych równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka oraz jego struktury.

Trzeba jednak zaznaczyć, że obliczone w ten sposób wielkości będą miały charakter przybliżony z powodu:

- przyjęcia w postępowaniu rachunkowym średnich wartości wielu współczynników liczbowych;
- nieuwzględniania różnic w indywidualnym funkcjonowaniu układu termoregulacyjnego (wytwarzanie ciepła, wydzielanie potu, reakcja powierzchniowych naczyń krwionośnych); dlatego też, przyjęte w równaniu bilansu cieplnego parametry fizjologiczne będą dotyczyły „średniego”, tzn. o przeciętnym wzroście i wadze, zdrowego człowieka, bez uwzględnienia zróżnicowania odczuwalności cieplnej wynikającej z różnic wieku i płci.

Sprawdzenie przez zespół M. I. Budyko dokładności tej metody obliczeniowej polegało na przeprowadzeniu serii bezpośrednich pomiarów temperatury skóry u 90 osób (I. S. Kandror i in. 1966A). Okazało się, że odchylenia wartości T_s , obliczonych i zmierzonych sięgają od $\pm 0,7$ do $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Odchylenia te są mniejsze w przypadku dodatnich temperatur powietrza.

IV. BADANIA TERENOWE W IWONICZU

1. LOKALIZACJA STANOWISK POMIAROWYCH

Celem podjętych w latach 1971—1973 badań terenowych w Iwoniczu było wyznaczenie zróżnicowania przestrzennego wszystkich parametrów meteorologicznych niezbędnych do rozwiązania równania bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka (równanie 13, rozdz. III.3).

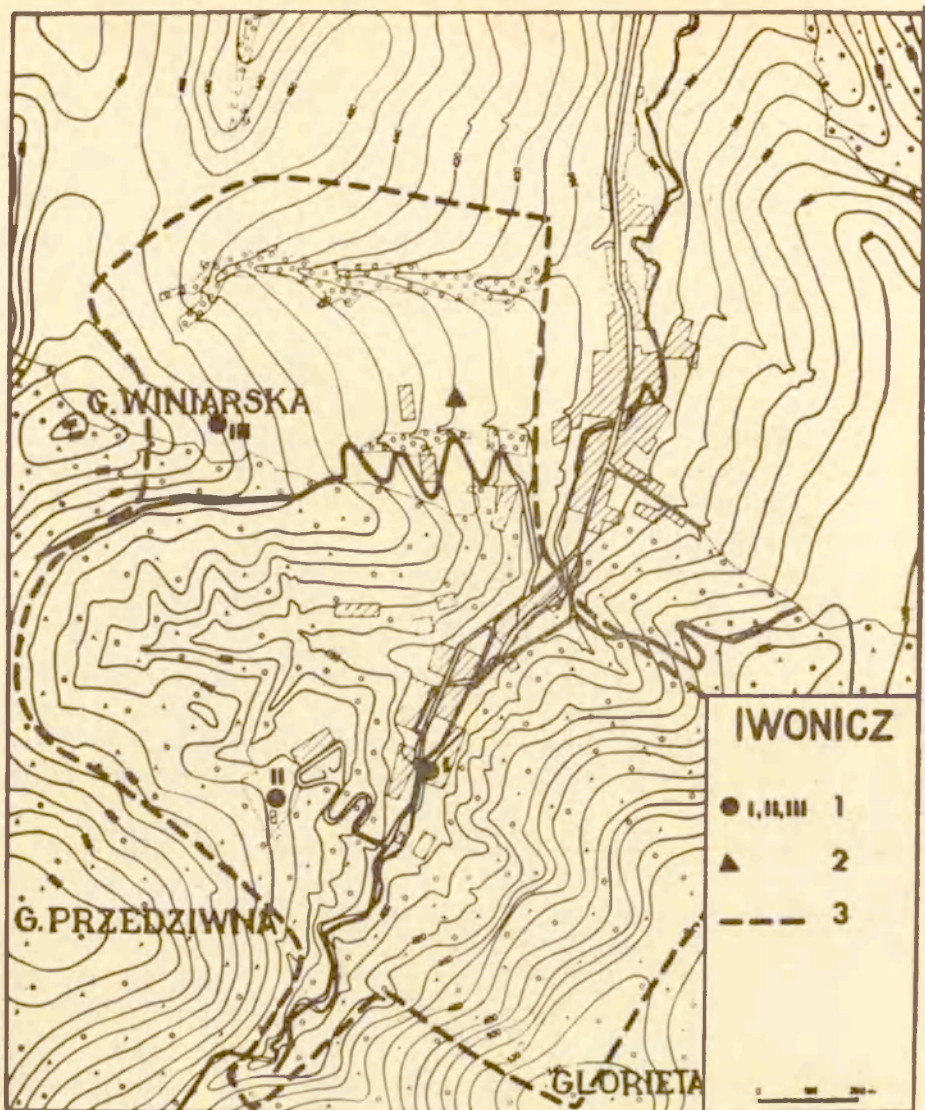
Badania prowadzone były w trzech punktach uzdrowiska i objęły swym zasięgiem dzielnicę sanatoryjną Iwonicza. Podczas lokalizacji stanowisk pomiarowych starano się, aby

- reprezentowały one główne jednostki orograficzne wybranego terenu o różnym stopniu pokrycia roślinnością wysoką;
- znajdowały się nie tylko w obecnym centrum uzdrowiska, lecz także na terenach, które w przyszłości będą zagospodarowane przez obiekty budownictwa sanatoryjnego.

Stanowisko pomiarowe nr I (386 m npm.) usytuowane było w pobliżu Zakładu Przyrodoleczniczego „Pod Jodłą”, w dolinie Potoku Iwonickiego, w odległości około 3 m od jego prawego brzegu. Ta część uzdrowiska charakteryzuje się dużym zasłonięciem horyzontu (średnio 42%), które w części południowej i południowo-zachodniej sklepienia niebieskiego przekracza nawet 50% (ryc. 2). Stanowisko pomiarowe nr II (435 m npm.) znajdowało się na północno-wschodnim zboczu Góry Przedziwnej, na spłaszczeniu o nachyleniu około 2°, w pobliżu Sanatorium nr I „Excelsior” i reprezentowało w przybliżeniu warunki topoklimatyczne polany śródleśnej. Średnie zakrycie horyzontu wynosiło tu 31%, przy czym było ono największe w południowo-zachodniej części niebosłonu. Stanowisko pomiarowe nr III (480 m npm.) zlokalizowane było w górnej części zbocza Góry Winiarskiej, nachylonego około 4—6° w kierunku wschodnim, na terenie niezalesionym. Ta część dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza odznacza się najniższym zasłonięciem horyzontu (średnio 11%). Wschodnie zbocza Góry Winiarskiej przeznaczone są dla budownictwa sanatoryjnego. Podłoże we wszystkich miejscach pomiarowych stanowiła gleba typu glin ciężkich, porośnięta trawą.

Stanowiska pomiarowe będziemy nazywać: nr I — Centrum; nr II — Excelsior; nr III — Góra Winiarska.

Pomiary terenowe odbywały się w czterech okresach: 6 VII—3 VIII 1971; 17 II—1 III 1972; 7—28 VIII 1972; 5 VI—2 VII 1973. Wyposażenie każdego stanowiska po-



Ryc. 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych:

1 – stanowiska pomiarów terenowych; 2 – stacja meteorologiczna IMGW; 3 – granica dzielnicy sanatoryjnej

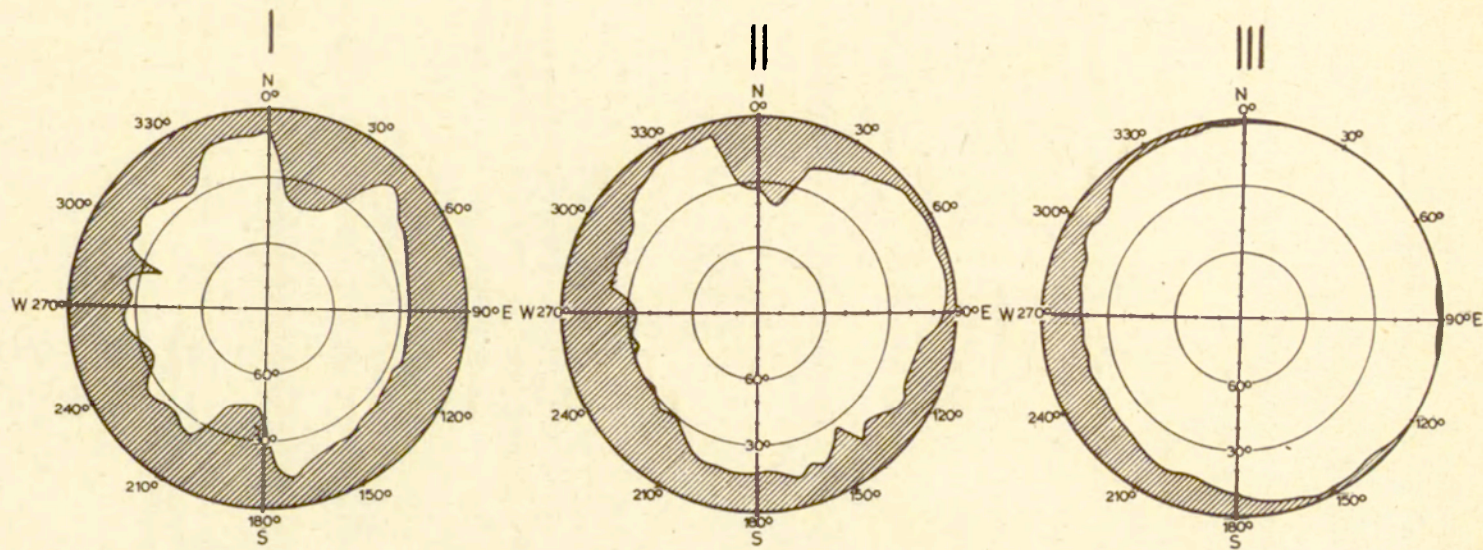
Location of measurement points:

1 – points of field measurements; 2 – meteorological station; 3 – border of sanatorium district

miarowego obejmowało: psychrometr aspiracyjny Assmanna z napędem elektrycznym; anemometr Robinsona; pyranometr termoelektryczny Janiszewskiego; 3 termometry rtęciowe (na powierzchni gruntu).

Pomiary odbywały się na wysokości 1,5 m nad powierzchnią ziemi, w godzinach 7–20 czasu urzędowego. Ogółem w ciągu 60 dni obserwacyjnych wykonano około 2100 cogodzinnych pomiarów:

– temperatury i wilgotności powietrza;



Ryc. 2. Zastłonięcie horyzontu w punktach pomiarowych:

I – Centrum; II – Excelsior; III – Góra Winiarska

Horizon shading on measurement points:

I – Centre; II – Excelsior; III – Góra Winiarska:

- prędkości wiatru;
- natężenia promieniowania słonecznego w zakresie krótkofalowym od $0,3\mu$ do $3,0\mu$ (na powierzchnię poziomą): całkowitego, rozproszonego, odbitego od powierzchni ziemi;
- temperatury powierzchni ziemi;
- ciśnienia atmosferycznego.

Oprócz pomiarów instrumentalnych prowadzone były obserwacje wizualne wielkości i rodzaju zachmurzenia.

2. WARUNKI POGODOWE W CZASIE BADAŃ TERENOWYCH

Podczas trwania badań terenowych w Iwoniczu warunki pogodowe odznaczały się dużą zmiennością. Pierwszą połowę lipca 1971 r. charakteryzowało zachmurzenie zmienne typu konwekcyjnego, temperatura powietrza w ciągu dnia wahała się $15-25^{\circ}\text{C}$, prężność pary wodnej — $9-18$ mb, a prędkość wiatru dochodziła do $3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Natężenie promieniowania całkowitego w zakresie krótkofalowym osiągało nawet $1,50\text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$. Pogodę drugiej połowy miesiąca kształtowały masy powietrza kontynentalnego, co przejawiało się niewielkim zachmurzeniem (chmury typu Cirrus), wysokimi wartościami temperatury (dochodzącymi nawet do 32°C) i prężności pary wodnej (ok. $15-24$ mb), co sprzyjało występowaniu uciążliwych dla organizmu stanów parności. Natężenie promieniowania słonecznego nie przekraczało w tym czasie $1,20\text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

Podobny typ pogody panował w pierwszej połowie sierpnia 1972 r. z tym, że wyżej wymienione elementy meteorologiczne osiągnęły niższe wartości. Natomiast w drugiej połowie sierpnia występowała pogoda pochmurna, a temperatura nie przekraczała 18°C , natężenie całkowitego promieniowania słonecznego rzadko osiągało $0,50\text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

Masy powietrza polarno-morskiego określały typ pogody panujący w czerwcu 1973 r. W tym czasie w Iwoniczu notowano zachmurzenie konwekcyjne oraz częste opady przelotne. Porywiste wiatry z kierunków zachodnich osiągały prędkość $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Występowały znaczne wahania temperatury powietrza $7-25^{\circ}\text{C}$ w ciągu dnia i odpowiednio jego wilgotności — $7-18$ mb.

Pogoda w czasie zimowej serii pomiarowej była zupełnie nietypowa dla tej pory roku. Polska południowa znajdowała się, w drugiej połowie lutego 1972 r., pod wpływem ciepłych mas powietrza polarno-morskiego. Było więc pochmurno, mgliście, bezśnieżnie i przeważały na ogół dodatnie temperatury powietrza ($-1,4$ do $8,3^{\circ}$).

Te warunki pogodowe sprawiły, że w opracowaniu oparto się jedynie na wynikach badań wykonanych w okresie letnim.

V. KLIMAT ODCZUWALNY IWONICZA-ZDROJU OKREŚLONY TEMPERATURĄ SKÓRY CZŁOWIEKA

1. ZRÓŻNICOWANIE TEMPERATURY SKÓRY CZŁOWIEKA NA OBSZARZE IWONICZA-ZDROJU

Jak już wcześniej wykazano (rozdz. II.2), średnia temperatura powierzchni ciała człowieka (zwana również średnią temperaturą skóry) jest miernikiem reakcji organizmu na oddziaływanie czynników klimatycznych i może być traktowana jako wskaźnik odczuwalności cieplnej stroju człowieka.

Pomimo iż wartości T_s były wyznaczone metodą pośrednią — za pomocą równania bilansu cieplnego powierzchni ciała i mogą być obarczone niewielkim błędem, uznano, że wśród innych metod badawczych wskaźnik ten zasługuje na szczególną uwagę, ponieważ łączy on procesy fizyczne zachodzące pomiędzy strojem człowieka, a środowiskiem atmosferycznym z reakcjami fizjologicznymi.

Obliczenia zostały wykonane za pomocą maszyny cyfrowej GIER-ALGOL-4, metodą kolejnych przybliżeń szukanej wartości T_s , w ten sposób, aby lewa strona równania (13) była równa liczbowo prawej. Przyjęto wartość metabolizmu jednokową dla wszystkich obserwacji okresu letniego ($M = 0,10 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$), co odpowiada stojącej pozycji człowieka. Drugim stałym czynnikiem w równaniu (13) są termoizolacyjne właściwości odzieży. Założono, że ciało człowieka chronione jest tzw. zwykłą odzieżą letnią (CLO — 1,0).

Przyjęcie w obliczeniach stałych wartości M i CLO dla wszystkich punktów pomiarowych gwarantuje porównywalność otrzymanych wyników, które zależą przede wszystkim od właściwości klimatu lokalnego Iwonicza.

Na podstawie mierzonych w trzech punktach uzdrowiska wartości elementów meteorologicznych, wyznaczono dla godzin dziennych (7—20) poszczególnych dni obserwacyjnych temperaturę skóry człowieka, która odpowiada średniej ważonej temperaturze skóry, i którą w dalszej części niniejszej pracy nazywać będziemy średnią temperaturą skóry człowieka. Obliczone wartości T_s grupowano w szeregi rozdzielcze odpowiadające skali odczuwalności cieplnej (tab. 1).

W tabelach 2—4 podano procentowy rozkład częstości średniej temperatury skóry człowieka dla trzech punktów pomiarowych, obliczonej na podstawie materiału obserwacyjnego zebranego w ciągu 52 dni. Ponadto uzyskane wyniki zostały przeanalizowane z punktu widzenia stopnia zachmurzenia. Przyjęto bowiem założenie, że wielkość zachmurzenia jest związana głównie z określonym typem pogody.

I tak, w czasie pogody bezchmurnej lub o małym zachmurzeniu, której towarzyszy na ogół słaby ruch powietrza, wymiana ciepła między powierzchnią czynną (ciałem człowieka) a atmosferą i podłożem odbywa się przede wszystkim drogą promieniowania. Natomiast podczas pogody pochmurnej, wskutek większych prędkości wiatru, dominującą rolę w procesie wymiany ciepła odgrywa turbulencja (J. Paszyński 1966).

Wyodrębniono zatem dni pogodne, czyli takie, podczas których wielkość zachmurzenia nie przekraczała 2/10 pokrycia nieba (w omawianym okresie obserwacyjnym było ich zaledwie 13) oraz dni chmurne, tzn. o zachmurzeniu od 3/10 do 10/10, które przeważały w czasie badań terenowych (47 dni obserwacyjnych).

Rozkład T_s na obszarze Iwonicza-Zdroju wykazuje wyraźne zróżnicowanie terenu uzdrowiska pod względem odczuwalnych warunków termicznych. Uwidacznia to szczególnie częstotliwość stanów „zimno” i „bardzo zimno” (tab. 2). Pomimo iż wyniki dotyczą okresu letniego i ciało człowieka chronione było odzieżą odpo-

Tabela 2. Średnia temperatura skóry człowieka. Częstość wartości w %
Mean skin temperature. Frequency of values in per cent

T_s	Odczuwalność ciepła Thermal sensation	Centrum	Excelsior	Góra Winiarska
< 28,0	bardzo zimno very cold	10,9	9,6	20,4
28,0–28,9	zimno cool	4,8	4,6	4,7
29,0–31,9	chłodno cold	17,9	19,0	20,1
32,0–33,2	komfort comfort	14,3	13,3	17,7
33,3–34,3	ciepło warm	36,3	36,3	30,4
34,4–35,5	gorąco hot	15,4	16,6	6,7
> 35,6	bardzo gorąco very hot	0,4	0,6	0,0

wiednią dla tej pory roku, na stoku Góry Winiarskiej około 25% wartości T_s trzeba było zaliczyć do wyżej wymienionych klas odczuwalności cieplej, podczas gdy w centrum uzdrowiska i w pobliżu sanatorium „Excelsior” było ich około 15%. Na Górze Winiarskiej obserwuje się również wyraźny spadek częstości T_s w klasie „gorąco” i „bardzo gorąco”, w porównaniu z pozostałymi częściami uzdrowiska.

W dni chmurne (tab. 3) uzyskujemy podobny obraz odczuwalnych warunków termicznych, z tym że skrajnie chłodne warunki wystąpiły na Górze Winiarskiej aż w 31,1% przypadków, natomiast zmniejszył się udział odczuwalnych warunków określanych jako „ciepło”.

Przyczyny takiego rozkładu odczuwalności cieplej na badanym terenie należy szukać w rozkładzie przestrzennym tych elementów meteorologicznych, które wpływają decydująco na wielkość wymiany ciepła między organizmem człowieka

Tabela 3. Średnia temperatura skóry człowieka. Częstość wartości w % (dni chmurne)
 Mean skin temperature. Frequency of values in per cent (cloudy days)

T_s	Odczuwalność cieplna Thermal sensation	Centrum	Excelsior	Góra Winiarska
< 28,0	bardzo zimno very cold	14,1	12,8	25,5
28,0–28,9	zimno cold	5,7	5,6	5,6
29,0–31,9	chłodno cool	19,2	20,6	23,0
32,0–33,2	komfort comfort	15,4	13,5	18,9
33,3–34,3	ciepło warm	34,1	34,8	22,3
34,4–35,5	gorąco hot	10,9	12,0	4,7
> 35,6	bardzo gorąco very hot	0,6	0,7	0,0

a otoczeniem. Spośród tych elementów należy wymienić przede wszystkim ruch powietrza, którego większe prędkości związane są na ogół z adwekcyjnym typem pogody.

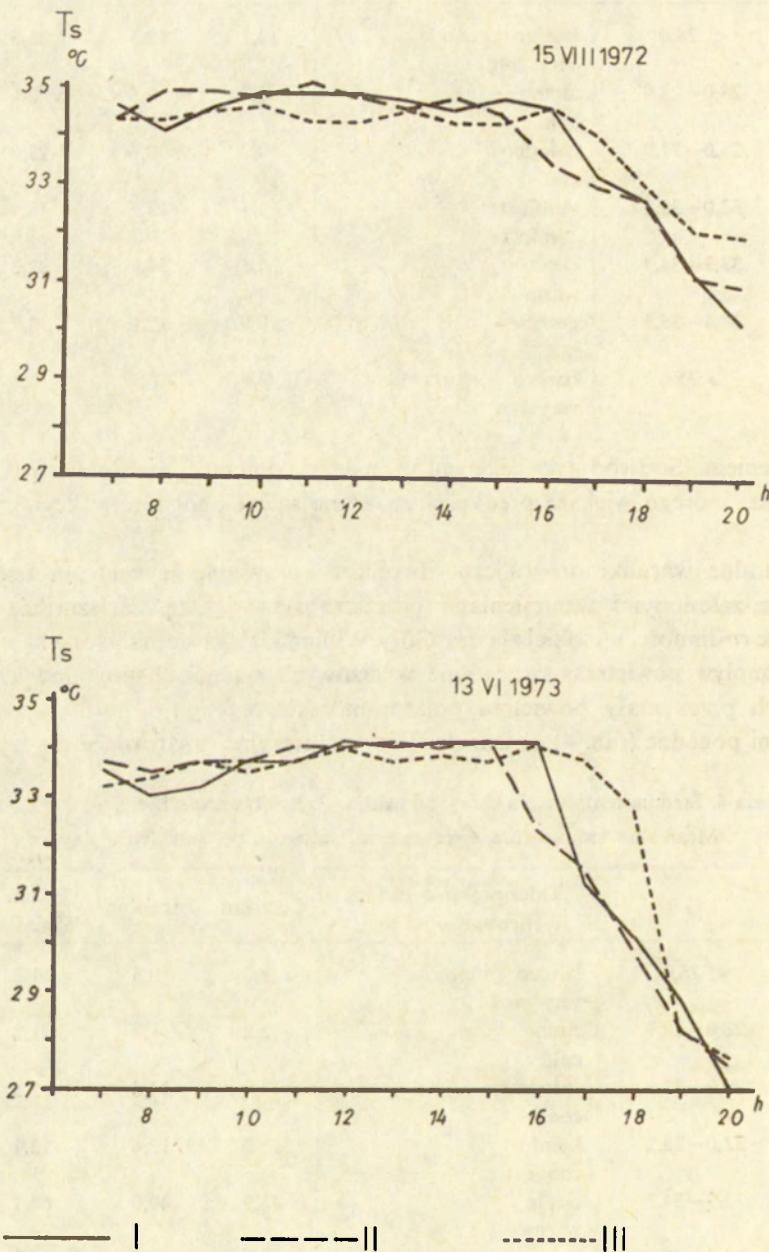
Naturalne warunki orograficzne Iwonicza sprawiają, że centrum uzdrowiska otoczone zalesionymi wzniesieniami odznacza się większą zacisznością niż pozbawione roślinności wysokiej zbocza Góry Winiarskiej, które narażone są na wzmożony przepływ powietrza, szczególnie w niżowych sytuacjach pogodowych kształtowanych przez masy powietrza polarno-morskiego.

W dni pogodne (tab. 4) obszar dzielnicy sanatoryjnej uzdrowiska nie wykazywał

Tabela 4. Średnia temperatura skóry człowieka. Częstość wartości w % (dni pogodne)
 Mean skin temperature. Frequency of values in per cent (clear days)

T_s	Odczuwalność cieplna Thermal sensation	Centrum	Excelsior	Góra Winiarska
< 28,0	bardzo zimno very cold	1,6	0,5	1,2
28,0–28,9	zimno cold	2,2	1,7	1,2
29,0–31,9	chłodno cool	13,7	14,3	9,5
32,0–33,2	komfort comfort	11,0	12,6	13,1
33,3–34,3	ciepło warm	42,9	40,7	60,7
34,4–35,5	gorąco hot	28,6	30,2	14,3
> 35,6	bardzo gorąco very hot	0,0	0,0	0,0

tak dużego zróżnicowania temperatury powierzchni ciała człowieka. W te dni odczuwalność cieplna człowieka kształtowana była pod wpływem takich czynników lokalnych, jak: stopień zasłonięcia horyzontu warunkujący dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego, a także rzcźba terenu i związana z nią tendencja do



Ryc. 3. Przebieg dzienny średniej temperatury skóry człowieka w dni pogodne. Objaśnienia por. ryc. 2

Daily course of mean skin temperature on clear days. Explanations see Fig. 2

inwersyjnego rozkładu temperatury powietrza, zaznaczająca się już od godziny 16–17. Natomiast czynnik wietrzny nie odgrywał tu decydującej roli, ponieważ analizowane dni pogodne występowały na ogół w wyżowych sytuacjach pogodowych, kiedy nie notowano silniejszej adwekcji powietrza.

Jak wynika z liczb zawartych w tabeli 4, w dni pogodne korzystniejsze warunki bioklimatyczne wystąpiły na zboczach Góry Winiarskiej, co wyraziło się w wybitnej przewadze (60,7%) stanów termicznych („ciepło”) oszczędzających układ termoregulacyjny człowieka.

Przebieg dzienny T_s rozpatrzmy na przykładzie wybranych dni pogodnych (ryc. 3). O ile w ciągu dnia przebieg ten jest podobny na wszystkich stanowiskach pomiarowych, to w godzinach popołudniowych zaznacza się wyraźne uprzywilejowanie, pod względem odczuwalnych warunków termicznych, stoków Góry Winiarskiej. Wynika to z nierównomiernego dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego na obszarze dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza, na skutek różnego zasłonięcia południowo-zachodniej części sklepienia niebieskiego przez nierówności terenu (średnie zakrycie horyzontu tej części nieba wynosiło w punkcie: Centrum — 47%; Excelsior — 52%; Góra Winiarska — 31%).

Zróżnicowanie T_s w godzinach popołudniowych i wieczornych wynika również z inwersyjnego rozkładu temperatury powietrza na obszarze Iwonicza-Zdroju. Warto tu dodać, że w czasie pogody bezchmurnej zbocza Góry Winiarskiej były o około 5–7°C cieplejsze niż dno doliny Potoku Iwonickiego.

Z omówionym wyżej zróżnicowaniem przestrzennym i czasowym wartości temperatury skóry człowieka wiążą się określone reakcje fizjologiczne organizmu ludzkiego, które mają na celu przeciwdziałanie skutkom zmiennych bodźców klimatycznych występujących na niewielkim przecież obszarze dzielnicy sanatoryjnej uzdrowiska.

Analizując reakcje organizmu człowieka na określone warunki termiczne, możemy powiedzieć, że klimat lokalny Iwonicza wymaga wysokiej sprawności działania układu termoregulacji. Wynika to z konieczności odprowadzania dużych ilości ciepła przez organizm człowieka przebywającego w ciągu dnia w niższych częściach uzdrowiska oraz na osłoniętych roślinnością wysoką zboczach wzniesień, w przypadku gdy ciało chronione jest warstwą odzieży o termoizolacyjnych właściwościach 1 CLO. Trzeba się liczyć również z tym, że na pozostałym obszarze objętym badaniami oraz w godzinach wieczornych w centrum, człowiek jest narażony na znaczną utratę ciepła, której przeciwdziała odruchowym kurczeniem naczyń krwionośnych i zmniejszeniem skórno przepływu krwi.

2. STATYSTYCZNA OCENA ISTOTNOŚCI RÓŻNIC W ROZKŁADZIE PRZESTRZENNYM TEMPERATURY SKÓRY CZŁOWIEKA

Przedstawiony powyżej rozkład częstości temperatury skóry człowieka, jakkolwiek dobrze charakteryzuje zróżnicowanie klimatu odczuwalnego na terenie uzdrowiska — wymaga dalszego postępowania prowadzącego do oceny istotności zaobserwowanych różnic.

W tym celu posłużono się testem statystycznym χ^2 (chi-kwadrat), który przeznaczony jest do oceny istotności różnic wartości przedstawionych w postaci rozkładów częstości (S. Gregory 1970). Zakładając poziom istotności 0,05 obliczamy wskaźnik χ^2 , który wskazuje czy zaobserwowany rozkład wartości T , różni się w sposób istotny od częstości, których należało oczekiwać zgodnie z przyjętą hipotezą.

Jeżeli:

$\chi_{emp}^2 < \chi_{\alpha}^2$, to zaobserwowane różnice porównywanych wartości należy uznać za statystycznie nieistotne;

gdy:

$\chi_{emp}^2 > \chi_{\alpha}^2$, to mówimy, że różnice są statystycznie istotne. Co oznacza, że jest niezwykle mało prawdopodobne (mniej niż 5%), aby zaobserwowane różnice mogły pojawić się przez przypadek.

α – liczba stopni swobody oznaczająca ilość dowolnie zmieniających się elementów próby.

W naszym przypadku sprawdzono istotność różnic w rozkładzie temperatury skóry człowieka pomiędzy punktami obserwacyjnymi Centrum—Excelsior, Centrum—Góra Winiarska, Excelsior—Góra Winiarska, biorąc pod uwagę wszystkie obserwacje z okresu letniego, oraz wydzielając dni chmurne i pogodne.

Z przytoczonych w tabeli 5 liczb wynika, że została dowiedziona istotność różnic w temperaturze skóry człowieka pomiędzy punktami uzdrowiska, zróżnicowanymi pod względem orograficznym, tzn. pomiędzy Centrum i Górą Winiarską

Tabela 5. Wyniki testu chi-kwadrat
Results of chi-square test

Typ pogody Type of weather	Wskaźniki testu Test indices	Centrum— Excelsior	Centrum— Góra Winiarska	Excelsior— Góra Winiarska
Okres letni Summer period	χ_{emp}^2	1,6	38,9	49,6
	χ_{α}^2	12,6	12,6	12,6
Okres letni Dni chmurne Summer period Cloudy days	χ_{emp}^2	1,7	37,0	46,9
	χ_{α}^2	12,6	12,6	12,6
Okres letni Dni pogodne Summer period Clear days	χ_{emp}^2	1,6	10,1	12,1
	χ_{α}^2	11,1	11,1	11,1

oraz Excelsiorem i Górą Winiarską i to zarówno na podstawie całego materiału obserwacyjnego, jak i dotyczącego dni chmurnych. Natomiast w dni pogodne istotne różnice wystąpiły pomiędzy punktem pomiarowym Excelsior i Górą Winiarską.

VI. STRUKTURA BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA

1. PRZEBIEG DZIENNY STRUKTURY BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA NA OBSZARZE IWONICZA-ZDROJU

Badając proces wymiany energii cieplnej zachodzący pomiędzy ciałem człowieka a atmosferą metodą bilansu cieplnego, posługiwać się będą pojęciem jego struktury.

Rozpatrywać należy jednak nie wartości liczbowe poszczególnych składowych równania 13, lecz stosunek bezwzględnych wartości strumieni ciepła traconego przez powierzchnię ciała człowieka (LE , P , R_L) do ilości ciepła, jaką człowiek w danym momencie otrzymuje (R_K+M). W tym celu obliczono dla każdej godziny poszczególnych dni pomiarowych:

$\frac{LE}{R_K+M}$, $\frac{P}{R_K+M}$, $\frac{R_L}{R_K+M}$ przyjmując, że:

$\frac{LE}{R_K+M}$ — udział straty ciepła na parowanie wody w bilansie cieplnym powierzchni ciała człowieka;

$\frac{P}{R_K+M}$ — udział straty ciepła związanej z wymianą turbulencyjną ciepła jawnego;

$\frac{R_L}{R_K+M}$ — udział straty ciepła związanej z promieniowaniem długofalowym powierzchni ciała człowieka.

Oczywiście:

$$\frac{LE}{R_K+M} + \frac{P}{R_K+M} + \frac{R_L}{R_K+M} = 1,0.$$

Operowanie wartościami względnymi znacznie ułatwia analizę materiału obserwacyjnego oraz gwarantuje porównywalność otrzymanych wyników; ponadto wiele mówi o gospodarce cieplnej organizmu, a także o stopniu obciążenia mechanizmu termoregulacji w zależności od lokalnych warunków klimatycznych.

Ryciny 4–6 i tabele 6–14 obrazują przebieg dzienny poszczególnych form utraty ciepła z organizmu ludzkiego. Zostały one sporządzone na podstawie wartości średnich godzinnych.

Wyniki badań, obejmujące cały materiał obserwacyjny z okresu letniego, przedstawiono na rycinie 4 i w tabelach 6–8, dane dotyczące dni chmurnych obrazuje rycina 5 oraz tabele 9–11. Strukturę bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka w dni pogodne prezentuje rycina 6 oraz tabele 12–14. Tabela 15 zawiera wartości średnie dzienne. Kryteria liczbowe, na podstawie których zostały wyróżnione dni chmurne i pogodne, opisano w rozdziale V.1.

Analizując przebieg dzienny struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała

Tabela 6. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Wartości średnie. Centrum
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values. Centre

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,32	0,40	0,28
8	0,36	0,41	0,23
9	0,41	0,38	0,21
10	0,45	0,36	0,19
11	0,47	0,34	0,19
12	0,49	0,33	0,18
13	0,49	0,32	0,19
14	0,50	0,31	0,19
15	0,48	0,31	0,21
16	0,45	0,31	0,24
17	0,32	0,36	0,32
18	0,25	0,36	0,39
19	0,19	0,37	0,44
20	0,16	0,40	0,44

Tabela 7. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Wartości średnie. Excelsior
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values. Excelsior

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,35	0,39	0,26
8	0,38	0,39	0,23
9	0,43	0,37	0,20
10	0,46	0,35	0,19
11	0,49	0,33	0,18
12	0,49	0,32	0,19
13	0,50	0,31	0,19
14	0,51	0,30	0,19
15	0,48	0,31	0,21
16	0,36	0,36	0,28
17	0,31	0,37	0,32
18	0,26	0,37	0,37
19	0,21	0,37	0,42
20	0,18	0,38	0,44

Tabela 8. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie. Góra Winiarska
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values.
Góra Winiarska

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,28	0,50	0,22
8	0,31	0,50	0,19
9	0,35	0,47	0,18
10	0,38	0,46	0,16
11	0,39	0,45	0,16
12	0,41	0,43	0,16
13	0,43	0,42	0,15
14	0,42	0,42	0,16
15	0,40	0,42	0,18
16	0,38	0,42	0,20
17	0,32	0,45	0,23
18	0,25	0,46	0,29
19	0,21	0,46	0,33
20	0,20	0,48	0,32

Tabela 9. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie (dni chmurne). Centrum
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(cloudy days). Centre

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,29	0,43	0,28
8	0,33	0,44	0,23
9	0,38	0,41	0,21
10	0,42	0,38	0,20
11	0,43	0,38	0,19
12	0,45	0,36	0,19
13	0,45	0,36	0,19
14	0,46	0,35	0,19
15	0,45	0,34	0,21
16	0,41	0,35	0,24
17	0,30	0,39	0,31
18	0,24	0,38	0,38
19	0,18	0,39	0,43
20	0,15	0,41	0,44

człowieka, łatwo zauważyć podobieństwo zarówno co do wielkości, jak i kształtu krzywych obrazujących poszczególne formy utraty ciepła, występujące w centrum uzdrowiska oraz w pobliżu sanatorium „Excelsior” (ryc. 4). W godzinach rannych na obu tych stanowiskach pomiarowych, wymiana ciepła między ciałem człowieka a atmosferą odbywa się głównie dzięki turbulencyjnemu przenoszeniu ciepła jaw-

Tabela 10. Struktura bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie. (dni chmurne). Excelsior
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(cloudy days). Excelsior

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,32	0,41	0,27
8	0,35	0,42	0,23
9	0,40	0,40	0,20
10	0,43	0,38	0,19
11	0,45	0,36	0,19
12	0,45	0,36	0,19
13	0,46	0,35	0,19
14	0,46	0,34	0,20
15	0,44	0,34	0,22
16	0,34	0,39	0,27
17	0,29	0,39	0,32
18	0,25	0,39	0,36
19	0,20	0,38	0,42
20	0,17	0,40	0,43

Tabela 11. Struktura bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie (dni chmurne). Góra Winiarska
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(cloudy days). Góra Winiarska

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,24	0,54	0,22
8	0,28	0,53	0,19
9	0,32	0,50	0,18
10	0,34	0,50	0,16
11	0,36	0,48	0,16
12	0,37	0,47	0,16
13	0,38	0,46	0,16
14	0,37	0,46	0,17
15	0,35	0,47	0,18
16	0,33	0,47	0,20
17	0,28	0,49	0,23
18	0,23	0,50	0,27
19	0,19	0,49	0,32
20	0,17	0,51	0,32

nego i w ten sposób zużywa się około 40% energii otrzymanej przez ustrój człowieka. Już od godziny 9 odprowadzanie ciepła odbywa się przede wszystkim w wyniku parowania wody z powierzchni ciała. Proces ten osiąga maksimum o godzinie 14. Na obu stanowiskach obserwacyjnych krzywa przebiegu LE/R_K+M jest niesymetryczna. Już od godziny 15–16 udział strat ciepła zużywanego na paro-

Tabela 12. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie (dni pogodne). Centrum
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(clear days). Centre

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,41	0,31	0,28
8	0,46	0,32	0,22
9	0,49	0,30	0,21
10	0,55	0,27	0,18
11	0,57	0,25	0,18
12	0,61	0,22	0,17
13	0,62	0,21	0,17
14	0,63	0,20	0,17
15	0,60	0,20	0,20
16	0,56	0,21	0,23
17	0,36	0,29	0,35
18	0,28	0,31	0,41
19	0,20	0,33	0,47
20	0,17	0,35	0,48

Tabela 13. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie (dni pogodne). Excelsior
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(clear days). Excelsior

Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,44	0,31	0,25
8	0,48	0,31	0,21
9	0,52	0,28	0,20
10	0,54	0,27	0,19
11	0,60	0,23	0,17
12	0,60	0,23	0,17
13	0,62	0,21	0,17
14	0,63	0,20	0,17
15	0,59	0,21	0,20
16	0,42	0,28	0,30
17	0,36	0,29	0,35
18	0,30	0,30	0,40
19	0,24	0,32	0,44
20	0,22	0,33	0,45

wanie gwałtownie maleje, a główną formą oddawania ciepła staje się promieniowanie długofalowe. Wiąże się to z występowaniem różnic termicznych pomiędzy obiektami wymieniającymi ciepło (ciało człowieka, atmosfera, podłoże), spowodowanych ograniczeniem dopływu promieniowania słonecznego w godzinach popołudniowych na skutek znacznego zaślnięcia horyzontu.

Tabela 14. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.
Wartości średnie (dni pogodne). Góra Winiarska
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean values
(clear days). Góra Winiarska

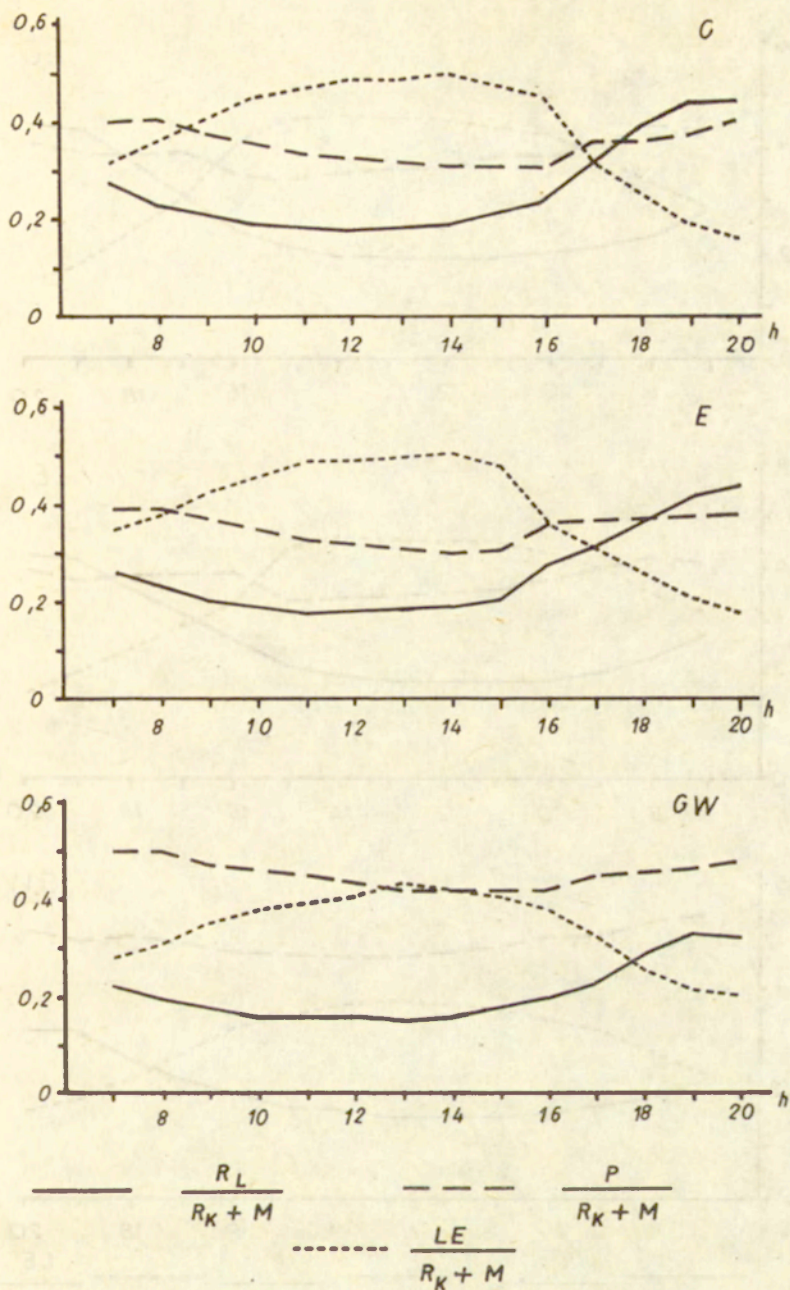
Godzina Hour	$\frac{LE}{R_K+M}$	$\frac{P}{R_K+M}$	$\frac{R_L}{R_K+M}$
7	0,40	0,37	0,23
8	0,42	0,39	0,19
9	0,48	0,35	0,17
10	0,52	0,31	0,17
11	0,55	0,30	0,15
12	0,59	0,26	0,15
13	0,61	0,25	0,14
14	0,61	0,24	0,15
15	0,60	0,24	0,16
16	0,55	0,25	0,20
17	0,47	0,28	0,25
18	0,34	0,31	0,35
19	0,28	0,34	0,38
20	0,28	0,36	0,36

Inny przebieg struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka daje się zauważyć na Górze Winiarskiej. W ciągu całego dnia dominuje turbulencyjna wymiana ciepła jawnego związana ze znacznymi prędkościami wiatru. Przewaga, w tej części uzdrowiska, strat ciepła na parowanie nad innymi formami wymiany energii występuje zaledwie w ciągu 2 godzin (13–14).

W dni chmurne (ryc. 5) struktura bilansu cieplnego kształtuje się w sposób podobny do wyżej opisanego, z tym że stosunek P/R_K+M osiąga znacznie wyższe wartości, i to na całym terenie objętym badaniami. Odbywa się to kosztem zmniejszenia udziału strat ciepła związanych z parowaniem wody wydzielanej przez organizm. Zjawisko to wyraźniej zaznacza się na Górze Winiarskiej, gdzie z powodu braku roślinności wysokiej występują warunki sprzyjające ożywionej turbulencji mechanicznej. Warto zauważyć, że nawet w godzinach południowych nie dochodzi do przewagi parowania w procesie ochładzania organizmu.

Ta forma wymiany ciepła dominuje natomiast przy małym zachmurzeniu na całym obszarze dzielnicy sanatoryjnej uzdrowiska. W dni pogodne (ryc. 6), kiedy ustrój człowieka otrzymuje maksymalną ilość krótkofalowej energii, następuje równocześnie podwyższenie temperatury jego skóry i uaktywnienie czynności gruczołów potowych. Towarzyszący pogodzie radiacyjnej słaby ruch powietrza, utrudnia z kolei odprowadzanie nadmiaru ciepła drogą turbulencji. Dlatego też, w tych warunkach pogodowych, utrzymanie równowagi bilansu cieplnego zależy od sprawnego działania układu termoregulacji.

Przedstawiony tu obraz struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka wykazuje wyraźne zróżnicowanie na obszarze dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza w zakresie wyróżnionych typów pogody i to zarówno w wartościach średnich godzin-

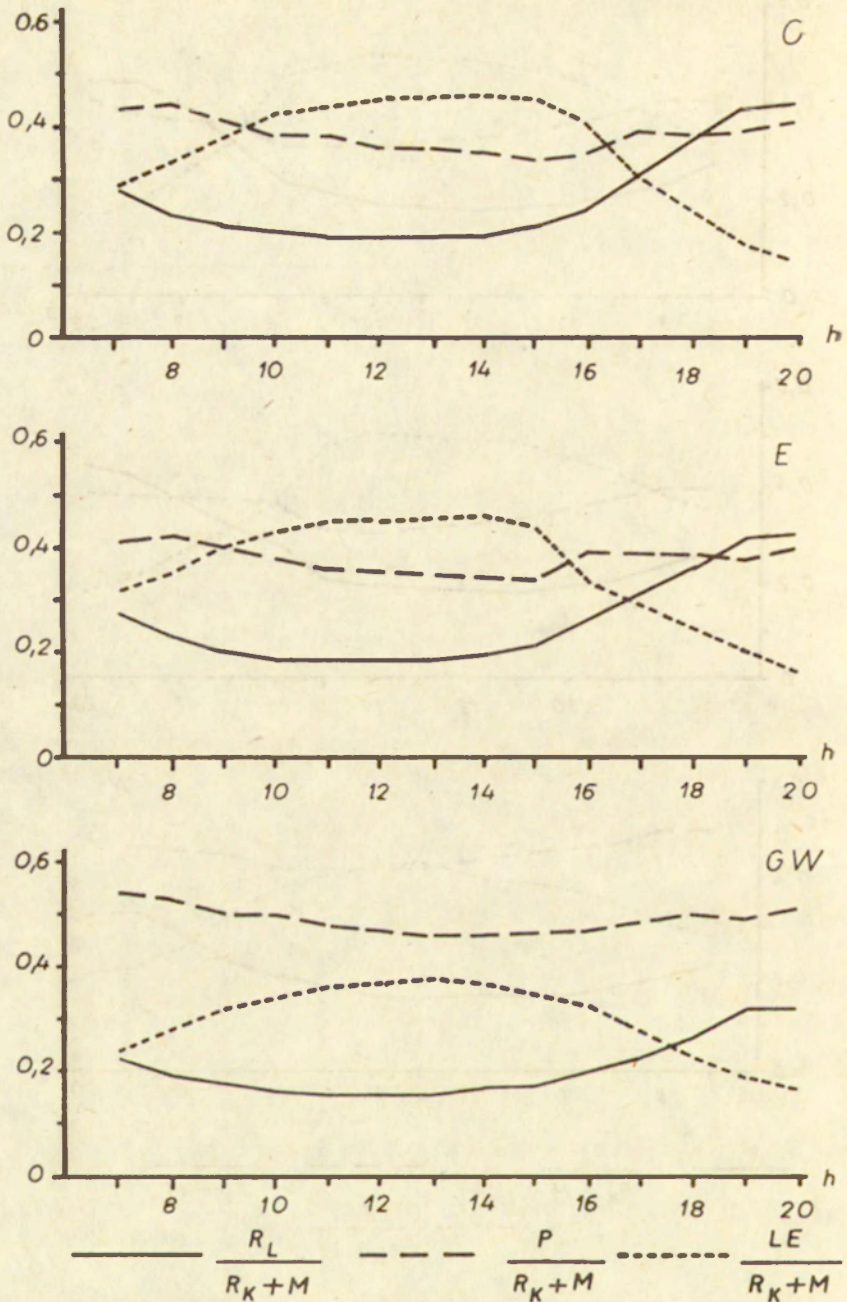


Ryc. 4. Przebieg dzienny struktury bilansu ciepłnego powierzchni ciała człowieka:

C – Centrum; E – Excelsior; GW – Góra Winiarska

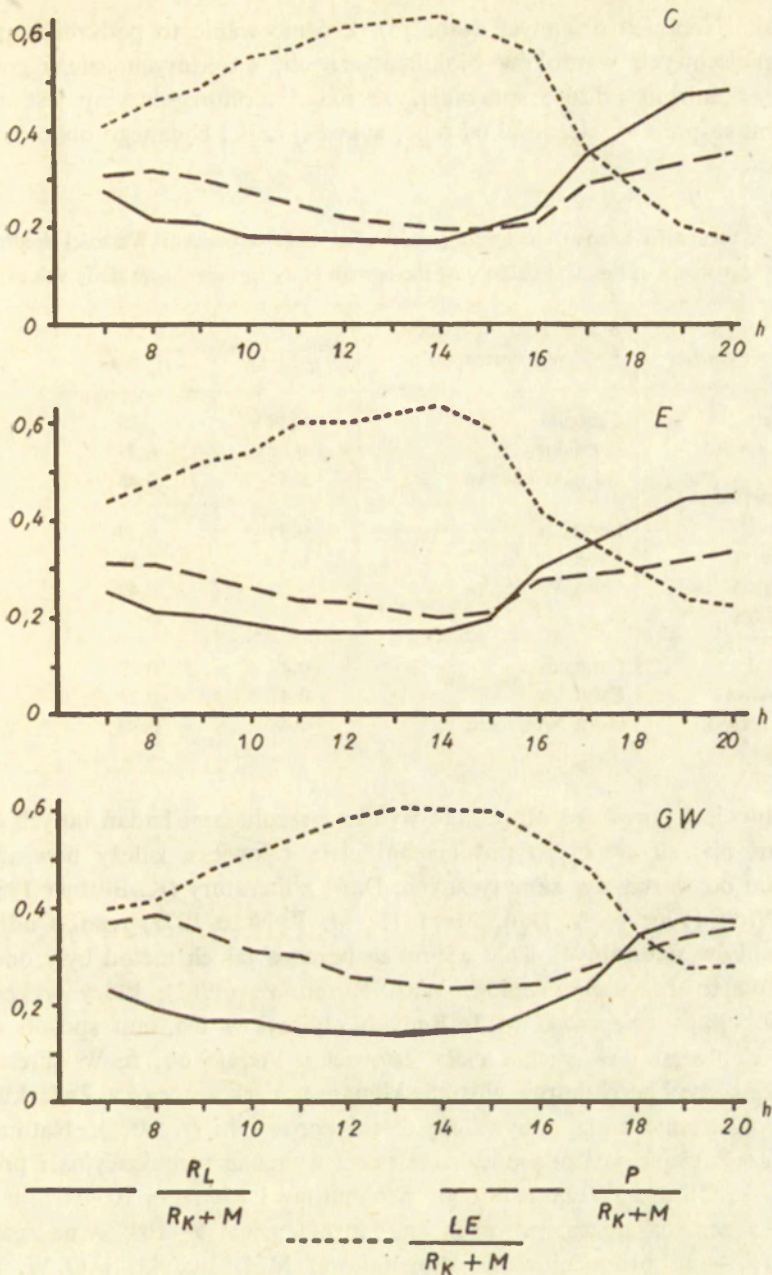
Daily course of structure of the heat balance of the human body surface:

C – Centre; E – Excelsior; GW – Góra Winiarska



Ryc. 5. Przebieg dzienny struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka (dni chmurne).
Objaśnienia por. ryc. 4

Daily course of structure of the heat balance of the human body surface (on cloudy days).
Explanations see Fig. 4



Ryc. 6. Przebieg dzienny struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka (dni pogodne).
Objasnienia por. ryc. 4

Daily course of structure of the heat balance of the human body surface (on clear days).
Explanations see Fig. 4

nych, jak i średnich dziennych (tab. 15). Zróżnicowanie to podkreśla specyficzne cechy miejscowych warunków bioklimatycznych, od których zależy gospodarka cieplna organizmu i które sprawiają, że układ termoregulacyjny jest obciążony w różnym stopniu w zależności od tego, w której części badanego obszaru człowiek przebywa.

Tabela 15. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Wartości średnie dzienne
Structure of the heat balance of the human body surface. Mean daily values

Typ pogody Type of weather	Stanowisko obserwacyjne Measurement point	LE	P	R_L
		$R_K + M$	$R_K + M$	$R_K + M$
Okres letni Summer period	Centrum	0,38	0,36	0,26
	Excelsior	0,39	0,35	0,26
	Góra Winiarska	0,34	0,45	0,21
Okres letni Dni chmurne Summer period Cloudy days	Centrum	0,35	0,39	0,26
	Excelsior	0,36	0,38	0,26
	Góra Winiarska	0,30	0,49	0,21
Okres letni Dni pogodne Summer period Clear days	Centrum	0,47	0,27	0,26
	Excelsior	0,47	0,27	0,26
	Góra Winiarska	0,48	0,30	0,22

Trudno jest porównać otrzymane wyniki z rezultatami badań innych autorów. Struktura bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka zależy bowiem przede wszystkim od warunków klimatycznych. Dane z literatury (K. Büttner 1938, 1951; N. K. Witte 1956; N. A. Danitowa 1971; M. Rybicka 1971) rzadko odnoszą się do warunków naturalnych i nie wiemy za pomocą jakich metod były one wyznaczone. Warto przytoczyć opinie W. I. Rusanowa (1962), który wykorzystując równanie bilansu cieplnego M. I. Budyko obliczył w ten sam sposób strukturę bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Podaje on, że w okresie letnim w dni słoneczne i bezchmurne, w strefie klimatu umiarkowanego w Związku Radzieckim, ochładzanie ciała odbywa się dzięki parowaniu (w 80%). Natomiast pozostała część ciepła jest odprowadzana przez wymianę turbulencyjną i promieniowanie długofalowe. W czasie pogody pochmurnej i wietrznej 70–90% ciepła traczonego przez organizm przypada na turbulencję, 5–10% – na parowanie, a 5–20% – na promieniowanie długofalowe. M. I. Budyko i G. W. Cyncenko (1960) podają, że na południowo-wschodnich krańcach europejskiej części Związku Radzieckiego straty ciepła na parowanie sięgają 75–80% ogólnych strat ciepła. W niższych temperaturach powietrza, zmniejsza się znacznie udział tej formy wymiany ciepła do 20–25%, a główną rolę odgrywa turbulencyjna wymiana ciepła (50–60% wszystkich strat ciepła). Wymiana ciepła za pomocą promieniowania długofalowego ma w obu przypadkach udział znacznie mniejszy, wahając się 5–20% ogólnych strat ciepła z powierzchni ciała.

2. OCENA ISTOTNOŚCI RÓŻNIC W STRUKTURZE BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA

Sprawdzeniu istotności różnic podlegały średnie dzienne wartości $\frac{LE}{R_K+M}$ i $\frac{P}{R_K+M}$ (tab. 15). Ograniczenie testowania do tych dwóch wartości wynika z następującego rozumowania:
jeżeli

$$\frac{LE}{R_K+M} + \frac{P}{R_K+M} + \frac{R_L}{R_K+M} = 1,0,$$

to w przypadku zaistnienia istotnych statystycznie różnic między np. punktem pomiarowym Centrum i Excelsior w strukturze bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka

$$\frac{LE^C}{R_K+M} \neq \frac{LE^{Exc}}{R_K+M} \text{ oraz } \frac{P^C}{R_K+M} \neq \frac{P^{Exc}}{R_K+M},$$

a zatem również

$$\frac{R_L^C}{R_K+M} \neq \frac{R_L^{Exc}}{R_K+M}.$$

Wystarczy więc zbadać istotność różnic dla $\frac{LE}{R_K+M}$ i $\frac{P}{R_K+M}$, aby na tej podstawie wnosić o istotności trzeciego składnika.

Testowanie przeprowadzono za pomocą testu t Studenta. Posługując się tym testem, możemy wyznaczyć wskaźnik t , który ujmuje zależność między różnicą badanych średnich, a błędem standardowym tej różnicy (tab. 16). Obliczono zatem t empirycznie (t_{emp}) i porównano je z wartością tabelaryczną (ta) przy określonej liczbie stopni swobody i dla wybranego poziomu istotności (0,05).

Jeżeli zachodzi nierówność

$$t_{emp} \geq ta$$

oznacza to, że zaobserwowane różnice między badanymi średnimi są statystycznie istotne.

Jak wynika z liczb zawartych w tabeli 16, statystycznie istotne różnice w strukturze bilansu ciepłego wystąpiły, podobnie jak w przypadku temperatury skóry człowieka (rozdz. V.2), pomiędzy partiami uzdrowiska wyraźnie zróżnicowanymi pod względem orograficznym. Uwidocznili się to w wysokiej istotności różnic (nawet na poziomie 0,01) pomiędzy punktami obserwacyjnymi Centrum—Góra Winiarska i Excelsior—Góra Winiarska zarówno w przypadku całego materiału obserwacyjnego z okresu letniego, jak i dotyczącego dni chmurnych.

Natomiast w dni pogodne na całym obszarze objętym badaniami tylko udział strat ciepła na parowanie w bilansie cieplnym powierzchni ciała człowieka nie wykazuje istotnego statystycznie zróżnicowania.

Tabela 16. Wyniki testu Studenta
Results of Student's test

Typ pogody Type of weather	Wielkości testowane Values tested	Centrum – Excelsior	Centrum – Góra Winiarska	Excelsior – Góra Winiarska
Okres letni Summer period	$\frac{LE}{R_K+M} t_{emp}$	0,63	4,27	4,89
	$\frac{P}{R_K+M} t_{emp}$	0,70	7,35	12,50
	t_a	1,96	1,96	1,96
Okres letni Dni chmurne Summer period Cloudy days	$\frac{LE}{R_K+M} t_{emp}$	0,66	4,86	5,50
	$\frac{P}{R_K+M} t_{emp}$	0,74	13,70	13,40
	t_a	1,96	1,96	1,96
Okres letni Dni pogodne Summer period Clear days	$\frac{LE}{R_K+M} t_{emp}$	0,17	0,59	0,46
	$\frac{P}{R_K+M} t_{emp}$	0,21	10,30	3,48
	t_a	1,96	1,96	1,96

3. TYPY STRUKTURY BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CIAŁA CZŁOWIEKA

Analizowanie procesu wymiany ciepła, zachodzącego między ciałem człowieka a atmosferą i podłożem na podstawie udziału poszczególnych form utraty ciepła, w ogólnym bilansie cieplnym wydaje się niewystarczające. Istotniejsze dla omawianego zagadnienia są związki ilościowe pomiędzy stratą ciepła spowodowaną parowaniem, turbulencją i promieniowaniem długofalowym. Związki te stanowią podstawę wyróżnienia pewnych typów struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Jako kryterium wyznaczenia poszczególnych typów przyjęto względne wartości $\frac{LE}{R_K+M}$, $\frac{P}{R_K+M}$ oraz $\frac{R_L}{R_K+M}$.

Ogółem wyróżniono 7 typów struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka, które można połączyć w 4 grupy. Do pierwszej z nich zaliczono sytuacje, gdy strata ciepła spowodowana turbulencyjnym przenoszeniem przeważa nad pozostałymi formami utraty ciepła, co oznacza, że:

$$\frac{P}{R_K+M} > \frac{LE}{R_K+M} > \frac{R_L}{R_K+M} \quad \text{typ 1A};$$

$$\frac{P}{R_K+M} > \frac{R_L}{R_K+M} > \frac{LE}{R_K+M} \quad \text{typ 1B}.$$

Typ 1A i 1B nazywać będziemy turbulencyjnym typem struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka.

Typ transpiracyjny występuje wtedy, gdy wymiana ciepła pomiędzy powierzchnią czynną (ciałem człowieka) a otoczeniem odbywa się głównie dzięki parowaniu. Wtedy:

$$\frac{LE}{R_K+M} > \frac{P}{R_K+M} > \frac{R_L}{R_K+M} \quad \text{-- typ 2A;}$$

$$\frac{LE}{R_K+M} > \frac{R_L}{R_K+M} > \frac{P}{R_K+M} \quad \text{-- typ 2B.}$$

I wreszcie wtedy, gdy promieniowanie długofalowe z powierzchni ciała człowieka ma największy udział w bilansie ciepłym w porównaniu z pozostałymi rodzajami jego odprowadzania — mamy do czynienia z radiacyjnym typem struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka. Oznacza to, że:

$$\frac{R_r}{R_K+M} > \frac{P}{R_K+M} > \frac{LE}{R_K+M} \quad \text{-- typ 3A;}$$

$$\frac{R_L}{R_K+M} > \frac{LE}{R_K+M} > \frac{P}{R_K+M} \quad \text{-- typ 3B.}$$

Niezmiernie rzadko zdarzały się przypadki, gdy dwie spośród trzech wyróżnionych form wymiany ciepła były sobie liczbowo równe lub też:

$$\frac{LE}{R_K+M} = \frac{P}{R_K+M} = \frac{R_L}{R_K+M}.$$

Ujmuje to osobno wydzielony typ struktury bilansu ciepłego, który można by nazwać mieszanym (typ 4).

Przyjmując tego rodzaju klasyfikację, obliczono średnią częstotliwość występowania poszczególnych typów struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka na obszarze dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza-Zdroju (tab. 17—26). Na rycinach 8—10 przedstawiono przebieg dzienny wyróżnionych typów. Analogicznie jak w poprzednich rozdziałach wyniki dotyczą zarówno całego materiału obserwacyjnego, jak i określonych typów pogody. Analiza otrzymanych wyników pozwala zauważyć, że:

— pod względem częstości występowania poszczególnych typów struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka, obszar dzielnicy sanatoryjnej uzdrowiska wykazuje znaczne zróżnicowanie;

— w niżej położonych partiach terenu zaznacza się wyraźna przewaga ilościowa typu transpiracyjnego (typ 2A i 2B) utrzymująca się od godziny 9 do 15 (ryc. 8);

— maksymalna liczba układów strukturalnych występuje na stanowiskach pomiarowych Centrum i Excelsior o godzinie 17 i 18. Należy sądzić, że właśnie

o tej porze dnia dochodzi tu do pewnego wyrównania udziału różnych procesów fizycznych w kształtowaniu równowagi cieplnej organizmu ludzkiego. Oczywiście rodzaj i natężenie tych procesów zależy od warunków pogodowych;

– w godzinach 19 i 20 w centrum uzdrowiska i na zalesionym zboczu Góry Przedziwnej notuje się wyraźną przewagę wymiany energii pomiędzy ciałem czło-

Tabela 17. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w %. Centrum

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent. Centre

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	23,5	27,5	21,6	23,5	3,9	0,0	0,0
8	44,2	15,4	32,7	7,7	0,0	0,0	0,0
9	36,5	9,6	50,0	3,9	0,0	0,0	0,0
10	24,5	9,4	58,5	7,6	0,0	0,0	0,0
11	30,2	7,5	56,6	5,7	0,0	0,0	0,0
12	20,8	11,3	56,6	11,3	0,0	0,0	0,0
13	22,6	7,6	52,8	15,1	0,0	0,0	1,9
14	13,2	9,4	60,4	17,0	0,0	0,0	0,0
15	23,5	3,9	49,0	21,6	2,0	0,0	0,0
16	19,6	9,8	41,2	25,5	3,9	0,0	0,0
17	13,7	33,3	7,9	19,6	11,8	13,7	0,0
18	6,0	30,0	6,0	4,0	46,0	8,0	0,0
19	2,0	22,0	0,0	2,0	72,0	2,0	0,0
20	0,0	18,4	0,0	0,0	79,6	2,0	0,0

Tabela 18. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w %. Excelsior

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent. Excelsior

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	21,6	33,3	31,4	13,7	0,0	0,0	0,0
8	34,6	17,3	42,3	5,8	0,0	0,0	0,0
9	30,8	11,5	53,8	3,9	0,0	0,0	0,0
10	28,3	7,5	58,5	5,7	0,0	0,0	0,0
11	20,8	9,4	60,4	9,4	0,0	0,0	0,0
12	17,0	11,3	62,3	9,4	0,0	0,0	0,0
13	20,8	5,6	58,5	15,1	0,0	0,0	0,0
14	13,2	9,4	64,2	13,2	0,0	0,0	0,0
15	21,6	7,8	45,1	25,5	0,0	0,0	0,0
16	23,6	23,5	23,5	25,5	3,9	0,0	0,0
17	9,8	43,1	5,9	19,6	11,8	9,8	0,0
18	6,0	28,0	8,0	4,0	40,0	14,0	0,0
19	4,0	18,0	4,0	0,0	66,0	8,0	0,0
20	0,0	24,5	0,0	0,0	73,5	2,0	0,0

Tabela 19. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w %. Góra Winiarska

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent. Góra Winiarska

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	41,4	34,5	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0
8	55,2	17,2	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0
9	48,3	17,2	31,0	3,5	0,0	0,0	0,0
10	56,7	13,3	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	53,3	6,7	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	50,0	10,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	43,3	6,7	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	43,3	10,0	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0
15	57,1	0,0	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0
16	39,3	17,9	35,7	7,1	0,0	0,0	0,0
17	42,9	25,0	21,4	10,7	0,0	0,0	0,0
18	18,5	55,6	14,8	3,7	3,7	3,7	0,0
19	7,4	66,7	0,0	0,0	14,8	11,1	0,0
20	11,1	56,6	0,0	3,7	29,6	0,0	0,0

Tabela 20. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni chmurne). Centrum

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (cloudy days). Centre

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	26,3	34,2	13,2	21,0	5,3	0,0	0,0
8	48,7	20,5	25,7	5,1	0,0	0,0	0,0
9	43,6	12,8	41,0	2,6	0,0	0,0	0,0
10	30,0	12,5	50,0	7,5	0,0	0,0	0,0
11	37,5	10,0	50,0	2,5	0,0	0,0	0,0
12	27,5	15,0	50,0	7,5	0,0	0,0	0,0
13	30,0	10,0	47,5	12,5	0,0	0,0	0,0
14	17,5	12,5	57,5	12,5	0,0	0,0	0,0
15	31,6	5,3	44,7	15,8	2,6	0,0	0,0
16	26,3	13,1	39,5	15,8	5,3	0,0	0,0
17	18,5	42,1	7,9	10,5	10,5	10,5	0,0
18	8,1	35,1	5,4	5,4	43,3	2,7	0,0
19	2,7	27,0	0,0	2,7	67,6	0,0	0,0
20	0,0	25,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0

wieka a atmosferą i podłożem drogą promieniowania długofalowego (typ 3A i 3B).

Nieco odmiennie przedstawia się częstość występowania poszczególnych typów struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka na Górze Winiarskiej. Jak już podkreślono w rozdziale VI.1, turbulencyjna wymiana ciepła stanowi główną pozycję rozchodową w równaniu bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka.

Tabela 21. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni chmurne). Excelsior

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (cloudy days). Excelsior

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	18,4	44,7	21,1	15,8	0,0	0,0	0,0
8	38,5	23,1	35,9	2,5	0,0	0,0	0,0
9	38,5	15,4	46,1	0,0	0,0	0,0	0,0
10	37,5	10,0	50,0	2,5	0,0	0,0	0,0
11	27,5	12,5	55,0	5,0	0,0	0,0	0,0
12	22,5	15,0	57,5	5,0	0,0	0,0	0,0
13	27,5	7,5	55,0	10,0	0,0	0,0	0,0
14	17,5	12,5	60,0	10,0	0,0	0,0	0,0
15	28,9	10,5	44,8	15,8	0,0	0,0	0,0
16	28,9	31,6	23,7	10,5	5,3	0,0	0,0
17	13,1	55,3	5,3	13,2	10,5	2,6	0,0
18	8,1	37,8	8,1	5,4	37,9	2,7	0,0
19	5,4	24,3	2,7	0,0	59,4	8,1	0,0
20	0,0	30,6	0,0	0,0	69,4	0,0	0,0

Tabela 22. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni chmurne). Góra Winiarska

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (cloudy days). Góra Winiarska

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	39,1	43,5	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0
8	60,9	21,7	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0
9	52,2	21,7	21,7	4,4	0,0	0,0	0,0
10	62,5	16,7	20,8	0,0	0,0	0,0	0,0
11	66,7	8,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	62,5	12,5	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	54,2	8,3	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0
14	54,2	12,5	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
15	72,7	0,0	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0
16	50,0	22,7	22,7	4,6	0,0	0,0	0,0
17	54,5	31,8	9,1	4,6	0,0	0,0	0,0
18	23,8	61,9	9,5	0,0	4,8	0,0	0,0
19	9,5	71,4	0,0	0,0	14,3	4,8	0,0
20	14,3	61,9	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0

Stąd też wyraźna przewaga w ciągu całego dnia typu 1A i 1B. Jest rzeczą charakterystyczną, że w tym czasie nie występuje prawie typ 2B, w przeciwieństwie do pozostałego obszaru uzdrowiska. Oznacza to, że jeśli w ciągu dnia dochodzi do transpiracyjnej wymiany ciepła, to drugim co do wielkości rodzajem jego utraty jest wymiana turbulencyjna, a nie zaś promieniowanie długofalowe.

Tabela 23. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni pogodne). Centrum

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (clear days). Centre

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	15,4	7,7	46,1	30,8	0,0	0,0	0,0
8	30,8	0,0	53,8	15,4	0,0	0,0	0,0
9	15,4	0,0	76,9	7,7	0,0	0,0	0,0
10	7,7	0,0	84,6	7,7	0,0	0,0	0,0
11	7,7	0,0	76,9	15,4	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	76,9	23,1	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	69,2	23,1	0,0	0,0	7,7
14	0,0	0,0	69,2	30,8	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	61,5	38,5	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	46,2	53,8	0,0	0,0	0,0
17	0,0	7,7	7,7	46,1	15,4	23,1	0,0
18	0,0	15,4	7,7	0,0	53,8	23,1	0,0
19	0,0	7,7	0,0	0,0	84,6	7,7	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	92,3	7,7	0,0

Tabela 24. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni pogodne). Excelsior

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (clear days). Excelsior

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	30,8	0,0	61,5	7,7	0,0	0,0	0,0
8	23,1	0,0	61,5	15,4	0,0	0,0	0,0
9	7,7	0,0	76,9	15,4	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	84,6	15,4	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	76,9	23,1	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	76,9	23,1	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	69,2	30,8	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	76,9	23,1	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	46,2	53,8	0,0	0,0	0,0
16	7,7	0,0	23,1	69,2	0,0	0,0	0,0
17	0,0	7,7	7,7	38,4	15,4	30,8	0,0
18	0,0	0,0	7,7	0,0	46,2	46,1	0,0
19	0,0	0,0	7,7	0,0	84,6	7,7	0,0
20	0,0	7,7	0,0	0,0	84,6	7,7	0,0

W dni chmurne (ryc. 9) obserwuje się w Iwoniczu-Zdroju wyraźniejszy udział układu strukturalnego 1A i 1B, kosztem mniejszej częstotliwości typu 2A i 2B. Łatwo daje się zauważyć, że maksimum powtarzalności typu turbulencyjnego struktury bilansu cieplnego obserwowano na nie zalesionych zboczach Góry Winiańskiej.

Tabela 25. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Częstość wartości w % (dni pogodne). Góra Winiarska

Structural types of the heat balance of the human body surface. Frequency of values in per cent (clear days). Góra Winiarska

Godzina Hour	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
7	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
9	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
10	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	83,3	16,7	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0
18	0,0	33,3	33,3	16,7	0,0	16,7	0,0
19	0,0	50,0	0,0	0,0	16,7	33,3	0,0
20	0,0	33,3	0,0	16,7	50,0	0,0	0,0

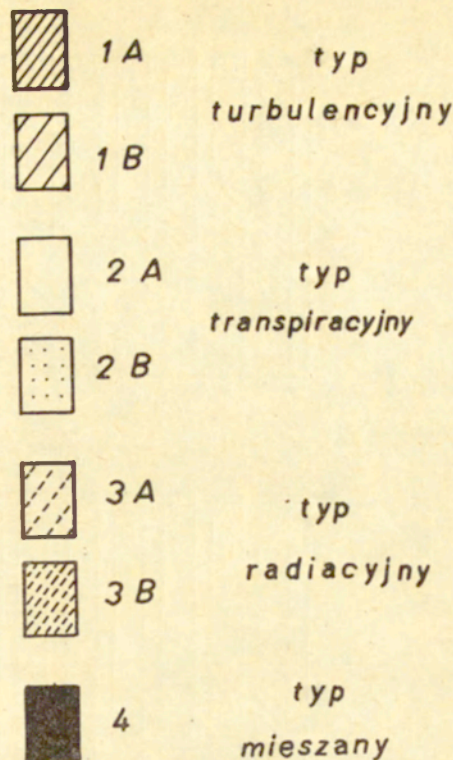
Tabela 26. Średnia częstotliwość występowania poszczególnych typów struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka

Mean frequency of the structural types of the heat balance of the human body surface

Typ pogody Type of weather	Stanowisko obserwacyjne Measurement point	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4
		Okres letni Summer period	Centrum	20,2	15,2	35,8	11,8	15,1
	Excelsior	18,1	17,7	37,6	10,8	13,4	2,4	0,0
	Góra Winiarska	41,0	23,4	29,4	2,0	3,2	1,0	0,0
Okres letni Dni chmurne Summer period Cloudy days	Centrum	25,2	19,4	31,5	8,7	14,3	0,9	0,0
	Excelsior	22,6	23,4	33,9	6,8	12,4	0,9	0,0
	Góra Winiarska	49,1	27,4	19,5	0,9	2,8	0,3	0,0
Okres letni Dni pogodne Summer period Clear days	Centrum	5,5	2,8	48,3	20,9	17,6	4,4	0,5
	Excelsior	5,0	1,1	48,3	22,5	16,5	6,6	0,0
	Góra Winiarska	10,7	8,3	66,7	6,0	4,8	3,5	0,0

Badania wykazały, że w dni pogodne (ryc. 10) występuje w Iwoniczu większa stabilność typów struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka. Wyraża się to zarówno w mniejszej liczbie układów strukturalnych, jak też w zdecydowanej przewadze typu transpiracyjnego, który z wyjątkiem godzin wieczornych dominuje na całym obszarze objętym badaniami.

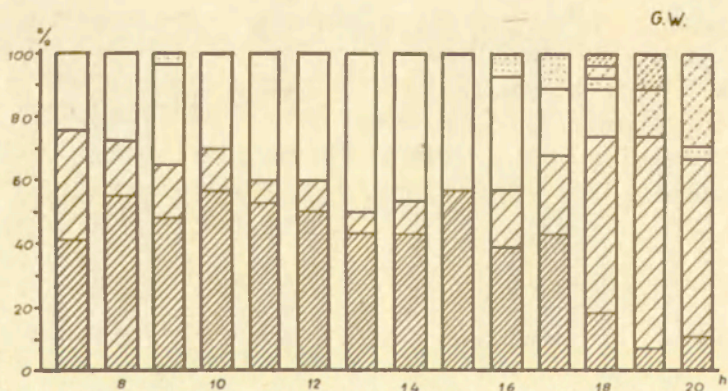
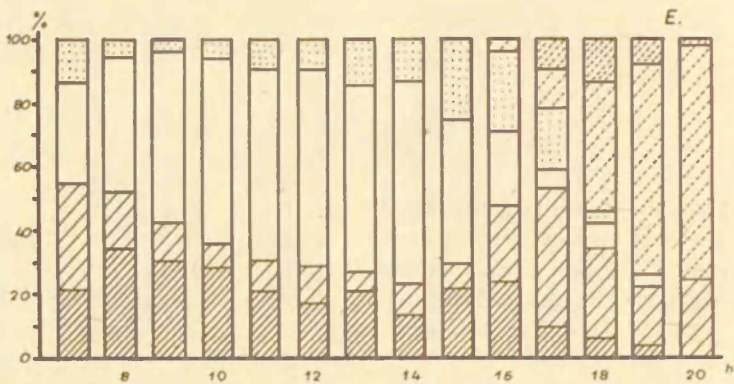
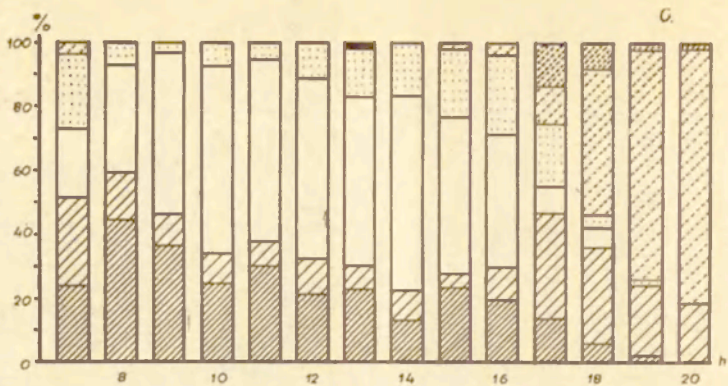
Przedstawiony wyżej rozkład przestrzenny typów struktury jest charakterystyczny dla specyfiki klimatu lokalnego Iwonicza-Zdroju i uzależniony od różni-



Ryc. 7. Typy struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka (objaśnienia rycin 8–10)
Structural types of the heat balance of the human body surface (explanations to Figs. 8–10)

cowania przestrzennego tych elementów meteorologicznych, które wpływają decydująco na rodzaj wymiany energii między ciałem człowieka a atmosferą i podłożem. Zagadnienie to zostało szerzej omówione w poprzednich rozdziałach.

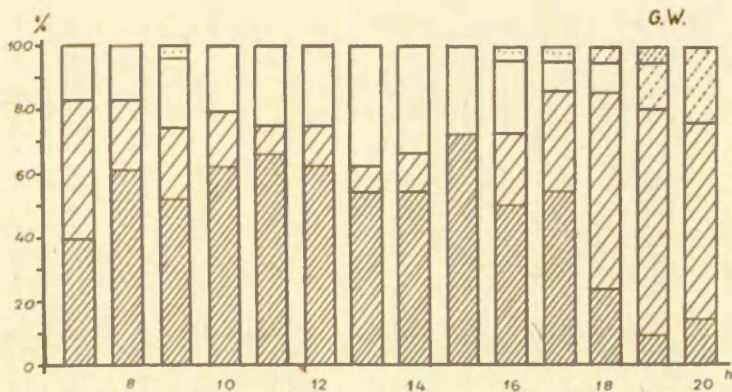
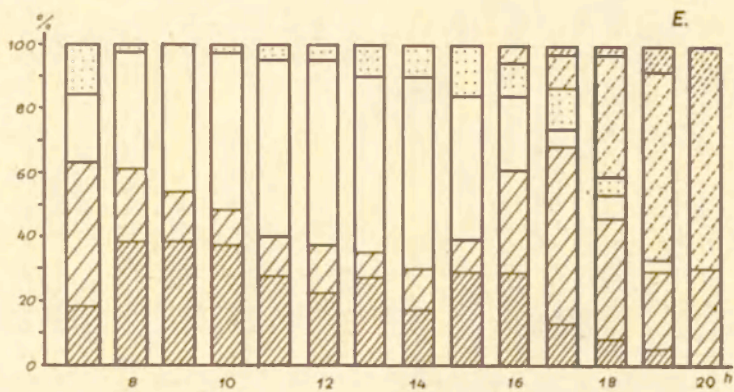
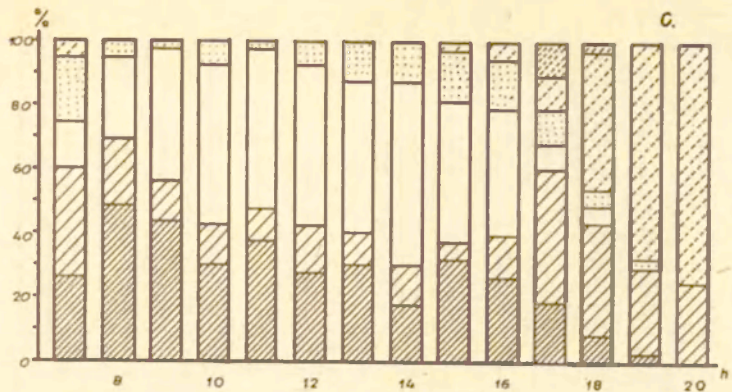
Dokonana próba klasyfikacji struktury bilansu ciepłego według pewnych układów strukturalnych, chociaż znacznie uproszczona, pozwoliła na uzyskanie istotnych informacji o osobliwościach kształtowania się równowagi cieplnej organizmu ludzkiego w konkretnych warunkach klimatycznych.



Ryc. 8. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka:

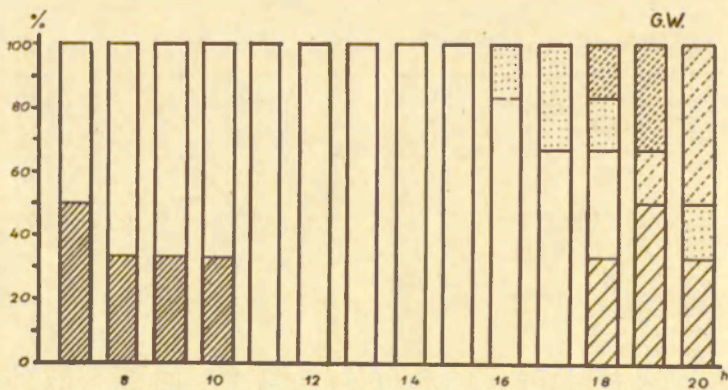
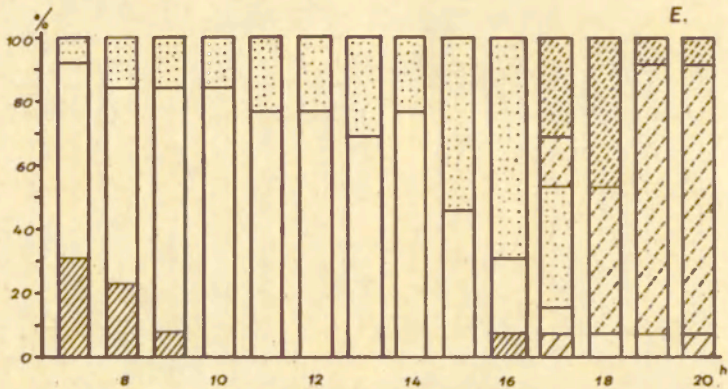
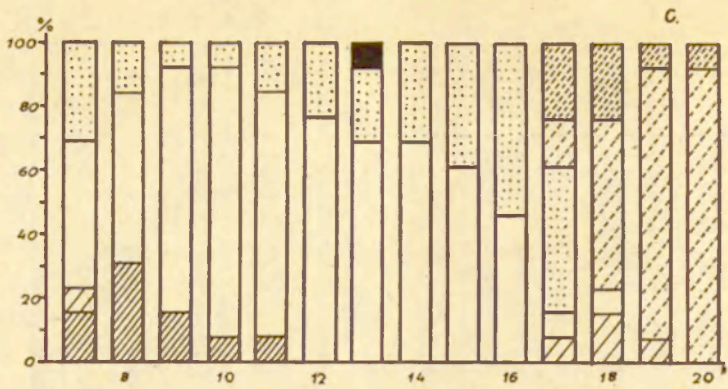
C – Centrum; E – Excelsior; GW – Góra Winiarska. Objaśnienia por. ryc. 7

Structural types of the heat balance of the human body surface. Explanations see Fig. 7



Ryc. 9. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka (dni chmurne). Objaśnienia por. ryc. 7

9. Structural types of the heat balance of the human body surface (on cloudy days). Explanations see Fig. 7



Ryc. 10. Typy struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka (dni pogodne). Objaśnienia por. ryc. 7

10. Structural types of the heat balance of the human body surface (on clear days). Explanations see Fig. 7

PODSUMOWANIE

OCENA KLIMATYCZNO-FIZJOLOGICZNA UZDROWISKA IWONICZ

Względy praktyczne sprawiają, że metody oceny klimatu lokalnego uzdrowisk muszą odpowiadać ściśle określonym warunkom. Chodzi bowiem o to, aby ujmowały one łącznie oddziaływanie czynników klimatu lokalnego z reakcjami fizjologicznymi organizmu.

Jak to już wykazano w rozdziale II.1, utrzymanie stanu równowagi cieplnej ustroju jest możliwe dzięki precyzyjnie działającemu układowi termoregulacji. Im większe jest zróżnicowanie miejscowych warunków klimatycznych, tym bardziej jest obciążony system termoregulacji, co nie pozostaje bez wpływu na odczuwalność ciepłą człowieka, samopoczucie oraz stan wielu organów (serca, krwioobiegu, układu nerwowego, oddechowego).

Z naszych rozważań wynika, że za pomocą metody bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka można wyjaśnić proces kształtowania się wymiany energii oraz określić, jakim wymaganiom musi sprostać organizm ludzki, aby zachować stan równowagi termicznej pomimo zmieniających się warunków meteorologicznych.

Wielu autorów m. in M. I. Budyko i G. W. Cycenko (1960); W. Warmbt (1963); I. S. Kandror, D. M. Diemina, E. M. Ratnier (1966); W. K. Marinow (1967); W. H. Terjung (1970), B. A. Ajzensztat (1973) podkreślają w swoich publikacjach, że dane dotyczące wymiany cieplnej między powierzchnią ciała a atmosferą i podłożem powinny być wykorzystane do celów bioklimatycznych.

Wychodząc z tego założenia, dokonano oceny klimatu miejscowego dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza-Zdroju na podstawie udowodnionego statystycznie zróżnicowania:

- średniej temperatury skóry człowieka, traktowanej jako wskaźnik odczuwalności cieplnej;
- struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka, która uzależniona od specyfiki klimatu miejscowego określa, w jaki sposób człowiek gospodaruje ciepłem otrzymywanym od Słońca i atmosfery. Przyjęto, że podstawowym elementem różnicującym obszar uzdrowiska jest częstość występowania układów strukturalnych, a w szczególności: transpiracyjnego (typ 2A, 2B) oraz turbulencyjnego (typ 1A, 1B).

Opierając się na uzyskanych wynikach obliczeń oraz założeniu, że lokalizacja stanowisk pomiarowych dobrze odzwierciedla warunki orograficzne dzielnicy

sanatoryjnej uzdrowiska należy stwierdzić, iż na badanym obszarze Iwonicza Zdroju można wydzielić 2 jednostki klimatyczne wyraźnie różniące się stopniem oddziaływania bodźców środowiska atmosferycznego na organizm człowieka. Do pierwszej z nich zaliczono:

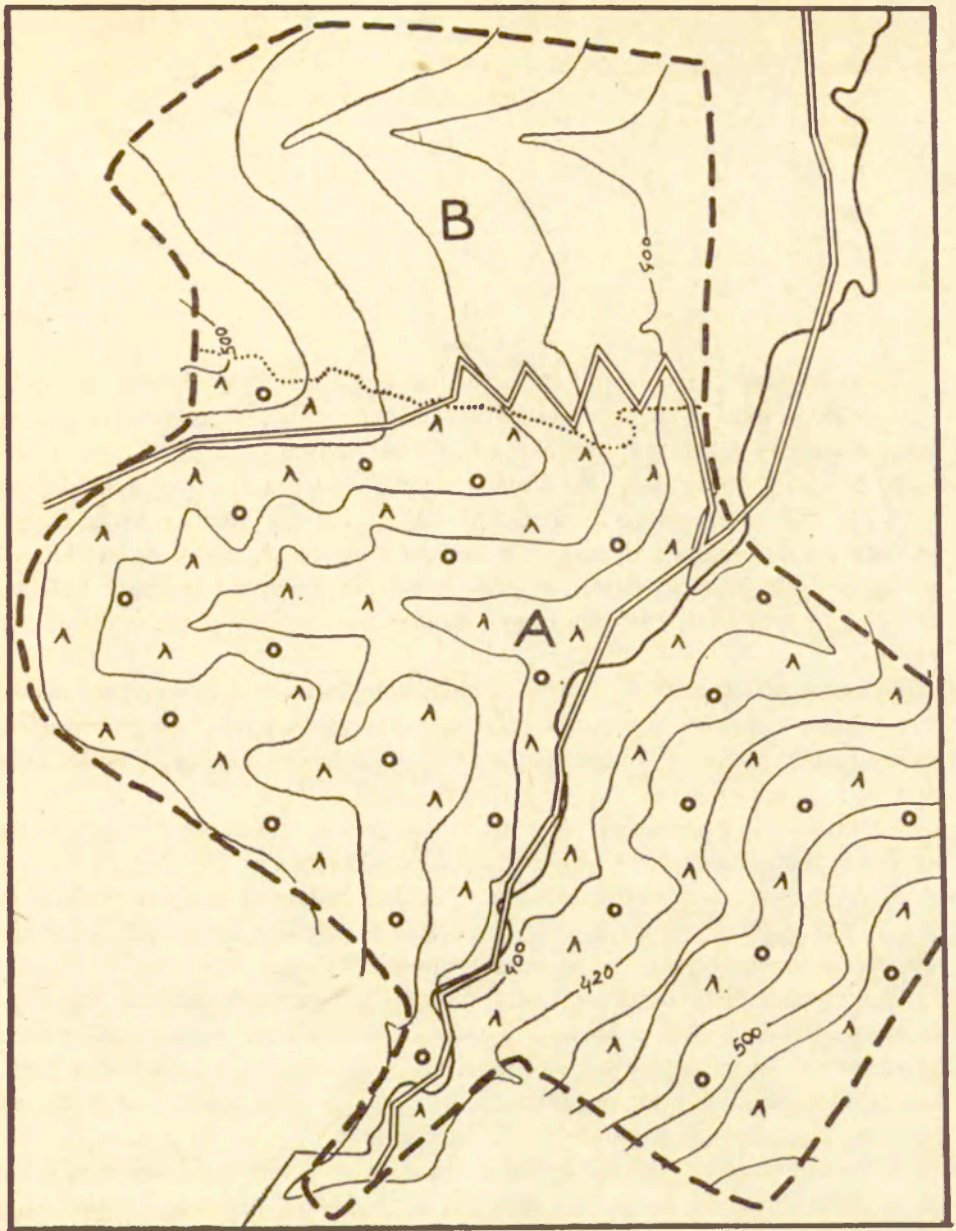
A. Dolinę Potoku Iwoniczkiego oraz dolne i środkowe partie otaczających wznieścień pokrytych roślinnością wysoką (las mieszany górski), o znacznym stopniu zasłonięcia horyzontu, pozostające często w zasięgu inwersji termicznych. W tej strefie panują zróżnicowane warunki klimatu odczuwalnego. W okresie letnim, w ciągu dnia odprowadzanie ciepła z ustroju odbywa się dzięki parowaniu. Wiąże się to z występowaniem wyższych temperatur skóry człowieka notowanych w tej części uzdrowiska (tab. 2—4), i tym samym z intensywnym wydzielaniem potu. W godzinach wieczornych mamy tu do czynienia z oddawaniem ciepła drogą promieniowania długofalowego. Daje się również zauważyć duża rozpiętość odczuwalnych warunków termicznych, szczególnie w godzinach popołudniowych. W ciągu zaledwie 4 godzin, tzn. od godziny 15 do 19 odczuwalność ciepła człowieka zmienia się w granicach: „ciepło” — „bardzo zimno”.

Z fizjologicznego punktu widzenia trzeba stwierdzić, że organizm człowieka przebywającego w tej części uzdrowiska znajduje się często w warunkach sprzyjających przegrzaniu (stan odczuwalności ciepłej „gorąco” i „bardzo gorąco”), co wymaga sprawnej działalności gruczołów potowych. Natomiast wieczorem zdarzają się sytuacje (szczególnie w inwersyjnych układach termicznych), gdy człowiek musi przeciwdziałać utracie ciepła reakcjami peryferycznych naczyń krwionośnych i ograniczeniem skórno przepływu krwi.

B. Pozostała część dzielnicy sanatoryjnej, tzn. pozbawione roślinności wysokiejszczytowe i środkowe partie Góry Winiarskiej, to tereny o strukturze bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka wyraźnie odbiegającej od wyżej opisanych. Dzięki ożywionej wymianie turbulencyjnej w ciągu całego dnia, minimalnemu zasłonięciu horyzontu, pozostawianiu poza zasięgiem inwersji termicznej, tereny te (pominąwszy okresy wzmózonej cyrkulacji powietrza w dni pochmurne) mają w okresie letnim korzystniejszy reżim klimatu odczuwalnego. Przeważa na tym obszarze turbulencyjny typ struktury bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka, który odznacza się dużą stabilnością w ciągu dnia. W tej strefie uzdrowiska panują warunki bioklimatyczne, które można nazwać oszczędzającymi, pomimo że w okresach pogody chmurnej organizm człowieka może być narażony na znaczną utratę ciepła, której musi przeciwdziałać szeregiem reakcji o charakterze termoregulacyjnym.

Jako granicę między tymi dwoma jednostkami wyróżnionymi na podstawie kryteriów bioklimatycznych należy przyjąć granicę lasów biegnącą z zachodu na wschód wzdłuż stoku Góry Winiarskiej (ryc. 11).

Na zakończenie rozważań nasuwa się generalna konkluzja: klimat lokalny Iwonicza-Zdroju wymaga wysokiej sprawności działania układu termoregulacyjnego, aby w pewnych sytuacjach pogodowych nie doszło do naruszenia równowagi cieplnej organizmu ludzkiego.



Ryc. 11. Jednostki bioklimatyczne na obszarze dzielnicy sanatoryjnej Iwonicza-Zdroju:

- A – obszary o przewadze transpiracyjnego typu struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka w okresie letnim;
 B – obszary o przewadze turbulencyjnego typu struktury bilansu ciepłego powierzchni ciała człowieka w okresie letnim

Bioclimatic units in the sanatorium district of Iwonicz-Zdrój:

- A – areas with dominant transpiration type of structure of the heat balance of the human body surface during the summer;
 B – areas with dominant turbulent type of the structure of the heat balance of the human body surface during the summer

WNIOSKI

W świetle uzyskanych wyników badań nasuwają się następujące wnioski:

1. Metoda bilansu cieplnego ciała człowieka może być z powodzeniem stosowana do oceny lokalnych warunków bioklimatycznych.

2. Ze znanym przybliżeniem i dostateczną dla celów praktycznych dokładnością, równanie bilansu cieplnego powierzchni ciała człowieka według M. I. Budyko pozwala na rachunkowe wyznaczenie średniej temperatury skóry człowieka oraz poszczególnych składowych tego równania, których wzajemny stosunek ilościowy informuje o sposobach gospodarowania ciepłem otrzymywanym przez ustrój człowieka.

3. Zastosowana metoda badawcza jest kompleksową i obiektywną metodą oceny stanu cieplnego organizmu ludzkiego. Uwzględnia ona bowiem wszystkie istotne czynniki fizyczne środowiska, w którym człowiek przebywa, a także rodzaj odzieży i stan jego aktywności ruchowej.

4. Metoda ta pozwala ocenić stopień obciążenia układu termoregulacji pod wpływem zróżnicowanych warunków klimatu lokalnego.

5. Wykorzystana w niniejszej pracy metoda badawcza nie jest pozbawiona pewnych uproszczeń, nie uwzględnia ona różnic w indywidualnym funkcjonowaniu aparatu termoregulacyjnego oraz odczuwalności cieplnej.

6. Wszystkie rozważania na temat reakcji fizjologicznych dotyczą organizmu zdrowego. Byłoby jednak pożądane, aby ocenić odczuwalność cieplną ludzi, z określonymi schorzeniami, leczonymi w uzdrowisku. Wykonanie tego zadania jest bardzo trudne, ze względu na brak, prowadzonych na szerszą skalę, badań reakcji chorego organizmu na bodźce środowiska atmosferycznego.

7. Posługiwanie się, na szerszą skalę, metodą bilansu cieplnego napotyka w Polsce znaczne trudności, wynikające ze skąpej sieci aktynometrycznej i braku odpowiednich danych dotyczących promieniowania słonecznego.

WYKAZ SYMBOLI STOSOWANYCH W PRACY

- CLO — jednostka izolacji cieplnej odzieży,
 R — bilans radiacyjny powierzchni ciała człowieka,
 M — ciepło wytwarzane przez organizm człowieka w procesach metabolicznych,
 LE — strumień ciepła utajonego,
 P — turbulencyjny strumień ciepła jawnego,
 B — strumień ciepła wydzielany w procesach oddychania,
 R_K — promieniowanie pochłonięte przez powierzchnię ciała człowieka,
 R_L — wypromieniowanie efektywne powierzchni ciała człowieka,
 S' — promieniowanie bezpośrednie padające na jednostkę modelu ciała,
 S — natężenie promieniowania słonecznego bezpośredniego na powierzchnię poziomą,
 h — wysokość Słońca,
 Q' — promieniowanie rozproszone padające na jednostkę modelu ciała,
 Q — natężenie promieniowania krótkofalowego rozproszonego na powierzchnię poziomą,
 r — promieniowanie krótkofalowe odbite od powierzchni ziemi,
 a_0 — albedo powierzchni ziemi,
 a_c — albedo powierzchni ciała człowieka,
 L_0 — wypromieniowanie efektywne powierzchni ziemi,
 L_1, L_2 — poprawki proporcjonalne do różnicy temperatur między powierzchniami promieniującymi,
 s — zdolność emisyjna powierzchni promieniujących,
 σ — stała Stefana-Boltzmannna,
 T_s — temperatura powierzchni ciała człowieka (skóry),
 T — temperatura powietrza,
 T_g — temperatura powierzchni ziemi,
 e — prężność pary wodnej,
 c — współczynnik charakteryzujący rodzaj chmur,
 n — wielkość zachmurzenia,
 o — gęstość powietrza,
 C_p — pojemność cieplna powietrza,
 D — współczynnik dyfuzji turbulencyjnej,
 v — prędkość wiatru,

- m — stała liczbowa $\approx 1,0$,
 L — utajone ciepło parowania,
 q_s — wilgotność właściwa powietrza nasyconego w temperaturze odpowiadającej temperaturze skóry człowieka,
 q — wilgotność właściwa powietrza,
 a — współczynnik charakteryzujący intensywność parowania wody z powierzchni ciała człowieka,
 D' — średni współczynnik przewodnictwa cieplnego odzieży,
 T_x — temperatura powietrza na poziomie zewnętrznej powierzchni odzieży,
 q_x — wilgotność właściwa powietrza na poziomie zewnętrznej powierzchni odzieży,
 $\left. \begin{array}{l} \chi_{emp}^2 \\ \chi_{\alpha}^2 \end{array} \right\}$ — wskaźnik testu chi-kwadrat,
 α — liczba stopni swobody,
 $\left. \begin{array}{l} t_{emp} \\ t_{\alpha} \end{array} \right\}$ — wskaźniki testu t Studenta,
 LE' — strumień ciepła utajonego z powierzchni ciała człowieka pod odzieżą,
 P' — strumień ciepła jawnego z powierzchni ciała człowieka pod odzieżą,
 P_x — strumień ciepła jawnego na poziomie zewnętrznej powierzchni odzieży,
 RL_x — wypromieniowanie efektywne zewnętrznej powierzchni odzieży.

LITERATURA

- Adolph E. A., 1947, *Physiology of man in a desert*, New York, Interscience.
- Ajzensztat B. A., 1964, *Miethod rasczota niekotypych bioklimaticzeskich pokazatielej*, Miet. Gidr., 12, s. 9–16.
- 1971, *Radiacyonnoje wlijanije elemicntow okrużajuszczzej sriedy na tiepłowej rieżym czelowieka*, Tr. SANIGMI, wyp. 53 (68), s. 3–40.
- 1973, *Bioklimaticzeskij atlas Sriedniej Azii*, Moskwa Gidromietieoizdat.
- Ajzensztat B. A., Abdumalikow T. I., 1974, *Albiedo kozy czelowieka*, Tr. SANIGMI, wyp. 20 (101), Leningrad, s. 73–75.
- Ajzensztat B. A., Dienisow J. M., Karpaczewa O. F., 1974, *Matiematiczeskaja modiel' tlermorieglucyji czelowieka pri stacyonarnych usłowijach w zawisimosti ot mietieorologiczeskich faktorow*, Wopr. Biomet, Tr. SANIGMI, wyp. 20 (101), s. 3–26.
- Atlas kurortno rejoniranje na NR Bylgaria*, 1971, Naucz. Inst. po Kurort. i Fizjoter., Sofia (pr. zb.).
- Baranowska M., 1963, *O wymianie ciepla i pary wodnej w przyskórnej warstwie powietrza*, Gaz. Obs. PIHM, 16, 5, s. 10–12.
- Bioklimat uzdrawisk Polski*, 1971, Mater. PIHM, Warszawa, pr. zb. pod red. J. Jankowiaka i W. Parczewskiego (m-pis).
- Boguszewska M., Kobylński R., Kraska T., Kapuścińska E., 1960, *Badania porównawcze nad ciepłochronnością odzieży wojskowej*, Lek. wojsk., 36, 4, s. 408–423.
- Boguszewska M., Kobylński R., Łotach H., 1961, *Fizjologiczne metody oznaczania wpływu elementów meteorologicznych na ustrój człowieka*, Wiad. Uzdraw., 1–2, s. 51–58.
- Boguszewska M., Łotach H., 1960, *Ilościowa metoda badań porównawczych odzieży przemysłowej i polowej*, Post. Hig. 14, 6, s. 679–690.
- Boguszewska M., Myszlonowa T., Osicka A., Kobylński R., 1965, *Ocena wpływu warunków klimatycznych na ustrój na podstawie badań wskaźników hemodynamicznych*, Wiad. Uzdraw., 2–4, s. 235–240.
- Bradtke F., Liese W., 1958, *Pomiary klimatyczne wewnątrz i na zewnątrz budynków*, Warszawa, Wyd. Arkady, s. 11–27.
- Budyko M. I., 1959, *O tiepłom balansie żywych organizmow*, Izw. Akad. Nauk. SSSR, Ser. geogr., s. 29–35.
- 1962, *O fizycznych zakonomiarnostiach bioklimatologii czelowieka*, Tr. wses. naucz. mietieor. sowieszcz., wyp. 4, s. 12–17.
- 1971, *Klimat i żyżń*, Leningrad, Gidromietieoizdat.
- Budyko M. I., Cyncenko G. W., 1960, *Klimaticzeskije faktory tieplooszczuszczenija czelowieka*, Izw. Akad. Nauk SSSR., Ser. geogr., 3, s. 3–11.
- Burton A. C., Edholm O. G. 1955, *Man in a cold environment*, London, E. Arnold. Publ.
- Büttner K., 1938, *Physikalische Bioklimatologie. Probleme und Methoden*, Leipzig, Akad. Verl.
- 1951, *Physical aspects of human bioclimatology*, Boston, Compend. of Meteor., s. 1112–1125.
- 1962, *Human aspects of bioclimatological classification*, Biometeorology, Proc. 2-nd Int. Bioclim. Congress.
- Cena K., 1975, *Thermographic and radiometric methods of assessment of the local heat balance of animals and man*, Biometeorology, vol. 6, part. 1, s. 11–12.

- Collins K., Weiner J., 1965, *Riegulacyja potoodielienija u czelowieka i jego naruszenija*, Biometeorologija, Leningrad, Gidromieteoizdat, s. 178–183.
- Cycenko G. W., 1963, *Mietiodika rasczota tiempieratury powierchnosti tiela czelowieka na osnowani urawnienija tiepłowego balansa*, Tr. GGO, wyp. 139, s. 108–114.
- 1967, *Radiacyonnyj balans powierchnosti tiela czelowieka w razlicznych klimaticzeskich usłowijach na tierritorii SSSR*, Tr. GGO, wyp. 193, s. 122–129.
- Czapska M., 1964, *Kształtowanie się ciepłoty ciała pod wpływem temperatury otaczającego środowiska*, Poznań, Monogr. WSWF, 2, s. 159–163.
- Daniłowa N. A., 1971, *Priroda i nasze zdrowije*, Moskwa, Mysl.
- Doinov M., 1970, *Nowe kierunki termoklimatologii*, Baln. pol., 15, 3/4, s. 269–274.
- Fanger P. O., 1974, *Komfort cieplny*, Warszawa, Wyd. Arkady.
- Funk J. P., 1967, *Measurement of radiative heat exchange of single biological objects*, Biometeorology, vol. 2, part. 2, s. 761–768.
- Gagge A. P., Burton A. C., Bazett H. C., 1941, *A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment*, Science, 94, 2445, s. 428–430.
- Givoni B., Belding H. S., 1965, *Effiektiwność ochładzienia pri isparienii pota*, Biometeorologija Leningrad, Gidromieteoizdat, s. 198–206.
- Gonzales R. R., Gagge A. P., 1972, *Biometeorological indices of thermal discomfort*, Biometeorology, vol. 5, part 1, s. 57–58.
- Gregorczyk M., 1966, *Ciepłny wpływ promieniowania słonecznego na człowieka*, Prz. Geofiz., 11 (19), 2, s. 119–128.
- 1967A, *Znaczenie odzieży jako czynnika środowiska biometeorologicznego*, Odzież, 8 (206), s. 225–227.
- 1967B, *Bioklimatyczne podstawy rejonizacji Polski dla celów higieny odzieży*, Odzież, 9 (207), s. 262–264.
- 1970, *Analiza warunków bioklimatycznych Polski w latach 1958–1963 w świetle ważniejszych wskaźników kompleksowych*, Prace Wrocław. Tow. Nauk., ser. B, nr 155.
- Gregorczyk M., Leśko R., 1970, *Temperatury efektywne i radiacyjno-efektywne na obszarze Polski*, Prz. Geofiz., 15 (23), 4, s. 339–349.
- Gregory S., 1970, *Metody statystyki w geografii*, Warszawa, PWN.
- Gricjute A. P., 1974, *Surowość pogod chłodnego pierioda goda (X–IV mies.) w Jużnoj Pribaltike*, Tr. Akad. Nauk Litowskiej SSR, ser. B, 4 (83).
- Grzędziński E., Kozłowska-Szczęśna T., Paszyński J., 1969, *Porównanie warunków bioklimatycznych w wybranych miejscowościach Polski*, Pol. Arch. Med. Wew., 42, 5 (5), s. 737–745.
- Gwasalija N. W., 1970, *Mietieorologiczeskije usłowija tiepłowego sostojanija czelowieka na kurortach Gruzii Leningrad, (m-pis pracy kandydackiej)*.
- Hentschel G., 1969, *Bioklimatische Arbeit und Bewahrungs-Unterlagen für die Klimatotherapeutische Praktik*, Abh. Met. Dienst DDR, Bd. 92, H. 12.
- Hofmann G., 1968, *Prinzipien bei der Aufstellung der Warmehaushaltsgleichungen im Freien exponierter Körper*, Angew. Met., Bd. 5, H. 9–11, s. 293–298.
- Hoschele K., 1970, *Ein Modell zur Bestimmung des Einflusses der klimatischen Bedingungen auf den Warmehaushalt und das thermische Befinden des Menschen*, Arch. Met. Geophys. Bioklim., ser. B, Bd. 18, H. 1, s. 83–99.
- Ibamoto K., 1972, *A rational method to measure radiant temperature and air motion to evaluate human comfort*, Biometeorology, vol. 5, part 1, s. 65–66.
- Iliczewa E. M., Szwariewa J. N., 1961, *Srawnitielnaja ocenka mietiodik po charakteristikie tieplooszczuszenij czelowieka*, Wop. Kurort. Fiziotier. leczeb. fiz. Kult., 2.
- Jefimowa N. A., 1961, *K mietiodikle rasczota miesiacznych wieliczin effiektiwnoego izluczenija*, Miet. Gidr., 10, s. 28–33.
- Jefimowa N. A., Cycenko G. W., 1963, *Srawnienije ekspierimientalnogo i rasczotnogo mietodow opriedielienija tiempieratury powierchnosti tiela czelowieka*, Tr. GGO, wyp. 139, s. 115–121.

- Jokl M., 1965, *Hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovištích*, Pracovní Lék., 17, 9, s. 408—423.
- Kaleta Z., 1971, *Regulacja temperatury ciała*, [w:] Fizjol. Człow., Warszawa, PZWL, s. 821—829.
- Kandrór I. S., 1962, *O fiziologo-gigijeniczeskich principach klimatycznego rajonirowanija SSSR*, Tr. wsies. naucz. mietieor. sowieszcz., wyp. IV, Leningrad, Gidromietieoizdat., s. 484—490.
- Kandrór I. S., Diemina D. M., Ratnier E. M., 1966 A, *Tieplowoje sostojanije czelowieka kak osnowa sanitarno-klimaticzeskogo zonirowanija tierritorii zasielenija*, Gig. Sanit., 1, s. 24—30.
- Kandrór I. S., Diemina D. M., Ratnier E. M., Jewłampijewa H. M., Murawiewa G. I., 1966 B, *Ekspierimentalnaja prowierka primienimosti urawnienija tiepłowego balansu M. I. Budyko i G. W. Cyzenko dla opriedielenija tiepłowego sostojanija czelowieka w naturnych usłowijach*, Gig. Sanit., 3, s. 51—57.
- Kandrór I. S., Ratnier E. M., 1975, *Pogoda i klimat s toczki zrieniija fizjologa*, Priroda, 9, Izdat. Nauka, s. 59—66.
- Klonowicz S., Kozłowski S., 1970, *Człowiek a środowisko termiczne*, Warszawa, PZWL.
- Kondratiew K. J., 1956, *Radiacyonnyj balans wiertikalnogo krugowego cylindra*, Wiest. Leningr. Uniw., ser. fiz. chim., 4, wyp. 1.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1964, *Próba klasyfikacji miejscowości uzdrowiskowej na przykładzie Ciechocinka*, Prz. Geofiz., 9 (17), 2, s. 139—150.
- 1965, *Bioklimat Ciechocinka*, Probl. Uzdrow., 4/26.
- Krawczyk B., 1972, Recenzja pracy: T. Liopo, G. W. Cyzenko, *Klimaticzeskije usłowija i tieplowoje sostojanije czelowieka*, Baln. pol., 17, 2, s. 426.
- 1975, *Bioklimat uzdrowiska Iwonicz*, [w:] *Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej*, Dok. Geogr. IGIPIZ PAN, 3—4, s. 9—49.
- 1977, *Temperatura skóry człowieka jako wskaźnik bioklimatyczny*, [w:] *Problemy bioklimatologii uzdrowiska*, Dok. Geogr. IGIPIZ PAN, 4, s. 69—77.
- Kriczagin W. I., Cyzenko G. W., 1967, *Srawnienije rassczitannych i izmieriennych wielczin summarnoj solniecznoj radiacyi postupajuszczej na powierchnost' nieorientirowannogo cylindra*, Tr. GGO, wyp. 193, s. 119—121.
- Landsberg H. E., 1972, *The assessment of human bioclimate. A limited review of physical parameters*, WMO, Tech. Note, 123, ss. 36.
- Lee D. H. K., Lemons H., 1949, *Clothing for global man*, Geogr. Rev., vol. 39, s. 181—213.
- Liopo T. N., 1968, *Nomogramma dla opriedielenija charakteristik tieplozaszczitnych swojstw odieżdy obiespiecziwajuszczej tiepłowej komfort*, Tr. GGO, 233, s. 156—160.
- Liopo T. N., Cyzenko G. W., 1971, *Klimaticzeskije usłowija i tieplowoje sostojanije czelowieka*, Leningrad, Gidromietieoizdat.
- Małyszewa A. E., 1951, *Radiacyonnoje ochładzdenije czelowieka i zaszcitnaja rol odieżdy*, Gig. Sanit., 4, s. 24—30.
- Marinow W. K., 1960, *Wrchu komponienttie na toplinnija balans na czowieszkoto tjalo pri klimatiznitiie usłowija w Czarnomorjeto*, Gidrolog. Miet., 6.
- 1967, *Now mietod za charakteriziranje na toplinnoto urawnowiesjawanie na czowieszkija organizm km wzduznata srieda*, Soňa, Naucz. Inst. po Kurort i Fizioter., (autoreferat).
- Mayer H., 1977, *Die menschliche Warmebilanz im Sommer in einer Wald.— einer Stadt — und einer Meeresküstenatmosphäre*, Arch. Met. Geophys. Bioklim., ser. B, Bd. 25, H. 2, s. 177—189.
- Mączyński B., 1976, *Biometeorologia fizjologiczna człowieka*, [w:] *Biometeorologia człowieka*, Warszawa, PZWL, s. 117—143.
- Morgan D. L., Baskett R. L., 1974, *Comfort of man in the city. An energy balance model of man — environment coupling*, Int. J. Biomet., vol. 18, 3, s. 184—198.
- Munn R. E., 1970, *Biometeorological methods*, New York, London Academic Press.
- Murawiewa K., 1973, *Medyczno-klimatyczne badania w ZSSR*, Probl. uzdrow., 5/71, s. 117—128.
- Oppl L., Jokl M., 1959, *Metodika měření mikroklimatických podmínek pro hygienickou službu*, Praha, Státní Zdrav. Nakl.
- Paszyński J., 1966, *Klimat okolic Pińczowa*, [w:] *Studia geograficzne w powiecie pińczowskim*, Pr. Geogr. IG PAN, nr 47, s. 89—114.

- Pfleiderer H., 1933, *Studien über den Wärmehaushalt des Menschen*, Z. ges. Exper. Med., Bd. 90, H. 1–2, s. 245–296.
- Pogodrocki J., 1973, *O udziale składników bilansu radiacyjnego w bilansie cieplnym człowieka*, Probl. Uzdrow., 6/72, s. 123–129.
- Raik A., Palm I., 1969, *O rieźymie mietieorologiczeskich pokazatielej tiepłowego sostojanija czelowieka w Estonii*, Baln. pol., 14, 1/2, s. 171–178.
- Rewerski W., Kozłowski S., Korolkiewicz Z., Wróblewski T., 1972, *Termoregulacja*, Warszawa, PZWL.
- Rusanow W. J., 1962, *Pogoda i tiepłowej balans czelowieka*, Tr. wsies. naucz. mietieor. sowieszcz., t. 4, Leningrad, Gidromietieioizdat., s. 509–518.
- Rybicka M., 1971, *Mechanizm regulowania ciepłoty ustrojowej*, Baln. pol., 16, 1–2, s. 41–48.
- Sargent F., Tromp S. W., 1964, *A survey of human biometeorology*, WMO, Techn. Note, No 65.
- Seifert G., 1958, *Das Klima der DDR dargestellt durch Effectivtemperaturen*, Z. Met., Bd. 12, H. 11–12, s. 328–338.
- Szelejchowskij G. W., 1948, *Mikroklimat juźnych gorodow*, Moskwa, Izdat. Akad. mied. Nauk. SSSR, s. 5–17.
- Terjung W. H., 1968, *World patterns of the distribution of the monthly comfort index*, Int. J. Biomet., 12, 2, s. 119–151.
- 1969, *The city system in urban energy balance climatology*, Proc. Ass. Geogr., vol. 1, s. 145–148.
- 1970, *Urban energy balance climatology. A preliminary investigation of the city-man system in downtown Los Angeles*, Geogr. Rev., vol. 60, 1, s. 31–53.
- 1974, *Energy balance between atmosphere and living organisms*, Prog. Biomet., vol. 1, part. 1, s. 55–57.
- Terjung W. H. i in., 1970, *The energy balance climatology of a city-man system*, Ann. Ass. Amer. Geogr., vol. 60, 3, s. 466–492.
- Terjung W. H., Louie S., 1971, *Potential solar radiation climates of man*, Ann. Ass. Amer. Geogr., vol. 61, 3, s. 481–500.
- Theves B., 1964, *Physikalisch-matematische Überlegungen zum Wärmehaushalt des Menschen*, Angew. Met., Bd. 4, H. 11–12, s. 333–344.
- 1972, *Die Erfassung der thermoregulativen Leistung*, Z. Physiother., Bd. 24, H. 4, s. 263–266.
- Tromp S. W., 1963, *Medical biometeorology*, Amsterdam, London, New York, s. 207–256.
- Trzos G., 1975, *Laboratoryjne badania odzieży roboczej przeznaczonej do prac na otwartej przestrzeni w RFN*, Odzież, 6, s. 185–188.
- Tuller S. E., 1975, *The energy budget of man: variations with aspect in a downtown urban environment*, Int. J. Biomet., vol. 19, 1, s. 2–13.
- Tyczka S., 1967, *Czynniki meteorologiczne jako bodźce biologiczne*, Wiad. Uzdrow., 3–4, s. 373–380.
- Uszweridze G. A., Dgebuadze M. I., 1963, *O mietiodike opriedielenija tiepłowego komforta pri solniecznych wannach*, Wop. Kurort. Fizjotier. лечеб. fiz. Kult., 28, 3, s. 237–242.
- Valko P., 1969, *Short-wave radiation of cylindrical and rectangular bodies*, Biometeorology, vol. 4, part. 2, s. 124–126.
- Wadkowskaja J. W., Rappoport K. A., Czubukow L. A., Fieldman J. I., 1960, *Klimatofizjologiczeskoje obosnowanije rajonirowanija SSSR dla celej gigijeny odieźdy*, [w:] *Woprosy prikladnoj klimatologii*, Sbornik statiej, Gidromietieioizdat, s. 120–137.
- Warmbt W., 1963, *Pomiary oddawania ciepła w warunkach fizjologicznych*, Wiad. Uzdrow., 1/2, s. 87–99.
- Winslow C. E. A., Herrington L. P., Gagge A. P., 1937, *Physiological reactions of the human body to varying environmental temperatures*, Amer. J. Physiol., vol. 120, 1, s. 1–22.
- 1938, *The reactions of the clothed human body to variations in atmospheric humidity*, Amer. J. Physiol., vol. 124, 3, s. 692–703.
- Witte N. K. 1956, *Tiepłowej obmien czelowieka i jego gigijeniczeskoje znaczenije*, Kijew, Gosmietieioizdat.

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК ОСНОВА БИОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ КУРОРТА ИВОНИЧ

Резюме

В настоящей статье представлена оценка биоклиматических условий санаторного квартала курорта Ивонич, в основу которой положен метод теплового баланса тела человека и уравнение М. И. Будыко, в которое введены небольшие изменения.

Исходные данные получены на основе ежечасных метеорологических наблюдений за дневные часы (7–20) летнего периода времени 1971–1973 в трёх точках курорта. Были установлены: средняя температура кожи человека и структура теплового баланса тела человека. Была сделана тоже попытка типизировать эту структуру. Собранный материал позволяет наметить три главных типа структуры теплового баланса тела человека: турбулентный, транспирационный и радиационный.

На основе статистического анализа т.е. критерия значимости (χ^2 , т – Студента) было установлено, что на исследуемой территории курорта можно выделить 2 области различающиеся друг от друга с точки зрения воздействия местных климатических условий на тепловое состояние человека.

Перевела Барбара Кравчик

THE HEAT BALANCE OF THE HUMAN BODY AS A BASIS FOR THE BIOCLIMATIC DIVIDE OF THE HEALTH RESORT IWONICZ

Summary

The aim of this paper is to evaluate bioclimatic conditions of the area of Iwonicz-Zdroj, a health resort in southern Poland, by means of the method of the heat balance of the human body. The secondary aim is to test this method used in Polish bioclimatology for the first time in topoclimatic classification.

The study is based on M. I. Budyko's equation of the heat balance of the human body surface, modified in the following way:

$$R_K + M = LE + P + R_L$$

where:

R_K — solar radiation absorbed by the human body surface,

M — metabolic heat production;

LE — evaporational loss of heat (L — latent heat, E — evaporation rate);

P — turbulent loss of sensible heat;

R_L — heat loss by long-wave radiation.

Such forms of heat exchange as heat losses by respiration and by conduction (through contact with ground) were not taken into consideration because of their insignificant numerical values. Each component of the equation may be expressed in $\text{cal cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, if the human body model is considered as a geometrical cylinder. In our study we are concerned with a human body dressed in normal summer clothing with thermal insulation properties 1 CLO, with $M = 0,10 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} = \text{const}$.

The results of measurements which we made in Iwonicz-Zdrój in 1971–1973, provide the basic material for the solution of the equation of the heat balance of the human body surface. We investigated the sanatorium district in this health resort, mainly in the summer. Several meteorological elements were measured simultaneously once every hour in three points representing three main orographic units of the investigated area covered by different types of vegetation.

Basing on the equation of the heat balance of the human body surface, we determined for each of those three points:

1. the frequency of mean skin temperature (Table 2–4);
2. the structure of the heat balance of the human body surface, i.e the ratio of absolute values of heat lost by the human body surface (LE , P , R_L) and heat income ($R_K + M$), (Fig. 4–6);
3. the types of the structure of the heat balance of the human body surface, namely:
 - the transpiration type,
 - the turbulent type,
 - the radiation type,
 - the mixed type (Fig. 8–10);
4. significance of differences occurring in the spatial distribution of mean skin temperature and of the structure of the heat balance of the human body surface (by means of statistical tests χ^2 , t).

Data obtained were analysed from the point of view of cloudiness, on the assumption that it is the most characteristic feature of the type of weather.

Subsequently we evaluated the local climate of Iwonicz-Zdrój on the basis of the statistically proved spatial differentiation of:

- mean skin temperature;
- structure of the heat balance of the human body surface.

The frequency of transpiration and turbulent types were used for the differentiation of the various types of local climate. On the assumption that the location of measuring points reflected well the orographic conditions of sanatorium district in Iwonicz-Zdrój, we divided the investigated area into two units, according to the degree of influence of climatic impulses on the human body (Fig. 11).

The first unit (*A*) included the valley of the Potok Iwonicki (Iwonicz Brook) as well as lower and middle parts of the surrounding elevations covered by mixed forest and characterized by a rather high shading of the horizon. In such an area it is mainly evaporation heat loss in the human body in the day hours. This is correlated with a higher human skin temperature observed in this part of the health resort. The loss of heat in the afternoon and in the evening is caused by the long-wave radiation. A substantial range of sensible thermal conditions, especially in the afternoon can be observed there.

The second unit (*B*) embraces the remains part of the sanatorium area, i.e. the woodless top and middle parts of Góra Winiarska (Winiary Hill). These are the areas with minimal horizon shading and a more advantageous regime of sensible climate. Here, the turbulent type of the structure of the heat balance of the human body surface prevails. The turbulent type is characterized by great stability during the day hours. The bioclimatic conditions, which can be named „sparing”, dominate in this part of the health resort. Only at cloudy weather the human body is exposed to serious losses of heat and must react with some thermoregulation activity.

The mentioned two units, distinguished according to bioclimatic criteria, are separated by a forest boundary running in W—E direction along the slopes of Góra Winiarska.

According to reactions of the human body to the differentiated impulses of the atmospheric environment one can state that the local climate of Iwonicz-Zdrój requires great efficiency of the thermoregulation system to avoid the disturbance of the thermal equilibrium.

Translated by Barbara Krawczyk

INSTITUT GEOGRAFII
I PRZEMISŁOWEGO ZAGOSPODAROWANIA
Polskiej Akademii Nauk
ul. Piłsudskiego 57
00-330 Warszawa
ul. Nowy Świat Nr 72

127. Praca zbiorowa pod redakcją J. Kostrowickiego, *Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski 1950–1970*, 1978, s. 512, 304 il., zł 120.—
128. Rykiel Z., *Miejsce aglomeracji wielkomiejskich w przestrzeni społeczno-gospodarczej Polski*, 1978, s. 77, il 21, zł 20,—
129. Rogalewska B., *Tendencje lokalizacyjne zakładowych ośrodków wczasowych w Polsce do 1971 r.*, 1978, s. 109, 22 il., zł 34.—
130. Grześ M., *Termika osadów dennych w badaniu jezior*, 1978, s. 96, 38 il., zł 22,—

ISBN 83-04-00345-7

<http://rcin.org.pl>

